

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

**Рабочая программа дисциплины
Глубокое обучение**

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки (специальность)
020402 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Искусственный интеллект

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина «Глубокое обучение» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Блока1 ООП (Б1.В.02). Предусмотрена для освоения в 3 семестре 2 года обучения. Трудоемкость составляет 4 зачетных единицы (144 час.). Контактная работа – 49 час.: проведение лекционных (32 ч.) и практических (16 ч.) занятий; контроль самостоятельной работы. Самостоятельная работа – 95 час.

| № Варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД |
|------------|---|--|
| 1 | Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений | Дисциплина Б1.В.02 «Глубокое обучение» относится к части ООП направления подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, формируемой участниками образовательных отношений. |

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** | |
| ПК-10. Способен конвертировать результаты научно- исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно: способен обеспечить ИТ-проект необходимым исследованием и опытно-конструкторскими работами. | ПК-10.1. Знать методы конвертации результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта в области КС. | Знать как использовать алгоритмы и методы глубокого обучения в решении научных задач и задач проектной и производственно-технологической деятельности | собеседование |
| | ПК-10.2. Иметь навыки применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в ИТ-проектах в области КС. | Уметь решать задачи методами глубокого обучения. Владеть навыками решения прикладных задач методами глубокого обучения. | собеседование, задания |

3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | |
|---|-------|
| Общая трудоемкость | 4 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 144 |
| в том числе: | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | 49 |

| | |
|---|----|
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия семинарского типа | |
| - занятия лабораторного типа | 16 |
| - текущий контроль (КСР) | 1 |
| самостоятельная работа | 95 |
| Промежуточная аттестация - зачет | |

3.2. Содержание дисциплины

| № п/п | Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего , часов | В том числе | | | | |
|----------|--|---------------------|--|------------------------------|-------------------------------|-------|--|
| | | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | | Самостоятельная работа обучающегося |
| | | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| 1. | Введение в глубокое обучение (deep learning). а.Что такое глубокое обучение (deep learning)? б.Истоки возникновения (связь с биологией). с.Примеры задач, которые решаются с использованием глубокого обучения: i.Задачи компьютерного зрения (computer vision): классификация изображений с большим числом категорий, детектирование объектов, семантическая сегментация изображений. ii.Задачи распознавания естественного языка: машинный перевод, генерация текстов естественного языка, грамматический разбор слов. iii.Другие примеры задач (генерация описания модели, задачи планирования). д.Классификация моделей по способу обучения. i.Обучение с учителем (supervised learning): многослойные полностью связанные сети, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети. ii.Обучение без учителя (unsupervised learning): автокодировщик, ограниченная машина Больцмана (Restricted Boltzmann Machine, RBM), глубокая машина Больцмана | 17 | 4 | | 2 | 6 | 11 |
| 2. | Многослойные полностью связанные сети (Fully-Connected Neural Networks, FCNN). Многослойный перцептрон (Multiple Layer Perceptron, MLP). а.Общая структура модели. б.Слои, функции активации и функции ошибки. с.Оптимизационная постановка задачи обучения многослойной нейронной сети. д.Метод обратного распространения ошибки (Back | 18 | 4 | | 2 | 6 | 12 |

