

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Working programme of the discipline

Deep learning

Higher education level

Master degree

Area of study / speciality

02.04.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

Focus /specialization of the study programme

Artificial Intelligence and Data Analysis

Mode of study

full-time

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2025

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 Глубокое обучение относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
<p>ПК-10: Способен конвертировать результаты научно-исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта в области компьютерной графики и моделирования живых и технических систем</p> <p>(КГуМ), и обратно: способен обеспечить ИТ-проект необходимым исследованием и опытно-конструкторскими работами</p>	<p>ПК-10.1: Знает методы планирования в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ</p> <p>ПК-10.2: Умеет проводить мониторинг и управление работами проекта в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ</p> <p>ПК-10.3: Имеет практический опыт управления изменениями в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ</p>	<p>ПК-10.1: Знать, как использовать алгоритмы и методы глубокого обучения в решении научных задач и задач проектной и производственно-технологической деятельности / Students must know how to use deep learning methods to solve scientific problems and problems of technological activities</p> <p>ПК-10.2: Уметь решать задачи методами глубокого обучения. Владеть навыками решения прикладных задач методами глубокого обучения / Students should be able to solve problems using deep learning. Students must have the skills to solve applied problems using deep learning method</p> <p>ПК-10.3: Иметь практический опыт управления изменениями в проектах, где поставленные задачи решаются средствами глубокого обучения / Students should have practical experience in change management in projects where tasks are solved using deep learning</p>	Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	131
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Введение в глубокое обучение (deep learning) / Introduction to deep learning	22	4	2	6	16
Многослойные полностью связанные сети / Fully-connected neural networks	22	4	2	6	16
Сверточные нейронные сети / Convolutional neural networks	22	4	2	6	16
Обзор библиотек глубокого обучения. Разработка сети, соответствующей логистической регрессии, на примере задачи распознавания рукописных цифр / An overview of deep learning frameworks. Development of a neural network that correspond to the logistic regression using the handwritten digit recognition task as an example	22	4	2	6	16
Классификация изображений с большим числом категорий с использованием методов глубокого обучения / Image classification using deep learning	22	4	2	6	16
Обучение без учителя / Unsupervised learning	22	4	2	6	16

Перенос обучения (transfer learning) глубоких нейронных сетей / Transfer learning of deep neural networks	22	4	2	6	16
Семантическая сегментация изображений с использованием методов глубокого обучения / Semantic segmentation of images using deep learning	16	4	2	6	10
Детектирование объектов на изображениях с использованием методов глубокого обучения / Object detection in images using deep learning	9			0	9
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	180	32	16	49	131

Contents of sections and topics of the discipline

1. Введение в глубокое обучение (deep learning) / Introduction to deep learning
2. Многослойные полностью связанные сети / Fully-connected neural networks
3. Сверточные нейронные сети / Convolutional neural networks
4. Обзор библиотек глубокого обучения. Разработка сети, соответствующей логистической регрессии, на примере задачи распознавания рукописных цифр / An overview of deep learning frameworks. Development of a neural network that correspond to the logistic regression using the handwritten digit recognition task as an example
5. Классификация изображений с большим числом категорий с использованием методов глубокого обучения / Image classification using deep learning
6. Обучение без учителя / Unsupervised learning
7. Перенос обучения (transfer learning) глубоких нейронных сетей / Transfer learning of deep neural networks
8. Семантическая сегментация изображений с использованием методов глубокого обучения / Semantic segmentation of images using deep learning
9. Детектирование объектов на изображениях с использованием методов глубокого обучения / Object detection in images using deep learning

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:
Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Глубокое обучение, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6119>.

Иные учебно-методические материалы:

1. Воронцов К.В. Машинное обучение. Курс лекций. <http://www.machinelearning.ru>.
2. Золотых Н.Ю. Машинное обучение. Курс лекций. Нижний Новгород: ННГУ, 2007.

5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)

5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:

5.1.1 Model assignments (assessment tool - Practical task) to assess the development of the competency ПК-10:

Лабораторная работа №1 / Lab #1

Программная реализация метода обратного распространения ошибки для трехслойного перцептрон (по материалам лекции №2) / Software implementation of the backpropagation method for a three-layer perceptron (based on lecture #2)

Лабораторная работа №3 / Lab #3

Перенос обучения с использованием библиотеки PyTorch для решения задачи классификации изображений / Transfer learning using the PyTorch library to solve an image classification problem.

