

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 20.10.2023 20:43:18
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

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

Утверждаю:
Руководитель ООП:

А.В. Язенин
«20» окт 2023 года

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)
ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ

Направление подготовки
02.04.02 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Направленность (профиль)
Информационные технологии в управлении и принятии решений

Для студентов 2-го курса
Форма обучения - очная

Составитель:
к.ф.-м.н., доцент Солдатенко И.С.

Тверь, 2023

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины является:

Формирование у студентов компетенций в области искусственного интеллекта, машинного обучения, основанного на глубоких нейронных сетях.

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

Задачами освоения дисциплины являются:

- 1) изучение основных направлений компьютерного зрения и обработки изображений;
- 2) формирование комплексных знаний о компьютерном зрении и обработке изображений;
- 3) изучение современных подходов к построению архитектур глубоких нейронных сетей, регуляризации и методов оптимизации при обучении глубоких моделей, рекуррентных сетей;
- 4) приобретение навыков разработки алгоритмических и программных решений в области задач компьютерного зрения и обработки изображений;
- 5) приобретение навыков работы с библиотеками для решения задач компьютерного зрения и обработки изображений.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина входит в раздел «Профессиональный» части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания и навыки, полученные в рамках обучения в бакалавриате по дисциплинам «Теория вероятностей и математическая статистика», «Методы оптимизации и исследование операций», «Алгебра и геометрия», «Практикум на ЭВМ».

Полученные знания в последующем используются при выполнении выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей трудовой деятельности.

3. Объем дисциплины:

8 зачетных единиц, 288 академических часов, в том числе:

- **контактная аудиторная работа:**
лекции 30 часов, практических занятий 30 часов, в том числе практическая подготовка 8 часов;
- **контактная внеаудиторная работа**, в том числе курсовая работа:
не предусмотрена учебным планом;
- **самостоятельная работа:**
228 час, в том числе контроль 27 часов.

4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-2 Способен применять в научно-исследовательской и прикладной деятельности современные языки программирования и методы представления и обработки знаний и данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии</p>	<p>ПК-2.1 Знает и применяет современные языки программирования и методы обработки знаний и данных ПК-2.2 Реализовывает численные методы решения задач профессиональной деятельности, пакеты программного обеспечения, операционные системы, сетевые технологии ПК-2.3 Применяет существующие методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и изображений, разработки информационных систем</p>
<p>ПК-3 Способен проектировать информационные системы, их компоненты и протоколы их взаимодействия, собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные и знания, необходимые для проектной и производственно-технологической деятельности; разрабатывать новые алгоритмические, методические и технологические решения в конкретной сфере профессиональной деятельности</p>	<p>ПК-3.1 Знает основы проектирования и элементы архитектурных решений информационных систем ПК-3.2 Применяет в практической деятельности профессиональные стандарты в области информационных технологий ПК-3.3 Составляет техническое задание на разработку информационной системы</p>

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения:
экзамен в 3-м семестре.

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.)					Самосто ятельна я работа, в том числе Контро ль (час.)
		Лекции		Практическ ие занятия		Контроль самостояте льной работы (в том числе курсовая работа)	
		всего	в т.ч. практическа я подготовка	всего	в т.ч. практическа я подготовка		
1. Введение в глубокое обучение в компьютерном зрении Постановка задачи. История компьютерного зрения и глубокого обучения.	16	2		0		14	
2. Классификация изображений Обучение с учителем. Семантический разрыв. К-ближайших соседей. Решающие границы. Метрики расстояний. Гиперпараметры. Учебная, проверочная, тестовая выборки. Перекрестная проверка. Универсальный аппроксиматор. Проклятье размерности.	16	2		2	2	12	
3. Линейные классификаторы Параметрический подход. Линейный классификатор. Интерпретации линейного классификатора. Оценки классов. Функция потерь. Потеря перекрестной энтропии. Потеря мультиклассовой SVM.	22	2		2		18	
4. Регуляризация. Оптимизация Переобучение модели. L1 и L2 регуляризации. Методы оптимизации. Метод градиентного спуска. Пакетный и стохастический градиентный спуск. Проблемы SGD. Инерционный SGD. Инерция Нестерова. Адаптивный градиент AdaGrad. Метод RMSProp. Метод Adam. Оптимизация второго порядка.	14	0		2		12	

<p>5. Нейронные сети прямого распространения Преобразование признаков. Рукотворные признаки изображений vs нейронные сети. Однослойный и многослойные перцептрон. Матричная форма записи. Функции активации. Выразительная сила нейронной сети. Универсальный аппроксиматор.</p>	22	2		2	2		18
<p>6. Метод обратного распространения ошибки Цепное правило. Граф вычислений. Обратное распространение на основе графа вычислений. Основные шаблоны в потоке градиентов. Плоская и модульная реализация алгоритма. Векторное обратное распространение. Матрицы Якоби. Тензоры. Тензорное обратное распространение.</p>	16	2		2			12
<p>7. Сверточные нейронные сети Сверточный слой. Фильтры, карты активаций. Интерпретация сверток. Слой подвыборки (пулинга). Пример сети LeNet-5. Пакетная нормализация. Послойная нормализация. Пространственная нормализация. Примеры архитектур сетей: AlexNet, VGG, GoogLeNet, ResNet.</p>	20	3		3			14
<p>8. Обучение глубоких нейронных сетей Функции активации: сигмоида, гиперболический тангенс, ReLU, протекающий ReLU, ELU, SELU, GELU. Предобработка данных: центрирование, нормализация, отбеливание. Инициализация весов: инициализация Ксавье, инициализация Кайминга. Дропаут. Инвертированный дропаут. Аугментация данных. Другие типы регуляризации. Расписание затухания скорости обучения. Методы поиска гиперпараметров. Анализ кривых обучения. Ансамбли моделей. Трансферное обучение.</p>	18	2		2			14
<p>9. Фреймворк PyTorch Тензоры. Библиотека AutoGrad. Модули. Статический vs динамический графы обучения.</p>	16	0		2			14

