СБЕР УНИВЕРСИТЕТ

Дипломный проект на тему:

«Классификация изображений по эмоциям»

Слушатели:

Гурова Юлия Алексеевна
Рублева Екатерина Сергеевна
Рудаков Вадим Русланович

Актуальность темы и ее проблематика

Задача автоматического распознавания эмоций по мимике может быть использована:

- в маркетинге (эмоциональный отклик на контент);
- правоохранительных органах (истинность показаний подозреваемого);
- безопасность на дорогах (детекция сонливости и плохого самочувствия водителей.

Задача связана с рядом проблем:

- выбор признаков для анализа;
- определение истинности эмоций;
- контекст исходного изображения

Что такое “эмоция”?

Эмоция – это особый вид психических процессов, которые выражают переживание человеком его отношения к окружающему миру и самому себе.

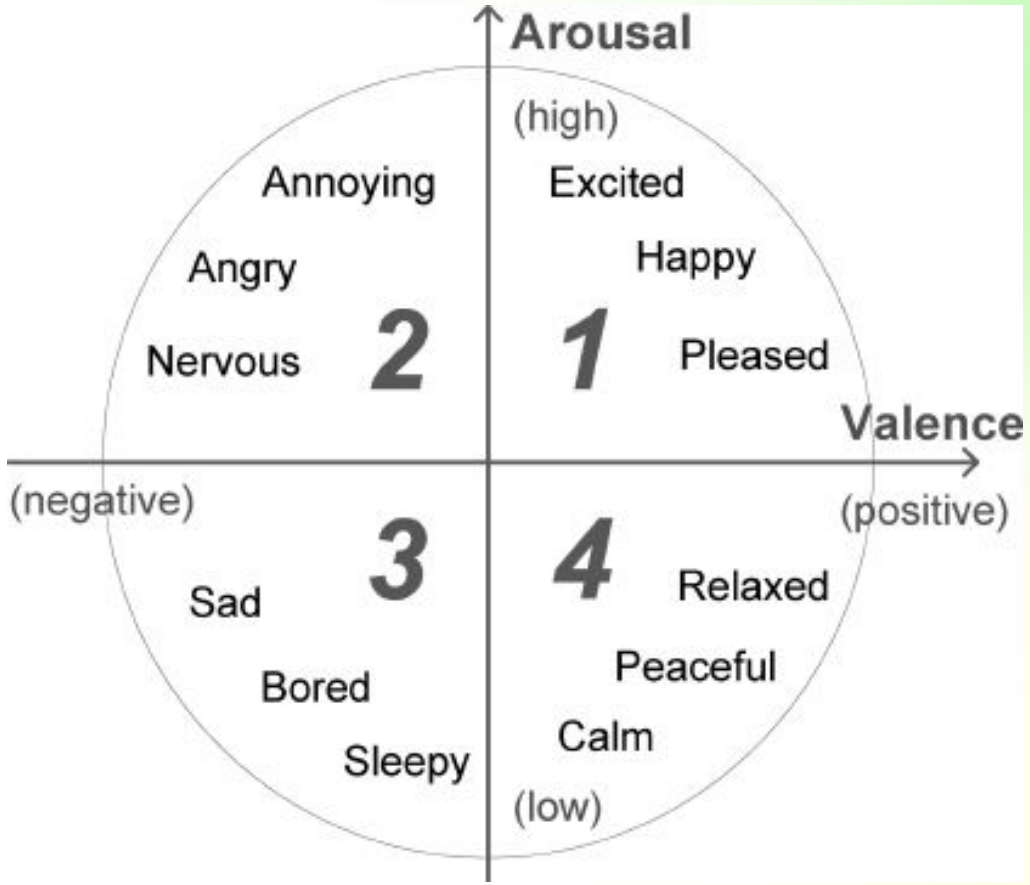
Универсальные эмоции: гнев, страх, печаль, отвращение, презрение, удивление и радость

Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна, Рудаков Вадим Русланович

Модель Дж. Рассела с двумерным пространством возбуждения и валентности

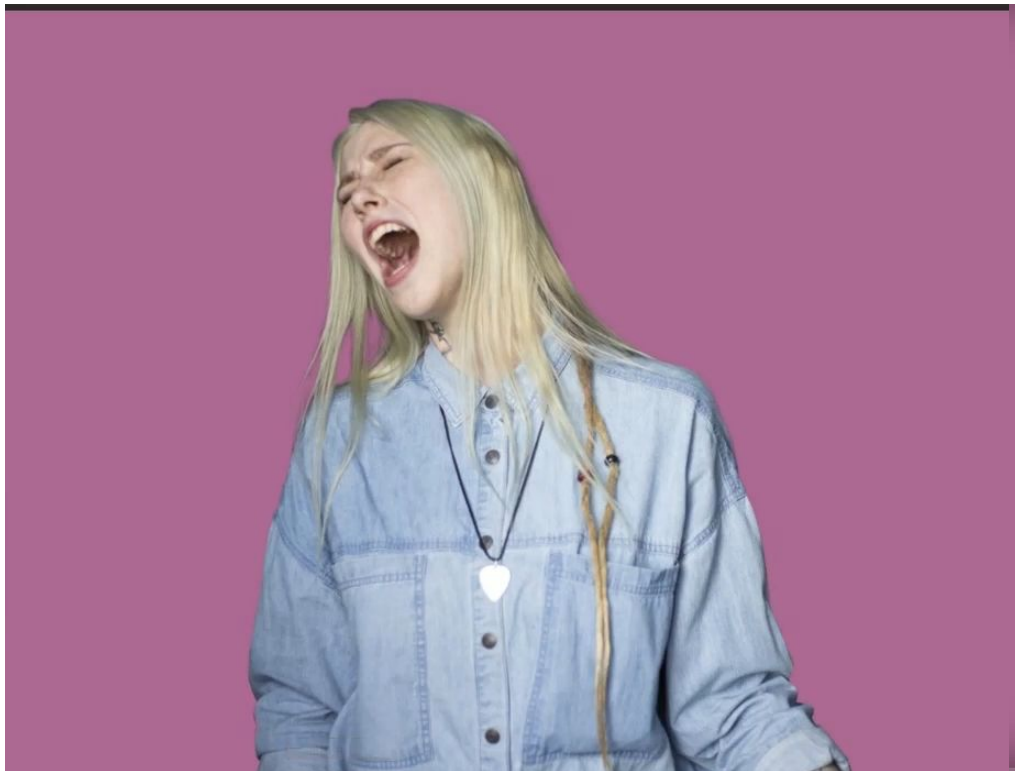
Валентность означает положительную или отрицательную аффективность.

