

Анализ алгоритмов глубокого машинного обучения в задачах распознавания изображений

Александр Сергеевич Коротков

Научный руководитель: Д.В. Матвеев

29.06.2020

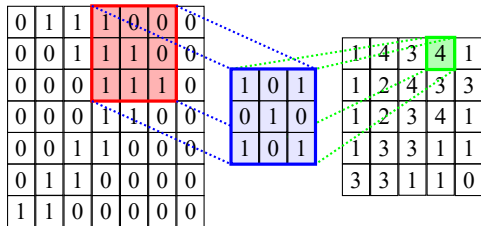


Цель: Изучить и проанализировать применение алгоритмов глубокого машинного обучения в задачах обработки рентгеновских снимков у больных с подозрением на COVID-19.

Задачи:

- Изучить теоретический материал про обучение глубоких нейронных сетей и их применение в классификации изображений.
- Изучить документацию библиотеки Tensorflow.
- Изучить вопрос диагностики COVID-19 по рентгеновским снимкам грудной клетки.
- Разработать и обучить различные модели сверточных нейронных сетей на наборе рентгеновских снимков.
- Сравнить применение различных подходов предварительной обработки изображений.
- Сравнить результаты работы реализованных нейронных сетей.





Операция свертки

| Сеть | Top-1 | Top-5 |
|---------------------|--------------|--------------|
| VGG-16 | 71.3% | 90.1% |
| VGG-19 | 71.3% | 90.0% |
| Inception V3 | 77.9% | 93.7% |
| ResNet-50 V2 | 76.0% | 93.0% |
| ResNet-101 V2 | 77.2% | 93.8% |
| ResNet-152 V2 | 78.0% | 94.2% |
| DenseNet-121 | 75.0% | 92.3% |
| DenseNet-169 | 76.2% | 93.2% |
| DenseNet-201 | 77.3% | 93.6% |



Для оценки качества работы алгоритмов использовались следующие метрики:

- Precision (Точность):

$$P = \frac{TP}{TP + FP}$$

- Recall (Полнота):

$$R = \frac{TP}{TP + FN}$$

- F1-мера:

$$F1 = 2 \cdot \frac{P \cdot R}{P + R}$$

где TP - количество истинно-положительных, TN - истинно-отрицательных, FN - ложно-отрицательных ответов.



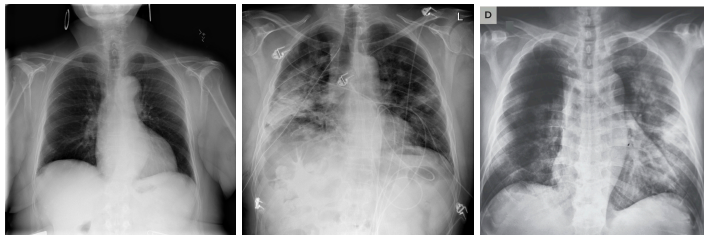
Популярные функции потерь

| Название | Функция |
|---|--|
| Средняя квадратическая ошибка | $E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2$ |
| Средняя абсолютная ошибка | $E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n y_i - x_i $ |
| Верхняя граница | $E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \max(1 - x_i, y_i, 0)$ |
| Категориальная перекрестная энтропия | $E = - \sum_{i=1}^n (x_i \cdot \log(y_i))$ |

y_i – ожидаемое значение i -го нейрона, x_i – полученное значение i -го нейрона,
 n – количество выходных нейронов.



Рентгеновские снимки грудных клеток



Норма

Пневмония

COVID-19

Всего было собрано **14 197** снимков, из них **8 066** здоровых пациентов, **5 558** с пневмонией и **573** с COVID-19. По 100 изображений каждого класса было отобрано для валидации обучения.



Предварительная обработка изображений

Способы предварительной обработки:

- Масштабирование - приведение всех значений в изображении к диапазону $[0,1]$
- Центрирование среднего значения изображения в 0 и нормализация среднеквадратичного отклонения к 1

Модели:

- Inception V3, размерность входного слоя: 299×299
- ResNet-50, размерность входного слоя: 224×224
- DenseNet-201, размерность входного слоя: 224×224

Обучение всех моделей проходило по 10 эпох, размер одного пакета - 16 изображений. В качестве функции потерь использовалась категориальная перекрестная энтропия, в качестве оптимизатора - Адам.



