# 一 环境及数据集介绍

## 1.1 代码环境

以<https://github.com/BobLiu20/mtcnn_tf>为base版本.

## 1.2 训练数据集

### 1.2.1 WIDER train数据集.

WIDER face dataset数据集.( [**WIDER FACE: A Face Detection Benchmark**)](http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/projects/WIDERFace/)

特点:

1. Face detection benchmark datasets, 图片均为公共图片
2. 含有32203张图, 有393703个人脸(scale, pose,occlusion(遮盖)等多变性图片).
3. 含有61分类事件. 40%/10%/50%的train,val,test占比.
4. 对于test图片,并不release对应的boundingbox ground truth.用户需要提交预测文件.由WIDER来做预测.



### 1.2.2 landmark 数据集

对于人脸关键点数据集采用的是:[CNN\_FacePoint](http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/archive/CNN_FacePoint.htm)其特点是:

1. 含有5590个LFW图像和7876个网络下载的图像.
2. trainImageList.txt和testImageList.txt分别保存有train,val数据集.

其格式是: 图片名字+矩形框+landmark的5个关键点(five facial points).

# 二 训练MTCNN

2.1 训练命令

|  |
| --- |
| #!/bin/bash  **set** -e  ### All of your tmp data will be saved in ./tmp folder  **echo** "Hello! I will prepare training data and starting to training step by step."  # 1. checking dataset if OK  **if** **[** **!** **-d** "./dataset/WIDER\_train/images" **];** **then**  **echo** "Error: The WIDER\_train/images is not exist. Read dataset/README.md to get useful info."  **exit**  **fi**  **if** **[** **!** **-d** "./dataset/lfw\_5590" **];** **then**  **echo** "Error: The lfw\_5590 is not exist. Read dataset/README.md to get useful info."  **exit**  **fi**  **echo** "Checking dataset pass."  **if** **[** **-d** "./tmp" **];** **then**  **echo** "Warning: The tmp folder is not empty. A good idea is to run ./clearAll.sh to clear it before training."  **fi**  # 2. stage: P-Net  ### generate training data(Face Detection Part) for PNet  **echo** "Preparing P-Net training data: bbox"  **python** prepare\_data**/**gen\_hard\_bbox\_pnet.py  ### generate training data(Face Landmark Detection Part) for PNet  **echo** "Preparing P-Net training data: landmark"  **python** prepare\_data**/**gen\_landmark\_aug.py **--**stage**=**pnet  ### generate tfrecord file for tf training  **echo** "Preparing P-Net tfrecord file"  **python** prepare\_data**/**gen\_tfrecords.py **--**stage**=**pnet  ### start to training P-Net  **echo** "Start to training P-Net"  **python** training**/**train.py **--**stage**=**pnet  # 3. stage: R-Net  ### generate training data(Face Detection Part) for RNet  **echo** "Preparing R-Net training data: bbox"  **python** prepare\_data**/**gen\_hard\_bbox\_rnet\_onet.py **--**stage**=**rnet  ### generate training data(Face Landmark Detection Part) for RNet  **echo** "Preparing R-Net training data: landmark"  **python** prepare\_data**/**gen\_landmark\_aug.py **--**stage**=**rnet  ### generate tfrecord file for tf training  **echo** "Preparing R-Net tfrecord file"  **python** prepare\_data**/**gen\_tfrecords.py **--**stage**=**rnet  ### start to training R-Net  **echo** "Start to training R-Net"  **python** training**/**train.py **--**stage**=**rnet  # 4. stage: O-Net  ### generate training data(Face Detection Part) for ONet  **echo** "Preparing O-Net training data: bbox"  **python** prepare\_data**/**gen\_hard\_bbox\_rnet\_onet.py **--**stage**=**onet  ### generate training data(Face Landmark Detection Part) for ONet  **echo** "Preparing O-Net training data: landmark"  **python** prepare\_data**/**gen\_landmark\_aug.py **--**stage**=**onet  ### generate tfrecord file for tf training  **echo** "Preparing O-Net tfrecord file"  **python** prepare\_data**/**gen\_tfrecords.py **--**stage**=**onet  ### start to training O-Net  **echo** "Start to training O-Net"  **python** training**/**train.py **--**stage**=**onet  # 5. Done  **echo** "Congratulation! All stages had been done. Now you can going to testing and hope you enjoy your result."  **echo** "haha...bye bye" |

## 2.1 生成Pnet训练数据

### 2.1.1 生成Neg,pos等boxes

prepare\_data**/**gen\_hard\_bbox\_pnet.py

|  |
| --- |
| **def** gen\_hard\_bbox\_pnet**(**srcDataSet**,** srcAnnotations**):**  srcDataSet **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** srcDataSet**)**  srcAnnotations **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** srcAnnotations**)**  saveFolder **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** "tmp/data/pnet/"**)**  **print(**">>>>>> Gen hard samples for pnet..."**)**  **## 根据gtbox,原始图片,裁剪生成positive, negative,not care的矩形数据库.因为mtcnn输入是12x12的图,原图太大了. 所以要做一些crop.**  **同时保证正负样本均衡分布.**  typeName **=** **[**"pos"**,** "neg"**,** "part"**]**  saveFiles **=** **{}**  **for** tp **in** typeName**:**  \_saveFolder **=** os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** tp**)**  **if** **not** os**.**path**.**isdir**(**\_saveFolder**):**  os**.**makedirs**(**\_saveFolder**)**  saveFiles**[**tp**]** **=** open**(**os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** "{}.txt"**.**format**(**tp**)),** 'w'**)**  annotationsFile **=** open**(**srcAnnotations**,** "r"**)**  pIdx **=** 0 # positive  nIdx **=** 0 # negative  dIdx **=** 0 # dont care  idx **=** 0  **for** annotation **in** annotationsFile**:**  annotation **=** annotation**.**strip**().**split**(**' '**)**  # image path  imPath **=** annotation**[**0**]**  # boxed change to float type  bbox **=** map**(**float**,** annotation**[**1**:])**  # gt. each row mean bounding box  boxes **=** np**.**array**(**bbox**,** dtype**=**np**.**float32**).**reshape**(-**1**,** 4**)**  #load image  img **=** cv2**.**imread**(**os**.**path**.**join**(**srcDataSet**,** imPath **+** '.jpg'**))**  idx **+=** 1  height**,** width**,** channel **=** img**.**shape  # 1. NEG: random to crop negative sample image  **## 生成规定格式的负样本(iou<0.3).**  **Region大小是变化的.后来在把它们同意resize到12x12(pnet输入是12x12)的.**    **上图蓝色框是随机的neg框.生成过程是:**   1. **每次选一个size, 在0到虚线间找一个点做为左上角点(这个虚线到末尾的距离是size,同时蓝框是正方形,其变长也是size).** 2. **这个size是可以变化的,如右图所示变大了.** 3. **对于每个size,都只有一个篮框.** 4. **蓝框描述的Neg样本,其与gtbox的iou不能大于0.3.**      1. **这些不同尺寸的负样本框,需要resize到12x12(pnet输入shape).**   negNum **=** 0  **while** negNum **<** 50**:**  size **=** np**.**random**.**randint**(**12**,** min**(**width**,** height**)** **/** 2**)**  # top\_left  nx **=** np**.**random**.**randint**(**0**,** width **-** size**)**  ny **=** np**.**random**.**randint**(**0**,** height **-** size**)**  # random crop  **## 生成矩形框,为了先计算一下iou,如果iou合适(小于0.3)才会把图像的数据保存下来.**  crop\_box **=** np**.**array**([**nx**,** ny**,** nx **+** size**,** ny **+** size**])**  # cal iou and iou must below 0.3 for neg sample  iou **=** IoU**(**crop\_box**,** boxes**)**  **if** np**.**max**(**iou**)** **>=** 0.3**:**  **continue ## 负样本不满足要求就重新random,此时不消耗negNum**  # crop sample image  cropped\_im **=** img**[**ny **:** ny **+** size**,** nx **:** nx **+** size**,** **:]**  resized\_im **=** cv2**.**resize**(**cropped\_im**,** **(**12**,** 12**),** interpolation**=**cv2**.**INTER\_LINEAR**)**  # now to save it  save\_file **=** os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** "neg"**,** "%s.jpg"**%**nIdx**)**  **saveFiles['neg'].write(save\_file + ' 0\n')**  cv2**.**imwrite**(**save\_file**,** resized\_im**)**  nIdx **+=** 1  negNum **+=** 1  **for** box **in** boxes**:**  # box (x\_left, y\_top, x\_right, y\_bottom)  x1**,** y1**,** x2**,** y2 **=** box  #bbox's width and height  w**,** h **=** x2 **-** x1 **+** 1**,** y2 **-** y1 **+** 1  # ignore small faces  # in case the ground truth boxes of small faces are not accurate  **## gtbox中可能有些人脸太小了,mtcnn对这部分支持不好.去掉它们**  **if** max**(**w**,** h**)** **<** 40 **or** x1 **<** 0 **or** y1 **<** 0**:**  **continue**  # 2. NEG: random to crop sample image in bbox inside  **## 此处创造一些和gtbox相交的负样本.**     1. **红色虚线框是负样本左上角可能落在的位置(是四个红色矩阵框)** 2. **它们的特点是蓝色矩形框都能和gt box相交.** 3. **Size是从12到w,h的最小值的一半.** 4. **和gtbox的Iou大于0.3的不需要.** 5. **当x1<size时, 如下图的”蓝色虚线框”描述的是”可能框的左上角落的范围”, 蓝色框是超过图像尺寸的非法部分.这部分被去掉.**   max**(-**size**,** **-**x1**)的作用.**    **for** i **in** range**(**5**):**  size **=** np**.**random**.**randint**(**12**,** min**(**width**,** height**)** **/** 2**)**  # delta\_x and delta\_y are offsets of (x1, y1)  delta\_x **=** np**.**random**.**randint**(**max**(-**size**,** **-**x1**),** w**)**  delta\_y **=** np**.**random**.**randint**(**max**(-**size**,** **-**y1**),** h**)**  nx1 **=** int**(**max**(**0**,** x1 **+** delta\_x**))**  ny1 **=** int**(**max**(**0**,** y1 **+** delta\_y**))**  **if** nx1 **+** size **>** width **or** ny1 **+** size **>** height**:**  **continue**  crop\_box **=** np**.**array**([**nx1**,** ny1**,** nx1 **+** size**,** ny1 **+** size**])**  Iou **=** IoU**(**crop\_box**,** boxes**)**  **if** np**.**max**(**iou**)** **>=** 0.3**:**  **continue**  cropped\_im **=** img**[**ny1**:** ny1 **+** size**,** nx1**:** nx1 **+** size**,** **:]**  resized\_im **=** cv2**.**resize**(**cropped\_im**,** **(**12**,** 12**),** interpolation**=**cv2**.**INTER\_LINEAR**)**  save\_file **=** os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** "neg"**,** "%s.jpg"**%**nIdx**)**  saveFiles**[**'neg'**].**write**(**save\_file **+** ' 0\n'**)**  cv2**.**imwrite**(**save\_file**,** resized\_im**)**  nIdx **+=** 1  # 3. POS and PART  **## 生成POS和PART框.**   1. **根据左上角,找到中心点.**   x1 **+** w **/** 2   1. **在中心点左右gtbox宽1/5内随机.**   delta\_x **=** np**.**random**.**randint**(-**w **\*** 0.2**,** w **\*** 0.2**)**   1. **根据这个锚点,找到POS框的左上角**   **-** size **/** 2   1. **然后找到右下角**   **相当于POS矩形端点到中心点的x差,y差都是size/2.**  **进而POS矩形窗口的变长为size.**   1. **并且需要保证IOU在0.65以上(含)**     **for** i **in** range**(**20**):**  # pos and part face size [minsize\*0.8,maxsize\*1.25]  size **=** np**.**random**.**randint**(**int**(**min**(**w**,** h**)** **\*** 0.8**),** np**.**ceil**(**1.25 **\*** max**(**w**,** h**)))**  # delta here is the offset of box center  delta\_x **=** np**.**random**.**randint**(-**w **\*** 0.2**,** w **\*** 0.2**)**  delta\_y **=** np**.**random**.**randint**(-**h **\*** 0.2**,** h **\*** 0.2**)**  #show this way: nx1 = max(x1+w/2-size/2+delta\_x)  nx1 **=** max**(**x1 **+** w **/** 2 **+** delta\_x **-** size **/** 2**,** 0**)**  #show this way: ny1 = max(y1+h/2-size/2+delta\_y)  ny1 **=** max**(**y1 **+** h **/** 2 **+** delta\_y **-** size **/** 2**,** 0**)**  nx2 **=** nx1 **+** size  ny2 **=** ny1 **+** size  **if** nx2 **>** width **or** ny2 **>** height**:**  **continue**  crop\_box **=** np**.**array**([**nx1**,** ny1**,** nx2**,** ny2**])**  #yu gt de offset  offset\_x1 **=** **(**x1 **-** nx1**)** **/** float**(**size**)**  offset\_y1 **=** **(**y1 **-** ny1**)** **/** float**(**size**)**  offset\_x2 **=** **(**x2 **-** nx2**)** **/** float**(**size**)**  offset\_y2 **=** **(**y2 **-** ny2**)** **/** float**(**size**)**  #crop  cropped\_im **=** img**[**int**(**ny1**)** **:** int**(**ny2**),** int**(**nx1**)** **:** int**(**nx2**),** **:]**  #resize  resized\_im **=** cv2**.**resize**(**cropped\_im**,** **(**12**,** 12**),** interpolation**=**cv2**.**INTER\_LINEAR**)**  box\_ **=** box**.**reshape**(**1**,** **-**1**)**  **if** IoU**(**crop\_box**,** box\_**)** **>=** 0.65**:**  save\_file **=** os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** "pos"**,** "%s.jpg"**%**pIdx**)**  saveFiles**[**'pos'**].**write**(**save\_file **+** ' **1** %.2f %.2f %.2f %.2f\n'**%(**offset\_x1**,** offset\_y1**,** offset\_x2**,** offset\_y2**))**  cv2**.**imwrite**(**save\_file**,** resized\_im**)**  pIdx **+=** 1  **elif** IoU**(**crop\_box**,** box\_**)** **>=** 0.4**:**  save\_file **=** os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** "part"**,** "%s.jpg"**%**dIdx**)**  saveFiles**[**'part'**].**write**(**save\_file **+** ' **-1** %.2f %.2f %.2f %.2f\n'**%(**offset\_x1**,** offset\_y1**,** offset\_x2**,** offset\_y2**))**  cv2**.**imwrite**(**save\_file**,** resized\_im**)**  dIdx **+=** 1  printStr **=** "\r[{}] pos: {} neg: {} part:{}"**.**format**(**idx**,** pIdx**,** nIdx**,** dIdx**)**  sys**.**stdout**.**write**(**printStr**)**  sys**.**stdout**.**flush**()**  **for** f **in** saveFiles**.**values**():**  f**.**close**()**  **print** '\n' |

