林禹臣 5140309507

December 15, 2015（Week 14）

电类工程导论C 实验报告

——SIFT算法

目录页

1. 引言

2. 实验环境

3. 实验过程

3.1.获取不同尺度的图像

3.2.计算特征点（角点）

3.3.SIFT 描述子计算的预备工作

3.4.计算 SIFT 描述子

3.5.比较两个描述子

3.6.可视化

4. 成果展示

5. 总结

6. 参考

7. 源代码

1. 引言

在这次的实验里，我主要完成了自己实现简易SIFT算法。主要步骤有利用角点检测、计算主梯度方向，坐标系转换，SIFT 描述子计算，SIFT算子比较，结果连线显示等步骤。

2. 实验环境

Mac OS X 10.11.2 + opencv 2.4.12 + numpy1.10.1 + Python 2.7.10 (64bit)

3. 实验过程

3.1.获取不同尺度的图像

首先对于不同尺度的图像，我们要进行归一，这一步里，我利用了cv2.resize函数来实现图像的放缩，但是具体的比例还需要自己通过实验试出来。

代码如下：

```
def getResizedImg(ori,scale):
    x = int(ori.shape[0]*scale)
    y = int(ori.shape[1]*scale)
    return cv2.resize(ori,(x,y))
```

3.2.计算特征点（角点）

在确定了尺度之后，我们要对图像进行特征点的选取，这一步也叫角点检测，这里主要利用的 Harris 的角点检测方法，函数是利用了cv2自带的 goodFeaturesToTrack 函数，这个函数可以返回规定数目的最好的特征点。不过返回格式有点奇怪，不太好用，需要转换成一个关于点的list 形式才可以方便的进行调用和使用，此部分代码如下：

```
#获得特征点
goodFeatureTemp = cv2.goodFeaturesToTrack(img,100,0.01,5)
goodFeatures = []
#转换格式为 list
for gf in goodFeatureTemp:
    goodFeatures.append((int(gf[0][0]),int(gf[0][1])))
```

3.3.SIFT 描述子计算的预备工作

3.3.1.计算每个特征点的主梯度方向

计算主梯度方向的原理其实就是直方图投票的原理，我们把一个圆周360度划分为36个块，然后计算每个块里的总梯度强度，找到最强的那一个块，然后取中值作为主方向。

代码如下，im 表示图片矩阵，f 是一个特征点。

```
#计算主梯度方向
def getMainDirection(im,f):
    Hist = [0]*36
    fx = int(f[0]); fy=int(f[1]);
    R = 8
    for x in range(fx-R,fx+R+1):
        for y in range(fy-R,fy+R+1):
            if not isValid(im,x,y):
                continue
            Theta = getTheta(im,x,y)
            M = getIntension(im,x,y)
            ind = Theta/10
            if(ind==36): ind = 0;
            Hist[ind] += M

    maxTheta = 0
    for ind in range(36):
        if(Hist[ind]>maxTheta):#比当前的主方向的强度大
            maxTheta = ind*10+5 #取中值代表主方向
    return maxTheta
```

计算过程中涉及到对某一个点求梯度强度和梯度方向的过程，一开始我想先对所有的点都进行计算，后来发现这样很慢，而且浪费了时间，因为真正需要计算的只有特征点和特征点邻域内的点，这个数量远远小于所有的点的个数。

所以我是每次单独地去计算强度和方向。

代码如下，注意 hypot函数和 atan2函数的利用，还要记得最后要+pi 因为返回值是-pi 到 pi 的，不方便计算。

```
#获取梯度强度
def getIntension(im,x,y):
    x = int(x); y = int(y);
    dx = int(im[x+1,y])-int(im[x-1,y])
    dy = int(im[x,y+1])-int(im[x,y-1])
    return math.hypot(dx,dy)
#获取梯度方向
def getTheta(im,x,y):
    x = int(x); y = int(y);
    dx = int(im[x+1,y])-int(im[x-1,y])
    dy = int(im[x,y+1])-int(im[x,y-1])
    return int(math.atan2(dy,dx)*180/math.pi+180)
```

3.3.2.根据主梯度方向进行坐标系变换

根据公式:

$$\begin{pmatrix}\hat{x}\\ \hat{y}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\cos\theta & -\sin\theta\\ \sin\theta & \cos\theta\end{pmatrix}\times\begin{pmatrix}x\\ y\end{pmatrix}$$

