

# Лабораторная работа №2

## Реализация глубокой нейронной сети

В работе предлагается использовать набор данных *notMNIST*, который состоит из изображений размерностью 28×28 первых 10 букв латинского алфавита (A\_ ... \_J, соответственно). Обучающая выборка содержит порядка 500 тыс. изображений, а тестовая – около 19 тыс.

Данные можно скачать по ссылке:

- [https://commondatastorage.googleapis.com/books1000/notMNIST\\_large.tar.gz](https://commondatastorage.googleapis.com/books1000/notMNIST_large.tar.gz) ([https://commondatastorage.googleapis.com/books1000/notMNIST\\_large.tar.gz](https://commondatastorage.googleapis.com/books1000/notMNIST_large.tar.gz)) (большой набор данных);
- [https://commondatastorage.googleapis.com/books1000/notMNIST\\_small.tar.gz](https://commondatastorage.googleapis.com/books1000/notMNIST_small.tar.gz) ([https://commondatastorage.googleapis.com/books1000/notMNIST\\_small.tar.gz](https://commondatastorage.googleapis.com/books1000/notMNIST_small.tar.gz)) (маленький набор данных);

Описание данных на английском языке доступно по ссылке: <http://yaroslavvb.blogspot.sg/2011/09/notmnist-dataset.html> (<http://yaroslavvb.blogspot.sg/2011/09/notmnist-dataset.html>)

### Задание 1

Реализуйте полносвязную нейронную сеть с помощью библиотеки *TensorFlow*. В качестве алгоритма оптимизации можно использовать, например, стохастический градиент (*Stochastic Gradient Descent*, *SGD*). Определите количество скрытых слоев от 1 до 5, количество нейронов в каждом из слоев до нескольких сотен, а также их функции активации (кусочно-линейная, сигмоидная, гиперболический тангенс и т.д.).

Загрузим файл с датасетом, обработанным в лабораторной работе №1.

In [0]:

```
import warnings

warnings.filterwarnings('ignore')
```

In [2]:

```
from google.colab import drive

drive.mount('/content/drive', force_remount = True)
```

Mounted at /content/drive

In [0]:

```
BASE_DIR = '/content/drive/My Drive/Colab Files/mo-2'

import sys

sys.path.append(BASE_DIR)

import os

os.chdir(BASE_DIR)
```

In [0]:

```
import pandas as pd

dataframe = pd.read_pickle("./large.pkl")
```

In [5]:

```
dataframe['data'].shape
```

Out[5]:

(461946,)

In [0]:

```
! pip install tensorflow-gpu --pre --quiet
```

In [0]:

```
import tensorflow as tf
```

In [0]:

```
import numpy as np
```

In [0]:

```
dataframe_test = dataframe.sample(frac = 0.1)

dataframe = dataframe.drop(dataframe_test.index)
```

In [10]:

```
x = np.asarray(list(dataframe['data']))[..., np.newaxis]

x = tf.keras.utils.normalize(x, axis = 1)

x.shape
```

Out[10]:

(415751, 28, 28, 1)

In [11]:

```
x_test = np.asarray(list(dataframe_test['data']))[..., np.newaxis]  
x_test = tf.keras.utils.normalize(x_test, axis = 1)  
x_test.shape
```

Out[11]:

```
(46195, 28, 28, 1)
```

In [0]:

```
IMAGE_DIM_0, IMAGE_DIM_1 = x.shape[1], x.shape[2]
```

In [13]:

```
from tensorflow.keras.utils import to_categorical  
y = (to_categorical(dataframe['label']  
                    .astype('category').cat.codes.astype('int32'))  
y.shape
```

Out[13]:

```
(415751, 10)
```

In [14]:

```
y_test = (to_categorical(dataframe_test['label']  
                        .astype('category').cat.codes.astype('int32'))  
y_test.shape
```

