作业六

关文聪 2016060601008

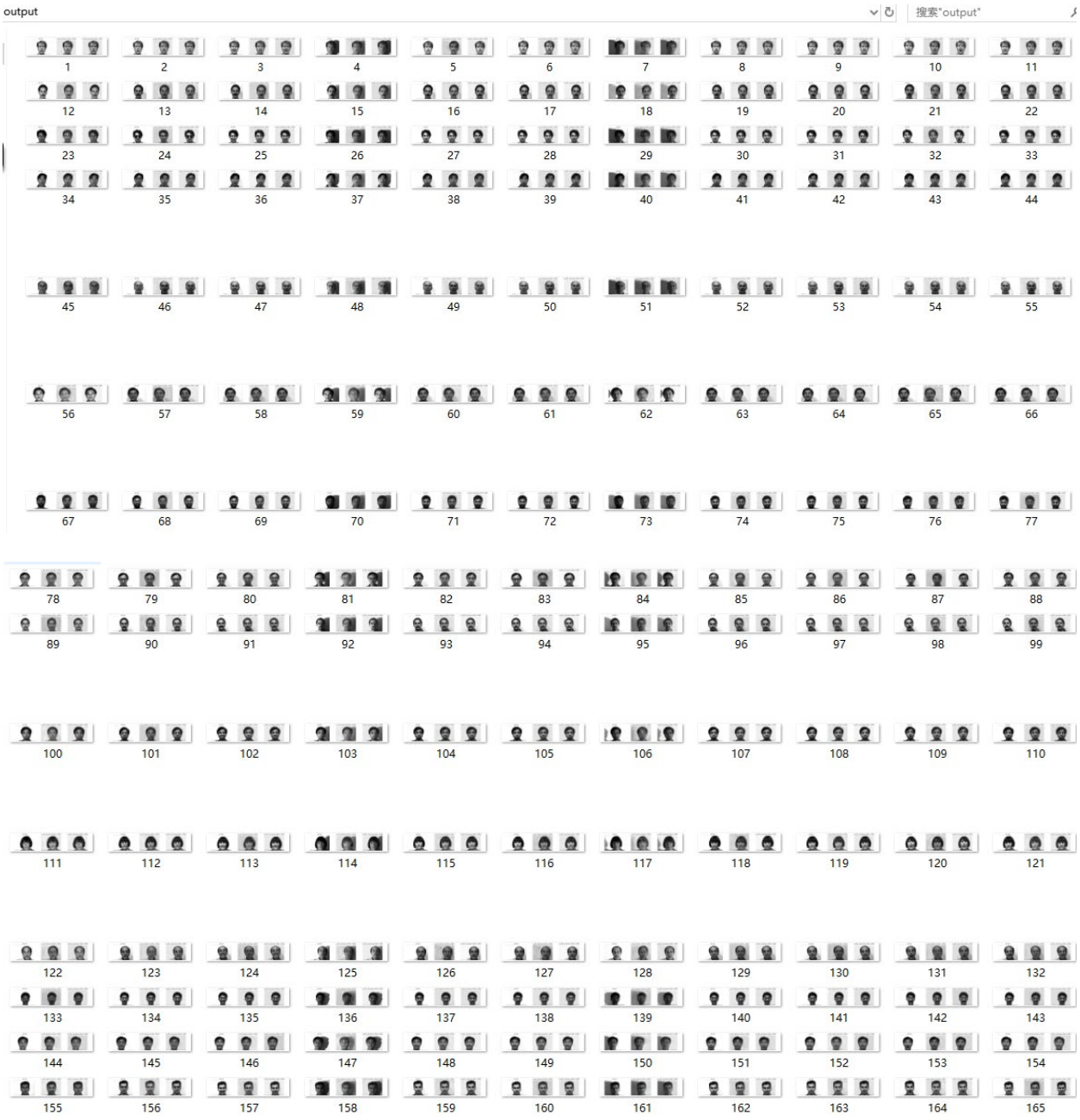
1 使用 PCA 对 Yale 人脸数据集进行降维，并分别观察前 20、前 100 个特征向量所对应的图像。请随机选取 3 张照片来对比效果。数据集 http://vision.ucsd.edu/content/yale-face-database

