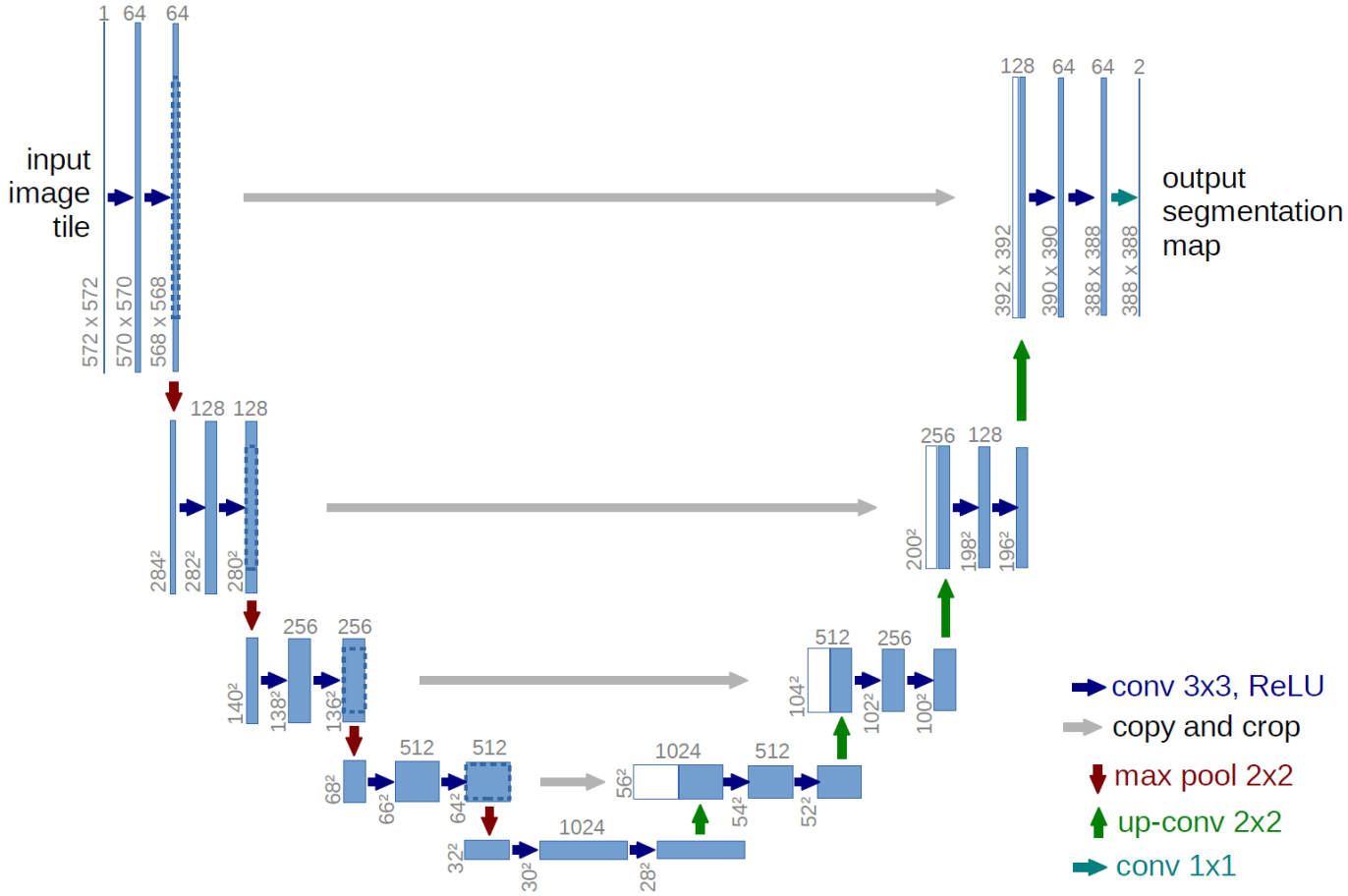
Домашнее задание 11

Правила:

