

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 13.05.2024
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:
Руководитель ООП

/С.М. Дудаков/
«01» апреля 2024 года


Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

ГЕНЕРАТИВНЫЕ МОДЕЛИ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

Направление подготовки
02.03.02 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Направленность (профиль)
Программная инженерия в искусственном интеллекте

Для студентов 4-го курса

Очная форма

Составитель: И.С. Солдатенко

Тверь, 2024

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины является:

Формирование у студентов навыков и получения опыта решения прикладных задач в области компьютерного зрения с использованием глубокого обучения и генеративных моделей.

Задачами освоения дисциплины являются:

Формирование комплексных знаний о компьютерном зрении и обработке изображений. Приобретение навыков разработки алгоритмических и программных решений в области задач компьютерного зрения и обработки изображений. Приобретение навыков работы с библиотеками для решения задач компьютерного зрения и обработки изображений.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Данная дисциплина относится к разделу «Дисциплины профиля подготовки» части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.

Для освоения дисциплины, обучающиеся должны иметь навыки программирования, работы с основными структурами данных, анализа сложности алгоритмов, а также иметь базовые знания математического анализа, теории вероятностей, алгебры и геометрии. Эти знания могут быть получены в ходе изучения таких дисциплин как «Алгоритмы и структуры данных», «Программирование», «Программирование для искусственного интеллекта», «Объектно-ориентированное программирование», «Практикум на ЭВМ», «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Алгебра и геометрия», «Методы оптимизации и исследование операций», «Функциональный анализ», «Основы нейросетей».

Полученные в ходе изучения дисциплины знания могут быть востребованы при обучении в магистратуре и профессиональной деятельности.

3. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе:

контактная аудиторная работа: лекции 30 часов, практические занятия 15 часов;

контактная внеаудиторная работа: контроль самостоятельной работы ___--___, в том числе курсовая работа ___--___;

самостоятельная работа: 31 час, в том числе контроль 32 часа.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
---	---

компетенции)	
ПК-6. Способен создавать и поддерживать системы искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов	<p>ПК-6.1. Осуществляет оценку и выбор моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения поставленной задачи</p> <p>ПК-6.2. Разрабатывает системы искусственного интеллекта на основе моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств</p>
ПК-9. Способен создавать и внедрять одну или несколько сквозных цифровых субтехнологий искусственного интеллекта	<p>ПК-9.1. Участвует в реализации проектов в области сквозной цифровой субтехнологии «Компьютерное зрение»</p> <p>ПК-9.2 Участвует в реализации проектов в области сквозной цифровой субтехнологии «Обработка естественного языка»</p>

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения – экзамен; 7 семестр.

6. Язык преподавания русский.

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

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		СР, в том числе контроль (час.)
		Лек.	Пр.	
1. Фреймворк PyTorch Тензоры. Библиотека AutoGrad. Модули. Статический vs динамический графы обучения.	11	2	2	7
2. Обнаружение объектов Определение задачи. Ограничивающие рамки. Мера сходства Жаккара (Intersection over Union). Алгоритмы предложения фрагментов. Архитектура R-CNN. Алгоритм подавления не максимумов (Non-Max Suppression). Оценка детекторов: средняя средняя точность (Mean Average Precision, mAP). Двухэтапные детекторы объектов: Fast R-CNN, Faster R-CNN. Сеть пирамиды признаков. Одноэтапные детекторы объектов: RetinaNet, FCOS.	12	2	2	8