Возбуждение измеряет насколько спокойным или волнующим является аффективное состояние.



Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна, Рудаков Вадим Русланович

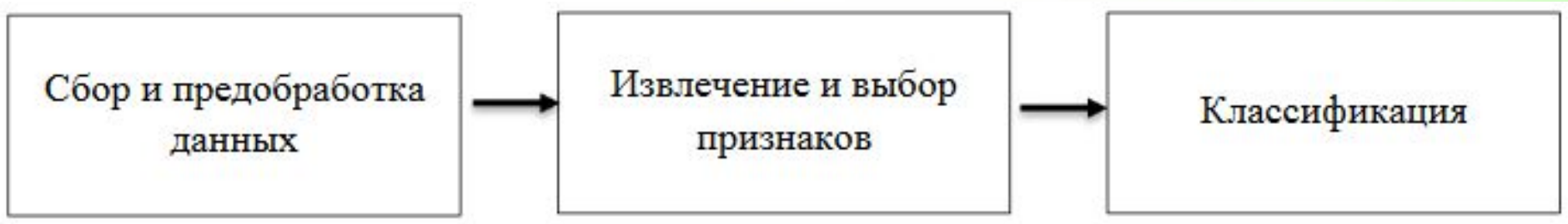
Проблема отсутствия контекста



Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна, Рудаков Вадим Русланович

Существующие подходы к решению задачи распознавания эмоций

Схема работы систем распознавания эмоций:



Геометрическими признаками могут являться расстояния, углы и т.д. Они характеризуют особенности расположения,ориентации объектов на изображении. 2D или 3D модели обычно используется для поиска ключевых точек лица.

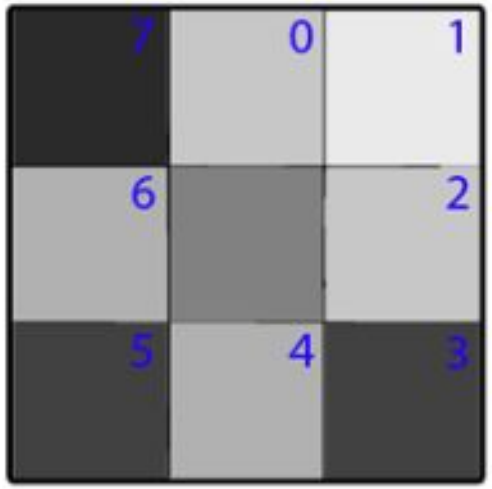
Текстурные признаки отражают однородность изображения. Текстурными особенностями изображений лица являются в основном изменения образатекстуры, такие как морщины на коже и выпуклости.

Active Shape Models(ASM)

Процесс локализации ASM на изображении:

а) –начальная позиция,
б) –спустя 5 итераций,
в) –спустя 10 итераций,
г) –итоговая модель

Local Binary Pattern



42 (7)	199 (0)	234 (1)
177 (6)	129	199 (2)
65 (5)	177 (4)	65 (3)

1 (7)	0 (0)	0 (1)
0 (6)	X	0 (2)
1 (5)	0 (4)	1 (3)