<p>10. 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.</p>	24	3		3	2		18
<p>11. Семантическая сегментация и другие задачи Определение задачи. Полносверточная архитектура. Апсэмплинг. Прочие задачи компьютерного зрения.</p>	18	2		2			14
<p>12. Рекуррентные нейронные сети Стандартные RNN. Языковые модели. Обратное распространение ошибки в RNN. Аннотирование изображений. Долгая краткосрочная память (LSTM).</p>	18	2		2			14
<p>13. Внимание. Трансформеры Механизм внимания. Самовнимание. Маскируемый слой самовнимания. Многоголовое самовнимание. Трансформеры. Действующие примеры: GTP-3, DALL-E 2.</p>	22	2		2			18
<p>14. 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.</p>	24	4		2			18

15. 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.	22	2		2	2		18
ИТОГО	288	30		30	8		228

III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Введение в глубокое обучение в компьютерном зрении	<ul style="list-style-type: none"> • лекция, • практическая работа, • выполнение домашнего проектного задания 	<ul style="list-style-type: none"> • традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), • компьютерные (показ презентаций) • проектный подход, • исследовательская работа
2. Классификация изображений		
3. Линейные классификаторы		
4. Регуляризация. Оптимизация		
5. Нейронные сети прямого распространения		
6. Метод обратного распространения ошибки		
7. Сверточные нейронные сети		
8. Обучение глубоких нейронных сетей		
9. Фреймворк PyTorch		
10. Обнаружение объектов		
11. Семантическая сегментация и другие задачи		
12. Рекуррентные нейронные сети		
13. Внимание. Трансформеры		
14. Генеративные модели		

15. Визуализация моделей и генерация изображений		
--	--	--

IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенций:

ПК-2 Способен применять в научно-исследовательской и прикладной деятельности современные языки программирования и методы представления и обработки знаний и данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии

№	Результат (индикатор)	Примерная формулировка заданий	Вид/способ	Критерии оценивания
1	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<p>Проектное задание</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Реализовать классификатор K-ближайших соседей на датасете CIFAR-10. 2. Используя перекрестную проверку, найти наилучшее значение гиперпараметра K. 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-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<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 распространения, когда градиент течет назад через сигмовидную нелинейность, градиент всегда будет: <ul style="list-style-type: none"> • уменьшаться по модулю, сохранять знак • увеличиваться по модулю, менять 	<p>вид: ответы на вопросы</p> <p>способ: устно</p>	<p>Правильный ответ на каждый вопрос – 0.5 балла.</p>

		<p>знак</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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-3 Способен проектировать информационные системы, их компоненты и протоколы их взаимодействия, собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные и знания, необходимые для проектной и производственно-технологической деятельности; разрабатывать новые алгоритмические, методические и технологические решения в конкретной сфере профессиональной деятельности

№	Результат (индикатор)	Примерная формулировка заданий	Вид/способ	Критерии оценивания
1	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3	<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-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3	<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 из которых включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сверточный слой, 	<p>вид: ответы на вопросы</p> <p>способ: письменно</p>	<p>Правильный ответ на каждый вопрос – 0.5 балла</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • 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 HxWxC) 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 x W x C и количество параметров сети.</p>		
--	---	--	--

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. Яхьяева, Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети / Г.Э. Яхьяева. - 2-е изд., испр. - М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 316 с.: ил., табл. - (Серия «Основы информационных технологий»). - ISBN 978-5-94774-818-5 (БИНОМ.ЛЗ); То же [Электронный ресурс]. - URL: http://artlib.osu.ru/web/books/content_all/1827.pdf.
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 № 46 (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

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>
- Научная библиотека ТвГУ (<http://library.tversu.ru>)

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Организуя свою учебную работу, студенты должны, во-первых, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Во-вторых, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, выпущенных кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

1. Работа с учебными пособиями.

Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Необходимо усвоить определения и понятия, уметь приводить их точные формулировки, приводить примеры объектов, удовлетворяющих этому определению. Кроме того, необходимо знать круг фактов, связанных с данным понятием. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

2. Самостоятельное изучение тем.

Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной переподготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, написание рефератов, выступление с докладом, подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачёту и экзамену.

3. Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется следовать методическим рекомендациям по работе с учебными пособиями, приведенным выше.

4. Составление конспектов.

В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания используются схемы и таблицы.

VII. Материально-техническое обеспечение

Для аудиторной работы.

Учебная аудитория № 212 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Набор учебной мебели, мультимедийный комплекс (доска, проектор, панель управления).
Учебная аудитория № 206 (170002, Тверская область, г.Тверь, пер. Садовый, д.35)	Набор учебной мебели, экран, проектор.

Для самостоятельной работы

Помещение для самостоятельной работы обучающихся: Компьютерный класс факультета ПМиК № 46 (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.	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение, необходимое для проведения практики 2) Программное обеспечение	Внесены изменения в программное обеспечение	От 24.08.2023 года, протокол № 1 ученого совета факультета
2.			
3.			
4.			
5.			