


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра вычислительных и программных систем

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета ИВТ
 Д.Ю. Чалый
«23» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Глубокое обучение»

Направление подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)

«Математические основы искусственного интеллекта»

Квалификация выпускника

Магистр

Форма обучения

очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «21» апреля 2023 г.,
протокол № 8

Программа одобрена НМК
факультета ИВТ
протокол № 6 от
«28» апреля 2023 г.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Глубокое обучение для систем искусственного интеллекта» относится к вариативной части ОП магистратуры и является логическим продолжением курса «Машинное обучение».

2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина «Глубокое обучение для систем искусственного интеллекта» относится к базовой части ОП магистратуры

Для освоения данной дисциплины студентам необходимы знания, полученные при изучении дисциплин «Основы программирования», «Высокоуровневое программирование», «Языки программирования».

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Глубокое обучение для систем искусственного интеллекта», используются учащимися при изучении последующих дисциплин, таких как «Компьютерное моделирование», «Интеллектуальные системы», «Программная инженерия».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине , соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП магистратуры.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Код компетенции	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Универсальные компетенции		
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.	УК-2.1 Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления УК - 2.3 Осуществляет мониторинг реализации проекта.	

	<p>разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p> <p>ОПК-2.3 Умеет выбрать, адаптировать и использовать математические методы для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p>	
--	--	--

4. Объем структура и содержание дисциплины «Глубокое обучение для систем искусственного интеллекта»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Нейронные сети.	3	4	4				10	
2	Обучение НС.	3	4	4				14	
3	Методы оптимизации.	3	4	4		2		10	
4	Регуляризация в НС.	3	4	4				10	
5	Дообучение НС.	3	4	4		2		10	
6	Обработка естественного языка (NLP).	3	4	4				4	
7	Рекуррентные НС.	3	4	4		2		4	
8	Генеративные модели (GAN).	3	6	6				3,7	
	Всего за 3 семестр		18	18		6		65,7	экзамен
	Всего		18	18		6		65,7	

Содержание разделов дисциплины:

<p>Нейронные сети. История развития нейронных сетей от модели нейрона к современным архитектурам нейронных сетей (глубокие сверточные НС, рекуррентные НС, генеративные модели). Математическая модель нейрона. Виды функций активации. Полносвязный слой, сверточный и слой прореживания. Известные архитектуры сверточных нейронных сетей для задачи классификации изображений. Знакомство с библиотекой глубокого обучения TensorFlow.</p>
<p>Обучение НС. Понятие функции потерь, сведение к задаче оптимизации. Метод обратного распространения ошибки. Вычисление матричных производных. Знакомство с библиотекой Keras, последовательная модель Sequential. Создание первой полносвязной сети на примере задачи классификации рукописных цифр. Обучение модели (метод fit), предсказание на других картинках (predict). Обучающая и валидационная выборки. Анализ графиков обучения (loss, accuracy). Сохранение и загрузка обученной модели.</p>

<p>Методы оптимизации. Градиентный спуск и его модификации. Скорость обучения. Виды функции потерь. Сверточные НС. Создание последовательной модели простой сверточной НС для классификации рукописных цифр. Использование callback-ов для сохранения моделей в процессе обучения. Анализ графиков обучения, детектирование ситуации переобучения/недообучения.</p>
<p>Регуляризация в НС. Как работает слой Dropout. Важность нормализации данных перед обучением НС. Аугментация данных (повороты, отражения, масштаб, сдвиг). Задача классификации изображений кошек и собак. Использование ImageDataGenerator.</p>
<p>Дообучение НС. Подходы к архитектуре СНС. Классические архитектуры СНС. Идея 1x1 свертки, замена больших сверток несколькими меньшего размера, работа с картинками разных размеров - SSP слой. Блоки: fire, insepction, residual net. Дообучение полносвязных слоев. Разморозка других слоев СНС.</p>
<p>Обработка естественного языка (NLP). Модели представления слов в виде вектора. Понятия корпуса, токенизация, нормализация, стемминг. Идея НС автокодировщика. Подробный разбор модели Word2Vec, и кратко FastText.</p>
<p>Рекуррентные НС. Как работают. История развития моделей. Модель LSTM, GRU. Слой Embedding. Решение практической задачи (классификация отзывов на фильмы).</p>
<p>Генеративные модели (GAN). Модель генератора, дискриминатора. Особенности функции потерь и обучения сети. Задача генерации лиц человека, векторная арифметика.</p>

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

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

В процессе осуществления образовательного процесса используются: для разработки документов, презентаций, для работы с электронными таблицами

OfficeStd 2013 RUS OLP NL Acdmc 021-10232

LibreOffice (свободное)

– для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next");

– для проведения лабораторных занятий используется CASE-среда Enterprise Architect (разработчик Sparx Systems).

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Основная литература:

Галушкин, А. И. Нейронные сети : основы теории / Галушкин А. И. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012. - 496 с. - ISBN 978-5-9912-0082-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : :
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991200820.html>

Дополнительная литература:

1. Маккинли, У. Python и анализ данных / Уэс Маккинли - Москва : ДМК Пресс, 2015. - 482 с. - ISBN 978-5-97060-315-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970603154.html>
2. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Гудфеллоу Я. , Бенджио И. , Курвилль А. , пер. с англ. А. А. Слинкина. - 2-е изд. , испр. - Москва : ДМК Пресс, 2018. - 652 с. - ISBN 978-5-97060-618-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970606186.html>

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных занятий;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Глубокое обучение для систем искусственного интеллекта»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации**

Пример лабораторной работы

Имеется набор данных с изображениями из нескольких классов. Разработайте архитектуру и обучите сверточную нейронную сеть. Оцените процесс обучения НС, имеется ли переобучение/недообучение. Оцените качество работы НС на тестовом наборе изображений. Если необходимо используйте аугментацию, регуляризацию. Выберите лучшую архитектуру, и параметры ее обучения.