我们可以得到转换坐标的函数如下:

```
def convertX(x,y,x0,sinDir,cosDir):
    return int(x * cosDir - y*sinDir + x0)

def convertY(x,y,y0,sinDir,cosDir):
    return int(x * sinDir + y*cosDir + y0)
```

3.3.3.根据新的坐标系，描述特征点邻域

接下来要对关键点邻域的梯度方向和梯度强度进行记忆性存储，方便后面计算描述符的时候可以加快效率。

```
for f in features:
    fx = int(f[0]); fy=int(f[1]);
    if(not isValid(im,fx,fy)):
        continue
    mainDirection = getMainDirection(im,f)
    dir = mainDirection*math.pi/180.0
    sinDir = math.sin(dir)
    cosDir = math.cos(dir)

    #坐标变换
    for x in range(-8,9):
        for y in range(-8,9):
            rx = convertX(x,y,fx,sinDir,cosDir)
            rx1 = convertX(x-1,y,fx,sinDir,cosDir)
            rx2 = convertX(x+1,y,fx,sinDir,cosDir)

            ry = convertY(x,y,fy,sinDir,cosDir)
            ry1 = convertY(x,y-1,fy,sinDir,cosDir)
            ry2 = convertY(x,y+1,fy,sinDir,cosDir)

            Inten[x][y] = math.hypot((im[rx1,ry]-im[rx2,ry]),
                                     (im[rx,ry1]-im[rx,ry2]))
            Theta[x][y] = math.atan2(im[rx1][ry]-im[rx2][ry],
                                     im[rx][ry1]-im[rx][ry2])
                                     + math.pi + dir


            while Theta[x][y] >= math.pi * 2:
                Theta[x][y] -= math.pi * 2
            while Theta[x][y] < 0:
                Theta[x][y] += 2*math.pi
```

这里的 Inten记录了邻域的梯度强度，Theta 记录了邻域的梯度方向。

3.4.计算 SIFT 描述子

有了之前的铺垫，描述子的计算就非常简洁易懂了，我们只需要对邻域的4*4*16个点记性累计统计即可算出一个128维的描述子，我们这里用 Hist 来记录描述子。

代码如下：

```
#计算描述子

Hist=[]

for i in range(-2,2):
    for j in range(-2,2):
        tmpHist = [0]*8
        for m in range(4):
            for n in range(4):
                xx = i * 4 + m
                yy = j * 4 + n
                tmpHist[int(Theta[xx][yy]/(math.pi/4))] += Inten[xx][yy]

        Hist+=tmpHist
```

这是我一开始的代码，后来发现自己忘了利用插值的方法来提高准确性。所以后来又写了如下函数来实现插值：

```
#计算插值
def insertValue(im,x,y,dir):
    x0 = int(x); y0 = int(y);
    res =  (
            getTheta(im,x0,y0)     *(x0+1-x) *(y0+1-y) +
            getTheta(im,x0+1,y0)   *(x-x0)   *(y0+1-y) +
            getTheta(im,x0,y0+1)   *(x0+1-x) *(y-y0)   +
            getTheta(im,x0+1,y0+1) *(x-x0)   *(y-y0)
            )
    res -= dir
    while res<0: res += 360;
    return res
```

3.5.比较两个描述子

接下来就是查询的过程了，我们输入了两个图片之后，可以先分别对他们提取 SIFT 描述子集合，然后对集合进行双重遍历来算出相似度，然后判断相似度是否超过阈值来判断是否要输出这个点对。这里为了提高效率，也可以使用kd 树的数据结构来进行搜索。

根据公式：

$$d(R_i,S_i)=\sqrt{\sum_{j=1}^{128}(r_{ij}-s_{ij})^2}$$

可以写出如下代码：

```
v_tar,f_t = getSIFTbyURL(url1)
v_i,f_i  = getSIFTbyURL(url2)

res_t = []
res_i = []

for t,vt in enumerate(v_tar):
    for i,vi in enumerate(v_i):
        s = 0
        for ind in range(128):
            s += vt[ind]*vi[ind]
        if(s>0.77):
            res_t.append(f_t[t])
            res_i.append(f_i[i])
```