Out[14]:

```
(46195, 10)
```

In [0]:

```
LAYER_WIDTH = 5000
```

In [0]:

```
CLASSES_N = y.shape[1]
```

In [0]:

```
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense, Reshape

model = tf.keras.Sequential()

model.add(Reshape((IMAGE_DIM_0 * IMAGE_DIM_1,),
                  input_shape = (IMAGE_DIM_0, IMAGE_DIM_1, 1)))
model.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'relu'))
model.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'sigmoid'))
model.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'tanh'))
model.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'elu'))
model.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'softmax'))
model.add(Dense(CLASSES_N))
```

In [0]:

```
def cat_cross_from_logits(y_true, y_pred):
    return tf.keras.losses.categorical_crossentropy(
        y_true, y_pred, from_logits = True)

model.compile(optimizer = 'sgd',
              loss = cat_cross_from_logits,
              metrics = ['categorical_accuracy'])
```

In [19]:

```
model.summary()
```

Model: "sequential"

Layer (type)	Output Shape	Param #
=====		
reshape (Reshape)	(None, 784)	0
dense (Dense)	(None, 5000)	3925000
dense_1 (Dense)	(None, 5000)	25005000
dense_2 (Dense)	(None, 5000)	25005000
dense_3 (Dense)	(None, 5000)	25005000
dense_4 (Dense)	(None, 5000)	25005000
dense_5 (Dense)	(None, 10)	50010
=====		
Total params: 103,995,010		
Trainable params: 103,995,010		
Non-trainable params: 0		

In [0]:

```
VAL_SPLIT_RATE = 0.1
```

In [0]:

```
EPOCHS_N = 10
```

In [0]:

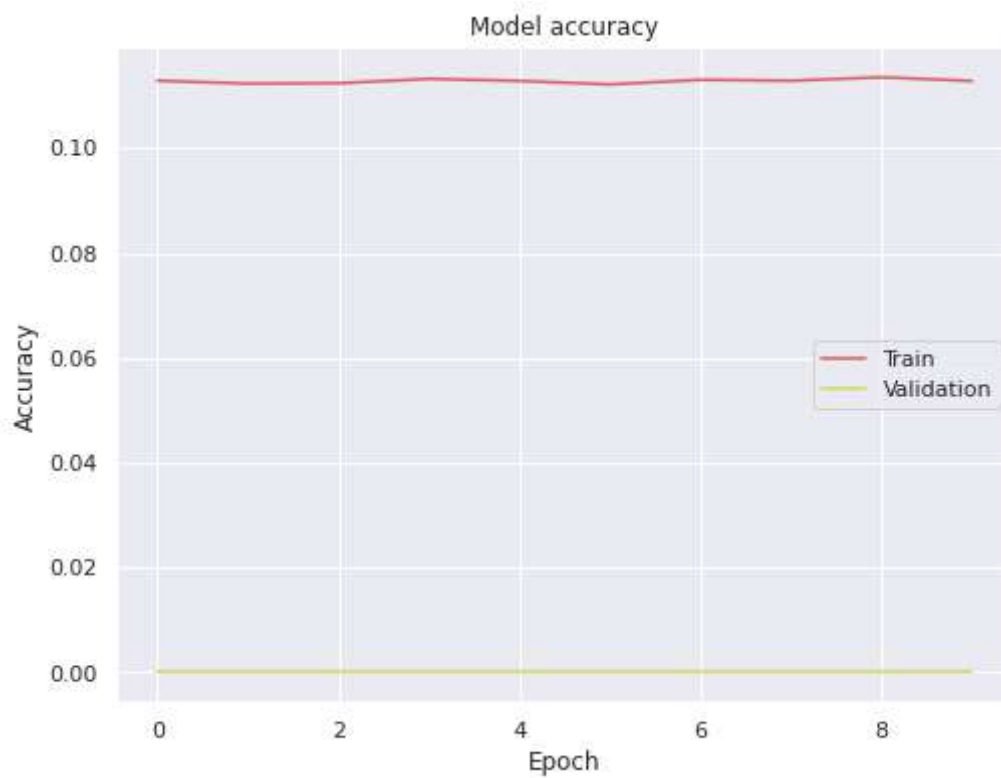
```
history = model.fit(x = x, y = y, epochs = EPOCHS_N,  
                    validation_split = VAL_SPLIT_RATE, verbose = 0)
```