### 2.1.2 生成关键点

prepare\_data/gen\_landmark\_aug.py

|  |
| --- |
| **def** gen\_landmark\_data**(**srcTxt**,** net**,** augment**=False):**  '''  srcTxt: each line is: 0=path, 1-4=bbox, 5-14=landmark 5points  net: PNet or RNet or ONet  augment: if enable data augmentation  **## srcTxt是个label文件.**  **格式: path, 4个gtbox数值, 10个landmark坐标(5对,分x,y方向).**  '''  **print(**">>>>>> Start landmark data create...Stage: %s"**%(**net**))**  srcTxt **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** srcTxt**)**  saveFolder **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** "tmp/data/%s/"**%(**net**))**  saveImagesFolder **=** os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** "landmark"**)**  sizeOfNet **=** **{**"pnet"**:** 12**,** "rnet"**:** 24**,** "onet"**:** 48**}**  **if** net **not** **in** sizeOfNet**:**  **raise** Exception**(**"The net type error!"**)**  **if** **not** os**.**path**.**isdir**(**saveImagesFolder**):**  os**.**makedirs**(**saveImagesFolder**)**  saveF **=** open**(**join**(**saveFolder**,** "landmark.txt"**),** 'w'**)**  imageCnt **=** 0  # image\_path bbox landmark(5\*2)  **for** **(**imgPath**,** bbox**,** landmarkGt**)** **in** getBboxLandmarkFromTxt**(**srcTxt**): ## 取出label配置.**  **F\_imgs = [] ## 是个list, 存imgs**  **F\_landmarks = []**  **## 是list, 存landmarks**  img **=** cv2**.**imread**(**imgPath**)**  **assert(**img **is** **not** **None)**  img\_h**,** img\_w**,** img\_c **=** img**.**shape  gt\_box **=** np**.**array**([**bbox**.**left**,** bbox**.**top**,** bbox**.**right**,** bbox**.**bottom**])**  f\_face **=** img**[**bbox**.**top**:** bbox**.**bottom**+**1**,** bbox**.**left**:** bbox**.**right**+**1**]**  f\_face **=** cv2**.**resize**(**f\_face**,** **(**sizeOfNet**[**net**],** sizeOfNet**[**net**])) ## 把每张图缩小,pnet输入要求12x12的.**  landmark **=** np**.**zeros**((**5**,** 2**)) ## landmark数组.**  #normalize  **for** index**,** one **in** enumerate**(**landmarkGt**):**  **## 因为上面图像缩小了.**  **Landmark也需要同比例缩小到12x12的图上.**  **Landmark在gtbox中比例位置是不变的.**  rv **=** **((**one**[**0**]-**gt\_box**[**0**])/(**gt\_box**[**2**]-**gt\_box**[**0**]),** **(**one**[**1**]-**gt\_box**[**1**])/(**gt\_box**[**3**]-**gt\_box**[**1**]))**  landmark**[**index**]** **=** rv  **F\_imgs.append(f\_face) ##保存face图.**  **F\_landmarks.append(landmark.reshape(10)) ## 保存landmark**  landmark **=** np**.**zeros**((**5**,** 2**))**  **if** augment**:**  x1**,** y1**,** x2**,** y2 **=** gt\_box  #gt's width  gt\_w **=** x2 **-** x1 **+** 1  #gt's height  gt\_h **=** y2 **-** y1 **+** 1  **if** max**(**gt\_w**,** gt\_h**)** **<** 40 **or** x1 **<** 0 **or** y1 **<** 0**:**  **continue**  **## 随机平移:**     1. **在crop层面,缩小0.8到扩大1.25之间.缩放** 2. **平移,以x轴为例,左右偏移1/5w.y轴上是上下偏移1/5y.**   #random shift  **for** i **in** range**(**10**):**  bbox\_size **=** np**.**random**.**randint**(**int**(**min**(**gt\_w**,** gt\_h**)** **\*** 0.8**),** np**.**ceil**(**1.25 **\*** max**(**gt\_w**,** gt\_h**)))**  delta\_x **=** np**.**random**.**randint**(-**gt\_w **\*** 0.2**,** gt\_w **\*** 0.2**)**  delta\_y **=** np**.**random**.**randint**(-**gt\_h **\*** 0.2**,** gt\_h **\*** 0.2**)**  nx1 **=** max**(**x1**+**gt\_w**/**2**-**bbox\_size**/**2**+**delta\_x**,**0**)**  ny1 **=** max**(**y1**+**gt\_h**/**2**-**bbox\_size**/**2**+**delta\_y**,**0**)**    nx2 **=** nx1 **+** bbox\_size  ny2 **=** ny1 **+** bbox\_size  **if** nx2 **>** img\_w **or** ny2 **>** img\_h**:**  **continue**  crop\_box **=** np**.**array**([**nx1**,**ny1**,**nx2**,**ny2**])**  cropped\_im **=** img**[**ny1**:**ny2**+**1**,**nx1**:**nx2**+**1**,:]**  resized\_im **=** cv2**.**resize**(**cropped\_im**,** **(**sizeOfNet**[**net**],** sizeOfNet**[**net**]))**  #cal iou  iou **=** IoU**(**crop\_box**,** np**.**expand\_dims**(**gt\_box**,**0**))**  **if** iou **<=** 0.65**:**  **continue**  F\_imgs**.**append**(**resized\_im**)**  #normalize  **for** index**,** one **in** enumerate**(**landmarkGt**):**  rv **=** **((**one**[**0**]-**nx1**)/**bbox\_size**,** **(**one**[**1**]-**ny1**)/**bbox\_size**)**  landmark**[**index**]** **=** rv  F\_landmarks**.**append**(**landmark**.**reshape**(**10**))**  landmark **=** np**.**zeros**((**5**,** 2**))**  landmark\_ **=** F\_landmarks**[-**1**].**reshape**(-**1**,**2**)**  bbox **=** BBox**([**nx1**,**ny1**,**nx2**,**ny2**])**  **## 在”shift”基础上做mirror.**   1. **有概率(50%)的去做mirror.** 2. **利用flip()实现镜像.位于tools\landmark\_utils.py.实现的是x轴方向的镜像.**   **相应的要把landmark也给镜像了(左眼和右眼互换,左右嘴角互换.)**  #mirror  **if** random**.**choice**([**0**,**1**])** **>** 0**:**  face\_flipped**,** landmark\_flipped **=** flip**(**resized\_im**,** landmark\_**)**  face\_flipped **=** cv2**.**resize**(**face\_flipped**,** **(**sizeOfNet**[**net**],** sizeOfNet**[**net**]))**  #c\*h\*w  F\_imgs**.**append**(**face\_flipped**)**  F\_landmarks**.**append**(**landmark\_flipped**.**reshape**(**10**))**  #rotate  **if** random**.**choice**([**0**,**1**])** **>** 0**:**  **## 也是概率的去做旋转.**   1. **先逆时针旋转5度.** 2. **然后偏移,flip** 3. **再转回来(顺时针5度).** 4. **旋转使用cv2. getRotationMatrix2D函数.** 5. **它需要待旋转的centerX,CenterY.** 6. **旋转角度** 7. **缩放比例** 8. **输出一个rot\_mat矩阵.矩阵如下:**   **对应位置相乘,然后加上最后一列.**    face\_rotated\_by\_alpha**,** landmark\_rotated **=** rotate**(**img**,** bbox**,** \  bbox**.**reprojectLandmark**(**landmark\_**),** 5**)**#逆时针旋转  #landmark\_offset  landmark\_rotated **=** bbox**.**projectLandmark**(**landmark\_rotated**)**  face\_rotated\_by\_alpha **=** cv2**.**resize**(**face\_rotated\_by\_alpha**,** **(**sizeOfNet**[**net**],** sizeOfNet**[**net**]))**  F\_imgs**.**append**(**face\_rotated\_by\_alpha**)**  F\_landmarks**.**append**(**landmark\_rotated**.**reshape**(**10**))**    #flip  face\_flipped**,** landmark\_flipped **=** flip**(**face\_rotated\_by\_alpha**,** landmark\_rotated**)**  face\_flipped **=** cv2**.**resize**(**face\_flipped**,** **(**sizeOfNet**[**net**],** sizeOfNet**[**net**]))**  F\_imgs**.**append**(**face\_flipped**)**  F\_landmarks**.**append**(**landmark\_flipped**.**reshape**(**10**))**    #inverse clockwise rotation  **if** random**.**choice**([**0**,**1**])** **>** 0**:**  face\_rotated\_by\_alpha**,** landmark\_rotated **=** rotate**(**img**,** bbox**,** \  bbox**.**reprojectLandmark**(**landmark\_**),** **-**5**)**#顺时针旋转  landmark\_rotated **=** bbox**.**projectLandmark**(**landmark\_rotated**)**  face\_rotated\_by\_alpha **=** cv2**.**resize**(**face\_rotated\_by\_alpha**,** **(**sizeOfNet**[**net**],** sizeOfNet**[**net**]))**  F\_imgs**.**append**(**face\_rotated\_by\_alpha**)**  F\_landmarks**.**append**(**landmark\_rotated**.**reshape**(**10**))**    face\_flipped**,** landmark\_flipped **=** flip**(**face\_rotated\_by\_alpha**,** landmark\_rotated**)**  face\_flipped **=** cv2**.**resize**(**face\_flipped**,** **(**sizeOfNet**[**net**],** sizeOfNet**[**net**]))**  F\_imgs**.**append**(**face\_flipped**)**  F\_landmarks**.**append**(**landmark\_flipped**.**reshape**(**10**))**  F\_imgs**,** F\_landmarks **=** np**.**asarray**(**F\_imgs**),** np**.**asarray**(**F\_landmarks**)**  **for** i **in** range**(**len**(**F\_imgs**)): ## 保存**  path **=** os**.**path**.**join**(**saveImagesFolder**,** "%d.jpg"**%(**imageCnt**))**  cv2**.**imwrite**(**path**,** F\_imgs**[**i**])**  landmarks **=** map**(**str**,** list**(**F\_landmarks**[**i**]))**  saveF**.**write**(**path **+** " -2 " **+** " "**.**join**(**landmarks**)+**"\n"**)**  imageCnt **+=** 1  printStr **=** "\rCount: {}"**.**format**(**imageCnt**)**  sys**.**stdout**.**write**(**printStr**)**  sys**.**stdout**.**flush**()**  saveF**.**close**()**  **print** "\nLandmark create done!" |

### 2.1.3 生成Pnet用的tfrecord

首先,要拿到datasets

|  |
| --- |
| **def** \_\_get\_dataset**(**net**,** iterType**):**  dataset **=** **[]**  **for** line **in** **\_\_iter\_all\_data(**net**,** iterType**):** |

|  |
| --- |
| **def** \_\_iter\_all\_data**(**net**,** iterType**):**  saveFolder **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** "tmp/data/%s/"**%(**net**))**  **if** net **not** **in** **[**'pnet'**,** 'rnet'**,** 'onet'**]:**  **raise** Exception**(**"The net type error!"**)**  **if** **not** os**.**path**.**isfile**(**os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** 'pos.txt'**)):**  **raise** Exception**(**"Please gen pos.txt in first!"**)**  **if** **not** os**.**path**.**isfile**(**os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** 'landmark.txt'**)):**  **raise** Exception**(**"Please gen landmark.txt in first!"**)**  **if** iterType **==** 'all'**:**  **with** open**(**os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** 'pos.txt'**),** 'r'**)** **as** f**:**  pos **=** f**.**readlines**()**  **with** open**(**os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** 'neg.txt'**),** 'r'**)** **as** f**:**  neg **=** f**.**readlines**()**  **with** open**(**os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** 'part.txt'**),** 'r'**)** **as** f**:**  part **=** f**.**readlines**()**  # keep sample ratio [neg, pos, part] = [3, 1, 1]  base\_num **=** min**([**len**(**neg**),** len**(**pos**),** len**(**part**)])**  **if** len**(**neg**)** **>** base\_num **\*** 3**:**  neg\_keep **=** np**.**random**.**choice**(**len**(**neg**),** size**=**base\_num **\*** 3**,** replace**=False)**  **else:**  neg\_keep **=** np**.**random**.**choice**(**len**(**neg**),** size**=**len**(**neg**),** replace**=False)**  pos\_keep **=** np**.**random**.**choice**(**len**(**pos**),** size**=**base\_num**,** replace**=False)**  part\_keep **=** np**.**random**.**choice**(**len**(**part**),** size**=**base\_num**,** replace**=False)**  **for** i **in** pos\_keep**:**  **yield** pos**[**i**] ## 按照Pos,Neg,Part顺序记录到tfrecord中.**  **for** i **in** neg\_keep**:**  **yield** neg**[**i**]**  **for** i **in** part\_keep**:**  **yield** part**[**i**]**  **for** item **in** open**(**os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** 'landmark.txt'**),** 'r'**):**  **yield** item  **elif** iterType **in** **[**'pos'**,** 'neg'**,** 'part'**,** 'landmark'**]:**  **for** line **in** open**(**os**.**path**.**join**(**saveFolder**,** '%s.txt'**%(**iterType**))):**  **yield** line  **else:**  **raise** Exception**(**"Unsupport iter type."**)** |

何为yield操作:

如下实例:

|  |
| --- |
| >>> **def** g(n): ... **for** i **in** range(n): ... **yield** i \*\*2 ... >>> **for** i **in** g(5): **## g(5)在编译时候是常量了. 需要展开, g(5),在yield参与下,返回出0,1,4,9,16的值.** ... **print** i,":", ... 0 : 1 : 4 : 9 : 16 : |

## 2.1A understanding Positive data



##### 回归框的目标是什么, 以及回归框和gtboxes关系.

区别于Region的物体检测(frcnn,frcn等), mtcnn是没有anchors(或region)的概念的. 它是怎么做到回归框呢?