| | | | | | | | |
|----|--|----|---|--|---|---|----|
| | <p>Propagation, BP).</p> <p>е.Стохастический градиентный спуск (Stochastic Gradient Descent, SGD). Настраиваемые параметры метода.</p> <p>ф.Пример влияния параметров метода на скорость сходимости и результаты работы сети</p> | | | | | | |
| 3. | <p>Обзор библиотек глубокого обучения. Разработка сети, соответствующей логистической регрессии, на примере задачи распознавания рукописных цифр.</p> <p>а.Структура сети, соответствующая логистической регрессии.</p> <p>б. Задача распознавания рукописных цифр.</p> <p>с.Открытые библиотеки глубокого обучения: Библиотека Caffe (C/C++, Python).Пример разработки сети, обучения и тестирования сети.</p> <p>Библиотека Torch (Lua).</p> <p>Библиотека TensorFlow (Python).</p> | 18 | 4 | | 2 | 6 | 12 |
| 4. | <p>Сверточные нейронные сети.</p> <p>а.Структура модели.</p> <p>б.Возможные слои (свертка, pooling, dropout, Local Contrast Normalization, Batch Normalization и другие).</p> <p>с.Функции активации (сигмоидальные, ReLU).</p> <p>д.Функции ошибки.</p> <p>е.Оптимизационная постановка задачи обучения сверточной нейронной сети.</p> <p>ф.Метод обратного распространения ошибки для сверточных нейронных сетей.</p> <p>г.Пример простейшей сверточной нейронной сети: Структура сети; Влияния параметров метода обучения.</p> <p>х.Определение числа обучаемых параметров. Оценка объема памяти, необходимой для хранения сети.</p> <p>й.Принципы построения и оптимизации сверточных сетей</p> | 18 | 4 | | 2 | 6 | 12 |
| 5. | <p>Визуализация фильтров/выходов на промежуточных слоях сети.</p> <p>Классификация методов визуализации признаков. Открытые библиотеки для визуализации. Визуализация фильтров и выходов слоев в библиотеке Caffe и Torch</p> | 18 | 4 | | 2 | 6 | 12 |
| 6. | <p>Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие.</p> <p>а.Общая структура модели. б. Полностью рекуррентная нейронная сеть. с. Проблемы обучения рекуррентных сетей. Развертывание рекуррентной сети во времени и адаптация метода обратного распространения ошибки.</p> <p>д. Примеры простейших сетей: сеть Эльмана, сеть Хопфилда. е.Пример использования рекуррентных нейронных сетей к задаче распознавания цифр.</p> <p>ф.Двунаправленные рекуррентные нейронные сети. г.Глубокие двунаправленные рекуррентные нейронные сети. х.Рекурсивные нейронные сети.</p> <p>й.Длинные рекуррентные нейронные сети с короткой памятью</p> | 18 | 4 | | 2 | 6 | 12 |
| 7. | <p>Обучение без учителя.</p> <p>Автокодировщик и стек автокодировщиков.</p> | 18 | 4 | | 2 | 6 | 12 |

| | | | | | | | |
|----|--|------------|-----------|--|-----------|-----------|-----------|
| | 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 | | | | | | |
| 8. | Перенос обучения (transfer learning) глубоких нейронных сетей. Виды экспериментов: 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. | 18 | 4 | | 2 | 6 | 12 |
| | Текущий контроль | 1 | | | | 1 | |
| | Промежуточная аттестация: зачет | | | | | | |
| | ИТОГО | 144 | 32 | | 16 | 49 | 95 |

Практические 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: самостоятельную разработку различных архитектур нейронных сетей: полносвязной нейронной сети; сверточной нейронной сети; рекуррентной нейронной сети; реализация переноса обучения.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: Разработка, тестирование, оптимизация программного обеспечения (ПО). Разработка технической документации на продукцию в сфере ИТ.
- компетенций – ПК-10: Способен конвертировать результаты научно- исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно: способен обеспечить ИТ-проект необходимым исследованием и опытно-конструкторскими работами. (ПК-10.2: Иметь навыки применения результатов научно- исследовательских и опытно-конструкторских работ в ИТ-проектах в области КС)

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий семинарского и практического типа, групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для выполнения программы самостоятельной работы достаточно: (а) самостоятельной проработки лекционного и дополнительного материала и (б) выполнить по согласованию с преподавателем лабораторные работы на темы представленные ниже в таблице (в интересах практического освоения материала лекций и контроля умений/владений компетенций ПК-1, ПК-2). Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

а. Виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов подразделяется на следующие категории:

- Изучение учебной литературы (см. перечень образовательных материалов).
- Индивидуальное или коллективное (в зависимости от оценки сложности работы преподавателем) выполнение лабораторных работ (см. список тем лабораторных работ).

