

## 1. Постановка задачи.

Дополнить полученную программу следующим образом:

1. Предусмотреть загрузку и классификацию EMNIST (MNIST остается). Загрузка выполняется из полученных бинарных файлов.
2. Предусмотреть использование слоя Reshape вместо слоя Flatten.
3. Предусмотреть отказ от слоев Reshape и Flatten.
4. Вывод изображений цифр и букв снабдить заголовками (см. рис.).
5. Добавить слой Dropout.

Создать, используя методы противодействия переобучению, нейронную сеть (НС) со сверточными слоями.

Обучить НС для классификации примеров набора данных, объединяющего MNIST и EMNIST (36 классов).

## 2. Описание наборов данных.

- MNIST – 70'000 рукописных цифр; из них 60'000 входят в обучающую выборку, а 10'000 – в тестовую; размер каждого образа – 28\*28 пикселей; рисунки выполнены в оттенках серого цвета;
- EMNIST-letters – 145'600 рукописных букв английского алфавита; из них 124'800 входят в обучающую выборку, а 20'800 – в тестовую; размер каждого образа – 28\*28 пикселей; рисунки выполнены в оттенках серого цвета.

## 3. Примеры изображений наборов с указанием имени класса над изображением.

MNIST:



EMNIST:



## 4. Описание слоев исходной нейронной сети.

Model: "MNIST"

Layer (type)	Output Shape	Param #
=====		
input_1 (InputLayer)	[(None, 28, 28)]	0
flatten (Flatten)	(None, 784)	0
dense (Dense)	(None, 32)	25120
dense_1 (Dense)	(None, 10)	330
=====		
Total params: 25,450		
Trainable params: 25,450		
Non-trainable params: 0		

Model: "EMNIST"

Layer (type)	Output Shape	Param #
input_1 (InputLayer)	[(None, 28, 28)]	0
flatten (Flatten)	(None, 784)	0
dense (Dense)	(None, 32)	25120
dense_1 (Dense)	(None, 26)	858
Total params: 25,978		
Trainable params: 25,978		
Non-trainable params: 0		

Model: "MNIST+EMNIST"

Layer (type)	Output Shape	Param #
input_1 (InputLayer)	[(None, 28, 28, 1)]	0
flatten (Flatten)	(None, 784)	0
dense (Dense)	(None, 32)	25120
dense_1 (Dense)	(None, 36)	1188
Total params: 26,308		
Trainable params: 26,308		
Non-trainable params: 0		

## 5. Таблица с результатами использованных вариантов НС (EMNIST и MNIST+EMNIST)

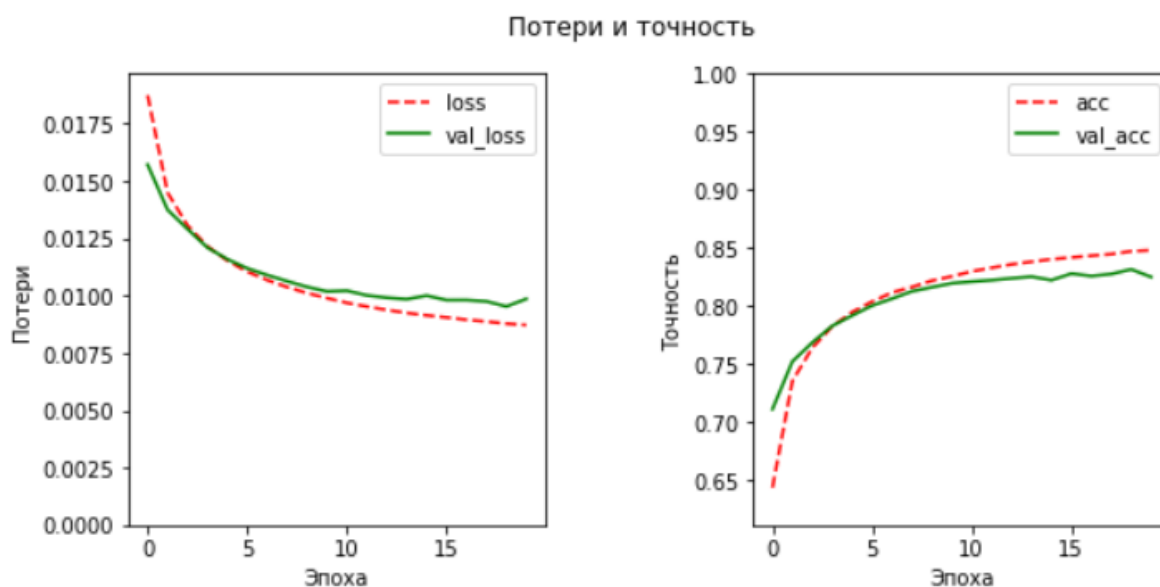
Набор	Символьное описание НС	Имя оптимизатора	Имя функции потерь	Число эпох	Размер обучающего пакета	Время обучения	Точность на обучающем множестве	Точность на оценочном множестве
EMNIST	I(28, 28)-F-DR32-DS26	Adam	MSE	20	128	59.46 с	84.79 %	82.48 %
EMNIST	I(28, 28)-RS(784)-DR256-0.5-DS26	Adam	MSE	30	128	195.13 с	87.86 %	90 %
EMNIST	I(28, 28)-RS(784)-DR256-0.3-DS26	Adam	MSE	25	128	161.63 с	91.05 %	90.7 %
EMNIST	I(28, 28)-RS(784)-DR256-0.15-DS26	Adam	MSE	35	128	225.65 с	93.79 %	91.12 %
MNIST + EMNIST	I(28, 28, 1)-F-DR32-DS36	Adam	CCE	20	128	48.65 с	84.55 %	83.55 %
MNIST + EMNIST	CR32_3*3-MP_2*2-RS(6272)-DR256-DS36	Adam	CCE	5	256	929.49 с	95.33 %	93.48 %
MNIST + EMNIST	CR32_3*3-MP_2*2-RS(6272)-DR256-0.5-DS36	Adam	CCE	5	256	956.9 с	91.14 %	93.79 %