首先, 它的回归目标是Postive样本, 这些Postive样本和gtboxes是有区别的. Mtcnn没有直接选择gt boxes做为回归目标. 应该是考虑到正样本太少了(毕竟一幅图中人脸的个数,面接都太小了).

然后, Mtcnn选择依据gtboxes,生成一组更多的pos样本.

1. 如上图, 对每一个gtbox都随机生成和他相邻的一组的矩形框(iou>0.7). 作为pos的样本(也就是网络回归目的, 计算它和gtbox的offset loss).
2. 样本是围绕gtboxes的.矩形框最开始是任意尺寸的. 等到满足iou>0.7的框找到后, 再把这些任意尺寸的pos框resize到12\*12尺寸.
3. 生成的pos样本中还会记录下pos样本和其对应的gtboxes的offset值.这些值也作为回归目标(loss目标).
4. 网络训练的目的也并非让offset值越小越好, 而是达到一个效果是,让预测框(区别于最终候选框)更加接近真实人脸框的iou值(>0.7), 越能让iou>0.7越好.
5. 所以当网络train好后做预测时, 其推断输出不是说一下子就是gt boxes的位置(矩形框). 而是输出一组围绕着”真值(真实人脸)”的一组框以及该框对应的offset值.
6. 通过把输出结果的矩形框尺寸(x1,y1,x2,y2)和回归出来的offset组合(对应位置相加,例 x1+offset\_x1)得到一个”校验后”(calibration)的候选框.这种候选框可以输出给下一层网络.也可以作为最终推断结果.

## 2.2 训练Pnet

training/train.pyt

Pnet的训练参数以及Loss组成占比.

|  |
| --- |
| **if** net **==** 'pnet'**:**  image\_size **=** 12  ratio\_cls\_loss**,** ratio\_bbox\_loss**,** ratio\_landmark\_loss **=** 1.0**,** 0.5**,** 0.5 |

Mtcnn训练的配置

|  |
| --- |
| config**.**BATCH\_SIZE **=** 384 ## 每次处理384张图  config**.**CLS\_OHEM **=** **True**  config**.**CLS\_OHEM\_RATIO **=** 0.7 ## Iou阈值(nms)  config**.**BBOX\_OHEM **=** **False**  config**.**BBOX\_OHEM\_RATIO **=** 0.7  config**.**EPS **=** 1e-14  config**.**LR\_EPOCH **=** **[**6**,** 14**,** 20**]** |

|  |
| --- |
| #define placeholder  **##　输入的图和label.**  input\_image **=** tf**.**placeholder**(**tf**.**float32**,** shape**=[**config**.**BATCH\_SIZE**,** image\_size**,** image\_size**,** 3**],** name**=**'input\_image'**)**  label **=** tf**.**placeholder**(**tf**.**float32**,** shape**=[**config**.**BATCH\_SIZE**],** name**=**'label'**)**  bbox\_target **=** tf**.**placeholder**(**tf**.**float32**,** shape**=[**config**.**BATCH\_SIZE**,** 4**],** name**=**'bbox\_target'**)**  landmark\_target **=** tf**.**placeholder**(**tf**.**float32**,**shape**=[**config**.**BATCH\_SIZE**,**10**],**name**=**'landmark\_target'**)**  #class,regression  **## 这个netFactory指的是PNET,RNET,ONET的model.**  cls\_loss\_op**,**bbox\_loss\_op**,**landmark\_loss\_op**,**L2\_loss\_op**,**accuracy\_op **=** [**netFactory**](#_何为netFactory之P_Net.)**(**input\_image**,** label**,** bbox\_target**,**landmark\_target**,**training**=True)**  #train,update learning rate(3 loss)  ## 整体的Loss计算:    train\_op**,** lr\_op **=** [**train\_model**](#_Train_mode对lr的修改)**(**baseLr**,** ratio\_cls\_loss**\***cls\_loss\_op **+** ratio\_bbox\_loss**\***bbox\_loss\_op **+** ratio\_landmark\_loss**\***landmark\_loss\_op **+** L2\_loss\_op**,** total\_num**)**  # init  init **=** tf**.**global\_variables\_initializer**()**  gpu\_options **=** tf**.**GPUOptions**(**allow\_growth**=True)**  sess **=** tf**.**Session**(**config**=**tf**.**ConfigProto**(**gpu\_options**=**gpu\_options**))**  #save model  saver **=** tf**.**train**.**Saver**(**max\_to\_keep**=**0**)**  sess**.**run**(**init**)**  #visualize some variables  tf**.**summary**.**scalar**(**"cls\_loss"**,**cls\_loss\_op**)**#cls\_loss  tf**.**summary**.**scalar**(**"bbox\_loss"**,**bbox\_loss\_op**)**#bbox\_loss  tf**.**summary**.**scalar**(**"landmark\_loss"**,**landmark\_loss\_op**)**#landmark\_loss  tf**.**summary**.**scalar**(**"cls\_accuracy"**,**accuracy\_op**)**#cls\_acc  summary\_op **=** tf**.**summary**.**merge\_all**()**  logs\_dir **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** "tmp"**,** "logs"**,** net**)**  **if** os**.**path**.**exists**(**logs\_dir**)** **==** **False:**  os**.**makedirs**(**logs\_dir**)**  writer **=** tf**.**summary**.**FileWriter**(**logs\_dir**,** sess**.**graph**)**  #begin  coord **=** tf**.**train**.**Coordinator**()**  #begin enqueue thread  threads **=** tf**.**train**.**start\_queue\_runners**(**sess**=**sess**,** coord**=**coord**)**  i **=** 0  #total steps  MAX\_STEP **=** int**(**total\_num **/** config**.**BATCH\_SIZE **+** 1**)** **\*** endEpoch  **print** "\n\nTotal step: "**,** MAX\_STEP  epoch **=** 0  sess**.**graph**.**finalize**()**  **try:**  **for** step **in** range**(**MAX\_STEP**):**  i **=** i **+** 1  **if** coord**.**should\_stop**():**  **break**  image\_batch\_array**,** label\_batch\_array**,** bbox\_batch\_array**,**landmark\_batch\_array **=** sess**.**run**([**image\_batch**,** label\_batch**,** bbox\_batch**,**landmark\_batch**])**  #random flip  image\_batch\_array**,**landmark\_batch\_array **=** random\_flip\_images**(**image\_batch\_array**,**label\_batch\_array**,**landmark\_batch\_array**)**  '''  print image\_batch\_array.shape  print label\_batch\_array.shape  print bbox\_batch\_array.shape  print landmark\_batch\_array.shape  print label\_batch\_array[0]  print bbox\_batch\_array[0]  print landmark\_batch\_array[0]  '''  \_**,**\_**,**summary **=** sess**.**run**([train\_op, lr\_op** **,**summary\_op**],** feed\_dict**={**input\_image**:** image\_batch\_array**,** label**:** label\_batch\_array**,** bbox\_target**:** bbox\_batch\_array**,**landmark\_target**:**landmark\_batch\_array**})**    **if** **(**step**+**1**)** **%** display **==** 0**:**  #acc = accuracy(cls\_pred, labels\_batch)  cls\_loss**,** bbox\_loss**,**landmark\_loss**,**L2\_loss**,**lr**,**acc **=** sess**.**run**([**cls\_loss\_op**,** bbox\_loss\_op**,**landmark\_loss\_op**,**L2\_loss\_op**,**lr\_op**,**accuracy\_op**],**  feed\_dict**={**input\_image**:** image\_batch\_array**,** label**:** label\_batch\_array**,** bbox\_target**:** bbox\_batch\_array**,** landmark\_target**:** landmark\_batch\_array**})**  **print(**"%s [%s] Step: %d, accuracy: %3f, cls loss: %4f, bbox loss: %4f, landmark loss: %4f,L2 loss: %4f,lr:%f " **%** **(**  datetime**.**now**(),** net**,** step**+**1**,** acc**,** cls\_loss**,** bbox\_loss**,** landmark\_loss**,** L2\_loss**,** lr**))**  #save every two epochs  **if** i **\*** config**.**BATCH\_SIZE **>** total\_num**\***2**:**  epoch **=** epoch **+** 1  i **=** 0  saver**.**save**(**sess**,** modelPrefix**,** global\_step**=**epoch**\***2**)**  writer**.**add\_summary**(**summary**,**global\_step**=**step**)**  **except** tf**.**errors**.**OutOfRangeError**:**  **print(**"Done!"**)**  **finally:**  coord**.**request\_stop**()**  writer**.**close**()**  coord**.**join**(**threads**)**  sess**.**close**()** |

### 2.2.1 何为netFactory之P\_Net.

在training/mtcnn\_model.py中

|  |
| --- |
| #construct Pnet  #label:batch  **def** P\_Net**(**inputs**,** label**=None,** bbox\_target**=None,** landmark\_target**=None,** training**=True):**  #define common param  **with** slim**.**arg\_scope**([**slim**.**conv2d**],**  activation\_fn**=**prelu**,## prelu激活函数**  weights\_initializer**=**slim**.**xavier\_initializer**(),**  biases\_initializer**=**tf**.**zeros\_initializer**(),**  weights\_regularizer**=**slim**.**l2\_regularizer**(**0.0005**),**  padding**=**'valid'**):**  net **=** slim**.**conv2d**(**inputs**,** 10**,** 3**,** stride**=**1**,**scope**=**'conv1'**)**  net **=** slim**.**max\_pool2d**(**net**,** kernel\_size**=[**2**,**2**],** stride**=**2**,** scope**=**'pool1'**)**  net **=** slim**.**conv2d**(**net**,** num\_outputs**=**16**,** kernel\_size**=[**3**,**3**],** stride**=**1**,** scope**=**'conv2'**)**  net **=** slim**.**conv2d**(**net**,** num\_outputs**=**32**,** kernel\_size**=[**3**,**3**],** stride**=**1**,** scope**=**'conv3'**)**  **# 三个任务输出.**   1. **2分类, 是否人脸** 2. **Boundingbox回归, 4个尺寸.** 3. **Landmark回归, 5对10个尺寸.**     #batch\*H\*W\*2  conv4\_1 **=** slim**.**conv2d**(**net**,** num\_outputs**=**2**,** kernel\_size**=[**1**,**1**],** stride**=**1**,** scope**=**'conv4\_1'**,** activation\_fn**=**tf**.**nn**.**softmax**)**  #batch\*H\*W\*4  bbox\_pred **=** slim**.**conv2d**(**net**,** num\_outputs**=**4**,** kernel\_size**=[**1**,**1**],** stride**=**1**,** scope**=**'conv4\_2'**,** activation\_fn**=None)**  #batch\*H\*W\*10  landmark\_pred **=** slim**.**conv2d**(**net**,** num\_outputs**=**10**,** kernel\_size**=[**1**,**1**],** stride**=**1**,** scope**=**'conv4\_3'**,** activation\_fn**=None)**  **if** training**:**  #batch\*2  cls\_prob **=** tf**.**squeeze**(**conv4\_1**,** **[**1**,**2**],** name**=**'cls\_prob'**)**  cls\_loss **=** [**cls\_ohem**](#_何为cls_ohem.)**(**cls\_prob**,** label**)**  #batch  bbox\_pred **=** tf**.**squeeze**(**bbox\_pred**,** **[**1**,** 2**],** name**=**'bbox\_pred'**) ## 已经把[b 1 1 4]中间两个去掉了.**  bbox\_loss **=** [bbox\_ohem](#_何为bbox_ohem)**(**bbox\_pred**,** bbox\_target**,** label**)**  #batch\*10  landmark\_pred **=** tf**.**squeeze**(**landmark\_pred**,** **[**1**,** 2**],** name**=**"landmark\_pred"**)**  landmark\_loss **=** [landmark\_ohem](#_何为landmark_ohem)**(**landmark\_pred**,** landmark\_target**,** label**)**  accuracy **=** cal\_accuracy**(**cls\_prob**,** label**)##　计算精度.**  L2\_loss **=** tf**.**add\_n**(**slim**.**losses**.**get\_regularization\_losses**()) ## 添加L2正则化**  **return** cls\_loss**,** bbox\_loss**,** landmark\_loss**,** L2\_loss**,** accuracy  **else:** # testing  #when test, batch\_size = 1  cls\_pro\_test **=** tf**.**squeeze**(**conv4\_1**,** axis**=**0**)**  bbox\_pred\_test **=** tf**.**squeeze**(**bbox\_pred**,** axis**=**0**)**  landmark\_pred\_test **=** tf**.**squeeze**(**landmark\_pred**,** axis**=**0**)**  **return** cls\_pro\_test**,** bbox\_pred\_test**,** landmark\_pred\_test |

##### 何为cls\_ohem.

为了产生cls的Loss.

