

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
РУКОВОДИТЕЛЬ

REPLACE

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

REPLACE

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

REPLACE

по курсу: REPLACE

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР.

4645М

номер группы

подпись, дата

Гетманенко Г. В.

инициалы, фамилия

1 Цель работы

Приобретение практических навыков в моделировании однослойных бинарных нейронных сетей, обучаемых методом коррекции ошибки.

2 Задание

Вариант 1: Разработать структуру сети и обучить такую сеть распознавать символы: $[,,,0,1]$. Обучение производится с помощью метода коррекции ошибки. Дополнительно требуется подготовить тренировочную (для обучения) и тестовую выборку.

3 Набор данных

В процессе выполнения работы было подготовлено множество изображений в количестве 25 штук на каждый символ из задания. Множество поделено на тренировочную и тестовую выборку в пропорции 4:1. Пример изображений можно видеть ниже.

```
In [1]: %matplotlib inline
```

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import dataset
```

```
(x_train, y_train), (x_test, y_test) = dataset.load_data()
```

```
samples = np.vstack([np.hstack(x_train[:10]), np.hstack(x_train[10:20])])
```

```
plt.figure(figsize=(10, 10)); plt.axis('off')
plt.imshow(samples, cmap='gray')
```

```
Out[1]: <matplotlib.image.AxesImage at 0x7fecf5ec5da0>
```



4 Обучение

Открываем заранее подготовленные обучающую и тестовую выборки с метками и дополнительно преобразуем данные в необходимый формат.

```
In [2]: import dataset
        from nnbinary import to_categorical

        (x_train, y_train), (x_test, y_test) = dataset.load_data()
        input_shape = x_train.shape[1:]
        number_of_classes = 5

        white_color_threshold = 10
        X_train = (x_train > white_color_threshold).astype('float32')
        X_test = (x_test > white_color_threshold).astype('float32')

        Y_train = to_categorical(y_train, list(range(number_of_classes)))
        Y_test = to_categorical(y_test, list(range(number_of_classes)))
```

Попробуем обучить сеть. Реализацию класса OneLayerBinaryNN можно найти у меня на [GitHub](#).