In [0]:

```
%matplotlib inline  
  
import matplotlib.pyplot as plt  
import seaborn as sns  
from matplotlib import rcParams  
  
rcParams['figure.figsize'] = 8, 6  
  
sns.set()  
sns.set_palette(sns.color_palette('hls'))  
  
def plot_accuracy(_history,  
                  _train_acc_name = 'accuracy',  
                  _val_acc_name = 'val_accuracy'):  
  
    plt.plot(_history.history[_train_acc_name])  
    plt.plot(_history.history[_val_acc_name])  
  
    plt.title('Model accuracy')  
  
    plt.ylabel('Accuracy')  
    plt.xlabel('Epoch')  
  
    plt.legend(['Train', 'Validation'], loc = 'right')  
  
    plt.show()  
  
def plot_loss(_history):  
  
    plt.plot(_history.history['loss'])  
    plt.plot(_history.history['val_loss'])  
  
    plt.title('Model loss')  
  
    plt.ylabel('Loss')  
    plt.xlabel('Epoch')  
  
    plt.legend(['Train', 'Validation'], loc = 'right')  
  
    plt.show()
```

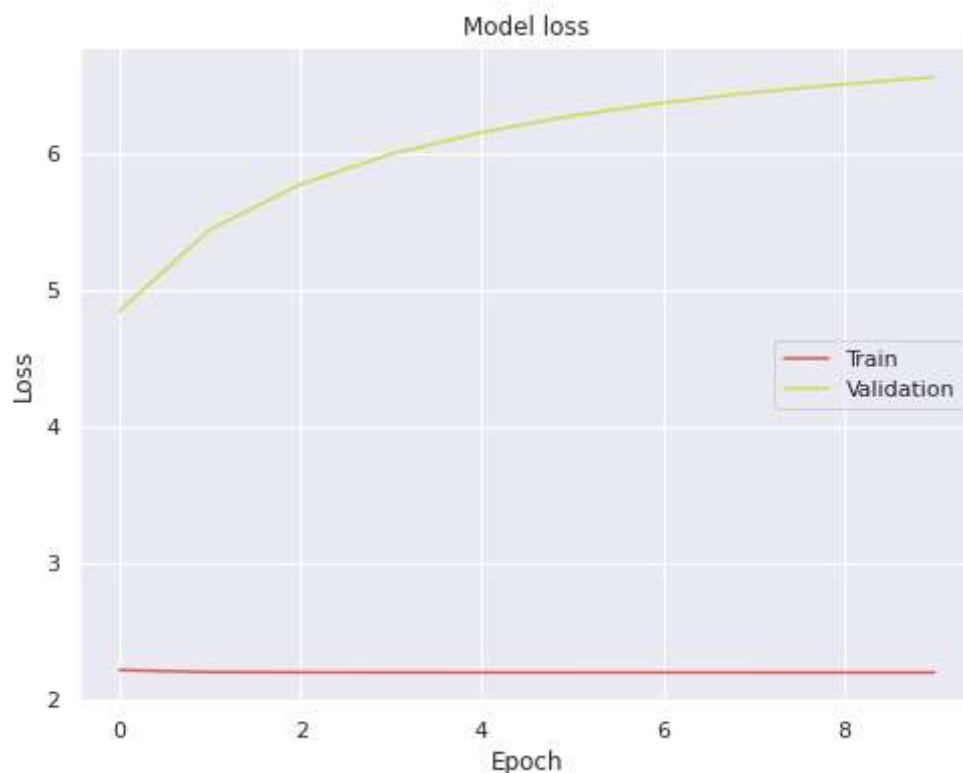
In [24]:

```
plot_accuracy(history, 'categorical_accuracy', 'val_categorical_accuracy')
```