3. Семантическая сегментация и другие задачи Определение задачи. Полносверточная архитектура. Апсэмплинг. Прочие задачи компьютерного зрения.	14	4	2	8
4. Рекуррентные нейронные сети Стандартные RNN. Языковые модели. Обратное распространение ошибки в RNN. Аннотирование изображений. Долгая краткосрочная память (LSTM).	13	4	1	8
5. Внимание. Трансформеры Механизм внимания. Самовнимание. Маскируемый слой самовнимания. Многоголовое самовнимание. Трансформеры. Действующие примеры: GTP-3, DALL-E 2.	16	4	2	10
6. Генеративные модели Обучение без учителя. Дискриминативные vs генеративные модели. Таксономия генеративных моделей. Авторегрессионные модели. PixelRNN. PixelCNN. Автоэнкодеры. Вариационные автоэнкодеры. Обучение, генерирование новых данных. Генеративные состязательные сети. Примеры практических приложений.	23	8	3	12
7. Визуализация моделей и генерация изображений. Визуализация активаций. Максимально активизирующие фрагменты. Карты значимости. Карты активации классов. Визуализация признаков с помощью градиентного подъема. Инверсия признаков. Состязательные атаки и защита. DeepDream. Синтез текстур, матрица Грама. Перенос стиля.	19	6	3	10
ИТОГО	108	30	15	63

III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Фреймворк PyTorch	• лекция,	• традиционные (фронтальная

2. Обнаружение объектов	<ul style="list-style-type: none"> • практическая работа, • выполнение домашнего проектного задания 	<p>лекция, решение упражнений),</p> <ul style="list-style-type: none"> • компьютерные (показ презентаций) • проектный подход, • исследовательская работа
3. Семантическая сегментация и другие задачи		
4. Рекуррентные нейронные сети		
5. Внимание. Трансформеры		
6. Генеративные модели		
7. Визуализация моделей и генерация изображений		

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

ПК-6. Способен создавать и поддерживать системы искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов

№	Результат (индикатор)	Примерная формулировка заданий	Вид/способ	Критерии оценивания
1	ПК-6.1 ПК-6.2	<p>Проектное задание</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Реализовать классификатор К-ближайших соседей на датасете CIFAR-10. 2. Используя перекрестную проверку, найти наилучшее значение гиперпараметра К. 3. Визуализировать результат <p>Проект выполняется в питоновском ноутбуке.</p>	<p>вид: творческое, проектное задание</p> <p>результаты: отчет, компьютерная программа</p>	<ul style="list-style-type: none"> • все задания выполнены полностью: 5 баллов, • не выполнена визуализация: 4 балла, • не найдено оптимальное значение гиперпараметра или найдено без использования перекрестной проверки: 3 балла
2	ПК-6.1 ПК-6.2	<p>Примеры вопросов для устного ответа:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что из следующего верно в отношении дропаута? <ul style="list-style-type: none"> • Во время тестирования (вывода) дропаут применяется с обратной вероятностью сохранения нейрона p • Ни один из вышеперечисленных вариантов • Чем больше вероятность сохранения нейрона, тем сильнее регуляризация весов • Дропаут приводит к разреженности обученной матрицы весов (много нулей) 2. Во время обратного 	<p>вид: ответы на вопросы</p> <p>способ: устно</p>	<p>Правильный ответ на каждый вопрос – 0.5 балла.</p>

		<p>распространения, когда градиент течет назад через сигмовидную нелинейность, градиент всегда будет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • уменьшаться по модулю, сохранять знак • увеличиваться по модулю, менять знак • увеличиваться по модулю, сохранять знак • уменьшаться по модулю, менять знак <p>3. Выберите методы, которые могут ослабить взрыв градиента:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ использование обходных соединений (residual connections) ○ использование обрезки градиента (gradient clipping) ○ добавление пакетной нормализации ○ использование функции активации ReLU вместо сигмоиды 		
--	--	---	--	--

ПК-9. Способен создавать и внедрять одну или несколько сквозных цифровых субтехнологий искусственного интеллекта

№	Результат (индикатор)	Примерная формулировка заданий	Вид/способ	Критерии оценивания
1	ПК-9.1 ПК-9.2	<p>Проектное задание</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Реализовать полностью векторизованную функцию потерь для SVM 2. Реализовать полностью векторизованное выражение для его аналитического градиента 3. Проверить свою реализацию градиента с помощью числового градиента 4. Использовать валидационную выборку, чтобы подобрать скорость обучения и силу регуляризации 5. Оптимизировать функцию потерь с помощью SGD 6. Визуализировать веса обученной модели <p>Проект выполняется в питоновском ноутбуке.</p>	<p>вид: творческое, проектное задание</p> <p>результаты: отчет, компьютерная программа</p>	<ul style="list-style-type: none"> • все задания выполнены полностью: 5 баллов, • не выполнена визуализация: 4 балла, • не найдено оптимальное значение гиперпараметров или найдено без использования валидационной выборки: 3 балла
2	ПК-9.1 ПК-9.2	<p>Примеры вопросов для письменного ответа:</p> <p>Вы создаете глубокую сверточную нейронную сеть, имеющую модульную архитектуру. Пусть ваша сеть состоит из трех идентичных модулей, каждый</p>	<p>вид: ответы на вопросы</p> <p>способ: письменно</p>	<p>Правильный ответ на каждый вопрос – 0.5 балла</p>