7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	1	0	1	0	0	0

$$128 + 32 + 8 = 168$$

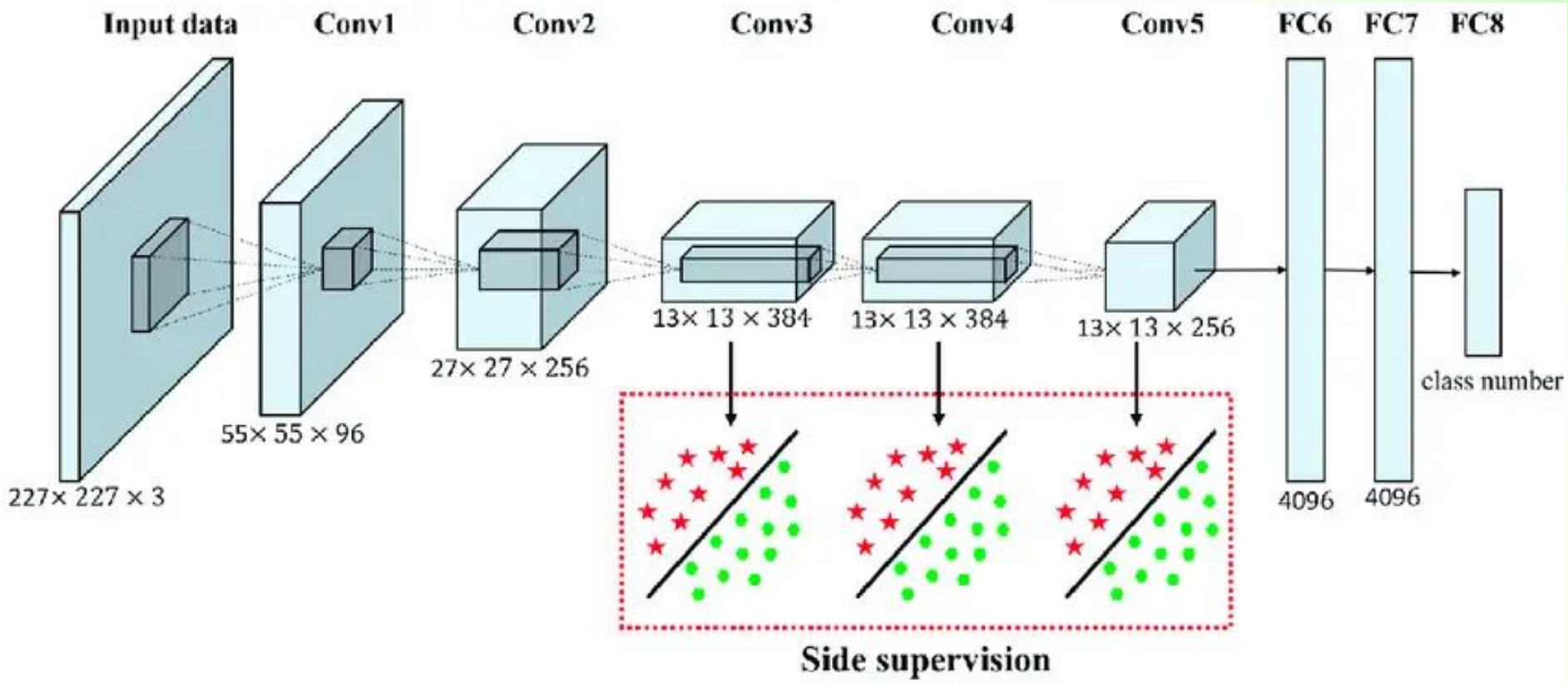
Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

Существующие решения задачи распознавания эмоций (FaceReader)

Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

Модели на основе задачи ImageNet

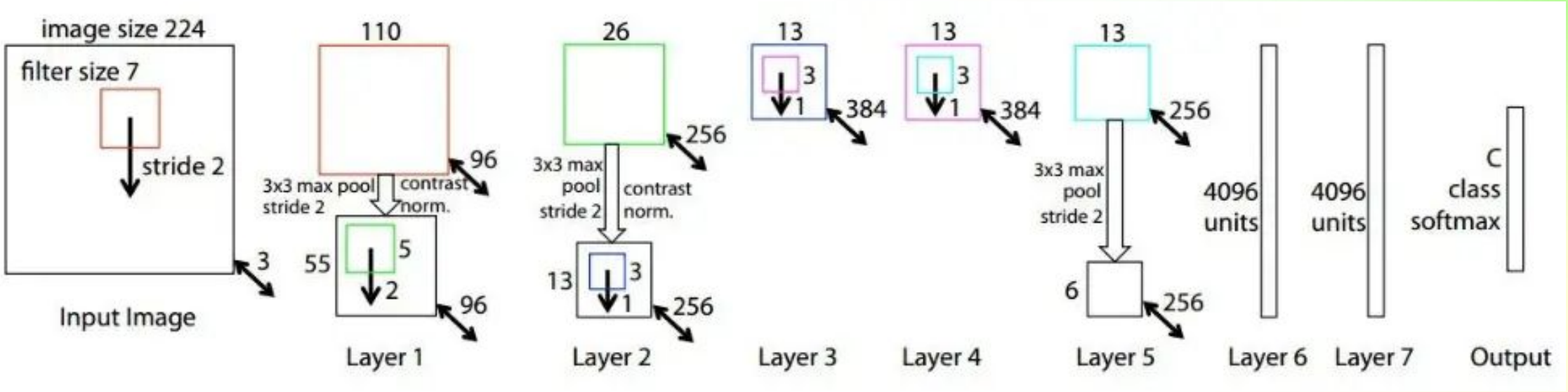
AlexNet | ILSVRC Competition – 2012 (Winner) | Top-5 Error Rate – 15.30%



Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

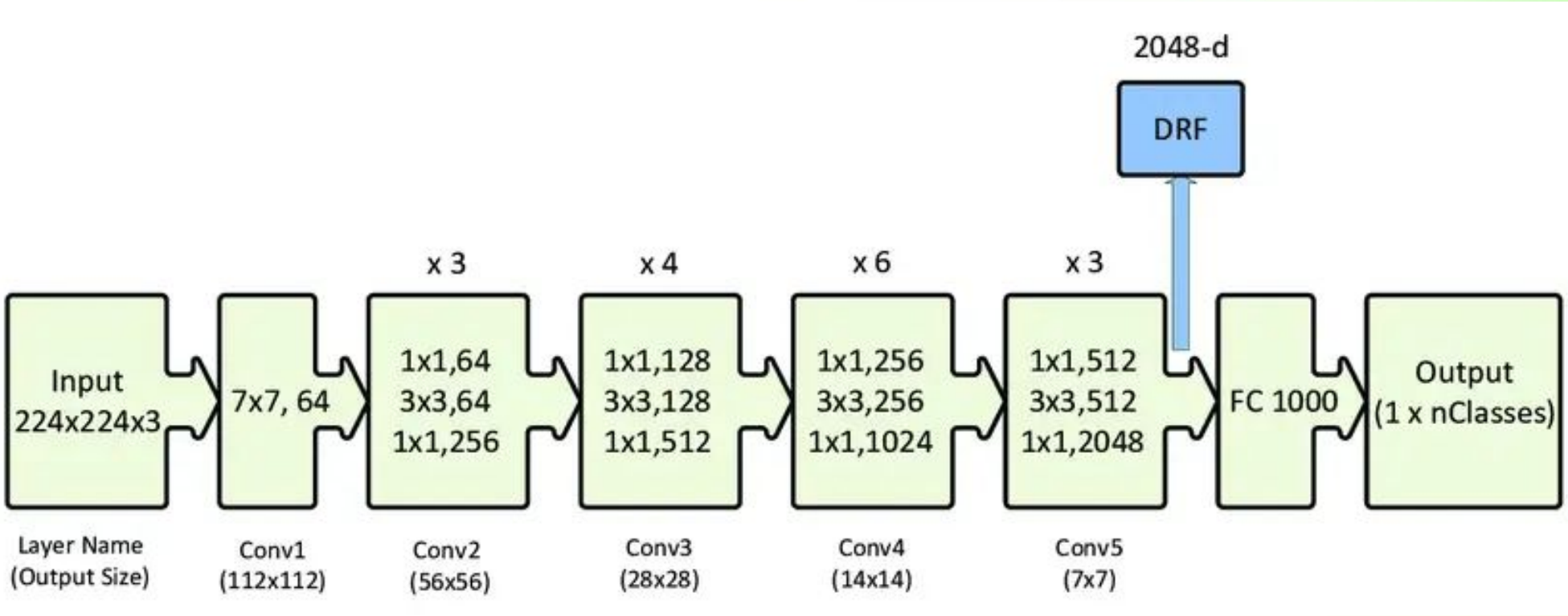
Модели на основе задачи ImageNet

ZFNet | ILSVRC Competition – 2013 (Winner) | Top-5 Error Rate – 11



Модели на основе задачи ImageNet

ResNet | ILSVRC Competition – 2015 (Winner) | Top-5 Error Rate – 3.57%

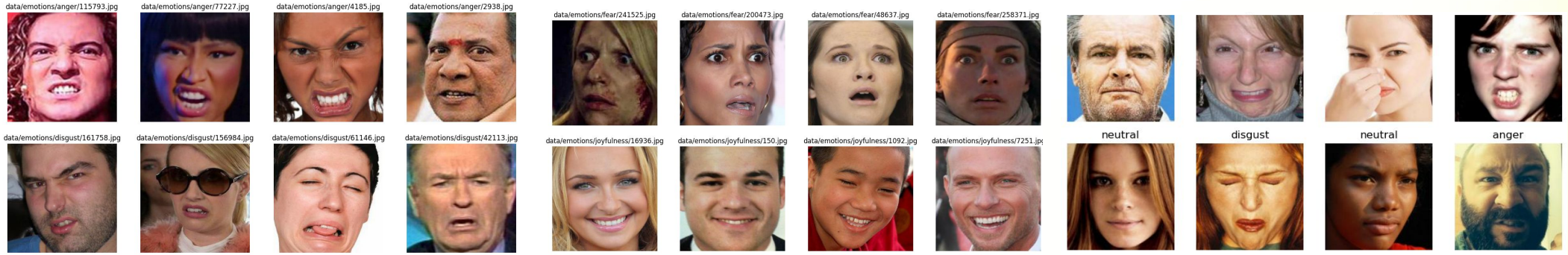


Подготовка исходного датасета

Датасет для дипломного проекта состоит из **1380** изображений по пяти несбалансированным классам эмоций:

- гнев (174 изображения),
- отвращение (292),
- страх (177),
- радость (339),
- нейтрально (398).

Датасет собран авторами работы методом ручной сортировки изображений из имеющейся в нашем распоряжении фотобазы.

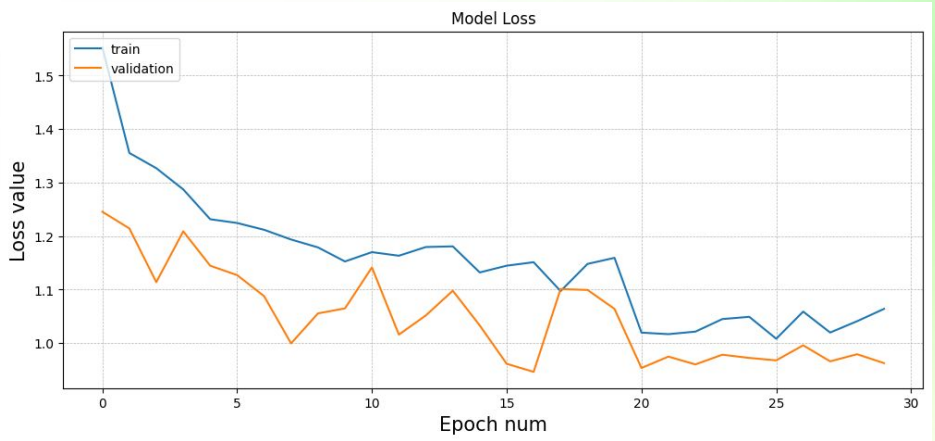


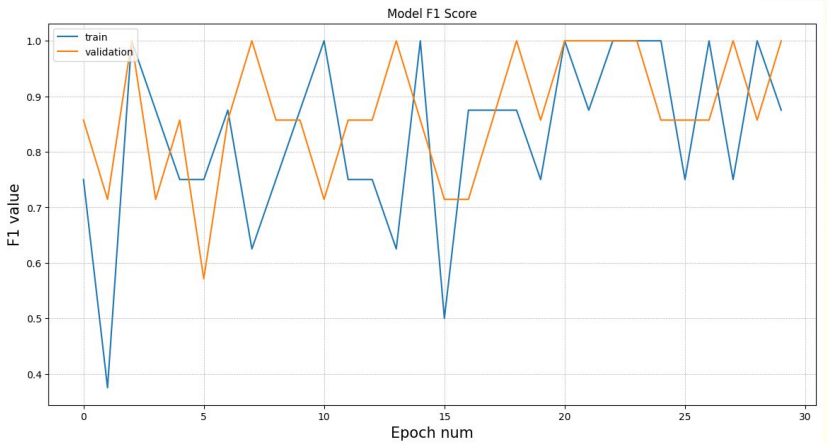
Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