Темы лабораторных работ:

| Тема | Компетенция |
|--|-------------|
| <p>Лабораторная работа №1 Реализация метода обратного распространения ошибки для трехслойного персептрона (по материалам лекции №2)</p> <p>Лабораторная работа №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)</p> <p>Лабораторная работа №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)</p> <p>Лабораторная работа №4 Визуализация фильтров, полученных на всех сверточных слоях нейронных сетей, построенных в предыдущей лабораторной работы. Модификация параметров сетей и их конфигураций с целью повышения качества их работы. (по материалам лекции №5) Ресурс: Визуализация фильтров и выходов слоев в Caffe [http://nbviewer.jupyter.org/github/BVLC/caffe/blob/master/examples/00-classification.ipynb].</p> <p>Лабораторная работа №5 Разработка рекуррентных нейронных сетей и их разновидностей для решения той же задачи, что и в предыдущих работах. Проведение экспериментов с разными конфигурациями сетей. Сбор результатов качества работы сетей. (по материалам лекции №6) Ресурс: 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].</p> | ПК-10.2 |

| | |
|--|--|
| <p>Лабораторная работа №6 Начальная настройка весов разработанных ранее нейронных сетей. Проведение экспериментов. Сбор результатов качества работы сетей с предварительной настройкой весов. (по материалам лекции №6)</p> <p>Ресурс: [http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.727.9680&rep=rep1&type=pdf].</p> <p>Лабораторная работа №7 Применение переноса обучения для решения задачи, поставленной в ходе второй лабораторной работы. Проведение экспериментов с сетями, существующими для решения классических задач. Сбор результатов качества работы сетей с предварительной настройкой весов.</p> | |
|--|--|

в. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов

Интернет-ресурсы и программное обеспечение

Теоретическая база

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

Лабораторная работа №3:

- 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 (Deep Residual Networks) [<https://arxiv.org/pdf/1512.03385v1.pdf>].

Лабораторная работа №4:

- 1) Классификация методов визуализации признаков [<https://arxiv.org/pdf/1606.07757.pdf>].
- 2) Визуализация фильтров и выходов слоев в Caffe [<http://nbviewer.jupyter.org/github/BVLC/caffe/blob/master/examples/00-classification.ipynb>].
- 3) Визуализация фильтров и выходов слоев в Torch [<https://github.com/facebook/iTorch>].

Лабораторная работа №5.

- 1) Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие [<http://www.deeplearningbook.org/contents/rnn.html>].
- 2) 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].

Лабораторная работа №6, 7

- 1) Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие [<http://www.deeplearningbook.org/contents/rnn.html>].

2) Разверточные нейронные сети (Deconvolutional Neural Networks)

[<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.727.9680&rep=rep1&type=pdf>].

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

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности 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, 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. | 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 отдельным и несущественным 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 владения материалом | При решении стандартных | Имеется минимальный набор | Продemonстрированы базовые | Продemonстрированы базовые | Продemonстрированы навыки при | Продemonстрирован творческий |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|---|--------------------------------------|
| | Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | х задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами | навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. | подход к решению нестандартных задач |
|--|--|--|--|--|--|---|--------------------------------------|

Шкала оценки при промежуточной аттестации

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

| Вопрос | Код компетенции |
|---|-----------------|
| <p>1.Введение в глубокое обучение (deep learning).</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> <p>ii.Обучение без учителя (unsupervised learning): автокодировщик, ограниченная машина Больцмана (Restricted Boltzmann Machine, RBM), глубокая машина Больцмана</p> | ПК-10 |
| <p>2.Многослойные полностью связанные сети (Fully-Connected Neural Networks, FCNN). Многослойный перцептрон (Multiple Layer Perceptron, MLP).</p> <p>a.Общая структура модели.</p> <p>b.Слои, функции активации и функции ошибки.</p> <p>c.Оптимизационная постановка задачи обучения многослойной нейронной сети.</p> <p>d.Метод обратного распространения ошибки (Back Propagation, BP).</p> <p>e.Стохастический градиентный спуск (Stochastic Gradient Descent, SGD). Настраиваемые параметры метода.</p> <p>f.Пример влияния параметров метода на скорость сходимости и результаты работы сети</p> | ПК-10 |
| <p>3.Обзор библиотек глубокого обучения. Разработка сети, соответствующей логистической регрессии, на примере задачи распознавания рукописных цифр.</p> <p>a.Структура сети, соответствующая логистической регрессии.</p> <p>b. Задача распознавания рукописных цифр.</p> <p>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-10 |
| <p>4.Сверточные нейронные сети.</p> <p>a.Структура модели.</p> <p>b.Возможные слои (свертка, pooling, dropout, Local Contrast Normalization, Batch Normalization и другие).</p> <p>c.Функции активации (сигмоидальные, ReLU).</p> <p>d.Функции ошибки.</p> <p>e.Оптимизационная постановка задачи обучения сверточной нейронной сети.</p> <p>f.Метод обратного распространения ошибки для сверточных нейронных сетей.</p> <p>g.Пример простейшей сверточной нейронной сети: Структура сети; Влияния параметров метода обучения.</p> <p>h.Определение числа обучаемых параметров. Оценка объема памяти, необходимой для хранения сети.</p> <p>j.Принципы построения и оптимизации сверточных сетей</p> | ПК-10 |