- Дедлайн **29 мая 23:59**. После дедлайна работы не принимаются кроме случаев наличия уважительной причины.
- Выполненную работу нужно отправить на почту `mipt.stats@yandex.ru` , указав тему письма `"[ml] Фамилия Имя - задание 11"` . Квадратные скобки обязательны. Если письмо дошло, придет ответ от автоответчика.
- Прислать нужно файл с кодом модели, ноутбук и его pdf-версию (без архивов). Названия файлов должны быть такими: `11.N.model.py` , `11.N.ipynb` и `11.N.pdf` , где `N` - ваш номер из таблицы с оценками.
- Решения, размещенные на каких-либо интернет-ресурсах не принимаются. Кроме того, публикация решения в открытом доступе может быть приравнена к предоставлении возможности списать.
- Для выполнения задания используйте этот ноутбук в качестве основы, ничего не удаляя из него.
- Никакой код из данного задания при проверке запускаться не будет.

Условие

В этом задании вам предстоит реализовать модель `U-Net` для задачи семантической сегментации: `0` — не автомобиль, `1` — автомобиль. Реализация должна быть в файле `model.py` . Назовите класс с моделью `SegmenterModel` , унаследуйте его от `torch.nn.Module` , напишите метод `forward` . Ваша модель должна принимать четырёхмерные тензоры картинок (нулевая размерность — батч) и предсказывать трёхмерные тензоры (нулевая размерность — батч) из логарифмов вероятностей (логитов) каждого пикселя принадлежать классу 1. В качестве функции ошибки при обучении используется **бинарная кросс-энтропия** в реализации с логитами — `torch.nn.BCEWithLogitsLoss()` . Переход от логитов к маске осуществляется посредством отсечения по порогу: `logits > 0` .



Нужно добиться среднего значения метрики `IoU` по тестовой выборке:

- **на половину баллов** — хотя бы в `0.6`;
- **на полный балл** — хотя бы в `0.8`.

Авторское решение даёт значение `0.95`.

Большая часть кода в этом ноутбуке уже реализована за вас. Ваша реализация должна быть согласована с уже написанным кодом (любая разумная реализация удовлетворяет этим требованиям; если вы уверены, что это не так, то напишите в чат курса или на ivanov.vv@phystech.edu (mailto:ivanov.vv@phystech.edu));

Данные — подмножество датасета Carvana (https://www.kaggle.com/c/carvana-image-masking-challenge) с Kaggle.

Рекомендации:

- Используйте `Google Colab`. Загрузите туда `data.zip` (довольно долго), `carvana_dataset.py` и `train.py`. Эти файлы заранее скачайте себе на папку в GDrive, потом примонтируйте диск к `Colab` и выкачайте архив с данными оттуда. **Важно:** сначала выберите рантайм с `GPU`, а потом уже загружайте файлы! Файлы нужно именно загрузить, т.к. иначе работать будет слишком медленно (придётся при обучении каждый раз читать файлы по сети);
- Обучайте модель достаточно долго. Несколько десятков эпох это норма.
- Прекращайте обучение только тогда, когда лосс на тестовой выборке перестаёт падать;
- Для визуализации процесса обучения используйте `tensorboard`. Он уже интегрирован в `training loop` для вас. Запустить его можно и на своей машине: просто скачайте папку `log` с Colab и введите в терминале `tensorboard --log_dir /path/to/log`.

Загрузка файлов и данных на Colab

Заранее сделайте папку на своём `GDrive`, потом примонтируйте её и скачайте оттуда все файлы.

In [ ]:

```
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
!cp -r ./drive/My\ Drive/segmentation_hw/* .
```

Распакуем данные на инстансе

In [ ]:

```
!sudo apt install pv
!unzip data.zip | pv -l >/dev/null
```

Подключаем TensorBoard

Это нужно сделать до запуска скрипта с обучением. Этот виджет интерактивный.
Он автоматически обновляется по мере обучения модели

In [ ]:

```
!pip install tensorboardx
!mkdir log
%load_ext tensorboard
%tensorboard --logdir ./log
```

Обучение модели

Для вашего удобства, обучение и валидация модели вынесены в отдельный файл `train.py`.
При условии, что вы правильно реализовали модель, для начала обучения достаточно запустить ячейку ниже.