3.6.可视化

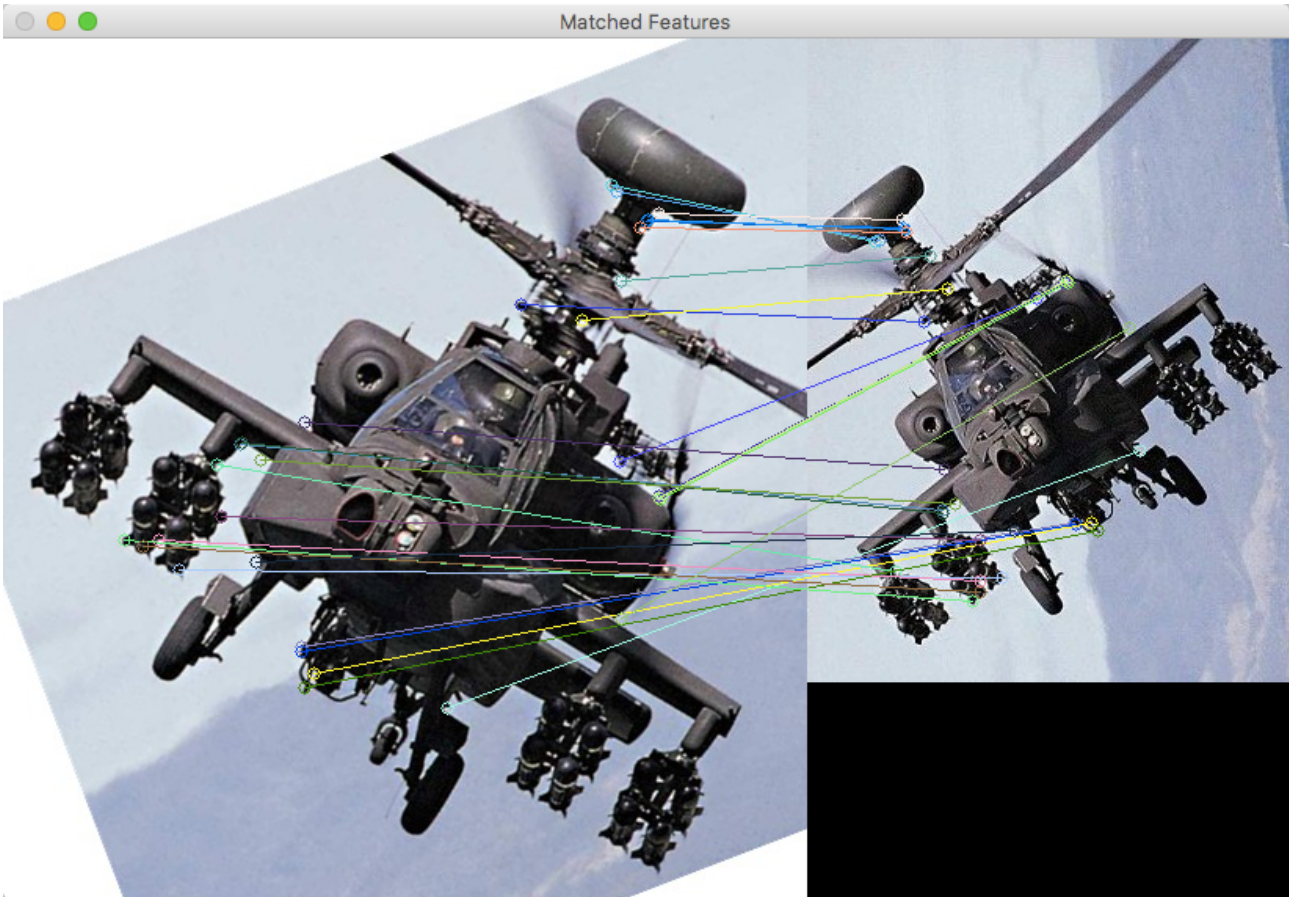
然后我们要对两个 res 的 list 进行可视化，这里我单独写了一个drawMatches来实现这个过程。

为了实现关键点的可视化过程，我创建了一个新的图像矩阵，首选存储这两个图片的彩色图像，然后根据关键点画出线即可，这里线的颜色，是我随机生成的，这样做的目的是为了可以精准的对比关键点的位置。代码如下：

```
def drawMatches(img1, kp1, img2, kp2):
    rows1 = img1.shape[0]
    cols1 = img1.shape[1]
    rows2 = img2.shape[0]
    cols2 = img2.shape[1]
    out = np.zeros((max([rows1,rows2]),cols1+cols2,3), dtype='uint8')
    out[:rows1,:cols1,:] = np.dstack([img1])
    out[:rows2,cols1:cols1+cols2,:] = np.dstack([img2])

    for i in range(len(kp1)):
        (x1,y1) = kp1[i]
        (x2,y2) = kp2[i]
        import random
        b=random.randint(0,255)
        g=random.randint(0,255)
        r=random.randint(0,255)
        color = (b,g,r)
        cv2.circle(out, (int(x1),int(y1)), 4, color, 1)
        cv2.circle(out, (int(x2)+cols1,int(y2)), 4, color, 1)
        cv2.line(out, (int(x1),int(y1)),
                        (int(x2)+cols1,int(y2)), color, 1)
    cv2.imshow('Matched Features', out)
    cv2.waitKey(0)
    cv2.destroyAllWindows()
```