		<p>из которых включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сверточный слой, • слой max-пулинга, • слой ReLU. <p>Все слои пулинга будут иметь шаг 2 и высоту/ширину 2.</p> <p>На основе данных ниже гиперпараметров сверточных слоев определите форму выходных данных, получаемых после прохождения одного изображения формы $126 \times 126 \times 3$ (формат $H \times W \times C$) через всю сеть, а также количество параметров во всей сети.</p> <p>Сверточные слои имеют 64 фильтра размером 3×3, шагом 1, паддингом 0.</p> <p>Укажите форму выходных данных сети: $H \times W \times C$ и количество параметров сети.</p>		
--	--	--	--	--

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) Основная литература

1. Яхьяева, Г.Э. Основы теории нейронных сетей / Г.Э. Яхьяева. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 200 с. : ил. - (Основы информационных технологий). - ISBN 978-5-94774-818-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429110>.
2. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль ; перевод с английского А. А. Слинкина. — 2-е изд. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 652 с. — ISBN 978-5-97060-618-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107901>

б) Дополнительная литература

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016. [Electronic resource]. – URL: <https://www.deeplearningbook.org>
2. Дэвис Р., Терк М. Компьютерное зрение. Передовые методы и глубокое обучение. – М.: ДМК-Пресс, 2022. – 690 с.
3. Шапиро, Л. Компьютерное зрение : учебное пособие / Л. Шапиро, Д. Стокман ; под редакцией С. М. Соколова ; перевод с английского А. А. Богуславского. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 763 с. — ISBN 978-5-00101-696-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135496>

2) Программное обеспечение

Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 4б (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	
Adobe Acrobat Reader DC - Russian	бесплатно
Apache Tomcat 8.0.27	бесплатно
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1	бесплатно
Google Chrome	бесплатно
Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit)	бесплатно
JetBrains PyCharm Community Edition 4.5.3	бесплатно
JetBrains PyCharm Edu 3.0	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно
MiKTeX 2.9	бесплатно
MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
NetBeans IDE 8.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
Oracle VM VirtualBox 5.0.2	бесплатно
Origin 8.1 Sr2	договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»
Python 3.1 pygame-1.9.1	бесплатно
Python 3.4 numpy-1.9.2	бесплатно
Python 3.4.3	бесплатно
Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64-bit)	бесплатно
WCF RIA Services V1.0 SP2	бесплатно
WinDjView 2.1	бесплатно
R Studio	бесплатно
Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit)	бесплатно

Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 249 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
FidesysBundle 1.4.43 x64	Акт приема передачи по договору №02/12-13 от 16.12.2013
Google Chrome	бесплатно
JetBrains PyCharm Community Edition 4.5.3	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012
MiKTeX 2.9	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
OpenOffice	бесплатно
Origin 8.1 Sr2	договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»
Python 3.4.3	бесплатно
Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64 bit)	бесплатно
R for Windows 3.3.2	бесплатно
STATGRAPHICS Centurion XVI.И	Акт приема-передачи № Tr024185 от 08.07.2010
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com;

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;

ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>.

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- Электронная образовательная среда ТвГУ: <http://lms.tversu.ru>

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Электронные презентации по материалам курса размещаются на сайте поддержки учебного процесса по дисциплине: <http://lms.tversu.ru>

Важной составляющей данного раздела РПД являются требования к рейтинг-контролю с указанием баллов, распределенных между модулями и видами работы обучающихся.

