

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования**

«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины**

**Глубокое обучение**

Уровень высшего образования

**магистратура**

Направление подготовки (специальность)

**09.04.04 Программная инженерия**

Профиль подготовки (специализация)

**Технологии цифровой трансформации**

Форма обучения

**очная**

Нижегород

2023

## 1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Б1.В.ДВ.02.01,Глубокое обучение» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия» профиля подготовки «Технологии цифровой трансформации». Дисциплина преподается в 3 семестре. Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 час., зачет.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина «Б1.В.ДВ.02.01,Глубокое обучение» относится к части ООП направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия», формируемой участниками образовательных отношений

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

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
1	ПК-11	Владеет методами организационного и технологического обеспечения проектирования и дизайна ИС	ПК-11.1. Знает инструменты и методы проектирования и дизайна ИС	<i>Собеседование</i>
			ПК-11.2. Умеет проводить обеспечение соответствия проектирования и дизайна ИС принятым в организации или проекте стандартам и технологиям	<i>Собеседование, задача</i>
			ПК-11.3. Имеет практический опыт верификации структуры программного кода ИС	<i>Собеседование, задача</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет

3 зачетные единицы, всего 108 час., из которых

65 час. составляет **контактная** работа обучающегося с преподавателем:

32 часа занятия лекционного типа,

32 часа. занятия семинарского типа (семинары, лабораторные работы и т.п.),

1 час. мероприятия промежуточной аттестации

43 час. составляет **самостоятельная** работа обучающегося.

#### 3.2 Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,  форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа студента, часы
		из них			Всего контактных часов	
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа				
Введение в глубокое обучение (deep learning).	13	4	2		6	7
Многослойные полностью связанные сети	13	4	2		6	7
Обзор библиотек глубокого обучения. Разработка сети, соответствующей логистической регрессии, на примере задачи распознавания рукописных цифр.	13	4	2		6	7
Сверточные нейронные сети.	13	4	2		6	7
Визуализация фильтров/выходов на промежуточных слоях сети.	13	4	2		6	7
Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие.	14	4	2		6	8
Обучение без учителя.	14	4	2		6	8
Перенос обучения (transfer learning) глубоких нейронных сетей.	14	4	2		6	8
Текущий контроль (КСП)	1				1	
Промежуточная аттестация - зачет						

<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>65</b>	<b>43</b>
--------------	------------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: изучение методических материалов, подготовку к вопросам для собеседования, выполнение заданий для лабораторных работ.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: создание и сопровождение архитектуры программных средств, разработка и тестирование программного обеспечения;
- компетенций – ПК-11.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде работы с рекомендованной обязательной и дополнительной литературой, подготовке к лекциям, подготовке к зачету. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс (Глубокое обучение, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6119>), созданный в системе электронного обучения ННГУ <https://e-learning.unn.ru/>.

**5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:**

##### **5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено			зачтено			

компетенций)							
<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, без ошибок.	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.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения, Решены все основные задачи.  Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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	Продемонстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки  при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование

зачтено		которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1 Контрольные вопросы к зачету

Вопрос	Код формируемой компетенции
<p><b>1. Введение в глубокое обучение (deep learning).</b></p> <p>a. Что такое глубокое обучение (deep learning)?</p> <p>b. Истоки возникновения (связь с биологией).</p> <p>c. Примеры задач, которые решаются с использованием глубокого обучения:</p> <p>i. Задачи компьютерного зрения (computer vision): классификация изображений с большим числом категорий, детектирование объектов, семантическая сегментация изображений.</p> <p>ii. Задачи распознавания естественного языка: машинный перевод, генерация текстов естественного языка, грамматический разбор слов.</p> <p>iii. Другие примеры задач (генерация описания модели, задачи планирования).</p> <p>d. Классификация моделей по способу обучения.</p> <p>i. Обучение с учителем (supervised learning): многослойные полностью связанные сети, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети.</p>	ПК-11