| | |
|---|-------|
| 5.Визуализация фильтров/выходов на промежуточных слоях сети. Классификация методов визуализации признаков. Открытые библиотеки для визуализации. Визуализация фильтров и выходов слоев в библиотеке Caffe и Torch | ПК-10 |
| 6.Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие. a.Общая структура модели. b. 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.Двунаправленные рекуррентные нейронные сети. g.Глубокие двунаправленные рекуррентные нейронные сети. h.Рекурсивные нейронные сети. i.Длинные рекуррентные нейронные сети с короткой памятью | ПК-10 |
| 7.Обучение без учителя. Автокодировщик и стек автокодировщиков. Применение метода обратного распространения ошибки для обучения сети. Развертываемые нейронные сети. Ограниченная машина Больцмана. Глубокая машина Больцмана (Deep Boltzmann machine, DBM). Пример применения для начальной настройки параметров модели. Глубокая доверительная сеть | ПК-10 |
| 8.Перенос обучения (transfer learning) глубоких нейронных сетей. 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-10 |

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-10

| № | Задания лабораторных работ | Компетенция |
|---|---|-------------|
| 1 | Реализация метода обратного распространения ошибки для трехслойного персептрона (по материалам лекции №2) | ПК-10 |
| 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) | ПК-10 |
| 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) | ПК-10 |
| 4 | Визуализация фильтров, полученных на всех сверточных слоях нейронных сетей, построенных в предыдущей лабораторной работы. Модификация параметров сетей и их конфигураций с целью повышения качества их работы. (по материалам лекции №5) | ПК-10 |

| | | |
|---|---|-------|
| | Ресурс: Визуализация фильтров и выходов слоев в Caffe [http://nbviewer.jupyter.org/github/BVLC/caffe/blob/master/examples/00-classification.ipynb]. | |
| 5 | Разработка рекуррентных нейронных сетей и их разновидностей для решения той же задачи, что и в предыдущих работах. Проведение экспериментов с разными конфигурациями сетей. Сбор результатов качества работы сетей. (по материалам лекции №6) Ресурс: 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]. | ПК-10 |
| 6 | Начальная настройка весов разработанных ранее нейронных сетей. Проведение экспериментов. Сбор результатов качества работы сетей с предварительной настройкой весов. (Вопросы по материалам лекции №6) Ресурс: [http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.727.9680&rep=rep1&type=pdf]. | ПК-10 |
| 7 | Применение переноса обучения для решения задачи, поставленной в ходе второй лабораторной работы. Проведение экспериментов с сетями, существующими для решения классических задач. Сбор результатов качества работы сетей с предварительной настройкой весов. | ПК-10 |

Критерии оценки лабораторной работы

| Дескрипторы качества исполнения работы | Оценка |
|--|------------|
| Лабораторная работа выполнена практически в полном объеме и в срок; результаты работы программы корректны на тестовых примерах или проведен требуемый вычислительный эксперимент; результаты работы представлены преподавателю; исполнитель может объяснить действия команд программы и внести простые изменения в алгоритм по требованию преподавателя. | зачтено |
| Работа не выполнена или выполнена не в полном объеме (программа работает некорректно, не проведены заданные вычислительные эксперименты); результаты работы не представлены преподавателю или представлены с существенным нарушением срока; исполнитель не может объяснить действия команд программы и не может внести простые изменения в алгоритм по требованию преподавателя. | не зачтено |