```
In [3]: from nnbinary import OneLayerBinaryNN

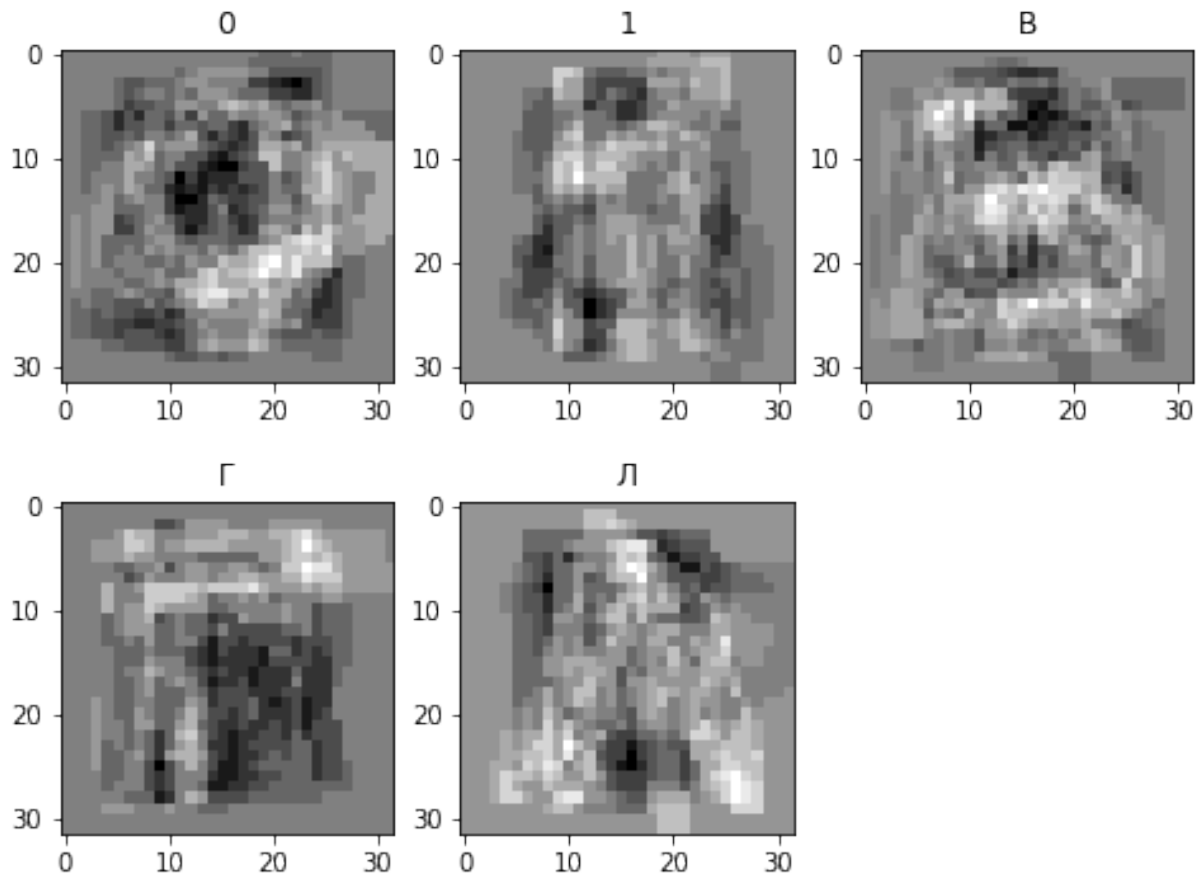
        max_epochs = 100

        net = OneLayerBinaryNN(input_shape, number_of_classes)
        net.fit(X_train, Y_train, max_epochs, X_test, Y_test, verbose=1)
```

```
Epoch 0.  train acc: 0.7500  test acc: 0.5600
Epoch 1.  train acc: 0.9000  test acc: 0.6000
Epoch 2.  train acc: 0.9200  test acc: 0.7600
Epoch 3.  train acc: 0.9700  test acc: 0.6400
Epoch 4.  train acc: 0.9900  test acc: 0.6000
Epoch 5.  train acc: 0.9900  test acc: 0.6400
Epoch 6.  train acc: 1.0000  test acc: 0.6000
Early stopping. Train accuracy is 100%
Done
```

Как видно выше, точность на тестовой выборке оставляет желать лучшего. Посмотрим, как выглядят веса, соответствующие меткам.

```
In [4]: plt.figure(figsize=(8, 6))
        label_names = ['0', '1', 'B', 'Г', 'Л']
        for idx in range(net.weights.shape[0]):
            plt.subplot(231 + idx)
            plt.imshow(net.weights[idx], cmap='gray')
            plt.title(label_names[idx])
```



Выходной вектор сети может содержать несколько единиц. Сеть считает, что изображение принадлежит нескольким классам, что в контексте этой задачи является неверным. Для улучшения результата можно воспользоваться чем-то вроде бинарного варианта softmax активации. Такая функция работает по принципу "победитель забирает все". То есть, выходной вектор содержит только одну единицу, соответствующую максимальной сумме произведений входов на веса.

```
In [5]: def binary_softmax(raw_outputs):
        maxidx = np.argmax(raw_outputs)
        outputs = np.zeros(raw_outputs.shape[0])
        outputs[maxidx] = 1.
        return outputs
```

```
max_epochs = 100
```

```
net2 = OneLayerBinaryNN(input_shape, number_of_classes, activation=binary_soft  
net2.fit(X_train, Y_train, max_epochs, X_test, Y_test, verbose=1)
```