1. 输入有Pnet的预测, 以及label的ground truth.

|  |
| --- |
| **def** cls\_ohem**(**cls\_prob**,** label**):**  zeros **=** tf**.**zeros\_like**(**label**)**  #label=-1 --> label=0net\_factory  **## label值负数重置为0值.**  **考虑到会有Neg的样本,**    **如上图tf.where(A). A的tensor分布如上图(左图,输入).**   1. **输入是T,F的tensor.** 2. **输入元素中一个有5个true. 所以tf.where输出是5行(每行代表这个T的位置)** 3. **输入的阶(区别于矩阵的阶,这里是输入tensor的维度)是3. 所以tf.where的输出有3列.** 4. **[0 0 0]表示第dim0的#0成员, dim1的#0成员,dim2的#1成员是第一个True.**   **另一种tf.where用法:**  **tf.where(input, a,b)**   1. **input是参考, 值为True和False. Input,a,b的格式都一样的.** 2. **tf.where的输出以a为基本, 然后input中true的位置在a的同位置上保留a的值. 然后input的false位置在a上的同位置用b上的同位置的值替换之.**   **本处tf.where是吧label中小于0的部分用zero替换.**  label\_filter\_invalid **=** tf**.**where**(**tf**.**less**(**label**,**0**),** zeros**,** label**)**  num\_cls\_prob **=** **tf.size(**cls\_prob**)**  **## tf.size会把cls\_prob这个tensor整理成0-d的格式.**  **然后再计算有多少个元素.**  cls\_prob\_reshape **=** tf**.**reshape**(**cls\_prob**,[**num\_cls\_prob**,-**1**])**  label\_int **=** tf**.**cast**(**label\_filter\_invalid**,**tf**.**int32**)**  num\_row **=** tf**.**to\_int32**(**cls\_prob**.**get\_shape**()[**0**])**  row **=** tf**.**range**(**num\_row**)\***2  **## 这部分是找到label描述的对应的概率.** [相关数据见下面实验](#_Cls_ohem实验)   1. **比如label描述当前图片应该是neg的. 计算loss的概率就取neg的概率(因为一个prob结果会出2个概率)** 2. **如果当前描述的是pos的,就取出pos的概率做loss.**   **原始cls\_prob是[batch 2]的.**    **为了方便取出对应的pos的概率,将其reshape成一列.**    **具体如下的计算就是找到计算Loss需要的概率:**   1. **一个label对应prob\_reshape预测的2行.**   **row = tf.range(num\_row)\*2**   1. **下面的label\_int描述了pos的偏移.** 2. **下面row和label\_int之和就是需要进入Loss计算的概率了.**   **蓝线表示需要那个概率.**    **indices\_ = row + label\_int**  label\_prob **=** tf**.**squeeze**(**tf**.**gather**(**cls\_prob\_reshape**,** indices\_**))**  loss **=** **-**tf**.**log**(**label\_prob**+**1e-10**)## epsilon避免梯度消失(爆炸).**  zeros **=** tf**.**zeros\_like**(**label\_prob**,** dtype**=**tf**.**float32**)**  ones **=** tf**.**ones\_like**(**label\_prob**,**dtype**=**tf**.**float32**)**  valid\_inds **=** tf**.**where**(**label **<** zeros**,**zeros**,**ones**)## 将有阈值的部分整理成1, 构成一个01的tensor为valid\_inds**  num\_valid **=** tf**.**reduce\_sum**(**valid\_inds**) ## 预测中Pos个数.TP+FP**  keep\_num **=** tf**.**cast**(**num\_valid**\***num\_keep\_radio**,**dtype**=**tf**.**int32**)**  #set 0 to invalid sample  loss **=** loss **\*** valid\_inds  loss**,**\_ **=** tf**.**nn**.**top\_k**(**loss**,** k**=**keep\_num**)**  **return** tf**.**reduce\_mean**(**loss**)** |

##### Cls\_ohem实验



|  |
| --- |
| **def** cls\_ohem**(**cls\_prob**,** label**):**  zeros\_tsr **=** tf**.**zeros**([**2**,** 3**])** ##为了调用tf.Print做的dummy.  zeros **=** tf**.**zeros\_like**(**label**)**  #label=-1 --> label=0net\_factory  label\_filter\_invalid **=** tf**.**where**(**tf**.**less**(**label**,**0**),** zeros**,** label**)**  num\_cls\_prob **=** tf**.**size**(**cls\_prob**)**  cls\_prob\_reshape **=** tf**.**reshape**(**cls\_prob**,[**num\_cls\_prob**,-**1**])**  label\_int **=** tf**.**cast**(**label\_filter\_invalid**,**tf**.**int32**)**  num\_row **=** tf**.**to\_int32**(**cls\_prob**.**get\_shape**()[**0**])**  row **=** tf**.**range**(**num\_row**)\***2  indices\_ **=** row **+** label\_int  **tfprint.cls\_ohem = tf.Print(zeros\_tsr,**  **["cls\_ohem",tf.shape(row),row,tf.shape(label\_int),label\_int,tf.shape(indices\_),indices\_,tf.shape(cls\_prob),tf.shape(label),tf.shape(cls\_prob\_reshape),cls\_prob\_reshape],summarize=8)**  label\_prob **=** tf**.**squeeze**(**tf**.**gather**(**cls\_prob\_reshape**,** indices\_**))**  loss **=** **-**tf**.**log**(**label\_prob**+**1e-10**)**  zeros **=** tf**.**zeros\_like**(**label\_prob**,** dtype**=**tf**.**float32**)**  ones **=** tf**.**ones\_like**(**label\_prob**,**dtype**=**tf**.**float32**)**  valid\_inds **=** tf**.**where**(**label **<** zeros**,**zeros**,**ones**)**  num\_valid **=** tf**.**reduce\_sum**(**valid\_inds**)**  keep\_num **=** tf**.**cast**(**num\_valid**\***num\_keep\_radio**,**dtype**=**tf**.**int32**)**  #set 0 to invalid sample  loss **=** loss **\*** valid\_inds  loss**,**\_ **=** tf**.**nn**.**top\_k**(**loss**,** k**=**keep\_num**)**  **return** tf**.**reduce\_mean**(**loss**)** |

实验结果:

|  |
| --- |
| [cls\_ohem][384][0 2 4 6 8 10 12 14...][384][0 1 0 0 0 1 1 1...][384][0 3 4 6 8 11 13 15...][384 2][384][768 1][[0.492263049][0.507736921][0.513266802][0.486733228][0.528568387][0.471431583][0.526716888][0.473283082]...]  [cls\_ohem][384][0 2 4 6 8 10 12 14...][384][0 1 0 0 0 1 0 1...][384][0 3 4 6 8 11 12 15...][384 2][384][768 1][[0.526763141][0.473236829][0.520561635][0.479438335][0.472027242][0.527972698][0.460573941][0.539426]...]  [cls\_ohem][384][0 2 4 6 8 10 12 14...][384][0 0 0 0 0 0 1 0...][384][0 2 4 6 8 10 13 14...][384 2][384][768 1][[0.540893495][0.459106475][0.520356238][0.479643732][0.462826669][0.537173331][0.463837773][0.536162198]...]  [cls\_ohem][384][0 2 4 6 8 10 12 14...][384][0 0 0 0 0 0 1 0...][384][0 2 4 6 8 10 13 14...][384 2][384][768 1][[0.511262059][0.488737941][0.501042485][0.498957515][0.493958622][0.506041408][0.577940941][0.422059059]...]  [cls\_ohem][384][0 2 4 6 8 10 12 14...][384][0 0 0 0 1 0 0 0...][384][0 2 4 6 9 10 12 14...][384 2][384][768 1][[0.537541568][0.462458402][0.527794123][0.472205877][0.624005318][0.375994742][0.506848097][0.493151873]...]  依次应为:  **tf.Print(zeros\_tsr,["cls\_ohem",tf.shape(row),row,tf.shape(label\_int),label\_int,tf.shape(indices\_),indices\_],summarize=8)**  **row shape: 384 # batch就是384**  **row: [0 2 4 6 8 ..2b]**  **label\_int shape: 384**  **label\_int 值: [0 1 0 0 1..] # 将小于0的part,修正为0.**  **Indices\_ shape: 384**  **Indices\_ 值: [0 3 4 6 …] # 真是row和label\_int的对应位置和.**  **cls\_prob\_reshape 的shape是: 768 aka 2\*batch**  **cls\_prob shape是 384** |

##### 何为bbox\_ohem



|  |
| --- |
| #label=1 or label=-1 then do regression  **def** bbox\_ohem**(**bbox\_pred**,**bbox\_target**,**label**):**  zeros\_index **=** tf**.**zeros\_like**(**label**,** dtype**=**tf**.**float32**)**  ones\_index **=** tf**.**ones\_like**(**label**,**dtype**=**tf**.**float32**)**  valid\_inds **=** tf**.**where**(**tf**.**equal**(**tf**.**abs**(**label**),** 1**),**ones\_index**,**zeros\_index**)**  **## 把不相交的预测框的位置筛掉,只留下pos和part的框的位置.**  #(batch,)  **##bbox\_pred是[b 4]格式的. 在每个batch上都和”4”个端点计算欧式距离.**  **然后,在dim1(也就是”4”这个维度)上求和.(reduce\_sum)**  **Square\_error就剩下batch个error值.**  square\_error **=** tf**.**square**(**bbox\_pred**-**bbox\_target**)**  square\_error **=** tf**.**reduce\_sum**(**square\_error**,**axis**=**1**)**  #keep\_num scalar  num\_valid **=** tf**.**reduce\_sum**(**valid\_inds**)**  keep\_num **=** tf**.**cast**(**num\_valid**\***num\_keep\_radio**,**dtype**=**tf**.**int32**)**  **## 取topk的做Loss,其他的不做loss.**   1. **这些做loss的就是part和pos的. 只不过这些正样本的回归有偏差.** 2. **取出其中最k大的偏差做Loss.**   #keep valid index square\_error  square\_error **=** square\_error**\***valid\_inds  \_**,** k\_index **=** tf**.**nn**.**top\_k**(**square\_error**,** k**=**keep\_num**)**  square\_error **=** tf**.**gather**(**square\_error**,** k\_index**)**  **return** tf**.**reduce\_mean**(**square\_error**)** |

##### 何为landmark\_ohem



类似bbox\_ohem,同为回归问题.同样采用欧式距离.

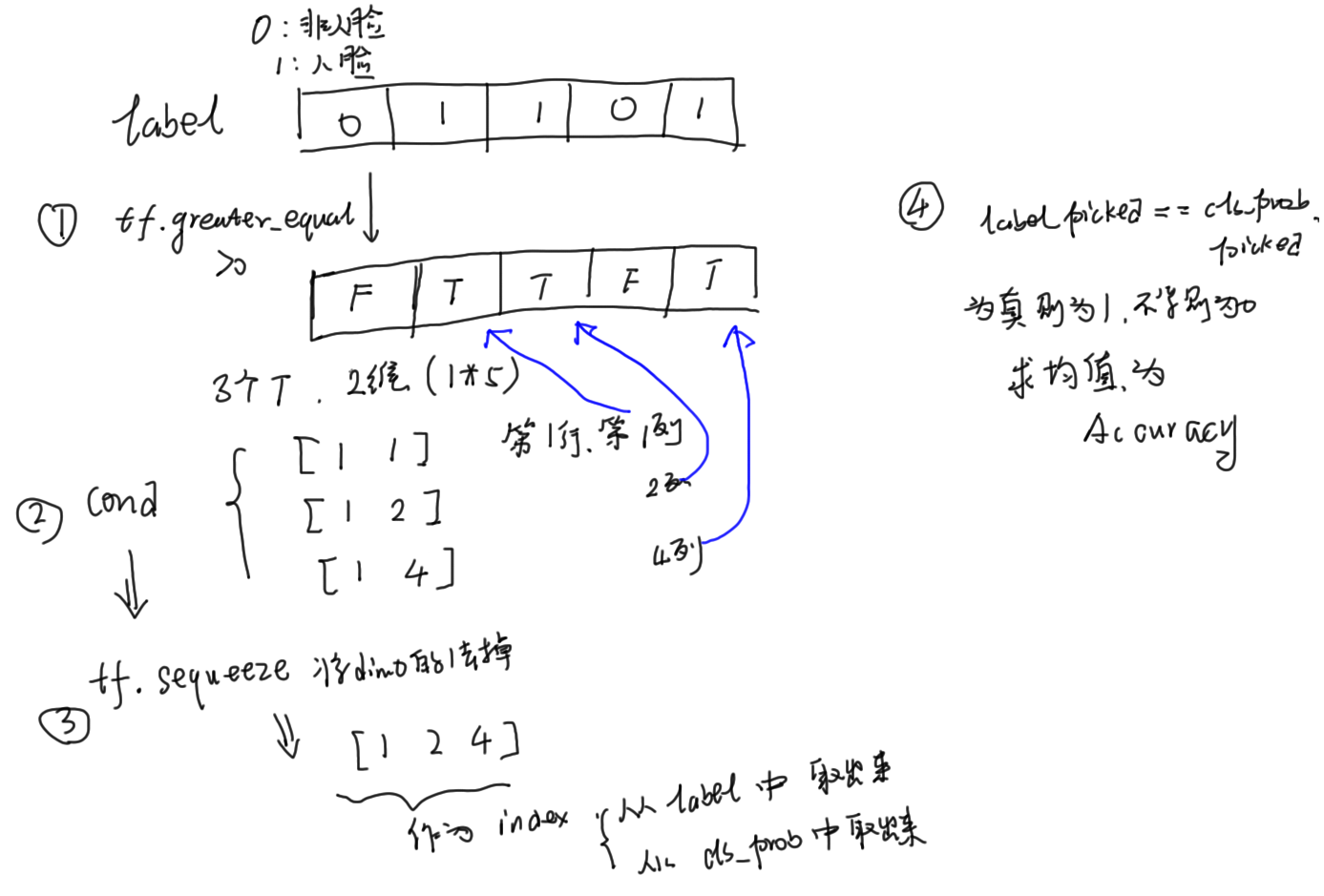
|  |
| --- |
| **def** landmark\_ohem**(**landmark\_pred**,**landmark\_target**,**label**):**  #keep label =-2 then do landmark detection  ones **=** tf**.**ones\_like**(**label**,**dtype**=**tf**.**float32**)**  zeros **=** tf**.**zeros\_like**(**label**,**dtype**=**tf**.**float32**)**  valid\_inds **=** tf**.**where**(**tf**.**equal**(**label**,-**2**),**ones**,**zeros**)**  square\_error **=** tf**.**square**(**landmark\_pred**-**landmark\_target**)**  square\_error **=** tf**.**reduce\_sum**(**square\_error**,**axis**=**1**)**  num\_valid **=** tf**.**reduce\_sum**(**valid\_inds**)**  keep\_num **=** tf**.**cast**(**num\_valid**\***num\_keep\_radio**,**dtype**=**tf**.**int32**)**  square\_error **=** square\_error**\***valid\_inds  \_**,** k\_index **=** tf**.**nn**.**top\_k**(**square\_error**,** k**=**keep\_num**)**  square\_error **=** tf**.**gather**(**square\_error**,** k\_index**)**  **return** tf**.**reduce\_mean**(**square\_error**)** |