In [25]:

```
plot_loss(history)
```



In [26]:

```
results = model.evaluate(x_test, y_test)
print('Test loss, test accuracy:', results)
```

```
1444/1444 [=====] - 5s 3ms/step - loss: 2.6277 - ca
tegorical_accuracy: 0.1022
Test loss, test accuracy: [2.627650260925293, 0.10221885144710541]
```

## Задание 2

Как улучшилась точность классификатора по сравнению с логистической регрессией?

Стало хуже — на тестовой выборке точность составила 10%. Похоже, что данная модель совершенно не подходит для решения этой задачи.

## Задание 3

Используйте регуляризацию и метод сброса нейронов (*dropout*) для борьбы с переобучением. Как улучшилось качество классификации?

In [0]:

```
REG_RATE = 0.001
```

In [0]:

```
from tensorflow.keras.regularizers import l2

l2_reg = l2(REG_RATE)
```

In [0]:

```
DROPOUT_RATE = 0.2
```

In [0]:

```
from tensorflow.keras.layers import Dropout

dropout_layer = Dropout(DROPOUT_RATE)
```

In [0]:

```
model_2 = tf.keras.Sequential()

model_2.add(Reshape((IMAGE_DIM_0 * IMAGE_DIM_1,),
                    input_shape = (IMAGE_DIM_0, IMAGE_DIM_1, 1)))
model_2.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'relu',
                  kernel_regularizer = l2_reg))
model_2.add(dropout_layer)
model_2.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'sigmoid',
                  kernel_regularizer = l2_reg))
model_2.add(dropout_layer)
model_2.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'tanh',
                  kernel_regularizer = l2_reg))
model_2.add(dropout_layer)
model_2.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'sigmoid',
                  kernel_regularizer = l2_reg))
model_2.add(dropout_layer)
model_2.add(Dense(LAYER_WIDTH, activation = 'relu',
                  kernel_regularizer = l2_reg))
model_2.add(dropout_layer)
model_2.add(Dense(CLASSES_N))
```

In [0]:

```
model_2.compile(optimizer = 'sgd',
                loss = cat_cross_from_logits,
                metrics = ['categorical_accuracy'])
```



In [33]:

```
model_2.summary()
```

Model: "sequential\_1"