<p>ii. Обучение без учителя (unsupervised learning): автокодировщик, ограниченная машина Больцмана (Restricted Boltzmann Machine, RBM), глубокая машина Больцмана</p>	
<p><b>2. Многослойные полностью связанные сети (Fully-Connected Neural Networks, FCNN).</b> Многослойный перцептрон (Multiple Layer Perceptron, MLP).</p> <p>a. Общая структура модели.  b. Слои, функции активации и функции ошибки.  c. Оптимизационная постановка задачи обучения многослойной нейронной сети.  d. Метод обратного распространения ошибки (Back Propagation, BP).  e. Стохастический градиентный спуск (Stochastic Gradient Descent, SGD). Настраиваемые параметры метода.  f. Пример влияния параметров метода на скорость сходимости и результаты работы сети</p>	ПК-11
<p><b>3. Обзор библиотек глубокого обучения. Разработка сети, соответствующей логистической регрессии, на примере задачи распознавания рукописных цифр.</b></p> <p>a. Структура сети, соответствующая логистической регрессии.  b. Задача распознавания рукописных цифр.  c. Открытые библиотеки глубокого обучения:  Библиотека Caffe (C/C++, Python). Пример разработки сети, обучения и тестирования сети.  Библиотека Torch (Lua).  Библиотека TensorFlow (Python).</p>	ПК-11
<p><b>4. Сверточные нейронные сети.</b></p> <p>a. Структура модели.  b. Возможные слои (свертка, pooling, dropout, Local Contrast Normalization, Batch Normalization и другие).  c. Функции активации (сигмоидальные, ReLU).  d. Функции ошибки.  e. Оптимизационная постановка задачи обучения сверточной нейронной сети.  f. Метод обратного распространения ошибки для сверточных нейронных сетей.  g. Пример простейшей сверточной нейронной сети:  Структура сети; Влияния параметров метода обучения.  h. Определение числа обучаемых параметров. Оценка объема памяти, необходимой для хранения сети.  j. Принципы построения и оптимизации сверточных сетей</p>	ПК-11
<p><b>5. Визуализация фильтров/выходов на промежуточных слоях сети.</b>  Классификация методов визуализации признаков. Открытые библиотеки для визуализации. Визуализация фильтров и выходов слоев в библиотеке Caffe и Torch</p>	ПК-11
<p><b>6. Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие.</b></p> <p>a. Общая структура модели. б. Полностью рекуррентная нейронная сеть.  c. Проблемы обучения рекуррентных сетей. Развертывание рекуррентной сети во времени и адаптация метода обратного распространения ошибки.  d. Примеры простейших сетей: сеть Эльмана, сеть Хопфилда. e. Пример использования рекуррентных нейронных сетей к задаче распознавания цифр.  f. Двухнаправленные рекуррентные нейронные сети.  g. Глубокие двухнаправленные рекуррентные нейронные сети. h. Рекурсивные нейронные сети.</p>	ПК-11

i. Длинные рекуррентные нейронные сети с короткой памятью	
<b>7. Обучение без учителя.</b> Автокодировщик и стек автокодировщиков. Применение метода обратного распространения ошибки для обучения сети. Разверточные нейронные сети. Ограниченная машина Больцмана. Глубокая машина Больцмана (Deep Boltzmann machine, DBM). Пример применения для начальной настройки параметров модели. Глубокая доверительная сеть	ПК-11
<b>8. Перенос обучения (transfer learning) глубоких нейронных сетей.</b> i. Полное обучение параметров всех слоев сети с произвольной начальной инициализацией. ii. Обучение всех слоев параметров всех слоев сети с начальной инициализацией, полученной в результате обучения модели для решения исходной задачи. iii. Обучение только последних слоев (измененных) сети с начальной инициализацией, полученной в результате обучения модели для решения исходной задачи.	ПК-11

### 5.2.2. Типовые вопросы для собеседования для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Проблема переобучения при решении задачи восстановления регрессии.
2. Методы борьбы с переобучением: сокращение числа параметров, регуляризация (ридж-регрессия), метод лассо. Трудоемкость методов.
3. Метод ближайших соседей для решения задачи классификации. Теорема об оценке риска в методе ближайшего соседа.
4. Наивный байесовский классификатор.
5. Линейный дискриминантный анализ.
6. Квадратичный дискриминантный анализ.
7. Логистическая регрессия.
8. Нейронные сети. Персептрон Розенблатта. Алгоритм обучения персептрона как метод стохастического градиентного спуска.

### 5.2.3. Типовые задания для лабораторных работ для оценки сформированности компетенции ПК-11

№	Задания лабораторных работ
1	Реализация метода обратного распространения ошибки для трехслойного персептрона (по материалам лекции №2)
2	Разработка полностью связанной нейронной сети с использованием одной из библиотек глубокого обучения для решения некоторой заданной задачи. Проведение экспериментов с разным количеством скрытых слоев и числом скрытых элементов на каждом слое. Сбор результатов качества работы сетей (по материалам лекции №3)
3	Разработка сверточной нейронной сети для решения той же задачи, что и в предыдущей

лабораторной работе. Проведение экспериментов с разными конфигурациями сверточных нейронных сетей. Сбор результатов качества работы сетей. (по материалам лекции №4)
--

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

### а) Основная литература:

1. Константин Воронцов. Машинное обучение. ИНТУИТ:  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/13844/1241/info>
2. Юрий Аникин, Ирина Борисова, Николай Загоруйко, Александр Зырянов, Евгений Павловский. Введение в аналитику больших массивов данных. ИНТУИТ:  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/12385/1181/info>

### б) Дополнительная литература

1. Золотых Н.Ю. Машинное обучение. Курс лекций. Нижний Новгород: ННГУ, 2007.  
<http://www.uic.nnov.ru/~zny/ml>
2. Николай Анохин, Владимир Гулин, Павел Нестеров. Алгоритмы интеллектуальной обработки больших объемов данных. ИНТУИТ:  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/3498/740/info>

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 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](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)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

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

Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре Математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.04. – Программная инженерия.

Авторы:

к.т.н., доцент кафедры МОСТ, Сиднев А.А.

к.т.н., доцент. кафедры МОСТ, Кустикова В.Д.

Рецензент (ы):

к.ф.-м.н., доцент кафедры ТВиАД, Пройдакова Е.В.

Зав кафедрой,

д.ф.-м.н, проф. заведующий кафедрой МОСТ Стронгин Р.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.