

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
С ПОМОЩЬЮ ФРЕЙМВОРКА PYTORCH
Методические указания к лабораторным работам

Составители: С. М. Наместников
А.П. Царев

Ульяновск

2025

УДК 621.394.343 (076)

ББК 32.88 я7

ПЗЗ

Рецензент: Deep Learning Engineer компании Huawei, канд. техн. наук, Смирнов П.В.

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета Университета

Моделирование нейронных сетей в фреймворке PyTorch: методические указания к лабораторным работам /сост. С. М. Наместников, А.П. Царев. – Ульяновск : УлГТУ, 2025. – 14 с.

Указания по курсу «Информатика» для студентов направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль подготовки "Сети связи и системы коммутации" разработаны в соответствии с программой курса «Информатика» и предназначен для студентов специальности «Сети связи и системы коммутации», но может использоваться и студентами других специальностей. Лабораторные работы посвящены основам построения различных архитектур нейронных сетей на языке Python с применением фреймворка PyTorch.

Сборник подготовлен на кафедре «Телекоммуникации».

УДК 621.394.343 (076)

ББК 32.88 я7

Лабораторная работа №1

Создание и обучение простой полносвязной нейронной сети прямого распространения с помощью фреймворка PyTorch

Цель работы: научиться создавать простые полносвязные нейронные сети с помощью фреймворка PyTorch.

Теоретический материал

Теория для выполнения лабораторной работы доступна на странице сайта:

https://proproprogs.ru/nn_pytorch/

в разделах:

- Введение в нейронные сети
- Идея обучения НС градиентным алгоритмом
- Алгоритм back propagation. Пример работы
- Функции активации и потерь в PyTorch
- Автоматическое дифференцирование
- Оптимизаторы. Реализация SGD на PyTorch
- Классы nn.Linear и nn.Module

а также в соответствующих видеоматериалах, размещенных на странице сайта:

<https://tk.ulstu.ru/video.php?id=3>

Задания на лабораторную работу (по вариантам)

В каждом варианте необходимо реализовать и обучить полносвязную нейронная сеть (НС) прямого распространения с несколькими входами и одним выходным нейроном. Достичь при обучении приемлемую точность прогноза не менее 90%. Использовать при обучении минимально возможное количество нейронов скрытого слоя и минимально возможное количество эпох обучения НС для достижения заданной точности. Ниже представлены задания, для построения НС.

Вариант	Задания
1	Вычислить сумму двух произвольных действительных чисел.
2	Вычислить среднее арифметическое двух произвольных действительных чисел.
3	Вычислить сумму трех произвольных действительных чисел.
4	Выполнить следующее преобразование двух произвольных действительных чисел: $x_1 + 0,5x_2 + 2$
5	Выполнить следующее преобразование трех произвольных действительных чисел: $x_1 + 2x_2 + 3x_3$

6	Вычислить разность двух произвольных действительных чисел.
7	Выполнить следующее преобразование трех произвольных действительных чисел: $x_1 - x_2 - x_3 + 4$
8	Выполнить следующее преобразование двух произвольных действительных чисел: $5 - (x_1 + x_2)$
9	Вычислить значения линейной функции вида: $3x + 5$
10	Вычислить значения линейной функции вида: $0,5x - 3$

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером своего варианта, фамилией студента и группы.
2. Тексты программ.
3. Результаты работы программ, включая (в числе прочего):
 - а) конфигурация модели и список параметров сгенерированной нейронной сети;
 - б) для обучающей выборки вывести прогнозное значение от нейронной сети и требуемое;
 - с) график функции потерь.

Лабораторная работа №2

Исследование полносвязной нейронной сети для классификации изображений цифр БД MNIST

Цель работы: научиться строить многослойную, полносвязную нейронную сеть, а также подготавливать обучающие, проверочные и тестовые данные для обучения многослойной сети.

Теоретический материал

Теория для выполнения лабораторной работы доступна на странице сайта:

https://propoprogs.ru/nn_pytorch/

в разделах:

- Форматы представления выборок. Сбалансированность и репрезентативность
- Классы Dataset и Dataloader
- Применение классов Dataset и Dataloader
- Классификация изображений цифр БД MNIST
- Трансформации transform. Класс ImageFolder
- Сохранение и загрузка моделей. Функции torch.save() и torch.load()
- Переобучение (overfitting). Критерии останова обучения

в соответствующих видеоматериалах, размещенных на странице сайта:

<https://tk.ulstu.ru/video.php?id=3>

а также депозитарии:

<https://github.com/selfedu-rus/neuro-pytorch>

Задания на лабораторную работу (по вариантам)

Для БД MNIST– изображений рукописных цифр создать архитектуру НС с наименьшим числом нейронов, достаточных для правильной классификации изображений тестовой выборки на уровне не менее 97%. Отобразить процесс обучение сети, а также построить график функции потерь.