### 2.2.2 Train\_mode对lr的修改

|  |
| --- |
| **def** train\_model**(**baseLr**,** loss**,** data\_num**):**  """  train model  :param baseLr: base learning rate  :param loss: loss  :param data\_num:  :return:  train\_op, lr\_op  """  lr\_factor **=** 0.1  global\_step **=** tf**.**Variable**(**0**,** trainable**=False)**  #LR\_EPOCH [8,14]  #boundaried [num\_batch,num\_batch]  boundaries **=** **[**int**(**epoch **\*** data\_num **/** config**.**BATCH\_SIZE**)** **for** epoch **in** config**.**LR\_EPOCH**]**  #lr\_values[0.01,0.001,0.0001,0.00001]  lr\_values **=** **[**baseLr **\*** **(**lr\_factor **\*\*** x**)** **for** x **in** range**(**0**,** len**(**config**.**LR\_EPOCH**)** **+** 1**)]**  **## 生成分段global steps对应的learning rate.**  **达到下面例子的效果,不同的steps区间就使用不同learning rate.**   1. **Lr变化和steps是有关的,分段函数.** 2. **随着steps增大,lr是减小的.(避免更好的收敛).**     #control learning rate  lr\_op **=** **tf.train.piecewise\_constant(**global\_step**,** boundaries**,** lr\_values**)**  optimizer **=** tf**.**train**.**MomentumOptimizer**(**lr\_op**,** 0.9**)**  train\_op **=** optimizer**.**minimize**(**loss**,** global\_step**)**  **return** train\_op**,** lr\_op |

### 2.2.3 understanding accuracy

|  |
| --- |
| **def** cal\_accuracy**(**cls\_prob**,**label**):**  pred **=** tf**.**argmax**(**cls\_prob**,**axis**=**1**)**  label\_int **=** tf**.**cast**(**label**,**tf**.**int64**)**  cond **=** tf**.**where**(**tf**.**greater\_equal**(**label\_int**,**0**))**  picked **=** tf**.**squeeze**(**cond**)**  label\_picked **=** tf**.**gather**(**label\_int**,**picked**)**  pred\_picked **=** tf**.**gather**(**pred**,**picked**)**  accuracy\_op **=** tf**.**reduce\_mean**(**tf**.**cast**(**tf**.**equal**(**label\_picked**,**pred\_picked**),**tf**.**float32**))**  **return** accuracy\_op |



# 三 使用MTCNN做推断(测试)

## 3.1 数据预处理

|  |
| --- |
| **def** test**(**stage**,** testFolder**):**  **print(**"Start testing in %s"**%(**testFolder**))**  detectors **=** **[None,** **None,** **None]**  **if** stage **in** **[**'pnet'**,** 'rnet'**,** 'onet'**]:**  modelPath **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** 'tmp/model/pnet/'**)**  a **=** **[**b**[**5**:-**6**]** **for** b **in** os**.**listdir**(**modelPath**)** **if** b**.**startswith**(**'pnet-'**)** **and** b**.**endswith**(**'.index'**)]**  maxEpoch **=** max**(**map**(**int**,** a**))** # auto match a max epoch model  modelPath **=** os**.**path**.**join**(**modelPath**,** "pnet-%d"**%(**maxEpoch**))**  **print(**"Use PNet model: %s"**%(**modelPath**))**  **detectors[0] = FcnDetector(P\_Net,modelPath)**  **if** stage **in** **[**'rnet'**,** 'onet'**]:**  modelPath **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** 'tmp/model/rnet/'**)**  a **=** **[**b**[**5**:-**6**]** **for** b **in** os**.**listdir**(**modelPath**)** **if** b**.**startswith**(**'rnet-'**)** **and** b**.**endswith**(**'.index'**)]**  maxEpoch **=** max**(**map**(**int**,** a**))**  modelPath **=** os**.**path**.**join**(**modelPath**,** "rnet-%d"**%(**maxEpoch**))**  **print(**"Use RNet model: %s"**%(**modelPath**))**  **detectors[1] = Detector(R\_Net, 24, 1, modelPath)**  **if** stage **in** **[**'onet'**]:**  modelPath **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** 'tmp/model/onet/'**)**  a **=** **[**b**[**5**:-**6**]** **for** b **in** os**.**listdir**(**modelPath**)** **if** b**.**startswith**(**'onet-'**)** **and** b**.**endswith**(**'.index'**)]**  maxEpoch **=** max**(**map**(**int**,** a**))**  modelPath **=** os**.**path**.**join**(**modelPath**,** "onet-%d"**%(**maxEpoch**))**  **print(**"Use ONet model: %s"**%(**modelPath**))**  **detectors[2] = Detector(O\_Net, 48, 1, modelPath)**  mtcnnDetector **=** **MtcnnDetector(**detectors**=**detectors**,** min\_face\_size **=** 24**,** threshold**=[**0.9**,** 0.6**,** 0.7**])**  testImages **=** **[]**  **for** name **in** os**.**listdir**(**testFolder**):**  testImages**.**append**(**os**.**path**.**join**(**testFolder**,** name**))**  testDatas **=** TestLoader**(**testImages**)**  # Now to detect  ## 推断  allBoxes**,** allLandmarks **=** **mtcnnDetector.detect\_face(**testDatas**)**  **print(**"\n"**)**  # Save it  **for** idx**,** imagePath **in** enumerate**(**testImages**):**  image **=** cv2**.**imread**(**imagePath**)**  **for** bbox **in** allBoxes**[**idx**]:**  **## 在原图上画矩形**  cv2**.**putText**(**image**,**str**(**np**.**round**(**bbox**[**4**],**2**)),(**int**(**bbox**[**0**]),**int**(**bbox**[**1**])),**cv2**.**FONT\_HERSHEY\_TRIPLEX**,**1**,**color**=(**255**,**0**,**255**))**  cv2**.**rectangle**(**image**,** **(**int**(**bbox**[**0**]),**int**(**bbox**[**1**])),(**int**(**bbox**[**2**]),**int**(**bbox**[**3**])),(**0**,**0**,**255**))**  allLandmark **=** allLandmarks**[**idx**]**  **if** allLandmark **is** **not** **None:** # pnet and rnet will be ignore landmark  **for** landmark **in** allLandmark**:**  **for** i **in** range**(**len**(**landmark**)/**2**):**  cv2**.**circle**(**image**,** **(**int**(**landmark**[**2**\***i**]),**int**(**int**(**landmark**[**2**\***i**+**1**]))),** 3**,** **(**0**,**0**,**255**))**  savePath **=** os**.**path**.**join**(**rootPath**,** 'testing'**,** 'results\_%s'**%(**stage**))**  **if** **not** os**.**path**.**isdir**(**savePath**):**  os**.**makedirs**(**savePath**)**  cv2**.**imwrite**(**os**.**path**.**join**(**savePath**,** "result\_%d.jpg" **%(**idx**)),** image**)**  **print(**"Save image to %s"**%(**savePath**))** |

#### 构造Pnet,Rnet,Onet结构.

|  |
| --- |
| **class** **Detector(**object**):**  #net\_factory:rnet or onet  #datasize:24 or 48  **def** \_\_init\_\_**(**self**,** net\_factory**,** data\_size**,** batch\_size**,** model\_path**):**  graph **=** tf**.**Graph**()**  **with** graph**.**as\_default**():**  self**.**image\_op **=** tf**.**placeholder**(**tf**.**float32**,** shape**=[**batch\_size**,** data\_size**,** data\_size**,** 3**],** name**=**'input\_image'**)**  #figure out landmark  **## net\_factory代表Pnet,Rnet,Onet结构.**  **self.cls\_prob, self.bbox\_pred, self.landmark\_pred** **=** net\_factory**(**self**.**image\_op**,** training**=False)** |

#### 检测入口

|  |
| --- |
| **def** detect\_face**(**self**,** test\_data**):**  all\_boxes **=** **[]** #save each image's bboxes **## List,存boundingBox**  landmarks **=** **[] ## 是list,存landmark**  batch\_idx **=** 0  **for** databatch **in** test\_data**: ## 每次取一张图,是numpy格式的.**  # print info  printStr **=** "\rDone images: {}"**.**format**(**batch\_idx**)**  sys**.**stdout**.**write**(**printStr**)**  sys**.**stdout**.**flush**()**  batch\_idx **+=** 1  im **=** databatch  # pnet  **if** self**.**pnet\_detector**:**  **##　利用Pnet推断.**   1. **输入numpy img数组** 2. **输出含有boundingbox的 boxes\_c.**   #ignore landmark  boxes**,** boxes\_c**,** landmark **=** self**.**detect\_pnet**(**im**)**  **if** boxes\_c **is** **None:**  all\_boxes**.**append**(**np**.**array**([]))**  landmarks**.**append**(**np**.**array**([]))**  **continue**  # rnet  **if** self**.**rnet\_detector**:**  #ignore landmark  boxes**,** boxes\_c**,** landmark **=** self**.**detect\_rnet**(**im**,** boxes\_c**)**  **if** boxes\_c **is** **None:**  all\_boxes**.**append**(**np**.**array**([]))**  landmarks**.**append**(**np**.**array**([]))**  **continue**  # onet  **if** self**.**onet\_detector**:**  boxes**,** boxes\_c**,** landmark **=** self**.**detect\_onet**(**im**,** boxes\_c**)**  **if** boxes\_c **is** **None:**  all\_boxes**.**append**(**np**.**array**([]))**  landmarks**.**append**(**np**.**array**([]))**  **continue**  all\_boxes**.**append**(**boxes\_c**)**  landmarks**.**append**(**landmark**)**  **return** all\_boxes**,**landmarks |

##### 3.1.1 Pnet推断数据预处理

|  |
| --- |
| **def** detect\_pnet**(**self**,** im**):**  """Get face candidates through pnet  Parameters:  ----------  im: numpy array  input image array  Returns:  -------  ## 返回两个   1. 校验前的raw检测框. 2. 校验后的检测框.   boxes: numpy array  detected boxes before calibration  boxes\_c: numpy array  boxes after calibration  """  h**,** w**,** c **=** im**.**shape  net\_size **=** 12  **## 预处理**   1. **min\_face\_size是24.** 2. **初始scale是12/24=0.5.** 3. **按照这个比例对图像做缩小.**   **比如640x480的图,先缩小0.5到**  **320x240, 第二次迭代时候,320仍然大于net\_size的12.**  **仍然需要缩小0.5到160x120.直到不大于net\_size.**  **这样实现一个图像金字塔.**    current\_scale **=** float**(**net\_size**)** **/** self**.**min\_face\_size # find initial scale  im\_resized **=** self**.**processed\_image**(**im**,** current\_scale**)**  current\_height**,** current\_width**,** \_ **=** im\_resized**.**shape  # for fcn  all\_boxes **=** list**()**  **while** min**(**current\_height**,** current\_width**)** **>** net\_size**:**  #return the result predicted by pnet  #cls\_cls\_map : H\*w\*2  #reg: H\*w\*4  **## 这里也能看到h,w并不是1的,所以输入的尺寸可以是任意的**  cls\_cls\_map**,** reg **=** self**.pnet\_detector.predict(**im\_resized**)**  #boxes: num\*9(x1,y1,x2,y2,score,x1\_offset,y1\_offset,x2\_offset,y2\_offset)  boxes **=** **self.generate\_bbox(**cls\_cls\_map**[:,** **:,**1**],** reg**,** current\_scale**,** self**.**thresh**[**0**])**  current\_scale **\*=** self**.**scale\_factor **##scale\_factor值为0.79**  im\_resized **=** self**.**processed\_image**(**im**,** current\_scale**)**  current\_height**,** current\_width**,** \_ **=** im\_resized**.**shape  **if** boxes**.**size **==** 0**:**  **continue**  keep **=** **py\_nms(**boxes**[:,** **:**5**],** 0.5**,** 'Union'**)**  boxes **=** boxes**[**keep**]**  **all\_boxes.append(**boxes**)**  **if** len**(**all\_boxes**)** **==** 0**:**  **return** **None,** **None,** **None**  all\_boxes **=** np**.**vstack**(**all\_boxes**)**  # merge the detection from first stage  keep **=** py\_nms**(**all\_boxes**[:,** 0**:**5**],** 0.7**,** 'Union'**)**  all\_boxes **=** all\_boxes**[**keep**]**  boxes **=** all\_boxes**[:,** **:**5**]**  bbw **=** all\_boxes**[:,** 2**]** **-** all\_boxes**[:,** 0**]** **+** 1  bbh **=** all\_boxes**[:,** 3**]** **-** all\_boxes**[:,** 1**]** **+** 1  # refine the boxes  boxes\_c **=** np**.**vstack**([**all\_boxes**[:,** 0**]** **+** all\_boxes**[:,** 5**]** **\*** bbw**,**  all\_boxes**[:,** 1**]** **+** all\_boxes**[:,** 6**]** **\*** bbh**,**  all\_boxes**[:,** 2**]** **+** all\_boxes**[:,** 7**]** **\*** bbw**,**  all\_boxes**[:,** 3**]** **+** all\_boxes**[:,** 8**]** **\*** bbh**,**  all\_boxes**[:,** 4**]])**  boxes\_c **=** boxes\_c**.**T  **return** boxes**,** boxes\_c**,** **None** |

网络推断

基本网络依赖

|  |
| --- |
| detectors**[**0**]** **=** FcnDetector**(**P\_Net**,**modelPath**)**  detectors**[**1**]** **=** Detector**(**R\_Net**,** 24**,** 1**,** modelPath**)**  detectors**[**2**]** **=** Detector**(**O\_Net**,** 48**,** 1**,** modelPath**)** |

对于pnet,使用的是FcnDetector.

|  |
| --- |
| # 下面的net\_factory是Pnet  self**.**cls\_prob**,** self**.**bbox\_pred**,** \_ **=** net\_factory**(**image\_reshape**,** training**=False)**    **## pnet不需要推断landmark.**  **def** predict**(**self**,** databatch**):**  height**,** width**,** \_ **=** databatch**.**shape  # print(height, width)  cls\_prob**,** bbox\_pred **=** **self.sess.run([self.cls\_prob,** **self.bbox\_pred],**  feed\_dict**={**self**.**image\_op**:** databatch**,** self**.**width\_op**:** width**,**  self**.**height\_op**:** height**})** |