```
Epoch 0.  train acc: 0.6500  test acc: 0.4800
```

```
Epoch 1.  train acc: 0.9500  test acc: 0.8400
```

```
Epoch 2.  train acc: 0.9500  test acc: 0.8800
```

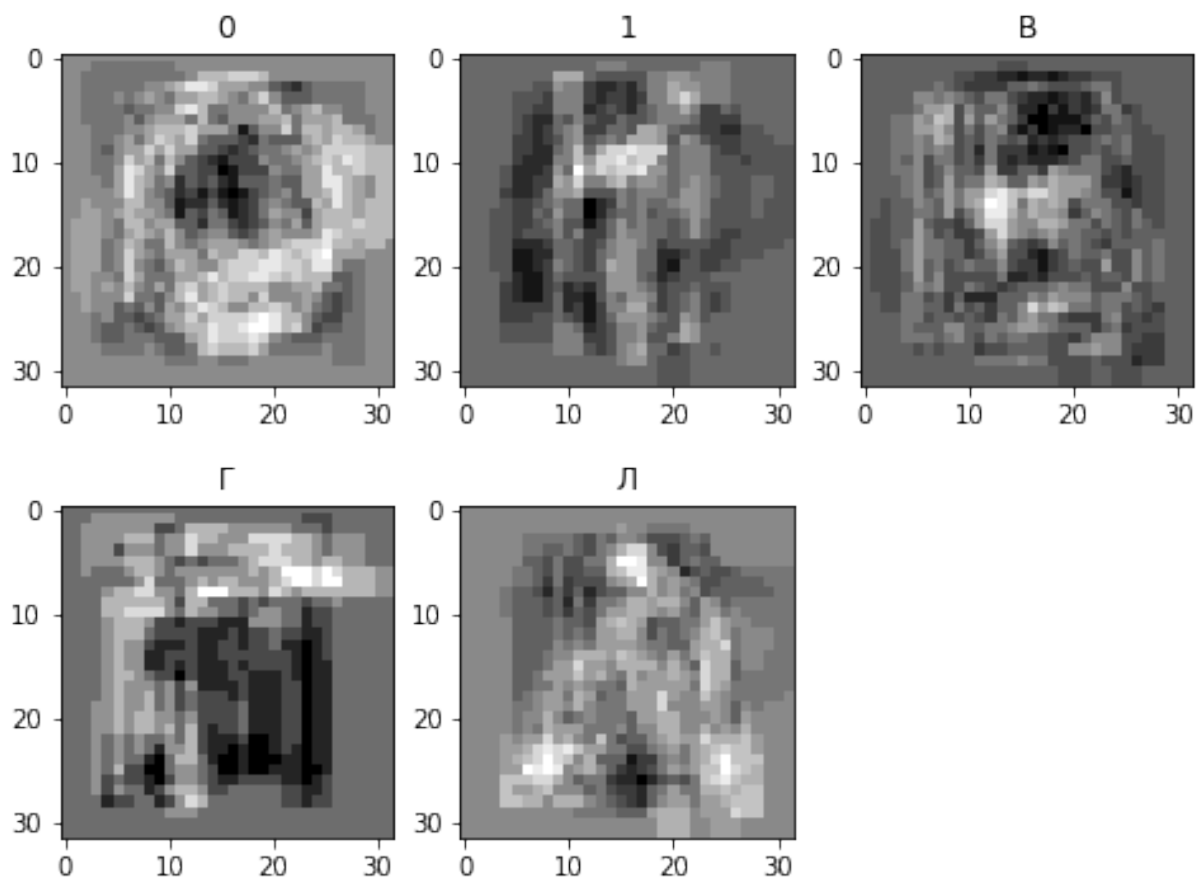
```
Epoch 3.  train acc: 1.0000  test acc: 0.8800
```

```
Early stopping. Train accuracy is 100%
```

```
Done
```

Можно заметить, что обобщенные образы на изображения весов сети выделяются сильнее. Причиной этому является корректировка весов в большую сторону даже в том случае, если

```
In [6]: plt.figure(figsize=(8, 6))  
        label_names = ['0', '1', 'B', 'Г', 'Л']  
        for idx in range(net.weights.shape[0]):  
            plt.subplot(231 + idx)  
            plt.imshow(net2.weights[idx], cmap='gray')  
            plt.title(label_names[idx])
```



5 Вывод

Данный метод машинного обучения довольно прост. Однако его использование не гарантирует высокой точности распознавания.

При разделении входных данных на тренировочную и тестовую выборки в разных пропорциях бинарный аналог активации softmax статистически показал более высокую точность в сравнении с пороговой активацией. При разделении данных в пропорции по умолчанию точность поднялась с 60% до 88%. Показательно также обучение сети за меньшее число эпох.