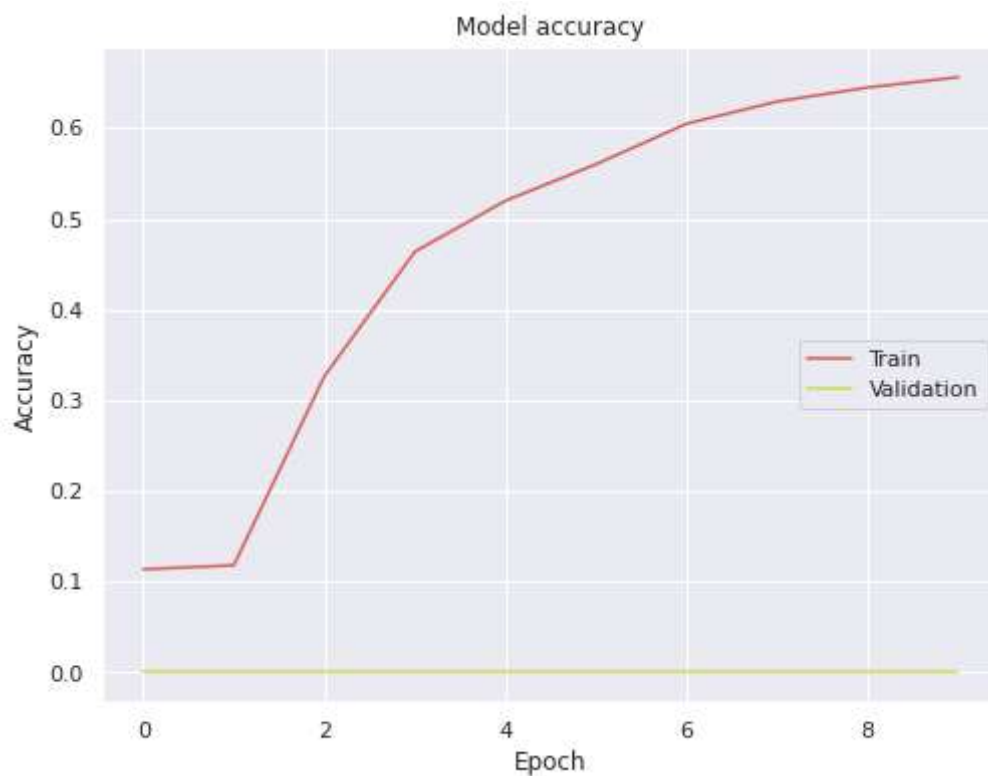
Layer (type)	Output Shape	Param #
=====		
reshape_1 (Reshape)	(None, 784)	0
dense_6 (Dense)	(None, 5000)	3925000
dropout (Dropout)	(None, 5000)	0
dense_7 (Dense)	(None, 5000)	25005000
dense_8 (Dense)	(None, 5000)	25005000
dense_9 (Dense)	(None, 5000)	25005000
dense_10 (Dense)	(None, 5000)	25005000
dense_11 (Dense)	(None, 10)	50010
=====		
Total params: 103,995,010		
Trainable params: 103,995,010		
Non-trainable params: 0		

In [0]:

```
history_2 = model_2.fit(x = x, y = y, epochs = EPOCHS_N,  
                        validation_split = VAL_SPLIT_RATE, verbose = 0)
```

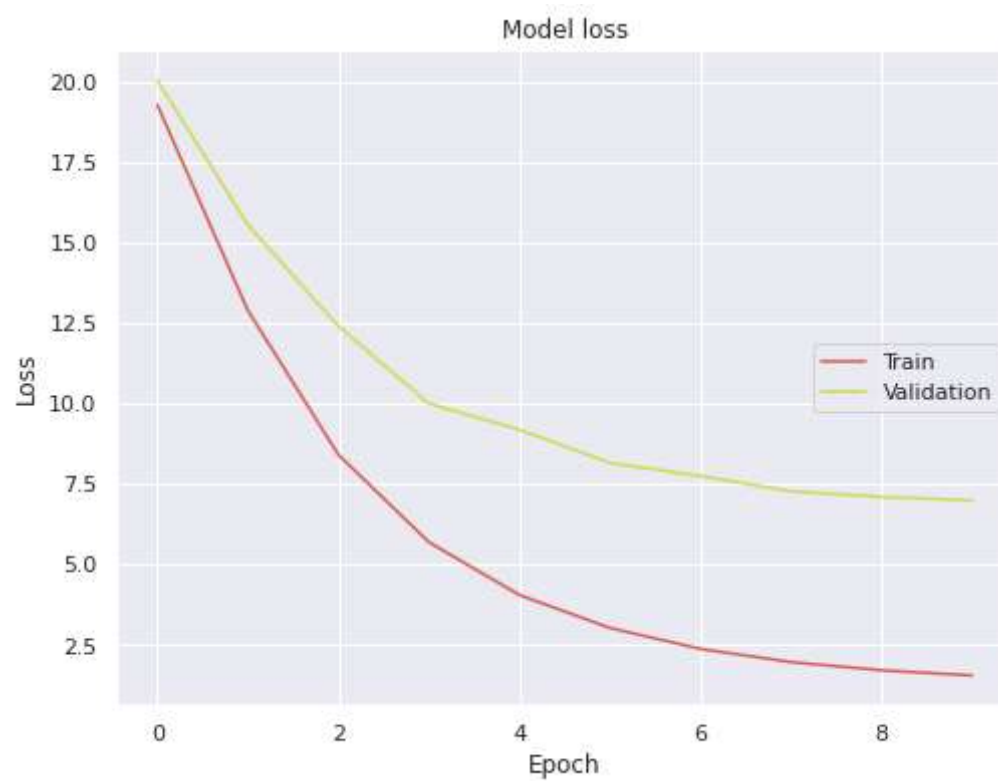
In [35]:

```
plot_accuracy(history_2, 'categorical_accuracy', 'val_categorical_accuracy')
```