<b>MNIST + EMNIST</b>	CR32_3*3- MP_2*2- CR64_3*3- MP_2*2-F- DR256-DS36	Adam	CCE	5	256	1652.98 с	96.04 %	94.86 %
-----------------------	--	------	-----	---	-----	-----------	---------	---------

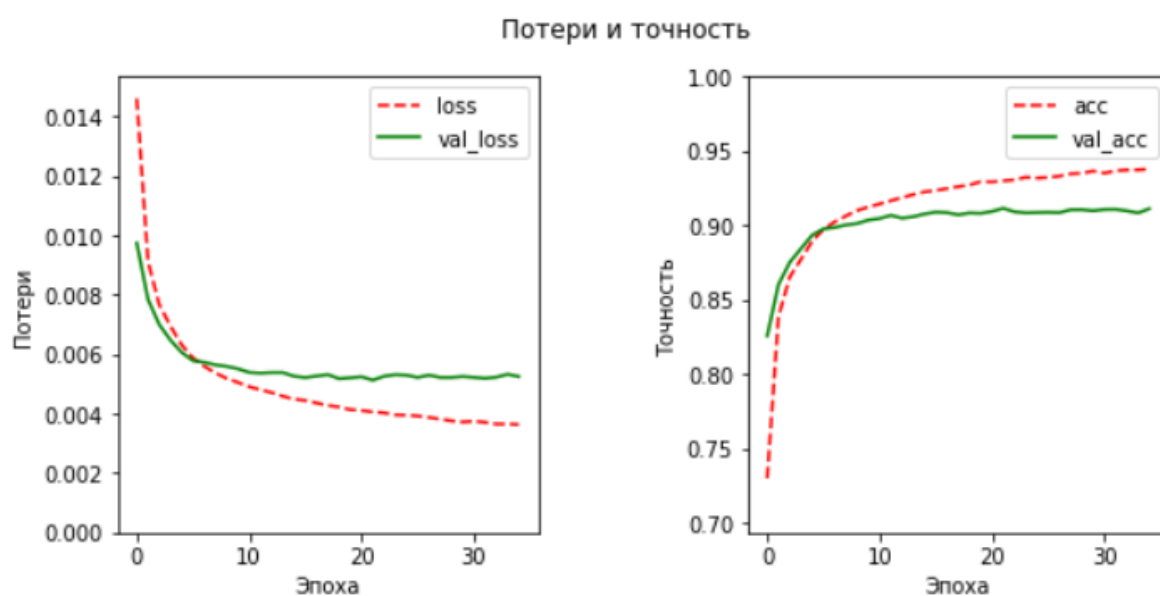
## 6. Графики обучения лучшего и худшего по точности на оценочном множестве варианта нейронной сети.