##### 3.1.2 Pnet的推断

|  |
| --- |
| **def** detect\_pnet**(**self**,** im**):**  **## 拿到Pnet的候选框.**   1. 输入是img. 2. 输出是候选框(boxes, boxes\_c) 3. 方法是 4. 对输入图做图像金字塔. 最小face是24(min\_face\_size). 5. Pnet是fcn结构, 对输入图的hw尺寸无限制.   """Get face candidates through pnet  Parameters:  ----------  im: numpy array  input image array  Returns:  -------  boxes: numpy array  detected boxes before calibration  boxes\_c: numpy array  boxes after calibration  """  h**,** w**,** c **=** im**.**shape  net\_size **=** 12    current\_scale **=** float**(**net\_size**)** **/** self**.**min\_face\_size # find initial scale  im\_resized **=** **self.processed\_image(**im**,** current\_scale**)**  current\_height**,** current\_width**,** \_ **=** im\_resized**.**shape  # for fcn  all\_boxes **=** list**()**  **while** min**(**current\_height**,** current\_width**)** **>** net\_size**:**  #return the result predicted by pnet  #cls\_cls\_map : H\*w\*2  #reg: H\*w\*4  **## Pnet网路的推断结构**   1. **输入金字塔的一层(小图).** 2. **输出该层金子塔上可能的人脸回归框及置信度(分类).** 3. **输出是raw的格式,还不能给Rnet使用.需要整理一下.** 4. **整理后的格式为:**   *(x1,y1,x2,y2,score,x1\_offset,y1\_offset,x2\_offset,y2\_offset)*   1. *是在Pnet输入原图中boundingboxes的尺寸.* 2. *Score为概率* 3. *Offset为Pnet预测的boundingboxes与gtboxes的offset.(缩略图,金字塔层图).*   cls\_cls\_map**,** reg **=** **self.pnet\_detector.predict(**im\_resized**)**  #boxes: num\*9(x1,y1,x2,y2,score,x1\_offset,y1\_offset,x2\_offset,y2\_offset)  boxes **=** **self.generate\_bbox(**cls\_cls\_map**[:,** **:,**1**],** reg**,** current\_scale**,** self**.**thresh**[**0**])**  **## 从原图中~~找到~~(生成)下一层的金字塔**  current\_scale **\*=** self**.**scale\_factor  im\_resized **=** self**.**processed\_image**(**im**,** current\_scale**)**  current\_height**,** current\_width**,** \_ **=** im\_resized**.**shape  **if** boxes**.**size **==** 0**:**  **continue**  keep **=** **py\_nms(**boxes**[:,** **:**5**],** 0.5**,** 'Union'**)**  boxes **=** boxes**[**keep**]**  **all\_boxes.**append**(**boxes**) ## 保存Pnet所有金字塔层boundingboxes**  **if** len**(**all\_boxes**)** **==** 0**:**  **return** **None,** **None,** **None**  all\_boxes **=** np**.**vstack**(**all\_boxes**)**  # merge the detection from first stage  **## 第二次执行Nms, 对所有金字塔层输出的boundingboxes做nms.**  keep **=** py\_nms**(**all\_boxes**[:,** 0**:**5**],** 0.7**,** 'Union'**)**  all\_boxes **=** all\_boxes**[**keep**]**  boxes **=** all\_boxes**[:,** **:**5**]**  bbw **=** all\_boxes**[:,** 2**]** **-** all\_boxes**[:,** 0**]** **+** 1  bbh **=** all\_boxes**[:,** 3**]** **-** all\_boxes**[:,** 1**]** **+** 1  # refine the boxes  boxes\_c **=** np**.**vstack**([**all\_boxes**[:,** 0**]** **+** all\_boxes**[:,** 5**]** **\*** bbw**,**  all\_boxes**[:,** 1**]** **+** all\_boxes**[:,** 6**]** **\*** bbh**,**  all\_boxes**[:,** 2**]** **+** all\_boxes**[:,** 7**]** **\*** bbw**,**  all\_boxes**[:,** 3**]** **+** all\_boxes**[:,** 8**]** **\*** bbh**,**  all\_boxes**[:,** 4**]])**  boxes\_c **=** boxes\_c**.**T  **return** boxes**,** boxes\_c**,** **None** |

###### 何为generate\_bbox

|  |
| --- |
| **def** generate\_bbox**(**self**,** cls\_map**,** reg**,** scale**,** threshold**):**  """  generate bbox from feature cls\_map  Parameters:  ----------  cls\_map: numpy array , **n x m**  detect score for each position  reg: numpy array , n x m x 4  bbox  scale: float number  scale of this detection  threshold: float number  detect threshold  Returns:  -------  bbox array  """  cellsize **=** 12  t\_index **=** np**.**where**(**cls\_map **>** threshold**)## 阈值0.9**  # find nothing  **if** t\_index**[**0**].**size **==** 0**:**  **return** np**.**array**([])**  **#offset**  **## clsmap是h\*w\*1的. 找到每个”1”中阈值大于0.9的.对应的id.**   1. **比如第i个dim0,第j个dim1那个”1”的值大于0.9.**   **这里的t\_index[0]描述的是”n”的位置(高h).**  **t\_index[1]描述是”m”位置(宽w).**   1. **根据上面的I,j找到对应的boundingbox的坐标.**      1. **由于是图像金字塔进入到Pnet中. Pnet的输出boundingbox需要”放大”到原图尺寸中.** 2. **Stride和scale是缩放时候的参数.scale是系数, stride是跳行数.**     dx1**,** dy1**,** dx2**,** dy2 **=** **[**reg**[**t\_index**[**0**],** t\_index**[**1**],** i**]** **for** i **in** range**(**4**)]**  reg **=** np**.**array**([**dx1**,** dy1**,** dx2**,** dy2**])**  score **=** cls\_map**[**t\_index**[**0**],** t\_index**[**1**]]**  boundingbox **=** np**.**vstack**([**np**.**round**((**self**.**stride **\*** t\_index**[**1**])** **/** scale**),**  np**.**round**((**self**.**stride **\*** t\_index**[**0**])** **/** scale**),**  np**.**round**((**self**.**stride **\*** t\_index**[**1**]** **+** cellsize**)** **/** scale**),**  np**.**round**((**self**.**stride **\*** t\_index**[**0**]** **+** cellsize**)** **/** scale**),**  score**,**  reg**])**  **return** boundingbox**.**T |

###### 何为py\_nms

|  |
| --- |
| **def** py\_nms**(**dets**,** thresh**,** mode**=**"Union"**):**  **## 把预测框中阈值大于thresh的框去掉(保留score最大的那个框,其他的去掉).**   1. **输入是boxes候选框(含有reg在原图中的位置及大小, cls的人脸概率值).** 2. **输出候选框中带保存的indexes.**   """  greedily select boxes with high confidence  keep boxes overlap <= thresh  rule out overlap > thresh  :param dets: [[x1, y1, x2, y2 score]]  :param thresh: retain overlap <= thresh  :return: indexes to keep  """  x1 **=** dets**[:,** 0**]**  y1 **=** dets**[:,** 1**]**  x2 **=** dets**[:,** 2**]**  y2 **=** dets**[:,** 3**]**  scores **=** dets**[:,** 4**]**  areas **=** **(**x2 **-** x1 **+** 1**)** **\*** **(**y2 **-** y1 **+** 1**)**  order **=** scores**.**argsort**()[::-**1**] ## 按人脸概率(得分)降序排序.**  keep **=** **[]**  **while** order**.**size **>** 0**:**  i **=** order**[**0**] ## 取最大值(最大得分)对应的index.**  keep**.**append**(**i**) ## 需要保存的(因为是最大的).**  **## 向量化处理,计算Iou.有两种方式.**   1. **计算交并比.** 2. **计算相交部分和最小面积的比.**   xx1 **=** np**.**maximum**(**x1**[**i**],** x1**[**order**[**1**:]])**  yy1 **=** np**.**maximum**(**y1**[**i**],** y1**[**order**[**1**:]])**  xx2 **=** np**.**minimum**(**x2**[**i**],** x2**[**order**[**1**:]])**  yy2 **=** np**.**minimum**(**y2**[**i**],** y2**[**order**[**1**:]])**  w **=** np**.**maximum**(**0.0**,** xx2 **-** xx1 **+** 1**)**  h **=** np**.**maximum**(**0.0**,** yy2 **-** yy1 **+** 1**)**  inter **=** w **\*** h  **if** mode **==** "Union"**:**  ovr **=** inter **/** **(**areas**[**i**]** **+** areas**[**order**[**1**:]]** **-** inter**)**  **elif** mode **==** "Minimum"**:**  ovr **=** inter **/** np**.**minimum**(**areas**[**i**],** areas**[**order**[**1**:]])**  #keep  inds **=** np**.**where**(**ovr **<=** thresh**)[**0**]**  order **=** order**[**inds **+** 1**]**  **return** keep |

## 3.2 pnet数据后处理

## 3.3 图像金字塔

# 四 一些问题

## 4.1 关于算法后期优化若干问题

|  |
| --- |
| 问: 楼主，你好，当我重新按照你给的方式训练完模型（数据集采用WIDER\_train），发现误检率还是挺高的，同时，人脸检测过程耗时严重（图像：1262\*750）约3.6s，请问楼主有相同的困扰吗？或者可以指明一下优化思路，感谢！ |

窗体顶端

|  |
| --- |
| 问: [**@homedawn**](https://github.com/homedawn) 你好，后面你解决了耗时和误检率的问题了不 |

|  |
| --- |
| **耗时没多大研究，误检可能之前的训练方法不对，后面重新训练几次有改善一些，主要可能还是训练集的问题** |
| 问: [**@homedawn**](https://github.com/homedawn) 您好，可以分享一下训练经验吗？我fddb上误检300时，true positive最多也就90%，而原版有92%。尝试了很多种训练方法都没有用。 |

|  |
| --- |
| 试一试在widerface上训练一下。关于耗时问题发现pNet最耗时几乎占了整个识别的90%时间，在研究pNet加入多进程来提升效率，碰到了一些问题还没解决，有人一起研究一下么？ ps:我发现github上的@不懂用，哪位大神可否告知一下哈 |
| 问: [**@homedawn**](https://github.com/homedawn) 我一直是在wider上进行训练的，但是一直达不到作者论文里fddb的曲线。 |
| **训练的时候是Pnet训练完再训练Rnet，Rnet里传入Pnet训练完的模型** |
| 问: [**@homedawn**](https://github.com/homedawn) 你是否在wider face的validation set上验证过？我在easy/medium/hard set上跑出来的精度大约只有30%, 30%, 20%。 |
| [**@htjacky**](https://github.com/htjacky)**没有验证，目前在看减少耗时的问题** |
| 问: [**@homedawn**](https://github.com/homedawn) 请问减少耗时的方法你找到了么？用作者的模型，GPU K40M上检测，每次都需要1s以上才能出结果，而且经常出来两个人脸 |
| **可以参考这个的解决方法**[**https://github.com/AITTSMD/MTCNN-Tensorflow/issues/220，但是目前测试结果看，主要耗时在三个网络层哪里，这个不好弄！！**](https://github.com/AITTSMD/MTCNN-Tensorflow/issues/220%EF%BC%8C%E4%BD%86%E6%98%AF%E7%9B%AE%E5%89%8D%E6%B5%8B%E8%AF%95%E7%BB%93%E6%9E%9C%E7%9C%8B%EF%BC%8C%E4%B8%BB%E8%A6%81%E8%80%97%E6%97%B6%E5%9C%A8%E4%B8%89%E4%B8%AA%E7%BD%91%E7%BB%9C%E5%B1%82%E5%93%AA%E9%87%8C%EF%BC%8C%E8%BF%99%E4%B8%AA%E4%B8%8D%E5%A5%BD%E5%BC%84%EF%BC%81%EF%BC%81) |

## 4.2 模型对图片通道有要求？

问:用PIL.Image读取的时候检测不到人脸，或者检测到很少的人脸；

使用cv2读取图片的时候就很正常了，难道模型对RGB或者BGR有要求？

**@dear-john 对，注意通道顺序**

# 五 faceNet训练

## 5.1 facenet train

Facenet

|  |
| --- |
| https://github.com/davidsandberg/facenet |

**下载数据集**

|  |
| --- |
| wget http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/lfw.tgz |

**环境位置**

|  |
| --- |
| cd src  export PYTHONPATH=$PYTHONPATH:`pwd`  cd .. |

**将lfw数据集做align处理**

|  |
| --- |
| python src/align/align\_dataset\_mtcnn.py ./lfw/raw ./lfw/lfw\_mtcnnpy\_160 --image\_size 160 --margin 32 --random\_order |

**在lfw上测试下facenet pretrained model**

|  |
| --- |
| mkdir pretrained  cp /data/chapter\_6\_data/\* pretrained/  python src/validate\_on\_lfw.py ./lfw/lfw\_mtcnnpy\_160 ./pretrained/ |

实验结果:

|  |
| --- |
| Runnning forward pass on LFW images  Accuracy: 0.992+-0.003  Validation rate: 0.97467+-0.01477 @ [FAR](#_何为FAR?)=0.00133  Area Under Curve (AUC): 1.000  Equal Error Rate (EER): 0.007 |

**检查如下3张照片的相似度(距离矩阵).**



|  |
| --- |
| python src/compare.py ./pretrained/ ./test\_imgs/1.jpg ./test\_imgs/2.jpg ./test\_imgs/3.jpg |

实验结果:

|  |
| --- |
| Distance matrix  0 1 2  0 0.0000 0.7270 1.1283  1 0.7270 0.0000 1.0913  2 1.1283 1.0913 0.0000 |

### 何为lfw?

网址在: <http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/>

*(Labeled Faces in the Wild Home)*

其目的是, 为了研究非限制的人脸识别(unconstrained face recognition).

1. 数据包含13000张来自web的人脸.
2. 含有4套(sets)lfw.
3. 一套origin的.
4. 3套aligned
5. 其一为funneled imgs
6. 其二为lwf-a, 采用非公开的aligned方法.
7. 其三为deep funneled imgs.
8. 可以作为train和test使用. 采用10折交叉
9. 也可以作为benchmark来使用.采用10折交叉.
10. 其分析结果最好是做出ROC曲线以及Accuracy值.