In [36]:

```
plot_loss(history_2)
```



In [37]:

```
results_2 = model_2.evaluate(x_test, y_test)

print('Test loss, test accuracy:', results_2)
```

```
1444/1444 [=====] - 8s 6ms/step - loss: 1.9703 - ca
tegorical_accuracy: 0.6346
Test loss, test accuracy: [1.9703369140625, 0.634570837020874]
```

Регуляризация и сброс нейронов значительно помогли — модель показывает 63% точности на тестовой выборке.

## Задание 4

Воспользуйтесь динамически изменяемой скоростью обучения (*learning rate*). Наилучшая точность, достигнутая с помощью данной модели составляет 97.1%. Какую точность демонстрирует Ваша реализованная модель?

In [0]:

```
from tensorflow.keras.optimizers import SGD

dyn_lr_sgd = SGD(lr = 0.01, momentum = 0.9)

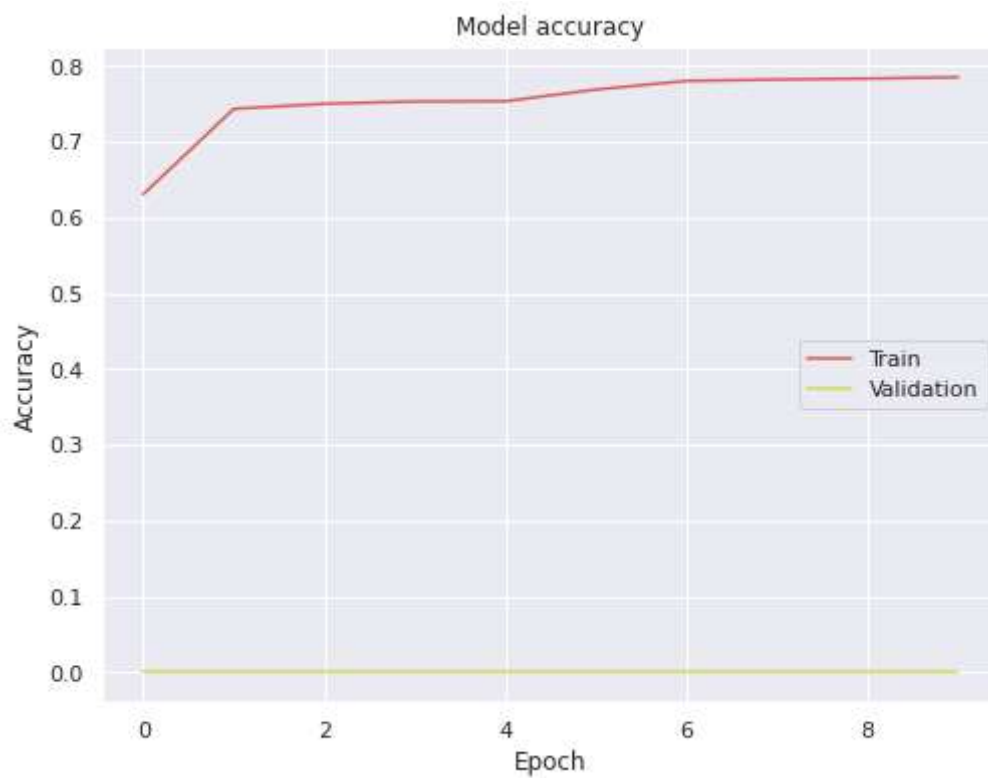
model_2.compile(optimizer = dyn_lr_sgd,
                 loss = cat_cross_from_logits,
                 metrics = ['categorical_accuracy'])
```