Решение задачи через библиотеку PyTorch

Resnet18

```
ResNet                                   [8, 3, 224, 224]     [8, 5]               --
├─Conv2d: 1-1                            [8, 3, 224, 224]     [8, 64, 112, 112]    (9,408)
├─BatchNorm2d: 1-2                       [8, 64, 112, 112]    [8, 64, 112, 112]    (128)
├─ReLU: 1-3                              [8, 64, 112, 112]    [8, 64, 112, 112]    --
├─MaxPool2d: 1-4                         [8, 64, 112, 112]    [8, 64, 56, 56]      --
├─Sequential: 1-5                        [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      --
│    └─BasicBlock: 2-1                   [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      --
│    │    └─Conv2d: 3-1                  [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      (36,864)
│    │    └─BatchNorm2d: 3-2             [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      (128)
│    │    └─ReLU: 3-3                    [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      --
│    │    └─Conv2d: 3-4                  [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      (36,864)
│    │    └─BatchNorm2d: 3-5             [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      (128)
│    │    └─ReLU: 3-6                    [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      --
│    └─BasicBlock: 2-2                   [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      --
│    │    └─Conv2d: 3-7                  [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      (36,864)
│    │    └─BatchNorm2d: 3-8             [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      (128)
│    │    └─ReLU: 3-9                    [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      --
│    │    └─Conv2d: 3-10                 [8, 64, 56, 56]      [8, 64, 56, 56]      (36,864)
├─Sequential: 1-8                        [8, 256, 14, 14]     [8, 512, 7, 7]       --
│    └─BasicBlock: 2-7                   [8, 256, 14, 14]     [8, 512, 7, 7]       --
│    │    └─Conv2d: 3-39                 [8, 256, 14, 14]     [8, 512, 7, 7]       (1,179,648)
│    │    └─BatchNorm2d: 3-40            [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       (1,024)
│    │    └─ReLU: 3-41                   [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       --
│    │    └─Conv2d: 3-42                 [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       (2,359,296)
│    │    └─BatchNorm2d: 3-43            [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       (1,024)
│    │    └─Sequential: 3-44             [8, 256, 14, 14]     [8, 512, 7, 7]       (132,096)
│    │    └─ReLU: 3-45                   [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       --
│    └─BasicBlock: 2-8                   [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       --
│    │    └─Conv2d: 3-46                 [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       (2,359,296)
│    │    └─BatchNorm2d: 3-47            [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       (1,024)
│    │    └─ReLU: 3-48                   [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       --
│    │    └─Conv2d: 3-49                 [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       (2,359,296)
│    │    └─BatchNorm2d: 3-50            [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       (1,024)
│    │    └─ReLU: 3-51                   [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 7, 7]       --
├─AdaptiveAvgPool2d: 1-9                 [8, 512, 7, 7]       [8, 512, 1, 1]       --
├─Linear: 1-10                           [8, 512]             [8, 5]               2,565
==========================================================================================
Total params: 11,179,077
Trainable params: 2,565
Non-trainable params: 11,176,512
Total mult-adds (G): 14.51
==========================================================================================
Input size (MB): 4.82
Forward/backward pass size (MB): 317.92
Params size (MB): 44.72
Estimated Total Size (MB): 367.45
==========================================================================================
```





Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

Решение задачи через библиотеку PyTorch

EfficientNet_b0

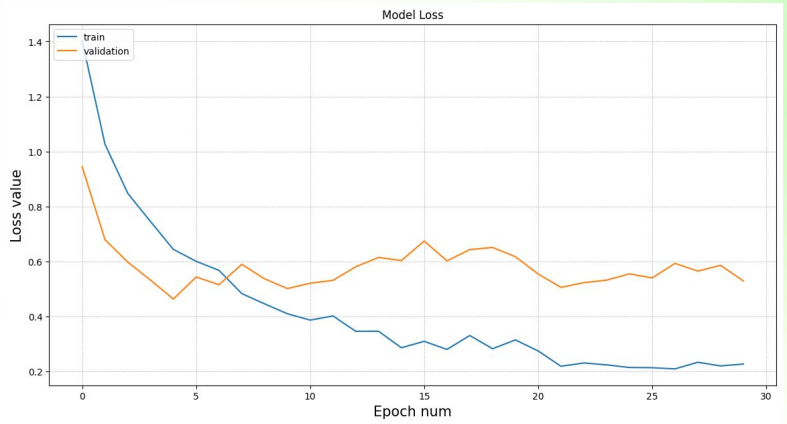
My_Net_efficientnet_b0	[8, 3, 256, 256]	[8, 5]	--
├─EfficientNet: 1-1	[8, 3, 256, 256]	[8, 5]	--
│ └─Conv2d: 2-1	[8, 3, 256, 256]	[8, 32, 128, 128]	864
│ └─BatchNormAct2d: 2-2	[8, 32, 128, 128]	[8, 32, 128, 128]	64
│ │ └─Identity: 3-1	[8, 32, 128, 128]	[8, 32, 128, 128]	--
│ │ └─SiLU: 3-2	[8, 32, 128, 128]	[8, 32, 128, 128]	--
│ └─Sequential: 2-3	[8, 32, 128, 128]	[8, 320, 8, 8]	--
│ │ └─Sequential: 3-3	[8, 32, 128, 128]	[8, 16, 128, 128]	1,448
│ │ └─Sequential: 3-4	[8, 16, 128, 128]	[8, 24, 64, 64]	16,714
│ │ └─Sequential: 3-5	[8, 24, 64, 64]	[8, 40, 32, 32]	46,640
│ │ └─Sequential: 3-6	[8, 40, 32, 32]	[8, 80, 16, 16]	242,930
│ │ └─Sequential: 3-7	[8, 80, 16, 16]	[8, 112, 16, 16]	543,148
│ │ └─Sequential: 3-8	[8, 112, 16, 16]	[8, 192, 8, 8]	2,026,348
│ │ └─Sequential: 3-9	[8, 192, 8, 8]	[8, 320, 8, 8]	717,232
│ └─Conv2d: 2-4	[8, 320, 8, 8]	[8, 1280, 8, 8]	409,600
│ └─BatchNormAct2d: 2-5	[8, 1280, 8, 8]	[8, 1280, 8, 8]	2,560
│ │ └─Identity: 3-10	[8, 1280, 8, 8]	[8, 1280, 8, 8]	--
│ │ └─SiLU: 3-11	[8, 1280, 8, 8]	[8, 1280, 8, 8]	--
│ └─SelectAdaptivePool2d: 2-6	[8, 1280, 8, 8]	[8, 1280]	--
│ │ └─AdaptiveAvgPool2d: 3-12	[8, 1280, 8, 8]	[8, 1280, 1, 1]	--
│ │ └─Flatten: 3-13	[8, 1280, 1, 1]	[8, 1280]	--
│ └─Sequential: 2-7	[8, 1280]	[8, 5]	--
│ │ └─Linear: 3-14	[8, 1280]	[8, 256]	327,936
│ │ └─ReLU: 3-15	[8, 256]	[8, 256]	--
│ │ └─Linear: 3-16	[8, 256]	[8, 5]	1,285

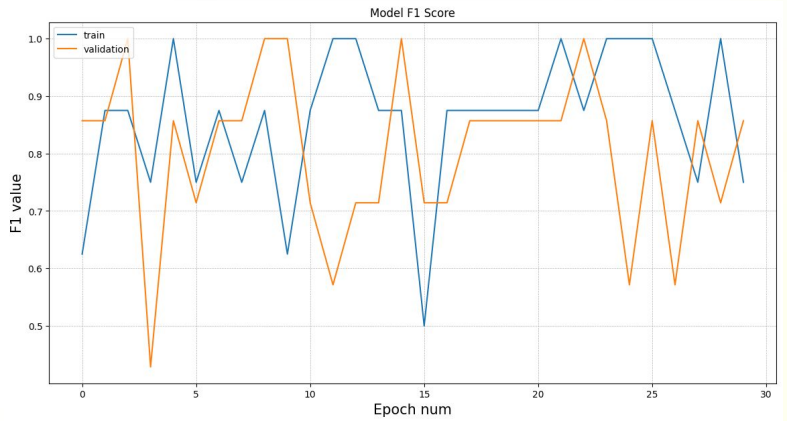
==========

Total params: 4,336,769
Trainable params: 4,336,769
Non-trainable params: 0
Total mult-adds (G): 4.02

==========

Input size (MB): 6.29
Forward/backward pass size (MB): 563.83
Params size (MB): 17.18





Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна, Рудаков Вадим Русланович

Решение задачи через библиотеку TensorFlow

InceptionV3

```
Model: "InceptionV3_based"
_________________________________________________________________
 Layer (type)                Output Shape              Param #
=================================================================
 input_2 (InputLayer)        [(None, 299, 299, 3)]     0

 sequential (Sequential)     (None, 299, 299, 3)       0

 sequential_1 (Sequential)   (None, 299, 299, 3)       0

 inception_v3 (Functional)   (None, 8, 8, 2048)        21802784

 flatten (Flatten)           (None, 131072)            0

 dropout (Dropout)           (None, 131072)            0

 batch_normalization_94 (Bat  (None, 131072)           524288
 chNormalization)

 dense (Dense)               (None, 5)                 655365

=================================================================
Total params: 22,982,437
Trainable params: 17,559,493
Non-trainable params: 5,422,944
_________________________________________________________________
```

обучение классификатора

разморозка слоёв

Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

Решение задачи через библиотеку TensorFlow

MobileNetV2

```
Model: "MobileNetV2_RMSprop_mse"
_________________________________________________________________
 Layer (type)                Output Shape              Param #
=================================================================
 input_4 (InputLayer)        [(None, 299, 299, 3)]     0

 sequential (Sequential)     (None, 299, 299, 3)       0

 sequential_1 (Sequential)   (None, 299, 299, 3)       0

 mobilenetv2_1.00_224 (Funct  (None, 10, 10, 1280)     2257984
 ional)

 flatten_1 (Flatten)         (None, 128000)            0

 dropout_1 (Dropout)         (None, 128000)            0

 batch_normalization_95 (Bat  (None, 128000)           512000
 chNormalization)

 dense_1 (Dense)             (None, 5)                 640005

=================================================================
Total params: 3,409,989
Trainable params: 3,119,877
Non-trainable params: 290,112
_________________________________________________________________
```