### 何为FAR?

**FAR**

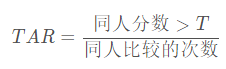
接下来看人脸识别中的 常用的指标TAR和FAR。TAR（True Accept Rate）表示正确接受的比例，**FAR（False Accept Rate）**表示错误接受的比例。**所谓的接受就是在进行人脸验证的过程中，两张图像被认为是同一个人**。在网上到的了FAR（False Accept Rate）的计算方式如下：



对于人脸识别不太了解的小伙伴可能不太了解上面公式的意思，下面我就来解释一下。做人脸验证的时候我们会给出两张图像让算法判断两张图片是不是同一个人的。一般是先将两张图片表示成两个高维的特征向量，然后计算两个特征向量的相似度或者距离。在这里定义FAR时使用的是相似度，公式中分数就是指的相似度。在比较的过程中我们希望同一个人的图像相似度比较高，**不同人的相似度**比较低。我们会给定一个相似度阈值T，比如0.6, 如果两张图像的相似度大于T我们就认为两张图片是一个人的，如果小于T我们就认为两证图像 是不同人的。但是无论将T设置成什么样值都会有一定得错误率，就是FAR，因为我们提取的图像的特征向量总是不够好，并不总能 满足：同一个人的图像相似度比较高，不同人的相似度比较低。偶尔也会出现不同人的图像的相似度大于给定的阈值T，这样我们就会犯错误接受的错误。**FAR就是我们比较不同人的图像时，把其中的图像对当成同一个人图像的比例。**我们希望**FAR越小越好**。

**TAR**

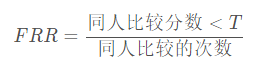
TAR**（True Accept Rate）**表示正确接受的比例。所谓的就是在进行人脸验证的过程中，两张图像被认为是同一个人。我在网上并没有查到TAR的定义，在这里我参照FAR的定义猜测一下，不一定正确，如有错误还望批评指正。



参考上面对 FAR的解释，我们知道对相同人的图片对进行比较也会出现相似度小于阈值T的情况，这是我们就会犯错误，这个错误就是FRR( False Reject Rate),就是把相同的人的图像当做不同人的了，这个下面我们再讲。可以理解 TAR就是对相同人的图片对进行比较，我们计算出的相似度大于阈值的图像对所占的比例。我们希望TAR越大越好。

**FRR**

上面讲解TAR的时候，提到了**FRR（False Reject Rate）**就是错误拒绝率。**就是把相同的人的图像当做不同人**的了。有了上面的基础，FRR就很好理解了：



根据上述公式的定义，我们知道

FRR + TAR = 1 , TAR=1−FRR

FAR和FRR的定义可以概括如下：



# 六 faceNet之人脸预对齐

采用mtcnn去做的人脸检测以及人脸对齐(利用mtcnn推断的landmark来做旋转,把目标人脸摆正).

在src/align/align\_dataset\_mtcnn.py中.

## 6.1 align 操作

|  |
| --- |
| **def** main**(**args**):**  **## align作用:**   1. **根据mtcnn输出landmark,把人脸摆正.** 2. **Mtcnn可以对图像先做一个人脸框检测, 输出一个候选的人脸框.这些候选人脸框里去做facenet,缩小范围(满足facenet输入的要求).**   sleep**(**random**.**random**())**  output\_dir **=** os**.**path**.**expanduser**(**args**.**output\_dir**)**  **if** **not** os**.**path**.**exists**(**output\_dir**):**  os**.**makedirs**(**output\_dir**)**  # Store some git revision info in a text file in the log directory  src\_path**,** \_ **=** os**.**path**.**split**(**os**.**path**.**realpath**(**\_\_file\_\_**))**  facenet**.**store\_revision\_info**(**src\_path**,** output\_dir**,** ' '**.**join**(**sys**.**argv**))**  **## 打开lfw数据集(获得数据集描述).**  dataset **=** facenet**.**get\_dataset**(**args**.**input\_dir**)**  **print(**'Creating networks and loading parameters'**)**  **with** tf**.**Graph**().**as\_default**():**  gpu\_options **=** tf**.**GPUOptions**(**per\_process\_gpu\_memory\_fraction**=args.gpu\_memory\_fraction) ## 使用gpu的内存限制(例,值0.1, 则只会使用当前gpu显存的10%).**  sess **=** tf**.**Session**(**config**=**tf**.**ConfigProto**(**gpu\_options**=**gpu\_options**,** log\_device\_placement**=False))**  **## 根据pretrained模型得到mtcnn网路输出.**   1. **Mtcnn的参数. 最小人脸,minsize=20** 2. **Pnet,rnet,onet的nms阈值** 3. **图像金字塔的缩小系数.factor.**   **with** sess**.**as\_default**():**  pnet**,** rnet**,** onet **=** **align.detect\_face.create\_mtcnn(**sess**,** **None)**  minsize **=** 20 # minimum size of face  threshold **=** **[**0.6**,** 0.7**,** 0.7**]** # three steps's threshold  factor **=** 0.709 # scale factor  # Add a random key to the filename to allow alignment using multiple processes  random\_key **=** np**.**random**.**randint**(**0**,** high**=**99999**)**  bounding\_boxes\_filename **=** os**.**path**.**join**(**output\_dir**,** 'bounding\_boxes\_%05d.txt' **%** random\_key**)**  **with** open**(**bounding\_boxes\_filename**,** "w"**)** **as** text\_file**:**  **## 使用mtcnn前数据处理以及mtcnn输出的后处理**   1. 给每一个输入图片,建立一个输出图片(aligned)的文件位置. 2. 输入图片必须是2维或3维的.2维图片要转换(to\_rgb). 3. Random.shuffle可以打乱数据集的顺序(图片的顺序). 4. 涉及到mtcnn输出多张人脸时,根据一个判据来得到最”好”(最大置信)的人脸.   nrof\_images\_total **=** 0  nrof\_successfully\_aligned **=** 0  **if** args**.**random\_order**:**  random**.**shuffle**(**dataset**)**  **for** cls **in** dataset**:**  output\_class\_dir **=** os**.**path**.**join**(**output\_dir**,** cls**.**name**)**  **if** **not** os**.**path**.**exists**(**output\_class\_dir**):**  os**.**makedirs**(**output\_class\_dir**)**  **if** args**.**random\_order**:**  random**.**shuffle**(**cls**.**image\_paths**)**  **for** image\_path **in** cls**.**image\_paths**:**  nrof\_images\_total **+=** 1  filename **=** os**.**path**.**splitext**(**os**.**path**.**split**(**image\_path**)[**1**])[**0**]**  output\_filename **=** os**.**path**.**join**(**output\_class\_dir**,** filename **+** '.png'**)**  **print(**image\_path**)**  **if** **not** os**.**path**.**exists**(**output\_filename**):**  **try:**  img **=** misc**.**imread**(**image\_path**)**  **except** **(**IOError**,** ValueError**,** IndexError**)** **as** e**:**  errorMessage **=** '{}: {}'**.**format**(**image\_path**,** e**)**  **print(**errorMessage**)**  **else:**  **if** img**.**ndim **<** 2**:**  **print(**'Unable to align "%s"' **%** image\_path**)**  text\_file**.**write**(**'%s\n' **%** **(**output\_filename**))**  **continue**  **if** img**.**ndim **==** 2**:**  img **=** facenet**.to\_rgb(**img**)**  img **=** img**[:,** **:,** 0**:**3**]**  bounding\_boxes**,** \_ **=** [**align.detect\_face.detect\_face**](#_6.3_何为detect_face)**(**img**,** minsize**,** pnet**,** rnet**,** onet**,** threshold**,** factor**)**  nrof\_faces **=** bounding\_boxes**.**shape**[**0**]**    **## 当mtcnn输出多张人脸时, 涉及一个评判标准(类似nms的筛选机制).**   1. **人脸框越大越有信心** 2. **人脸框距离图片中心越小越有信心.** 3. **输出判据最大的那个人脸.** 4. ***np.argmax(bounding\_box\_size - offset\_dist\_squared \* 2.0)***   **if** nrof\_faces **>** 0**:**  det **=** bounding\_boxes**[:,** 0**:**4**]**  img\_size **=** np**.**asarray**(**img**.**shape**)[**0**:**2**]**  **if** nrof\_faces **>** 1**:**  bounding\_box\_size **=** **(**det**[:,** 2**]** **-** det**[:,** 0**])** **\*** **(**det**[:,** 3**]** **-** det**[:,** 1**])**  img\_center **=** img\_size **/** 2  offsets **=** np**.**vstack**([(**det**[:,** 0**]** **+** det**[:,** 2**])** **/** 2 **-** img\_center**[**1**],** **(**det**[:,** 1**]** **+** det**[:,** 3**])** **/** 2 **-** img\_center**[**0**]])**  offset\_dist\_squared **=** np**.**sum**(**np**.**power**(**offsets**,** 2.0**),** 0**)**  index **=** np**.**argmax**(**bounding\_box\_size **-** offset\_dist\_squared **\*** 2.0**)** # some extra weight on the centering  det **=** det**[**index**,** **:]**  det **=** np**.**squeeze**(**det**)**  bb **=** np**.**zeros**(**4**,** dtype**=**np**.**int32**)**  #print(det[0], det[1], det[2], det[3])  bb**[**0**]** **=** np**.**maximum**(**det**[**0**]** **-** args**.**margin **/** 2**,** 0**)**  bb**[**1**]** **=** np**.**maximum**(**det**[**1**]** **-** args**.**margin **/** 2**,** 0**)**  bb**[**2**]** **=** np**.**minimum**(**det**[**2**]** **+** args**.**margin **/** 2**,** img\_size**[**1**])**  bb**[**3**]** **=** np**.**minimum**(**det**[**3**]** **+** args**.**margin **/** 2**,** img\_size**[**0**])**  #print(bb)  cropped **=** img**[**bb**[**1**]:**bb**[**3**],** bb**[**0**]:**bb**[**2**],** **:]**  scaled **=** misc**.**imresize**(**cropped**,** **(**args**.**image\_size**,** args**.**image\_size**),** interp**=**'bilinear'**)**  nrof\_successfully\_aligned **+=** 1  misc**.**imsave**(**output\_filename**,** scaled**)**  text\_file**.**write**(**'%s %d %d %d %d\n' **%** **(**output\_filename**,** bb**[**0**],** bb**[**1**],** bb**[**2**],** bb**[**3**]))**  **else:**  **print(**'Unable to align "%s"' **%** image\_path**)**  text\_file**.**write**(**'%s\n' **%** **(**output\_filename**))**  **print(**'Total number of images: %d' **%** nrof\_images\_total**)**  **print(**'Number of successfully aligned images: %d' **%** nrof\_successfully\_aligned**)** |

## 6.2 understanding align\_datset\_mtcnn.py

1. 区别于传统的”align”含义. 没有依据landmark去做人脸的”摆正”操作.

2. 对于一副原图, 利用matcnn的检测,把人脸框crop出来.

3. facenet需要的图尺寸是160x160的,上一步crop出的人脸框是参差不齐的.需要resize到期望尺寸(160x160). 这个crop, resize的过程,在这里称为”align”

## 6.3 何为detect\_face

### 6.3.1 understanding 装饰器(decorator)

|  |  |
| --- | --- |
| **def** layer**(**op**):**  **## 起到动态装饰器作用.**   1. **下面由layer修饰(会被包裹)的函数, 都要被layer的layer\_decorated函数包裹(形成包含)** 2. **类似如下的修饰作用(对函数的包裹).**  |  | | --- | | *@def1*  *@def2***(**arg1**,**arg2**)**  **def** test**(**aug**):**  **pass**  其展开如下：  def1(def2(arg1,arg2)(test(aug))) |   '''Decorator for composable network layers.'''  **def** layer\_decorated**(**self**,** **\***args**,** **\*\***kwargs**):**  # Automatically set a name if not provided.  name **=** kwargs**.**setdefault**(**'name'**,** self**.**get\_unique\_name**(**op**.**\_\_name\_\_**))**  # Figure out the layer inputs.  **if** len**(**self**.**terminals**)** **==** 0**:**  **raise** RuntimeError**(**'No input variables found for layer %s.' **%** name**)**  **elif** len**(**self**.**terminals**)** **==** 1**:**  layer\_input **=** self**.**terminals**[**0**] ## 拿到该层的输入**  **else:**  layer\_input **=** list**(**self**.**terminals**)**  # Perform the operation and get the output.  **## op是”被包裹”的函数(一般是tf.nn.add等)的操作.**  layer\_output **=** **op(**self**,** layer\_input**,** **\***args**,** **\*\***kwargs**)**  # Add to layer LUT.  **self.layers[name] = layer\_output**  # This output is now the input for the next layer.  self**.**feed**(**layer\_output**)**  # Return self for chained calls.  **return** self  **return** layer\_decorated |

被”修饰器”(包裹)实例

|  |
| --- |
| *@layer*  **def** conv**(**self**,**  inp**,**  k\_h**,**  k\_w**,**  c\_o**,**  s\_h**,**  s\_w**,**  name**,**  relu**=True,**  padding**=**'SAME'**,**  group**=**1**,**  biased**=True):**  # Verify that the padding is acceptable  self**.**validate\_padding**(**padding**)**  # Get the number of channels in the input  c\_i **=** int**(**inp**.**get\_shape**()[-**1**])**  # Verify that the grouping parameter is valid  **assert** c\_i **%** group **==** 0  **assert** c\_o **%** group **==** 0  # Convolution for a given input and kernel  convolve **=** **lambda** i**,** k**:** tf**.**nn**.**conv2d**(**i**,** k**,** **[**1**,** s\_h**,** s\_w**,** 1**],** padding**=**padding**)**  **with** tf**.**variable\_scope**(**name**)** **as** scope**:**  kernel **=** self**.**make\_var**(**'weights'**,** shape**=[**k\_h**,** k\_w**,** c\_i **//** group**,** c\_o**])**  # This is the common-case. Convolve the input without any further complications.  output **=** convolve**(**inp**,** kernel**)**  # Add the biases  **if** biased**:**  biases **=** self**.**make\_var**(**'biases'**,** **[**c\_o**])**  output **=** tf**.**nn**.**bias\_add**(**output**,** biases**)**  **if** relu**:**  # ReLU non-linearity  output **=** tf**.**nn**.**relu**(**output**,** name**=**scope**.**name**)**  **return** output |

6.4 如何配置网络流(网路输入输出)