In [0]:

```
history_3 = model_2.fit(x = x, y = y, epochs = EPOCHS_N,
                       validation_split = VAL_SPLIT_RATE, verbose = 0)
```

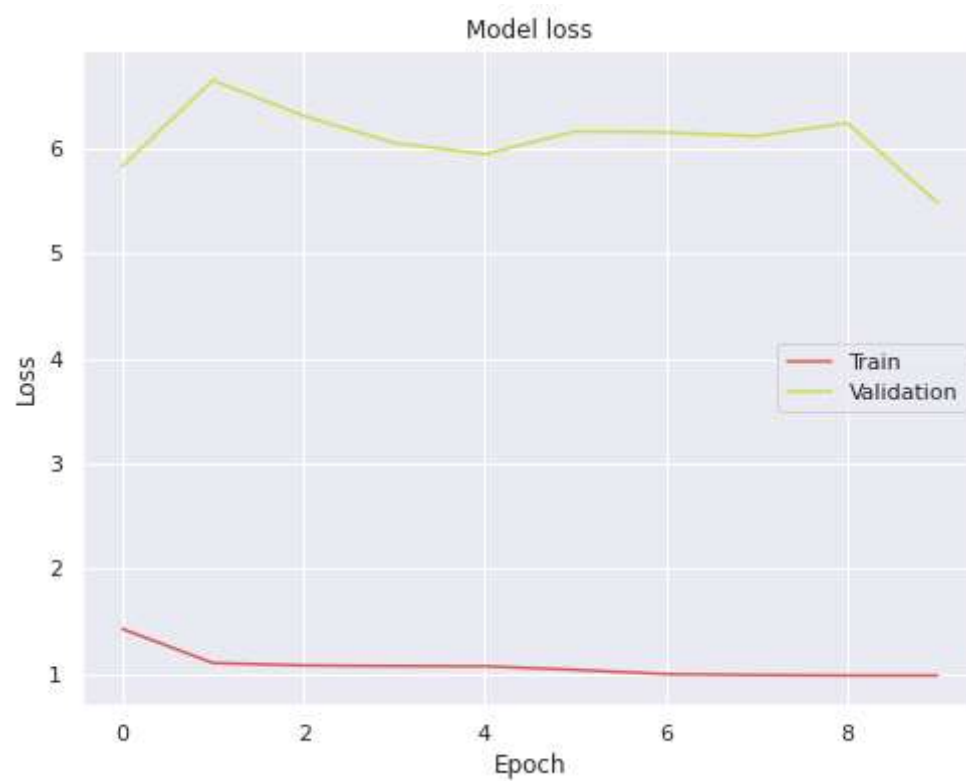
In [40]:

```
plot_accuracy(history_3, 'categorical_accuracy', 'val_categorical_accuracy')
```



In [41]:

```
plot_loss(history_3)
```



In [42]:

```
results_3 = model_2.evaluate(x_test, y_test)
print('Test loss, test accuracy:', results_3)
```

```
1444/1444 [=====] - 8s 6ms/step - loss: 1.5546 - categorical_accuracy: 0.6496
Test loss, test accuracy: [1.5545647144317627, 0.6495941281318665]
```

Динамически изменяемая скорость обучения совсем немного улучшила результат — 64% на тестовой выборке.

Можно сделать вывод, что модель с полносвязными слоями может использоваться для решения задачи распознавания изображений, однако она очевидно не является наилучшей.