EMNIST

Худший:



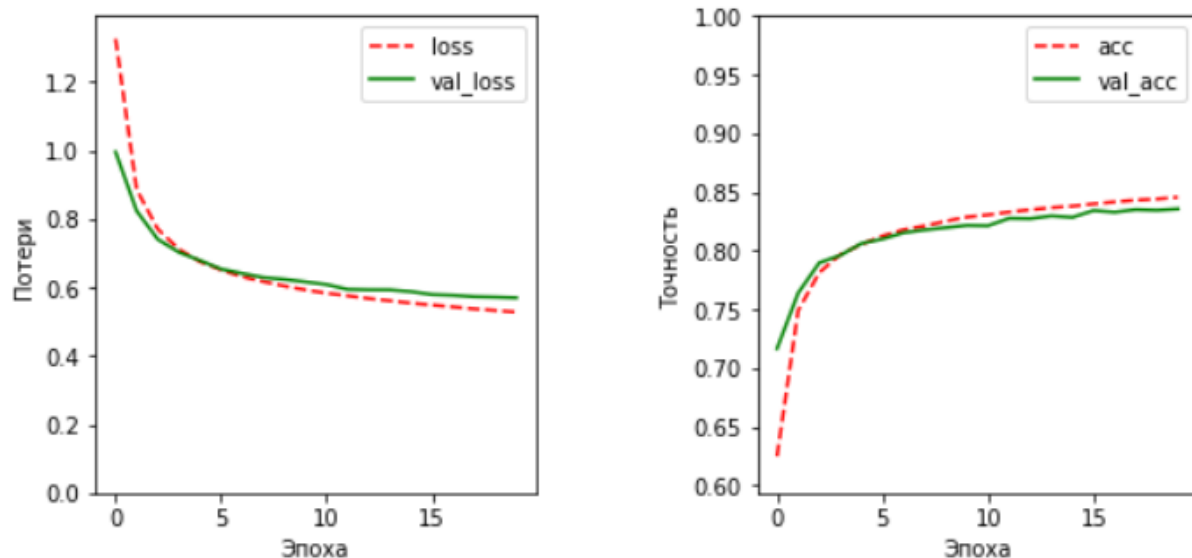
Лучший:



MNIST + EMNIST

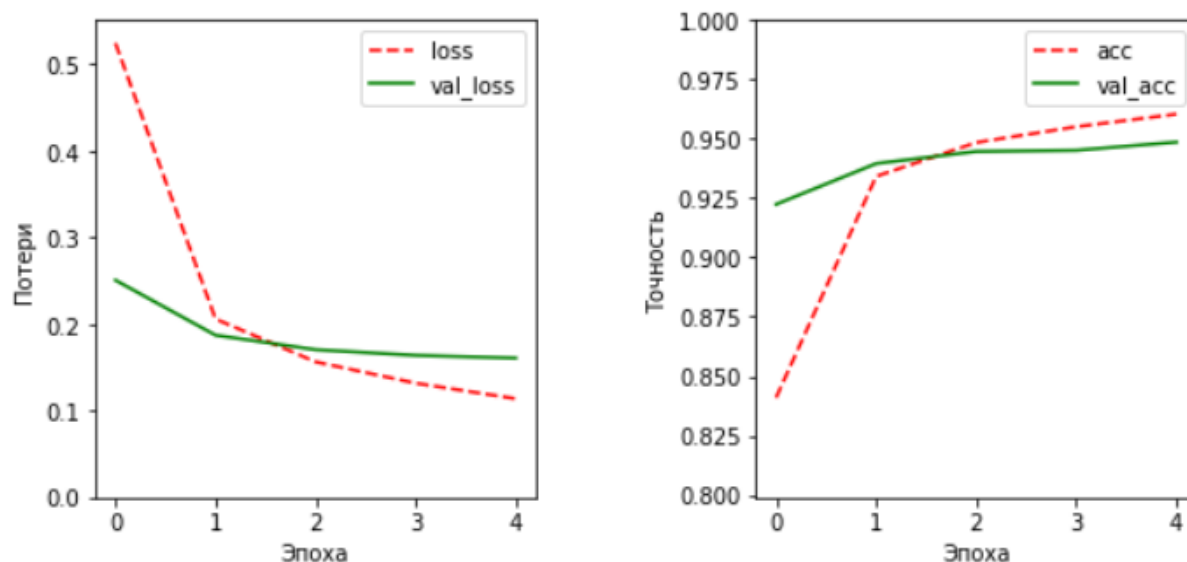
Худший:

Потери и точность



Лучший:

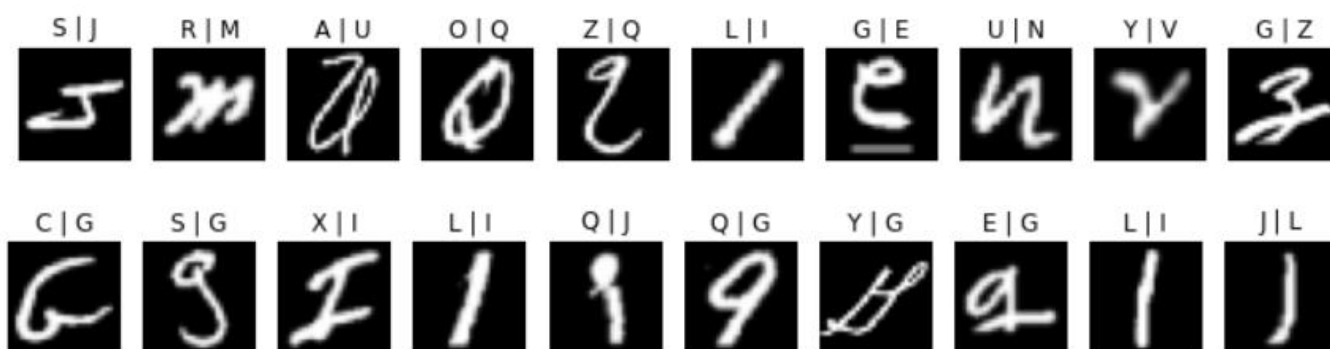
Потери и точность



## 7. Примеры ошибочно классифицированных изображений.

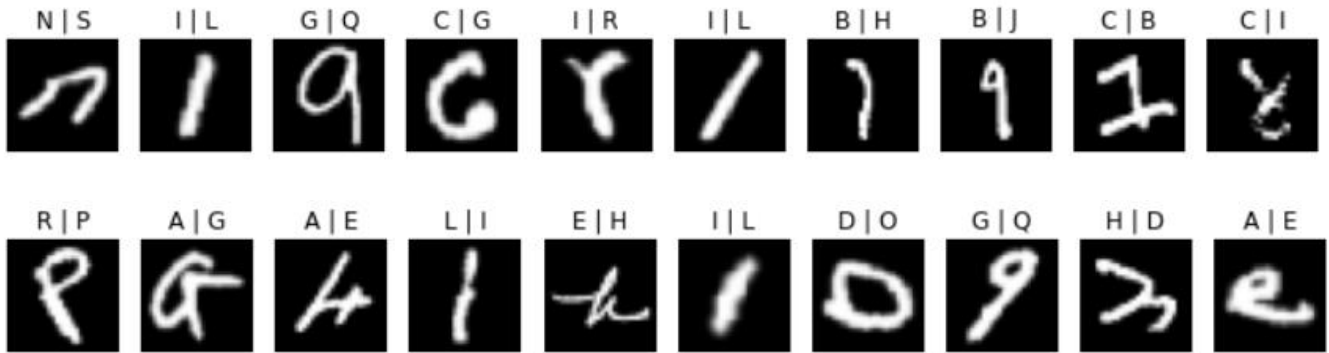
Формат: { что распознала обученная сеть } | { корректное значение }

EMNIST:



MNIST + EMNIST:

Для цифр: 0 – ‘A’ 1 – ‘B’ ... 8 – ‘I’ 9 – ‘J’



## 8. Точность по классам (на оценочном множестве набора).

EMNIST:

A 91.5	N 93.125
B 93.0	O 96.5
C 94.125	P 96.375
D 90.875	Q 82.125
E 94.125	R 93.875
F 92.375	S 95.125
G 72.875	T 94.25
H 92.0	U 91.5
I 72.625	V 93.375
J 91.75	W 95.875
K 92.375	X 93.25
L 76.25	Y 94.0
M 96.125	Z 96.0

MNIST + EMNIST:

0 98.3	F 96.625
1 98.5	G 86.625
2 97.4	H 93.75
3 98.3	I 85.0
4 98.6	J 94.375
5 99.2	K 93.25
6 99.1	L 64.125
7 99.9	M 97.125
8 99.6	N 97.25
9 98.9	O 98.25
A 93.125	P 96.5
B 95.375	Q 79.125
C 97.75	R 95.375
D 92.875	S 96.875
E 91.125	T 97.75

U 90.75  
V 95.375  
W 98.625

X 95.625  
Y 96.375  
Z 98.5