Максимальная сумма баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся экзаменом, по итогам семестра составляет 60 баллов (30 баллов - 1-й модуль и 30 баллов - 2-й модуль).

Обучающемуся, набравшему 40–54 балла, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в рейтинговой ведомости учета успеваемости и зачетной книжке может быть выставлена оценка «удовлетворительно».

Обучающемуся, набравшему 55–57 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 15 баллов и выставлена экзаменационная оценка «хорошо».

Обучающемуся, набравшему 58–60 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 27 баллов и выставлена экзаменационная оценка «отлично». В каких-либо иных случаях добавление премиальных баллов не допускается.

Обучающийся, набравший до 39 баллов включительно, сдает экзамен.

Распределение баллов по модулям устанавливается преподавателем и может корректироваться.

Типовые задания для рейтингового контроля

1) Постройте вычислительный граф для функции $y(x,y,z)=\sqrt{(x+y)/(2z^2)}$, нарисуйте над стрелками прямой проход по графу со значениями $x=2, y=5, z=1$, а затем и обратное распространение.

2) Дана полносвязная сеть прямого распространения следующей конфигурации: размер изображений – 3072 пикселя (уже вытянуто в вектор), количество нейронов на первом скрытом слое – 10000, количество нейронов на втором скрытом слое – 5000, количество нейронов на выходном слое – 10. Рассчитайте:

- Размеры всех матриц и векторов параметров
- Количество параметров нейронной сети (не забудьте смещения!)
- Во время обучения сеть должна хранить активации на всех слоях.

Предположим, обучение происходит пакетами по 100 изображений. Рассчитайте объем памяти, требуемый для хранения всех активаций

Типовые вопросы для подготовки к экзамену

- Приведите пример выборки, которую невозможно классифицировать без ошибок с помощью линейного алгоритма классификации. Какова минимальная длина выборки, обладающая данным свойством? Какие

существуют способы модифицировать линейный алгоритм так, чтобы данная выборка стала линейно разделимой?

- Почему любая булева функция представима в виде нейронной сети? Сколько в ней слоёв?
- Метод обратного распространения ошибок. Основная идея. Основные недостатки и способы их устранения.
- Как можно выбирать начальное приближение в градиентных методах настройки нейронных сетей?
- Как можно ускорить сходимость в градиентных методах настройки нейронных сетей?
- Что такое диагональный метод Левенберга-Марквардта?
- Что такое «паралич» сети, и как его избежать?
- Как выбирать число слоёв в градиентных методах настройки нейронных сетей?
- Как выбирать число нейронов скрытого слоя в градиентных методах настройки нейронных сетей?

Примеры заданий для самостоятельной работы

1) Реализуйте две разные модели, основанные на внимании - рекуррентные нейронные сети и трансформеры. Цели данного задания следующие:

- Понять и реализовать рекуррентные нейронные сети
- Узнать, как рекуррентные нейронные сети можно использовать для создания подписей к изображениям
- Понять, как дополнить рекуррентные нейронные сети вниманием
- Понять и реализовать различные составные элементы модели трансформера
- Использовать полную модель трансформера для обучения на игрушечном датасете

2) Реализуйте два различных вида генеративных моделей: вариационные автоэнкодеры (VAE) и генеративные состязательные сети (GAN), а также поработаете с визуальной интерпретацией сети и переносом художественного стиля. Цели данного задания следующие:

- Понять и реализовать вариационный и условный вариационный автоэнкодеры и применить их к датасету MNIST
- Понять и реализовать генеративную состязательную сеть и применить ее к датасету MNIST
- Использовать градиент по изображению для синтеза карт значимости, состязательных примеров и выполнения визуализации классов
- Реализовать систему переноса художественного стиля

VII. Материально-техническое обеспечение

Для аудиторной работы.

Компьютерный класс факультета ПМиК № 4в (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Компьютер, экран, маркерная доска, проектор, кондиционер.
Учебная аудитория № 206 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Набор учебной мебели, экран, проектор.

Для самостоятельной работы

Помещение для самостоятельной работы обучающихся: Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 4б (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Компьютер, экран, проектор, кондиционер.
--	--

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			