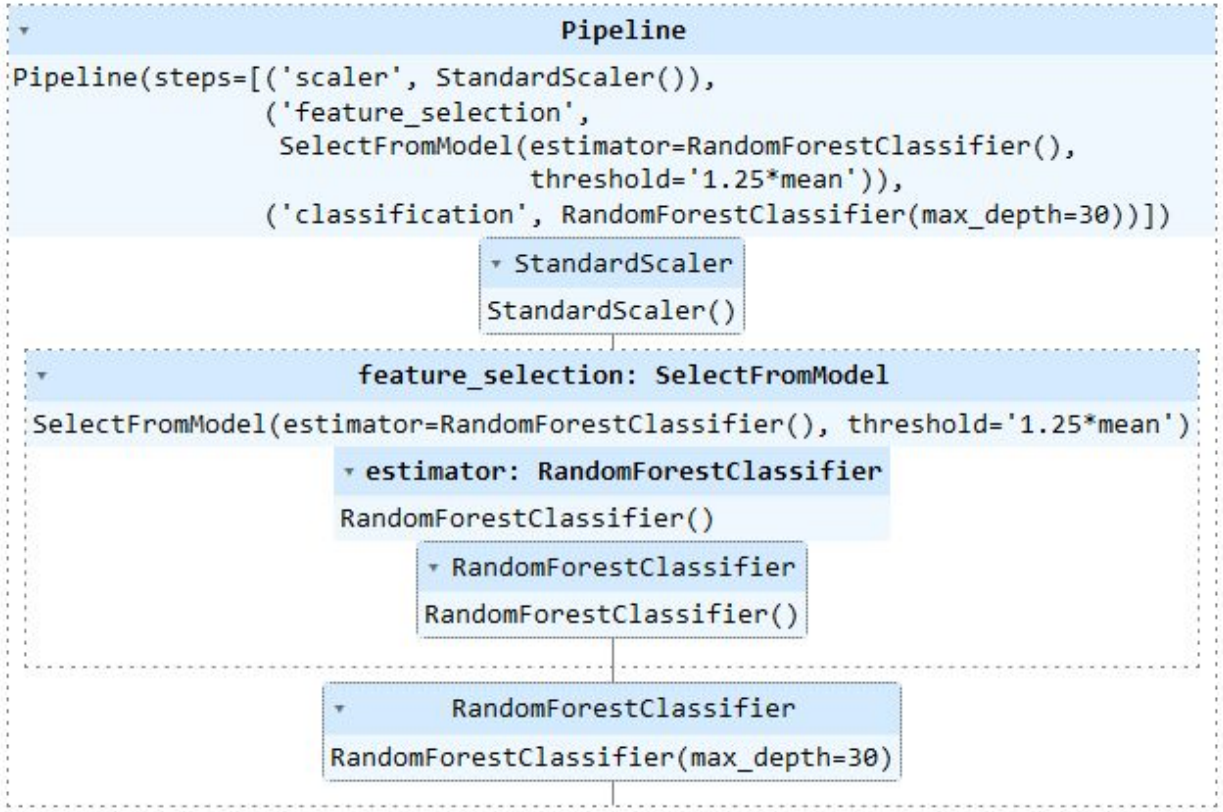
обучение классификатора

разморозка слоёв

Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

Решение задачи через библиотеку Scikit-learn

RandomForestClassifier




```
Accuracy: 0.5131195335276968
Precision (macro): 0.5175410303981731
Recall (macro): 0.43463177171042344
F1-score (macro): 0.43779029300233124

_____________________________________
Precision (micro): 0.5131195335276968
Recall (micro): 0.5131195335276968
F1-score (micro): 0.5131195335276968

_____________________________________
Precision (None): [0.5        0.58181818 0.46153846 0.60204082 0.44230769]
Recall (None): [0.10810811 0.43243243 0.27272727 0.66292135 0.6969697 ]
F1-score (None): [0.17777778 0.49612403 0.34285714 0.63101604 0.54117647]
```

Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

Решение задачи через библиотеку Scikit-learn

Модель Маркова

1. Разбивка данных на тренировочную и тестовую выборку;
2. Нормализация данных;
3. Подбор числа компонент для PCA;
4. Сокращение размерности;
5. Подбор компонент под модель Маркова
6. Создание модели Маркова

```
GaussianHMM
GaussianHMM(n_components=10)
```

```
Accuracy: 0.22448979591836735
Precision (macro): 0.14470588235294118
Recall (macro): 0.2026666666666667
F1-score (macro): 0.07827172827172826
_____________________________
Precision (micro): 0.22448979591836735
Recall (micro): 0.22448979591836735
F1-score (micro): 0.22448979591836735
_____________________________
Precision (None): [0.         0.5        0.         0.22352941 0.        ]
Recall (None): [0.         0.01333333 0.         1.         0.        ]
F1-score (None): [0.         0.02597403 0.         0.36538462 0.        ]
```

Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

Лучшие показатели предсказания модели

Модель	F1 - Score
Resnet18	0.90
EfficientNet_b0	0.86
InceptionV3	0,90
MobileNetV2	0,93
RandomForestClassifier	0.51
Модель Маркова	0.22

Подготовили: Гурова Юлия Алексеевна, Рублева Екатерина Сергеевна., Рудаков Вадим Русланович

Выводы

Нейросети:

1. Использование “переноса обучения” позволило достичь высоких результатов даже на небольшом датасете в объеме 1380 изображений с самыми простыми моделями классификатора. На всех моделях удалось достичь результата от 85% до 93%.
2. Все модели столкнулись с проблемой определения классов “гнев” и “страх”, что связано с несбалансированностью классов. Для повышения качества работы моделей, в первую очередь, необходимо поработать над улучшением самого датасета: сбалансировать классы и увеличить общее количество изображений.