Результаты обучение моделей с предварительным масштабированием значений

| Сеть | loss | precision | recall | val_loss | val_precision | val_recall |
|--------------|--------|-----------|--------|---------------|---------------|---------------|
| Inception V3 | 0.2352 | 0.9176 | 0.9106 | 0.2737 | 0.7884 | 0.7700 |
| ResNet-50 | 0.3242 | 0.8870 | 0.8732 | 0.2373 | 0.7354 | 0.7133 |
| DenseNet-201 | 0.2742 | 0.9054 | 0.8969 | 0.3196 | 0.7560 | 0.7333 |

Результаты обучение моделей с предварительным центрированием значений

| Сеть | loss | precision | recall | val_loss | val_precision | val_recall |
|--------------|--------|-----------|--------|----------|---------------|------------|
| Inception V3 | 0.3387 | 0.8860 | 0.8697 | 0.5269 | 0.7204 | 0.6700 |
| ResNet-50 | 0.3353 | 0.8848 | 0.8705 | 0.9311 | 0.6537 | 0.6167 |
| DenseNet-201 | 0.3655 | 0.8742 | 0.8622 | 0.3539 | 0.7643 | 0.7133 |



Параметры:

- количество эпох: 10
- размер пакета: 8
- Функция потерь:
категориальная
перекрестная энтропия
- размер входов: 500x500

Модели:

- Inception V3
- ResNet-50 V2
- DenseNet-201

Оптимизаторы:

- SGD - Стохастический
градиентный спуск
- RMSprop
- Adam



- Adam:

| | Inception V3 | | | ResNet-50 V2 | | | DenseNet-201 | | |
|-----------|--------------|--------|----------|--------------|--------|----------|--------------|--------|----------|
| | precision | recall | f1-score | precision | recall | f1-score | precision | recall | f1-score |
| COVID-19 | 0.53 | 0.38 | 0.44 | 0.55 | 0.40 | 0.46 | 0.52 | 0.56 | 0.54 |
| Normal | 0.51 | 0.58 | 0.54 | 0.51 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.51 | 0.52 |
| Pneumonia | 0.59 | 0.68 | 0.63 | 0.52 | 0.63 | 0.57 | 0.53 | 0.51 | 0.52 |

- RMSprop:

| | Inception V3 | | | ResNet-50 V2 | | | DenseNet-201 | | |
|-----------|--------------|--------|----------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------|----------|
| | precision | recall | f1-score | precision | recall | f1-score | precision | recall | f1-score |
| COVID-19 | 0.57 | 0.51 | 0.54 | 0.56 | 0.84 | 0.67 | 0.53 | 0.23 | 0.32 |
| Normal | 0.52 | 0.70 | 0.60 | 0.63 | 0.36 | 0.46 | 0.56 | 0.65 | 0.60 |
| Pneumonia | 0.53 | 0.58 | 0.55 | 0.54 | 0.49 | 0.51 | 0.55 | 0.77 | 0.64 |

- SGD:

| | Inception V3 | | | ResNet-50 V2 | | | DenseNet-201 | | |
|-----------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------|----------|--------------|--------|----------|
| | precision | recall | f1-score | precision | recall | f1-score | precision | recall | f1-score |
| COVID-19 | 0.63 | 0.50 | 0.56 | 0.50 | 0.58 | 0.54 | 0.33 | 0.88 | 0.48 |
| Normal | 0.60 | 0.64 | 0.62 | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0 | 0 | 0 |
| Pneumonia | 0.67 | 0.64 | 0.65 | 0.52 | 0.45 | 0.48 | 0.33 | 0.11 | 0.17 |



Итоги:

- Проведено исследование применения глубокого обучения в задачах распознавания изображений.
- Изучен вопрос диагностики COVID-19 и пневмонии по рентгеновским снимкам грудной клетки.
- Проведен анализ вариантов предварительной обработки изображений для решения данной задачи.
- Разработаны и обучены модели Inception, ResNet и DenseNet для диагностики COVID-19.
- Проведен анализ результатов тестирования по метрикам: точность, полнота и F1.
- Выявлено, что для решения задачи диагностики COVID-19 предпочтительно использовать сеть **Inception** с оптимизатором **SGD**.



Спасибо за внимание!