4. 成果展示



（为了精准我特意减少了线条，否则会看不清）

其他的图像，都没有任何地特征匹配，如果放低了阈值的话，确实有会一些，但是很少很少。


Matched Features
QQ20151215-4.png


QQ20151215-6.png

5. 总结

在这次实验中我更加深入的学习了 SIFT 算法的原理和流程，对整体有了一个新的了解，非常感谢这个机会。我会继续在课余时间研究如何把 KD 树结合到查询里来，提高查询速率，并且在算子计算中进行优化。

6. 参考

http://opencv-python-tutroals.readthedocs.org/en/latest/py_tutorials/py_feature2d/py_matcher/py_matcher.html

http://blog.jobbole.com/84227/

7. 代码

```python
#coding=utf8
import cv2
import numpy as np
import sys
import math

#获取梯度强度
def getIntension(im,x,y):
    x = int(x); y = int(y);
    dx = int(im[x+1,y])-int(im[x-1,y])
    dy = int(im[x,y+1])-int(im[x,y-1])
    return math.hypot(dx,dy)
#获取梯度方向
def getTheta(im,x,y):
    x = int(x); y = int(y);
    dx = int(im[x+1,y])-int(im[x-1,y])
    dy = int(im[x,y+1])-int(im[x,y-1])
    return int(math.atan2(dy,dx)*180/math.pi+180)
#判断是否越界
def isValid(im,x,y):
    return (x>=16) and (x<=(im.shape[0]-16)) and
     (y>=16) and (y<=(im.shape[1]-16))

#计算主梯度方向
def getMainDirection(im,f):
    Hist = [0]*36
    fx = int(f[0]); fy=int(f[1]);
    R = 8
    for x in range(fx-R,fx+R+1):
        for y in range(fy-R,fy+R+1):
            if not isValid(im,x,y):
                continue
            Theta = getTheta(im,x,y)
            M = getIntension(im,x,y)
            ind = Theta/10
            if(ind==36): ind = 0;
            Hist[ind] += M
```

```
    maxTheta = 0
    for ind in range(36):
        if(Hist[ind]>maxTheta):#比当前的主方向的强度大
            maxTheta = ind*10+5 #取中值代表主方向
    return maxTheta

#计算插值
def insertValue(im,x,y,dir):
    x0 = int(x); y0 = int(y);
    res =  (
           getTheta(im,x0,y0)     *(x0+1-x) *(y0+1-y) +
           getTheta(im,x0+1,y0)   *(x-x0)   *(y0+1-y) +
           getTheta(im,x0,y0+1)   *(x0+1-x) *(y-y0)   +
           getTheta(im,x0+1,y0+1) *(x-x0)   *(y-y0)
           )
    res -= dir
    while res<0: res += 360;
    return res

def convertX(x,y,x0,sinDir,cosDir):
    return int(x * cosDir - y*sinDir + x0)

def convertY(x,y,y0,sinDir,cosDir):
    return int(x * sinDir + y*cosDir + y0)

def getSIFTVector(im,features):
    siftVec = []

    #定义存储单元
    Inten=[0]*16                # 存储梯度强度
    Theta=[0]*16                # 存储梯度方向
    for i in range(16):
        Inten[i]=[0]*16
        Theta[i]=[0]*16
    final={}                     #128维sift 向量

    for f in features:
        fx = int(f[0]); fy=int(f[1]);
        if(not isValid(im,fx,fy)):
            continue
        mainDirection = getMainDirection(im,f)
        dir = mainDirection*math.pi/180.0
        sinDir = math.sin(dir)
        cosDir = math.cos(dir)

        #坐标变换
        for x in range(-8,9):
            for y in range(-8,9):
                rx = convertX(x,y,fx,sinDir,cosDir)
```

```
            rx1 = convertX(x-1,y,fx,sinDir,cosDir)
            rx2 = convertX(x+1,y,fx,sinDir,cosDir)

            ry = convertY(x,y,fy,sinDir,cosDir)
            ry1 = convertY(x,y-1,fy,sinDir,cosDir)
            ry2 = convertY(x,y+1,fy,sinDir,cosDir)

            Inten[x][y] = math.hypot((im[rx1,ry]-im[rx2,ry]),
                                     (im[rx,ry1]-im[rx,ry2]))
            Theta[x][y] = math.atan2(im[rx1][ry]-im[rx2][ry],