Классические методы:

1. Обе модели показывают низкие показатели качества.
2. Модель “случайного леса” требует больший набор признаков, по которым можно производить классификацию.
3. Модель Маркова подходит для предсказания будущих событий, а не статичных фотографий.

Список использованных источников

Общее

1. Convolutional neural network // https://duchesnay.github.io/pystatsml/deep_learning/dl_cnn_cifar10_pytorch.html
2. Lakhani N.D. Statistical Evaluation Metrics // https://iust-projects.ir/post/minidm01/
3. AI, практический курс. Базовая модель распознавания эмоций на изображениях // https://habr.com/ru/company/intel/blog/420635/
4. CS231n: Свёрточные нейронные сети для распознавания образов // https://habr.com/ru/post/456186/
5. Правильная настройка случайного начального значения в экспериментах ML // https://odsc.medium.com/properly-setting-the-random-seed-in-ml-experiments-not-as-simple-as-you-might-imagine-219969c84752
6. Как рассчитать оценку f1 // https://stackoverflow.com/questions/67959327/how-to-calculate-the-f1-score

Модели

1. SOURCE CODE FOR TORCHVISION.MODELS.EFFICIENTNET // https://pytorch.org/vision/master/_modules/torchvision/models/efficientnet.html
2. RESNET50 документация модели // https://pytorch.org/vision/stable/models/generated/torchvision.models.resnet50.html#torchvision.models.resnet50
3. InceptionV3 // https://keras.io/api/applications/inceptionv3/
4. MobileNet // https://keras.io/api/applications/mobilenet/
5. Внедрение EfficientNet в PyTorch, часть 2: решение // https://questu.ru/articles/155907/

Pytorch

1. TorchEval документация // https://github.com/pytorch/torcheval
2. Передача обучения с использованием EfficientNet PyTorch // https://debuggercafe.com/transfer-learning-using-efficientnet-pytorch/
3. Документация STEPLR // https://pytorch.org/docs/stable/generated/torch.optim.lr_scheduler.StepLR.html#torch.optim.lr_scheduler.StepLR
4. ОБУЧЕНИЕ КЛАССИФИКАТОРА // https://pytorch.org/tutorials/beginner/blitz/cifar10_tutorial.html#training-an-image-classifier
5. ПЕРЕДАЧА ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ // https://pytorch.org/tutorials/beginner/transfer_learning_tutorial.html
6. multiclass_f1_score документация // https://pytorch.org/torcheval/stable/generated/torcheval.metrics.functional.multiclass_f1_score.html#torcheval.metrics.functional.multiclass_f1_score
7. Классификация изображений с помощью PyTorch // https://medium.com/@nutanbhogendrasharma/image-classification-with-pytorch-351a0a6cc09d
8. Facial Expression Recognition using Pytorch // https://www.kaggle.com/code/veb101/facial-expression-recognition-using-pytorch
9. Как обучать свои собственные модели с помощью timm // https://timm.fast.ai/training
10. Классификация изображений с использованием логистической регрессии в PyTorch // https://digitrain.ru/articles/369516/
11. PyTorch — многоклассовая классификация // https://towardsdatascience.com/pytorch-tabular-multiclass-classification-9f8211a123ab
12. Измерение оценки F1 для многоклассовой классификации в PyTorch // https://stackoverflow.com/questions/62265351/measuring-f1-score-for-multiclass-classification-natively-in-pytorch
13. Матрица и точность тестирования для учебного пособия по передаче обучения PyTorch // https://stackoverflow.com/questions/53290306/confusion-matrix-and-test-accuracy-for-pytorch-transfer-learning-tutorial
14. Как использовать GradScaler в PyTorch // https://wandb.ai/wandb_fc/tips/reports/How-To-Use-GradScaler-in-PyTorch--VmlldzoyMTY5MDA5

Список использованных источников

Ignite

1. https://pytorch-ignite.ai/tutorials/beginner/01-getting-started/- краткое руководство по запуску PyTorch-Ignite.
2. https://uproger.com/-instrukcziya-po-rabote-s-bibliotekoj-pytorch-ignite/ - Инструкция по Работе с Библиотекой PyTorch-Ignite.
3. https://habr.com/ru/company/ods/blog/424781/ - Обучение и тестирование нейронных сетей на PyTorch с помощью Ignite.
4. https://pytorch.org/ignite/metrics.html - метрики PyTorch-Ignite.

Tensorflow

Курсы

1. Holbrook R. Intro to Deep Learning // https://www.kaggle.com/learn/intro-to-deep-learning
2. Moroney L. Device-based Models with TensorFlow Lite // https://www.coursera.org/learn/device-based-models-tensorflow
3. Tensorflow Guide. TensorFlow Basics // https://www.tensorflow.org/guide

Статьи

1. Data augmentation // https://www.tensorflow.org/tutorials/images/data_augmentation
2. Image classification // https://www.tensorflow.org/tutorials/images/classification
3. Load and preprocess images // https://www.tensorflow.org/tutorials/load_data/images
4. Preprocessing layers // https://keras.io/api/layers/preprocessing_layers/
5. Transfer learning and fine-tuning // https://www.tensorflow.org/tutorials/images/transfer_learning
6. Transfer learning and fine-tuning // https://keras.io/guides/transfer_learning/
7. Working with preprocessing layers // https://www.tensorflow.org/guide/keras/preprocessing_layers

Спасибо за внимание!