下载数据集并解压，先设置图片路径，根据路径读取图片的人脸数据，使用矩阵存储读取的数据。设定要保留的特征数量 k 为 20、100，调用 PCA 函数进行主成分分析（PCA）。将得到的结果再输出为图像，与原图进行比较。

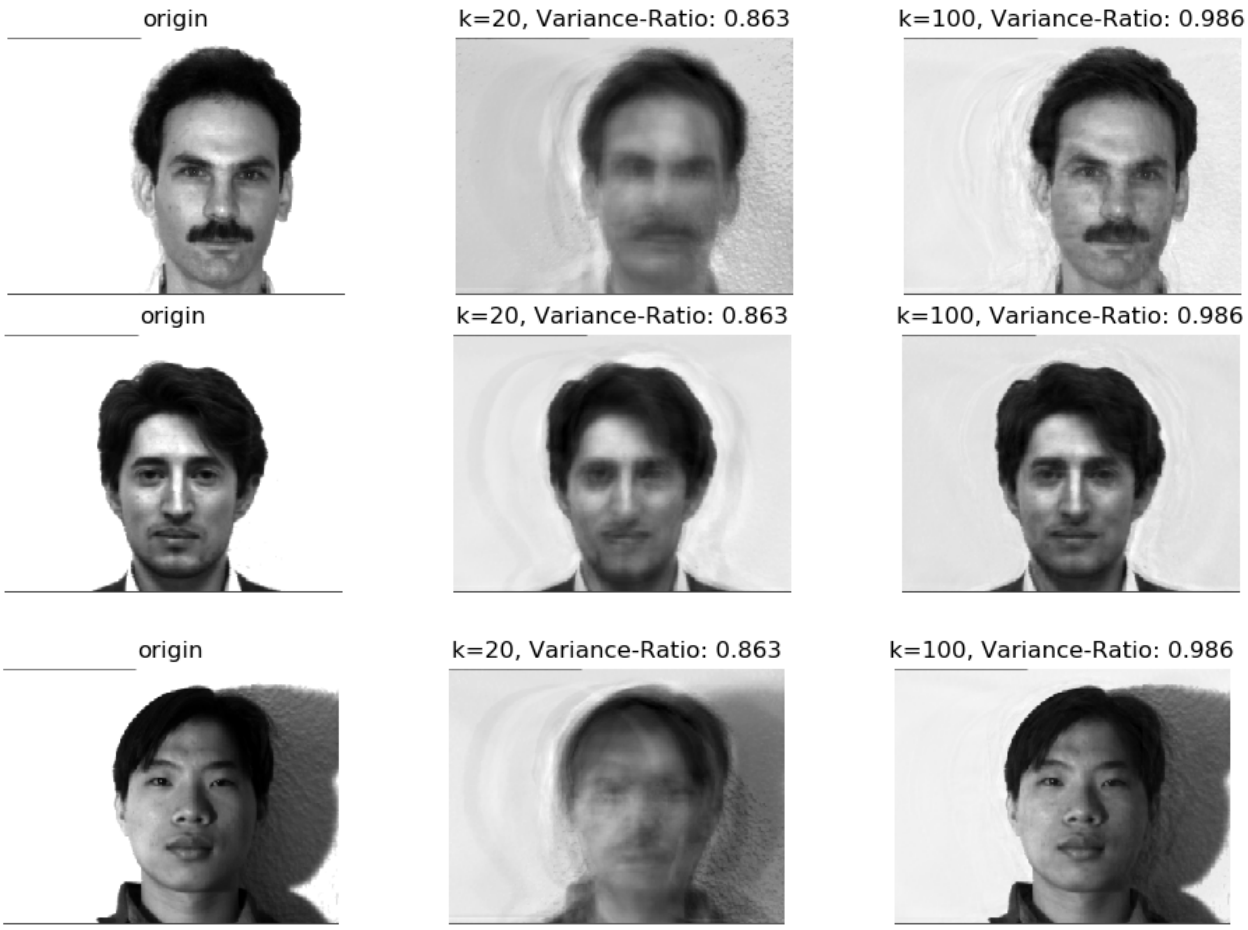
Python 代码：

```
import numpy as np
import scipy.misc as misc
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.decomposition import PCA
import os

# 数据的读取与初始化预处理
path = 'C:\\Users\\Eternity-Myth\\Desktop\\yalefaces'
for dirpath, subdir, file_set in os.walk(path):
    all_img = [path + '\\' + f for f in file_set]  # 保存所有文件的路径
m, n = len(all_img), len(misc.imread(all_img[0]).ravel())  # 行和列的数据
data = np.zeros((m, n))  # 初始化数据为（m,n）形状的矩阵
for i, f in enumerate(all_img):
    img = misc.imread(f).ravel()  # 将每个 2D 图像展平为 1D 阵列
    data[i] = img
```

```
# 对数据进行主成分分析（PCA）处理
data_centered = data - data.mean(axis=0)  # 对所有数据进行中心化
data_centered -= data_centered.mean(axis=1).reshape(m, -1)  # 对所有参数进行中心化
gap = data - data_centered  # 保存数据与中心化处理后的数据之间的关系
k = [20, 100]  # 保留的特征数 k，设定 k 为 20 与 100
pca1, pca2 = PCA(n_components=k[0]), PCA(n_components=k[1])
r_set, im_set = [], []  # 保存每个 pca 的方差比，输出去中心 1D 数组
for pca in [pca1, pca2]:
    lower_data = pca.fit_transform(data_centered)  # 形状是(166,k)
    comp = pca.components_  # 形状是(k,77760)，这是一个稀疏的二维数组
    r_set.append(np.sum(pca.explained_variance_ratio_))
    im_set.append(np.dot(lower_data, comp) + gap)

# 输出处理过后的数据图像
for j in range(1, 166):
    # 原图
    fig, [ax0, ax1, ax2] = plt.subplots(1, 3, figsize=(10, 2.2))
    ax0.imshow(data[j].reshape((243, 320)), cmap=plt.cm.gray)
    ax0.set_title('primal')
    ax0.axis('off')
    # PCA 降维后的图像
    for i, ax in enumerate([ax1, ax2]):
        ax.imshow(im_set[i][j].reshape((243, 320)), cmap=plt.cm.gray)
        ax.set_title('k=%s, Variance-Ratio: %.3f' % (k[i], r_set[i]))
        ax.axis('off')
    plt.subplots_adjust(left=0.02, bottom=0.05, right=0.98, wspace=0)
    plt.savefig(r'C:\\Users\\Eternity-Myth\\Desktop\\output\\' + str(j) + '.png')
```



如图所示，在设置的 output 文件夹下已经生成了对应的输出图像。随机选取 3 张图片对比效果如下：



由对比结果可见，选取 PCA 的特征数越多，图像越清晰、明显，而在特征数不足时，会出现大量阴影轮廓，可以用 pca.explained_variance_ratio_来查看当前选择的最大 k 个特征向量的方差占比，方差占比越大则此特征表征的信息越多。可以发现当 k 从 20 增加到 100 时，选择的 k 个特征的累计方差占比已经接近于 1 了，而相应地，图像的特征已经与原始图像非常接近了。这意味着我们可以用大约 100 维的向量来描述一张原本维数达数万维的图像，可见 PCA 在这样的灰度人脸图像下的降维是非常有效的。