На каждой итерации обученная модель сохраняется на диск в виде файла `unet_dump_recent`.
Используйте это для отладки.
Каждый дамп довольно объёмный — порядка 120 мб. для авторской модели, — но если вы хотите сохранять модель на диск по какой-то другой логике, то поправьте соответствующие строки в файле `train.py`.

In [ ]:

```
!python train.py --n_epochs 50 --batch_size 10 --learning_rate 0.01
```

Визуализация результатов

Импортируйте нужные библиотеки и отрисуйте предсказания модели на нескольких случайных объектах из тестовой выборки.

In [ ]:

```
%load_ext autoreload
%autoreload 2

import torch
import torch.utils.data as dt
import numpy as np
from tqdm.auto import tqdm

import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

from model import SegmenterModel
from carvana_dataset import CarvanaDataset

%matplotlib inline
```

Датасет преобразуется в формат, совместимый с `torch.utils.data.DataLoader` посредством класса `CarvanaDataset` .
Не меняйте его, примеры использования для своих нужд вы можете найти ниже:

In [ ]:

```
train_data = CarvanaDataset('data/train/', 'data/train_masks/')
test_data = CarvanaDataset('data/test/', 'data/test_masks/')
```

Подгрузим предобученную модель. Если вы изменили логику сохранения копий модели на диск, отразите эти изменения и здесь тоже.

In [ ]:

```
unet = SegmenterModel().cuda()
unet.load_state_dict(torch.load("unet_dump_recent", map_location="cuda:0"))
unet.train(False);
```

Код для отрисовки предсказаний модели на одной картинке

In [ ]:

```
def plot_predictions_on_random_image(fitted_model: SegmenterModel,
                                     test_data: CarvanaDataset,
                                     seed: int = None):
    if seed is None:
        rvgen = np.random
    else:
        rvgen = np.RandomState(seed)

    n_img = len(test_data.files)
    img_idx = rvgen.randint(0, n_img)
    img = test_data[img_idx][0]
    true_mask = test_data[img_idx][1].squeeze(0)

    pred_logits = fitted_model.forward(img.unsqueeze(0).cuda())
    pred_logits = pred_logits\
                    .squeeze(0).squeeze(0)\
                    .detach().cpu().numpy()
    pred_mask = pred_logits > 0

    images_to_plot = [img.permute(1, 2, 0), true_mask, pred_mask, pred_logits
    ax_titles = ["Оригинал",
                 "Истинная маска",
                 "Предсказанная маска (порог — 0)",
                 "Предсказанные логиты"]

    fig, axes = plt.subplots(1, 4, figsize=(20, 10))
    for i in range(len(axes)):
        ax = axes[i]
        ax.imshow(images_to_plot[i], cmap="inferno")
        ax.set_title(ax_titles[i], fontsize=15, fontweight="bold")
        ax.set_axis_off()
```