                                    im[rx][ry1]-im[rx][ry2])
                                     + math.pi + dir


            while Theta[x][y] >= math.pi * 2:
                Theta[x][y] -= math.pi * 2
            while Theta[x][y] < 0:
                Theta[x][y] += 2*math.pi

    #计算描述子

    Hist=[]

    for i in range(-2,2):
        for j in range(-2,2):
            tmpHist = [0]*8
            for m in range(4):
                for n in range(4):
                    xx = i * 4 + m
                    yy = j * 4 + n
                    tmpHist[int(Theta[xx][yy]/(math.pi/4))]
                        += Inten[xx][yy]

            Hist+=tmpHist

    sumValue = 0
    #128维向量描述子

    for i in range(128):
        sumValue += Hist[i]**2
    sumValue = math.sqrt(sumValue)
    if(sumValue!=0):
        for x in range(128):
```

```
            for x in range(128):
                Hist[x] /= float(sumValue)
        siftVec.append(Hist)

    return siftVec


def getResizedImg(ori,scale):
    x = int(ori.shape[0]*scale)
    y = int(ori.shape[1]*scale)
    return cv2.resize(ori,(x,y))



def getSIFTbyURL(url,scale=1,mainDirection=0):
    filename = url
    img = cv2.imread(filename,0)
    if(scale!=1):
        img = getResizedImg(img,scale)

    #获得特征点
    goodFeatureTemp = cv2.goodFeaturesToTrack(img,100,0.01,5)
    goodFeatures = []
    #转换格式为 list
    for gf in goodFeatureTemp:
        goodFeatures.append((int(gf[0][0]),int(gf[0][1])))
    vector = getSIFTVector(img,goodFeatures)

    print goodFeatures
    return vector,goodFeatures

def main():
    url1 = 'target.jpg'
    url2 = 'dataset/5.jpg'

    v_tar,f_t = getSIFTbyURL(url1)
    v_i,f_i  = getSIFTbyURL(url2)

    res_t = []
    res_i = []

    for t,vt in enumerate(v_tar):
        for i,vi in enumerate(v_i):
            s = 0
            for ind in range(128):
                s += vt[ind]*vi[ind]
            if(s>0.77):
                res_t.append(f_t[t])
                res_i.append(f_i[i])
```

```
179
180     img1 = cv2.imread(url1)
181     img2 = cv2.imread(url2)
182     drawMatches(img1,res_t,img2,res_i)
183     print res_t
184     print res_i
185
186 def drawMatches(img1, kp1, img2, kp2):
187     rows1 = img1.shape[0]
188     cols1 = img1.shape[1]
189     rows2 = img2.shape[0]
190     cols2 = img2.shape[1]
191     out = np.zeros((max([rows1,rows2]),cols1+cols2,3), dtype='uint8')
192     out[:rows1,:cols1,:] = np.dstack([img1])
193     out[:rows2,cols1:cols1+cols2,:] = np.dstack([img2])
194
195     for i in range(len(kp1)):
196         (x1,y1) = kp1[i]
197         (x2,y2) = kp2[i]
198         import random
199         b=random.randint(0,255)
200         g=random.randint(0,255)
201         r=random.randint(0,255)
202         color = (b,g,r)
203         cv2.circle(out, (int(x1),int(y1)), 4, color, 1)
204         cv2.circle(out, (int(x2)+cols1,int(y2)), 4, color, 1)
205         cv2.line(out, (int(x1),int(y1)),
206                       (int(x2)+cols1,int(y2)), color, 1)
207     cv2.imshow('Matched Features', out)
208     cv2.waitKey(0)
209     cv2.destroyAllWindows()
210
211 main()
```

非常感谢何老师和赵学姐的指导。

林禹臣

yuchenlin@sjtu.edu.cn

5140309507

2015.12.15