Вариант	Задания
1	Вывести параметры сгенерированной НС и пояснить их: сколько слоев в сети, какие.
2	Отобразить процесс обучения НС с использованием библиотеки tqdm.
3	Сократить обучающую выборку до размеров 20000 наблюдений, отобранных случайным образом из исходной обучающей выборки. Обучить НС с новой выборкой и сравнить качество обучения с

	предыдущим случаем (когда использовалась вся обучающая выборка).
4	Провести анализ качества обучения НС для разных оптимизаторов: Adam, RMSProp, моменты Нестерова. Для каждого оптимизатора подобрать наилучшие параметры для решения задачи классификации рукописных цифр.
5	Провести анализ качества работы НС при разных функциях активации нейронов скрытых слоев: линейная, логистическая, гиперболический тангенс, ReLU.
6	Провести анализ качества работы НС, построенной без использования смещений (bias–биасов).
7	Провести анализ качества обучения НС при разных функциях потерь: • бинарная кросс-энтропия (binary crossentropy) • категориальная кросс-энтропия (categorical crossentropy) • средний квадрат ошибок (mean squared error)
8	Провести анализ качества обучения НС при разных размерах мини батчей. Определить размер мини-батчей для обеспечения быстрого и качественного обучения сети.
9	Нарисовать свою цифру (любую от 0 до 9), сохранить в формате png размером 28x28 пикселей в градациях серого (grayscale) и подать на вход обученной НС. Оценить и объяснить полученный результат. (Загрузка изображения из файла выполняется с помощью модуля PIL).
10	Вывести параметры НС используя генератор, а также ее состав. Объяснить результаты.

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером своего варианта, фамилией студента и группы.
2. Тексты программ.
3. Результаты работы программ.

Лабораторная работа №3

Исследование сверточной нейронной сети для классификации полноцветных изображений из БД CIFAR-10.

Цель работы: научиться строить и обучать многослойную сверточную нейронную сеть правильно классифицировать полноцветные изображения.

Теоретический материал

Теория для выполнения лабораторной работы доступна на странице сайта:

https://proproprogs.ru/nn_pytorch/

в разделах:

- L2-регуляризатор и Dropout
- Алгоритм Batch Normalization
- Классы Sequential, ModuleList и ModuleDict
- Введение в сверточные нейронные сети CNN
- Классы Conv2d и MaxPool2d
- Пример реализации сверточной нейронной сети

в соответствующих видеоматериалах, размещенных на странице сайта:

<https://tk.ulstu.ru/video.php?id=3>

а также депозитории:

<https://github.com/selfedu-rus/neuro-pytorch>

Задания на лабораторную работу (по вариантам)

Для БД CIFAR-10 – полноцветных изображений реальных объектов создать архитектуру сверточной НС с наименьшим числом нейронов, достаточных для правильной классификации изображений тестовой выборки на уровне не менее 92%.

Вариант	Задания
1	Вывести параметры сгенерированной НС при помощи метода summary, пояснить результат.
2	Провести анализ качества обучения НС при разных функциях потерь: • бинарная кросс-энтропия (binary crossentropy) • категориальная кросс-энтропия (categorical crossentropy) • средний квадрат ошибок (mean squared error).
3	Провести анализ качества работы НС при разных функциях активации нейронов скрытых слоев: линейная, логистическая, гиперболический тангенс, ReLU.

4	Провести анализ качества обучения НС для разных оптимизаторов: Adam, RMSProp, моменты Нестерова. Для каждого оптимизатора подобрать наилучшие параметры для решения задачи классификации.
5	Вывести на экран 25 изображений из первого мини-батча обучающей выборки. В процессе обучения вывести на экран вычисленное значение функции потерь на каждой эпохе обучения.
6	Провести анализ качества работы НС, построенной без использования смещений (bias – биасов).
7	Провести анализ сбалансированности тестовой выборки. Вывести на экран график отображающий состав (наименование классов) и количество изображений в выборке.
8	Провести анализ качества обучения НС при разных размерах мини батчей. Определить размер мини-батчей для обеспечения быстрого и качественного обучения сети. Провести сравнительный анализ результатов.
9	Сгенерировать прогнозы для 5 изображений из последнего мини-батча тестовой выборки, вывести изображения на экран с отображением прогноза модели и истинных меток.
10	Отобразить процесс обучения НС с использованием библиотеки tqdm.

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером своего варианта, фамилией студента и группы.
2. Тексты программ.
3. Результаты работы программ.

Лабораторная работа №4

Стилизация собственного изображения с использованием сверточной нейронной сети VGG-19

Цель работы: изучить теорию стилизации изображений с помощью нейронных сетей и выполнить стилизацию своего собственного изображения с использованием предобученной сверточной НС VGG-19.