Вопросы для собеседования по проверке базовой теоретической готовности к лабораторным работам при текущем контроле теоретических основ компетенции ПК-10

| |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 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. 9. Нейронные сети для решения задач классификации и восстановления регрессии. Обучение сети. Регуляризация как метод борьбы с переобучением. |
|---|

10. Понятие о глубоких нейронных сетях.
11. Машина опорных векторов. Ядра и спрямляющие пространства.
12. Деревья решений. Метод CART (classification and regression trees) для решения задач классификации и восстановления регрессии.
13. Отсечения ветвей и выбор финального дерева. Методы обработки пропущенных значений.
14. Ансамбли решающих правил (классификаторов). Простое и взвешенное голосование.
15. Бустинг. Алгоритм AdaBoost. Оценка ошибки предсказания.
16. Бустинг и аддитивные модели. Градиентный бустинг. Алгоритм градиентного бустинга деревьев решений (MART).
17. Баггинг. Алгоритм случайных деревьев (случайный лес.).
18. Обучение без учителя. Кластеризация. Кластеризация методами теории графов.
19. Метод центров тяжести. Метод медиан.
20. Метод нечетких множеств. ЕМ-алгоритм.
21. Введение в глубокое обучение (deep learning): что такое глубокое обучение (deep learning); истоки возникновения (связь с биологией); задачи, которые решаются с использованием глубокого обучения.
22. Многослойные полностью связанные сети (Fully-Connected Neural Networks, FCNN). Многослойный персептрон (Multiple Layer Perceptron, MLP).
23. Открытые библиотеки глубокого обучения. Принцип разработки сети, соответствующей логистической регрессии, на примере задачи распознавания рукописных цифр.
24. Сверточные нейронные сети: структура модели; возможные слои (свертка, pooling, dropout, Local Contrast Normalization, Batch Normalization и другие), принципы задачи
25. Визуализация фильтров/выходов на промежуточных слоях сети: классификация методов визуализации признаков; открытые библиотеки визуализации; визуализация в библиотеках Caffe, Torch.
26. Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие: Двухнаправленные рекуррентные нейронные сети; Глубокие двухнаправленные рекуррентные нейронные сети; Рекурсивные нейронные сети; Длинные рекуррентные нейронные сети с короткой памятью.
27. Обучение без учителя: Автокодировщик; Разверточные нейронные сети; Ограниченная машина Больцмана; Глубокая машина Больцмана; Глубокая доверительная сеть
28. Перенос обучения (transfer learning) глубоких нейронных сетей

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

а) Основная литература:

- 1) Воронцов К.В. Машинное обучение. Курс лекций. <http://www.machinelearning.ru>.

б) Дополнительная литература

- 2) Золотых Н.Ю. Машинное обучение. Курс лекций. Нижний Новгород: ННГУ, 2007. <http://www.uic.nnov.ru/~zny/ml>

в) 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 (Deep Residual Networks) [<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>].

г) Используемое программное обеспечение

Используется только открытое программное обеспечение, установленное на компьютерах обучающихся:

- 1) MS Windows установленная на компьютере обучающегося
- 2) MS Visual Studio Community 2017 – бесплатная версия.
- 3) Установка языка Python [<http://www.python.org/>].
- 4) Библиотека автоматизации GUI тестирования pywinauto [<http://pywinauto.github.io/>]
- 5) ПО визуализации фильтров и выходов слоев в Caffe [<http://nbviewer.jupyter.org/github/BVLC/caffe/blob/master/examples/00-classification.ipynb>].
- 6) ПО визуализации фильтров и выходов слоев в Torch [<https://github.com/facebook/iTorch>].

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». 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 ННГУ по направлению 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Автор к.т.н., доц. Кустикова В.Д..

Зам.зав.каф. Мееров И.Б.

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