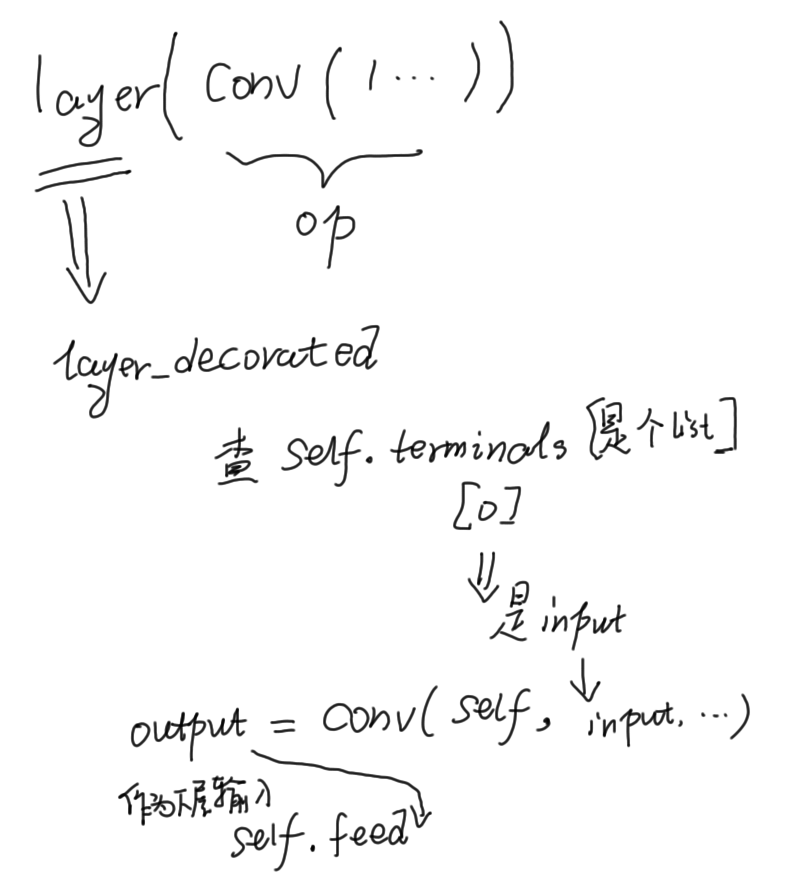
#### Pnet输入

|  |
| --- |
| **def** feed**(**self**,** **\***args**):**  **## 喂给网络输入.**   1. **网络的所有输出都会存在self.terminals中** 2. **Self.terminals是个list** 3. **Self.terminals[0]是整个网络的input.** 4. **Self.terminals[i]是第i层单元(conv或者relu)的输出,也是第i+1层单元的输入.** 5. **从layers中取出对应tensor, 放到self.terminals中.** 6. **layers是”字典”(?)**   '''Set the input(s) for the next operation by replacing the terminal nodes.  The arguments can be either layer names or the actual layers.  '''  **assert** len**(**args**)** **!=** 0  self**.**terminals **=** **[]**  **for** fed\_layer **in** args**:**  **if** isinstance**(**fed\_layer**,** string\_types**):**  **try:**  fed\_layer **=** **self.layers[**fed\_layer**]**  **except** KeyError**:**  **raise** KeyError**(**'Unknown layer name fed: %s' **%** fed\_layer**)**  **self.terminals.append(**fed\_layer**)**  **return** self |

#### Pnet输出

|  |
| --- |
| **def** layer\_decorated**(**self**,** **\***args**,** **\*\***kwargs**):**  # Automatically set a name if not provided.  name **=** kwargs**.**setdefault**(**'name'**,** self**.**get\_unique\_name**(**op**.**\_\_name\_\_**))**  # Figure out the layer inputs.  **if** len**(**self**.**terminals**)** **==** 0**:**  **raise** RuntimeError**(**'No input variables found for layer %s.' **%** name**)**  **elif** len**(**self**.**terminals**)** **==** 1**:**  layer\_input **=** self**.**terminals**[**0**] ## 拿到该层的输入**  **else:**  layer\_input **=** list**(**self**.**terminals**)**  # Perform the operation and get the output.  **## op是”被包裹”的函数(一般是tf.nn.add等)的操作.**  layer\_output **=** **op(**self**,** layer\_input**,** **\***args**,** **\*\***kwargs**)**  # Add to layer LUT.  **self.layers[name] = layer\_output ## 更新输出为下一层的输入.**  # This output is now the input for the next layer.  self**.**feed**(**layer\_output**)**  # Return self for chained calls.  **return** self |

#### 动态修饰器下的Pnet网络简图



### 6.3.2 理解detect\_face

|  |
| --- |
| **def** detect\_face**(**img**,** minsize**,** pnet**,** rnet**,** onet**,** threshold**,** factor**):**  # im: input image  # minsize: minimum of faces' size  # pnet, rnet, onet: caffemodel  # threshold: threshold=[th1 th2 th3], th1-3 are three steps's threshold  # fastresize: resize img from last scale (using in high-resolution images) if fastresize==true  ## **分成几个步骤**   1. **图像金字塔的生成(预处理) 以VGA的图为例.** 2. **Minsize是最小人脸,20.** 3. **基础系数m为12/20** 4. **多层金字塔参数表现为:**      1. **利用scales生成新的h’,w’的尺寸(此时仅仅是尺寸生成了)** 2. **利用h’,w’的尺寸在原图img中resample(此时生成数据)** 3. **然后归一化.** 4. **最后对h’,w’的img’做一个转置** 5. **从RGB 转置成GRB.** 6. **RGB可以认为是img’\_x** 7. **GRB就是img’\_y**   factor\_count**=**0  total\_boxes**=**np**.**empty**((**0**,**9**))**  points**=[]**  h**=**img**.**shape**[**0**]**  w**=**img**.**shape**[**1**]**  minl**=**np**.**amin**([**h**,** w**])**  m**=**12.0**/**minsize  minl**=**minl**\***m  # creat scale pyramid  scales**=[]**  **while** minl**>=**12**:**  scales **+=** **[**m**\***np**.**power**(**factor**,** factor\_count**)]**  minl **=** minl**\***factor  factor\_count **+=** 1  # first stage  **for** j **in** range**(**len**(**scales**)):**  scale**=**scales**[**j**]**  hs**=**int**(**np**.**ceil**(**h**\***scale**))**  ws**=**int**(**np**.**ceil**(**w**\***scale**))**  im\_data **=** imresample**(**img**,** **(**hs**,** ws**))**  im\_data **=** **(**im\_data**-**127.5**)\***0.0078125  img\_x **=** np**.**expand\_dims**(**im\_data**,** 0**)**  img\_y **=** np**.**transpose**(**img\_x**,** **(**0**,**2**,**1**,**3**))**  out **=** pnet**(**img\_y**)**  out0 **=** np**.**transpose**(**out**[**0**],** **(**0**,**2**,**1**,**3**))**  out1 **=** np**.**transpose**(**out**[**1**],** **(**0**,**2**,**1**,**3**))**    boxes**,** \_ **=** **generateBoundingBox(**out1**[**0**,:,:,**1**].**copy**(),** out0**[**0**,:,:,:].**copy**(),** scale**,** threshold**[**0**])**    # inter-scale nms  pick **=** **nms(**boxes**.**copy**(),** 0.5**,** 'Union'**)**  **if** boxes**.**size**>**0 **and** pick**.**size**>**0**:**  boxes **=** boxes**[**pick**,:]**  total\_boxes **=** np**.**append**(**total\_boxes**,** boxes**,** axis**=**0**)**  **## pnet推断的后处理**   1. **需要nms剔除重叠框**   numbox **=** total\_boxes**.**shape**[**0**]**  **if** numbox**>**0**:**  pick **=** **nms(**total\_boxes**.**copy**(),** 0.7**,** 'Union'**)**  total\_boxes **=** total\_boxes**[**pick**,:]**  regw **=** total\_boxes**[:,**2**]-**total\_boxes**[:,**0**] ## 是w**  regh **=** total\_boxes**[:,**3**]-**total\_boxes**[:,**1**] ## y2-y1是H**  qq1 **=** total\_boxes**[:,**0**]+total\_boxes[:,5]\***regw  qq2 **=** total\_boxes**[:,**1**]+**total\_boxes**[:,**6**]\***regh  qq3 **=** total\_boxes**[:,**2**]+**total\_boxes**[:,**7**]\***regw  qq4 **=** total\_boxes**[:,**3**]+**total\_boxes**[:,**8**]\***regh  total\_boxes **=** np**.**transpose**(**np**.**vstack**([**qq1**,** qq2**,** qq3**,** qq4**,** total\_boxes**[:,**4**]]))**  total\_boxes **=** rerec**(**total\_boxes**.**copy**())**  total\_boxes**[:,**0**:**4**]** **=** np**.**fix**(**total\_boxes**[:,**0**:**4**]).**astype**(**np**.**int32**)**  dy**,** edy**,** dx**,** edx**,** y**,** ey**,** x**,** ex**,** tmpw**,** tmph **=** pad**(**total\_boxes**.**copy**(),** w**,** h**)**  numbox **=** total\_boxes**.**shape**[**0**]**  **if** numbox**>**0**:**  # second stage  tempimg **=** np**.**zeros**((**24**,**24**,**3**,**numbox**))**  **for** k **in** range**(**0**,**numbox**):**  tmp **=** np**.**zeros**((**int**(**tmph**[**k**]),**int**(**tmpw**[**k**]),**3**))**  tmp**[**dy**[**k**]-**1**:**edy**[**k**],**dx**[**k**]-**1**:**edx**[**k**],:]** **=** img**[**y**[**k**]-**1**:**ey**[**k**],**x**[**k**]-**1**:**ex**[**k**],:]**  **if** tmp**.**shape**[**0**]>**0 **and** tmp**.**shape**[**1**]>**0 **or** tmp**.**shape**[**0**]==**0 **and** tmp**.**shape**[**1**]==**0**:**  tempimg**[:,:,:,**k**]** **=** imresample**(**tmp**,** **(**24**,** 24**))**  **else:**  **return** np**.**empty**()**  tempimg **=** **(**tempimg**-**127.5**)\***0.0078125  tempimg1 **=** np**.**transpose**(**tempimg**,** **(**3**,**1**,**0**,**2**))**  out **=** rnet**(**tempimg1**)**  out0 **=** np**.**transpose**(**out**[**0**])**  out1 **=** np**.**transpose**(**out**[**1**])**  score **=** out1**[**1**,:]**  ipass **=** np**.**where**(**score**>**threshold**[**1**])**  total\_boxes **=** np**.**hstack**([**total\_boxes**[**ipass**[**0**],**0**:**4**].**copy**(),** np**.**expand\_dims**(**score**[**ipass**].**copy**(),**1**)])**  mv **=** out0**[:,**ipass**[**0**]]**  **if** total\_boxes**.**shape**[**0**]>**0**:**  pick **=** nms**(**total\_boxes**,** 0.7**,** 'Union'**)**  total\_boxes **=** total\_boxes**[**pick**,:]**  total\_boxes **=** bbreg**(**total\_boxes**.**copy**(),** np**.**transpose**(**mv**[:,**pick**]))**  total\_boxes **=** rerec**(**total\_boxes**.**copy**())**  numbox **=** total\_boxes**.**shape**[**0**]**  **if** numbox**>**0**:**  # third stage  total\_boxes **=** np**.**fix**(**total\_boxes**).**astype**(**np**.**int32**)**  dy**,** edy**,** dx**,** edx**,** y**,** ey**,** x**,** ex**,** tmpw**,** tmph **=** pad**(**total\_boxes**.**copy**(),** w**,** h**)**  tempimg **=** np**.**zeros**((**48**,**48**,**3**,**numbox**))**  **for** k **in** range**(**0**,**numbox**):**  tmp **=** np**.**zeros**((**int**(**tmph**[**k**]),**int**(**tmpw**[**k**]),**3**))**  tmp**[**dy**[**k**]-**1**:**edy**[**k**],**dx**[**k**]-**1**:**edx**[**k**],:]** **=** img**[**y**[**k**]-**1**:**ey**[**k**],**x**[**k**]-**1**:**ex**[**k**],:]**  **if** tmp**.**shape**[**0**]>**0 **and** tmp**.**shape**[**1**]>**0 **or** tmp**.**shape**[**0**]==**0 **and** tmp**.**shape**[**1**]==**0**:**  tempimg**[:,:,:,**k**]** **=** imresample**(**tmp**,** **(**48**,** 48**))**  **else:**  **return** np**.**empty**()**  tempimg **=** **(**tempimg**-**127.5**)\***0.0078125  tempimg1 **=** np**.**transpose**(**tempimg**,** **(**3**,**1**,**0**,**2**))**  **out = onet(tempimg1)**  out0 **=** np**.**transpose**(**out**[**0**])**  out1 **=** np**.**transpose**(**out**[**1**])**  out2 **=** np**.**transpose**(**out**[**2**])**  score **=** out2**[**1**,:]**  points **=** out1  ipass **=** np**.**where**(**score**>**threshold**[**2**])**  points **=** points**[:,**ipass**[**0**]]**  total\_boxes **=** np**.**hstack**([**total\_boxes**[**ipass**[**0**],**0**:**4**].**copy**(),** np**.**expand\_dims**(**score**[**ipass**].**copy**(),**1**)])**  mv **=** out0**[:,**ipass**[**0**]]**  w **=** total\_boxes**[:,**2**]-**total\_boxes**[:,**0**]+**1  h **=** total\_boxes**[:,**3**]-**total\_boxes**[:,**1**]+**1  points**[**0**:**5**,:]** **=** np**.**tile**(**w**,(**5**,** 1**))\***points**[**0**:**5**,:]** **+** np**.**tile**(**total\_boxes**[:,**0**],(**5**,** 1**))-**1  points**[**5**:**10**,:]** **=** np**.**tile**(**h**,(**5**,** 1**))\***points**[**5**:**10**,:]** **+** np**.**tile**(**total\_boxes**[:,**1**],(**5**,** 1**))-**1  **if** total\_boxes**.**shape**[**0**]>**0**:**  total\_boxes **=** bbreg**(**total\_boxes**.**copy**(),** np**.**transpose**(**mv**))**  pick **=** nms**(**total\_boxes**.**copy**(),** 0.7**,** 'Min'**)**  total\_boxes **=** total\_boxes**[**pick**,:]**  points **=** points**[:,**pick**]**    **return** total\_boxes**,** points |