Теоретический материал

Теория для выполнения лабораторной работы доступна на странице сайта:

https://propoprogs.ru/nn_pytorch/

в разделах:

- Сверточные нейронные сети VGG-16 и VGG-19
- Теория стилизации изображений (Neural Style Transfer)
- Делаем стилизацию изображений на PyTorch

в соответствующих видеоматериалах, размещенных на странице сайта:

<https://tk.ulstu.ru/video.php?id=3>

а также депозитарии:

<https://github.com/selfedu-rus/neuro-pytorch>

Задания на лабораторную работу

1. Изучить материал по теории стилизации изображений.
2. Подготовить свое собственное полноцветное изображение (любое портретное изображение) в формате RGB размером 224x224 пикселей.
3. Подготовить второе полноцветное изображение тех же размеров и в том же формате для стиля. (У каждого студента должно быть свое стилевое изображение).
4. Повторить программу по стилизации и сформировать свое стилизованное изображение.
5. Подбирая параметры α , β общего критерия качества $J = \alpha J_C + \beta J_S$ добиться лучших визуальных результатов стилизации своего изображения.

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером своего варианта, фамилией студента и группы.
2. Тексты программ.
3. Результаты работы программ.

Лабораторная работа №5

Исследование трансферного обучения на примере модели resnet50

Цель работы: научиться использовать принцип трансферного обучения на примере модели resnet50.

Теоретический материал

Теория для выполнения лабораторной работы доступна на странице сайта:

https://proproprogs.ru/nn_pytorch/

в разделах:

- Остаточные нейронные сети (residual networks - ResNet)
- Архитектуры ResNet-18 и ResNet-50
- Использование ResNet моделей. Связь ResNet с Dropout и бустингом
- Transfer Learning (трансферное обучение)

в соответствующих видеоматериалах, размещенных на странице сайта:

<https://tk.ulstu.ru/video.php?id=3>

а также депозитарии:

<https://github.com/selfedu-rus/neuro-pytorch>

Задания на лабораторную работу (по вариантам)

Реализовать трансферное обучение для модели resnet50, которую необходимо переобучить для классификации полноцветных изображений десяти следующих пород собак:

- Chihuahua: 0;
- Japanese spaniel: 1;
- Maltese dog: 2;
- Pekinese: 3;
- Shih Tzu: 4;
- Blenheim spaniel: 5;
- Papillon: 6;
- Toy terrier: 7;
- Rhodesian ridgeback: 8;
- Afghan hound: 9.

Вариант	Задания
1	Провести анализ качества обучения НС при разных размерах мини батчей (5 вариантов). Определить размер мини-батчей для обеспечения быстрого и качественного обучения сети. Провести сравнительный анализ результатов.
2	Провести анализ качества обучения НС при разных функциях потерь: •Перекрестная кросс-энтропия (nn.CrossEntropyLoss) •Отрицательное логарифмическое правдоподобие (nn.NLLLoss).
4	Провести анализ качества обучения НС для разных оптимизаторов: Adam, RMSProp, моменты Нестерова. Для каждого оптимизатора подобрать наилучшие параметры для решения задачи классификации.
5	Провести анализ качества обучения НС при перемешивании изображений обучающей выборки и без такового (параметр shuffle=True/False).

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером своего варианта, фамилией студента и группы.
2. Тексты программ.
3. Результаты работы программ.

Лабораторная работа №6

Исследование архитектуры сети U-Net. Семантическая сегментация изображений.

Цель работы: изучить структуру сети U-Net на примере семантической сегментации изображений.

Теоретический материал

Теория для выполнения лабораторной работы доступна на странице сайта:

https://propoprogs.ru/nn_pytorch/

в разделах:

- Архитектура сети U-Net. Семантическая сегментация изображений
- Реализация U-Net для семантической сегментации изображений

в соответствующих видеоматериалах, размещенных на странице сайта:

<https://tk.ulstu.ru/video.php?id=3>

а также депозитарии:

<https://github.com/selfedu-rus/neuro-pytorch>

Задания на лабораторную работу

Реализовать сеть U-Net, для задачи бинарной сегментации автомобилей на изображении.

1. Изучить материал по сегментации изображений используя сеть U-Net.
2. Подготовить свое собственное полноцветное изображение автомобиля в формате RGB размером 512x512 пикселей.
3. Повторить реализацию сети U-Net для семантической сегментации изображений, произвести сегментацию собственного изображения.

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером своего варианта, фамилией студента и группы.
2. Тексты программ.
3. Результаты работы программ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гафаров Ф., Гилемзянов А. Нейронные сети в PyTorch.-Казань: Казанский федеральный университет, 2024. – 106 с.
2. Елисеев А., Минин Ю., Кулаков Ю. Решение задач глубокого обучения с использованием фреймворков Pytorch и Pytorch Lightning [Электронный ресурс] : учебное пособие /– Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 161 с.
3. Николенко С., Кадурын А., Архангельская Е. Глубокое обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.
4. Рашид, Тарик. Создаем нейронную сеть.: Пер. с англ. — СПб.: ООО «Альфа-книга», 2017. — 272 с.: ил.
5. Хайкин, Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.
6. Васильев К.К., Оптимальная обработка сигналов в дискретном времени: Учебн. пособие. – М.: Радиотехника, 2016. – 288 с.: ил.
7. Christopher M. Bishop, Neural Networks for Pattern Recognition. – Clarendon Press Oxford, 1995 - 498 с.
8. Harrison Kinsley, Neural Networks from Scratch in Python - 666 с.