Примечание: при выполнении лабораторных работ 2 и 3 используется одинаковый набор данных из общего перечисленных наборов / Note: Labs 2 and 3 use the same set of data from the general sets listed

Assessment criteria (assessment tool — Practical task)

Grade	Assessment criteria
outstanding	Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок, при этом применен творческий подход к решению нестандартных задач. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю.
excellent	Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю.
very good	Выполнены основные этапы решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
good	Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
satisfactory	Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с существенными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю, но с отклонениями от сроков.
unsatisfactory	Выполнены не все практические задания (лабораторные работы) или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).
poor	Студент не приступал к выполнению практических заданий.

5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Scale of assessment for interim certification

Grade		Assessment criteria
pass	outstanding	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme.

	excellent	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent",
	very good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good",
	good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good",
	satisfactory	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level.
fail	unsatisfactory	At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level.
	poor	At least one competency has been developed at the "poor" level.

5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

5.3.1 Model assignments (assessment tool - Control questions) to assess the development of the competency ПК-10

1. Введение в глубокое обучение (deep learning) / Introduction to deep learning
 - a. Что такое глубокое обучение (deep learning)? / What is deep learning?
 - b. Истоки возникновения (связь с биологией) / Origins of occurrence (connection with biology)
 - c. Примеры задач, которые решаются с использованием глубокого обучения / Examples of problems solved using deep learning
 - a. Задачи компьютерного зрения (computer vision): классификация изображений с большим числом категорий, детектирование объектов, семантическая сегментация изображений / Computer vision problems: image classification, object detection, semantic segmentation
 - b. Задачи распознавания естественного языка: машинный перевод, генерация текста в естественного языка, грамматический разбор слов / Natural language processing problems: machine translation, natural language text generation, grammatical parsing of words
 - d. Другие примеры задач / Other examples of problems

Assessment criteria (assessment tool — Control questions)

Grade	Assessment criteria
pass	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
fail	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Лекун Я. Как учится машина. Революция в области нейронных сетей и глубокого обучения : монография / Лекун Я. - Москва : Альпина ПРО, 2021. - 335 с. - ISBN 978-5-907394-92-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=869003&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Филиппов Ф. В. Моделирование нейронных сетей глубокого обучения : учебное пособие / Филиппов Ф. В. - Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2019. - 79 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=779898&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Уменьшение количества параметров. Замена сверточных слоев большой размерности стеком сверток более низкой размерности [<https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf>].
2. Более эффективное разделение пространства признаков за счет использования полностью связанных слоев. Замена полностью связанных слоев на сверточные [<https://arxiv.org/pdf/1312.4400v3.pdf>].
3. Принципы построения сверточных сетей [<https://arxiv.org/pdf/1512.00567v3.pdf>].
4. Проблема деградация модели. Глубокие остаточные сети (DeepResidualNetworks) [<https://arxiv.org/pdf/1512.03385v1.pdf>].
5. Классификация методов визуализации признаков [<https://arxiv.org/pdf/1606.07757.pdf>].
6. Визуализация фильтров и выходов слоев в Caffe [<http://nbviewer.jupyter.org/github/BVLC/caffe/blob/master/examples/00-classification.ipynb>].
7. Визуализация фильтров и выходов слоев в Torch [<https://github.com/facebook/iTorch>].
8. Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие [<http://www.deeplearningbook.org/contents/rnn.html>].
9. Длинные рекуррентные нейронные сети с короткой памятью (Long Short-Term Memory Recurrent Neural Network, LSTM-RNN) [http://deeplearning.cs.cmu.edu/pdfs/Hochreiter97_lstm.pdf].
10. Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие [<http://www.deeplearningbook.org/contents/rnn.html>].
11. Разверточные нейронные сети (Deconvolutional Neural Networks) [<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.727.9680&rep=rep1&type=pdf>].

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Авторы: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент

Кустикова Валентина Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.