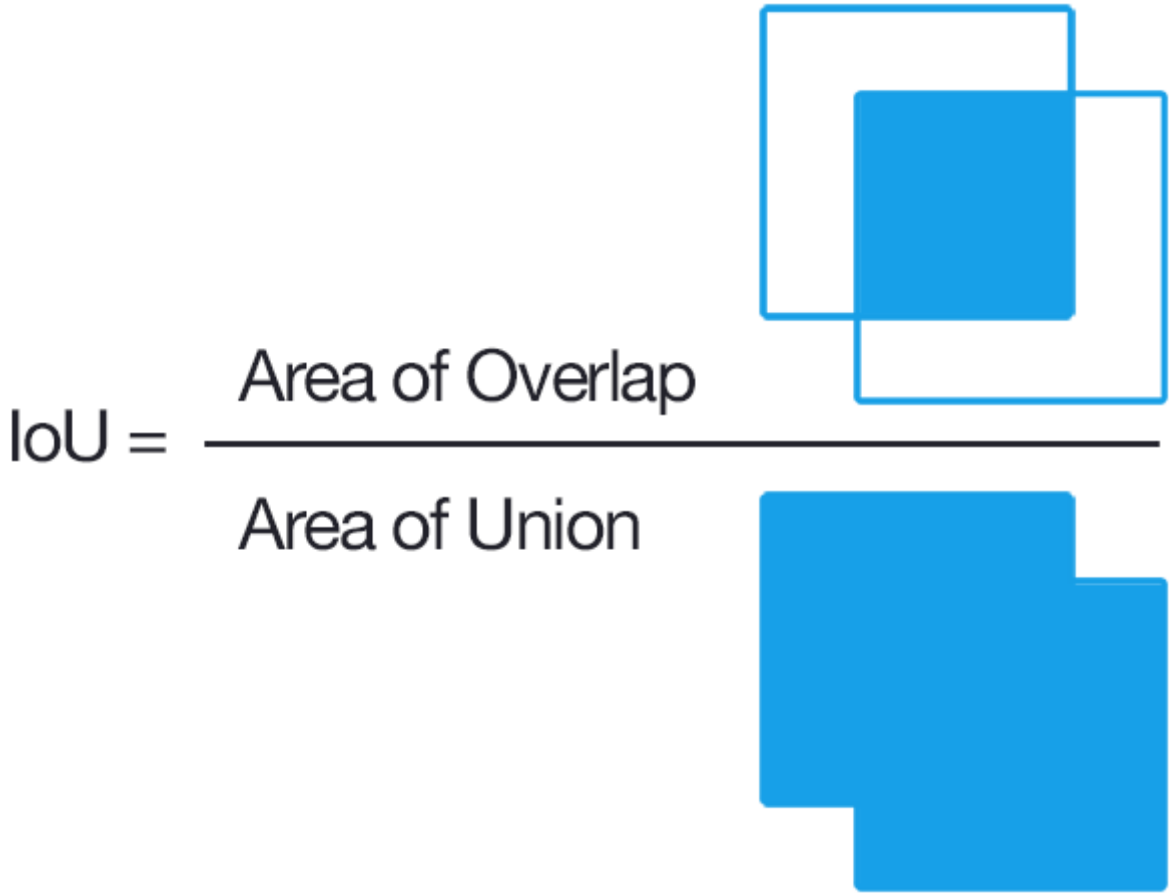
Сравним предсказанные маски с истинными

In [ ]:

```
for i in range(5):
    plot_predictions_on_random_image(unet, test_data)
```

Оценка качества модели

В задаче семантической сегментации уместно использовать метрику `IoU` — *Intersection over Union* — которая равняется доле корректно предсказанных пикселей маски среди всех пикселей, которые либо модель, либо разметка считают пикселями маски:



Реализуйте функцию, вычисляющую данную метрику. На вход она принимает два батча из бинарных масок одинакового размера.

In [ ]:

```
def iou_loss(predicted_mask_batch, target_mask_batch):
    """ Считает IoU по всем элементам батча """

    loss = ...
    return loss
```

In [ ]:

```
dl_test = dt.DataLoader(test_data, shuffle=False,
                        num_workers=8,
                        batch_size=1)


test_loss = []
for i, (input_batch, target_mask_batch) in enumerate(tqdm(dl_test)):
    with torch.no_grad():
        output_logits_batch = unet(input_batch.to("cuda")).cpu()
    output_mask_batch = output_logits_batch > 0
    loss = iou_loss(output_mask_batch, target_mask_batch > 0)
    test_loss.append(loss.numpy())
test_loss = np.hstack(test_loss)

print(f"Среднее значение IoU на тесте: {np.mean(test_loss)}")

plt.figure(figsize=(8, 5))
sns.distplot(test_loss);
plt.title("Распределение IoU на тесте")
```

Найдите какую-либо фотографию с автомобилем (в интернете или сфоткайте), обрежте ее до нужных размеров и получите из нее маску с помощью вашей модели. Визуализируйте маску и исходную фотографию.

In [ ]:

```

```

Разметьте вручную область с автомобилем на этой фотографии и посчитайте IuO по ней.

In [ ]:

```

```

Сделайте выводы по проделанной работе.

Бонусная часть

Попробуйте побить `baseline` в виде авторского решения:

1. Сделайте аугментацию данных;
2. Подберите оптимальную архитектуру (может отличаться от рекомендованной);
3. Обратитесь к литературе за сведениями о том, как делают fine-tuning для `U-Net`;