Студент защищает лабораторную работу, при этом готовит презентацию с результатами работы модели для разных архитектур и параметров. Студент должен быть готов анализировать графики обучения и пояснить выбор значений параметров и архитектуры НС. Студентам выдаются разные наборы данных с изображениями.

Показатели	Критерии
Содержание программы	Анализирует изученный материал, Правильно выбирает путь решения задачи и использует уместные подходы, Качество модели неплохое и правильно оценивается.
Аргументированно отвечает на вопросы	Знает изложенный материал, Анализирует результаты и делает выводы Проявляет критическое мышление.
Представление лабораторной	Использует иллюстративные, наглядные материалы, Владеет культурой речи.

Критерии оценки

- «Отлично» – модель показывает хорошее качество, лабораторная работа полностью соответствует описанным критериям;
- «Хорошо» – модель показывает неплохое качество, лабораторная работа соответствует описанным критериям за исключением некоторых замечаний не более чем по нескольким пунктам критериев;
- «Удовлетворительно» – модель приемлемое качество, лабораторная работа соответствует более чем половине описанных критериев;
- «Неудовлетворительно» – программа не предоставлена, или модель показывает плохое качество, лабораторная работа не соответствует большей части описанных критериев.

Вариант билета на зачете

1. Опишите алгоритм обучения нейронной сети Back-Propagation.
2. Виды слоев СНС, с основными параметрами каждого слоя. Функции активации.
3. Опишите модель LSTM.
4. Представлен пример графика обучения НС, ее архитектуры, параметров обучения, размеры набора данных. Провести анализ построенной модели, сделать выводы, возможно дать рекомендации по улучшению качества модели.

Критерии оценки

- «Отлично» – даны верные ответы на 4 вопроса из билета, возможно допущены небольшие огрехи;
- «Хорошо» – даны верные ответы на 4 вопроса из билета, в некоторых вопросах были допущены существенные недочеты;
- «Удовлетворительно» – даны верные ответы на 3 вопроса из билета;
- «Неудовлетворительно» – даны верные ответы лишь на 2 и менее вопросов из билета.

2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

2.1 Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

Пороговый уровень - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

Продвинутый уровень - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

Высокий уровень - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

**2.2 Перечень компетенций, этапы их формирования,
описание показателей и критериев оценивания компетенций
на различных этапах их формирования**

Шкала оценивания компетенций:

Оценка в 100-балльной шкале	Оценка в 5-ти балльной шкале	Уровень сформированности компетенций
0-54 баллов	неудовлетворительно (не зачтено)	недостаточный
55-69 баллов	удовлетворительно (зачтено)	базовый
70-85 баллов	хорошо (зачтено)	повышенный
86-100 баллов	отлично (зачтено)	

Критерии оценивания компетенций:

Индикаторы достижения компетенций	Критерии оценивания компетенций		
	Недостаточный уровень	Базовый уровень	Повышенный уровень
ПК-3.1. Выбирает и применяет методы сбора и извлечения знаний ПК-3.2. Выбирает и применяет методы структурирования знаний ПК-3.3. Выбирает и применяет методы представления знаний ПК-3.4. Выбирает и применяет методы обработки и распространения знаний	неудовлетворительно (не зачтено)	удовлетворительно (зачтено)	хорошо или отлично (зачтено)

3. Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

3.1 Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций

Пороговый уровень (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

Продвинутый уровень (общие характеристики):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Высокий уровень (общие характеристики):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

3.2 Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Показатели и критерии, используемые при выставлении оценки подробно описаны в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций».

Пороговый уровень формирования компетенций соответствует оценке «зачтено» за выполнение лабораторных работ в течение семестра и сдачу зачета в конце семестра.

Оценка «зачет» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Глубокое обучение для систем искусственного интеллекта»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Глубокое обучение для систем искусственного интеллекта» являются лекции, проводимые в виде электронных презентаций, что позволяет сделать материал лекций более наглядными, улучшает информативность и понимание изучаемого курса.

По большинству тем предусмотрены лабораторные работы, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам и получение навыков работы непосредственно с CASE- системой, путем выполнения заданий по построению моделей определенного типа. Выполнение предлагаемых в процессе изучения курса лабораторных работ позволяет не только понять и закрепить теоретический материал, но и приобрести навык анализа предметной области и построения объектно-ориентированных моделей с применением современных технологий.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются и обсуждаются на лекциях и лабораторных занятиях. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы концепции объектно-ориентированного анализа и проектирования. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной при выполнении лабораторных работ или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и лабораторных занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы с CASE - системой, в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде двух контрольных работ. Для более успешной подготовки к контрольным работам перед их проведением преподавателем проводятся консультации.

В конце семестра студенты сдают зачет. Зачет по итогам семестра выставляется по результатам написания лабораторных и контрольных работ, а так же краткого собеседования по вопросам теоретического материала.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Глубокое обучение для систем искусственного интеллекта» самостоятельно студенту достаточно сложно. Это связано с отсутствием опыта в проведении анализа предметной области и построения объектно-ориентированных моделей. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет по итогам изучения дисциплины студенту будет сложно.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу, указанную в разделе № 7 данной рабочей программы.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения online доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ

(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

3. Электронная картотека «[Книгообеспеченность](#)»

(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «[Книгообеспеченность](#)» доступна в сети университета и через Личный кабинет.