

基于 PCA 的人脸识别

15331191 廖颖泓

一、 实验步骤

算法PCA人脸识别或Eigenfaces人脸识别，采用数据库为剑桥大学ORL人脸数据库，包含40个人的400张人脸图像（每人对应10张），图像为92x112灰度图像（256灰度级）。

1. 对于每个人的10张图像，随机选择7张用来训练，另外3张用于测试。对于每人的7张训练图像，可以将7张训练图像平均后作为一个特征图像再进行PCA特征抽取。

a. 用Matlab函数randperm()生成10个不连续的重复的在1-10范围内的整数，前7个数作为训练序号数组train，后3个数作为测试序号数组test，分别用于选择训练图像和测试图像，从而达到随机的效果。

b. 根据a生成的train数组读取每个人物文件夹相应序号的图像，将图像对应矩阵变成列向量 X_i ，并将这些列向量组合一起得到一个测试矩阵 X 。由于数据库共有40个人的图像文件夹，并选取其中的7张图像，所有共有280张图像，又因为图像大小为92x112，所以生成的 X 矩阵维度为10304x280。矩阵列向量数目 N 为280。

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_N] \quad (N=280)$$

c. 对 X 中的每个列向量 X_i 求均值,得到均值向量 x_{mean} :

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, x_i \in R^d, \bar{x} \in R^d$$

然后用 X 中的每个列向量 X_i 减去 x_{mean} 得到相应的差值矩阵 X :

$$\bar{x}_i = x_i - \bar{x}$$

利用差值矩阵计算协方差矩阵 L :

$$L = X^T X, L \in R^{N \times N}, X = [\bar{x}_1 | \bar{x}_2 | \dots | \bar{x}_N] \in R^{d \times N}$$

d. 用Matlab中的pcacov()函数对协方差矩阵 L 进行主成分分析，返回特征向量矩阵 V 、协方差矩阵 X 的特征值latent和每个特征向量表征在观测量总方差中所占的百分数explained。

$$[V, latent, explained] = pcacov(L);$$

e. 将差值矩阵 X 与特征向量矩阵 V 相乘得到特征脸矩阵 W 。

$$W = X^T V;$$

2. 选择合适的特征维数，建议为50-100；采用2范数最小匹配。

a. 选择适当的特征维数 k ，选择特征脸矩阵 W 中最大的 k 个具有较大特征值的列向量 W 。

$$W = W(:, 1:k);$$

b. 将取过列向量的矩阵 W 的转置与差值矩阵 X 相乘得到训练样本在新坐标基下的表达矩

阵reference。

$$\text{reference} = W^T X;$$

3. 对每个人的另外3张训练图像分别测试，共测试3x40个图像，计算识别系统的正确率 = (识别正确的图像数) / 120。

a. 用1b里的方法读取测试图像，生成的Y矩阵维度为10304x120。矩阵列向量数目M为120。

b. 用1c里的方法生成差值矩阵Y，并将特征脸矩阵W的转置与差值矩阵Y相乘得到测试在新坐标基下的表达矩阵object。

$$\text{object} = W^T Y;$$

c. 用2范数最小匹配寻找和测试矩阵最相近的训练图像:

$$\text{图像序号aim} = \text{argmin}(\text{norm}(\text{object}(:,i) - \text{reference}(:,j), 2));$$

如果匹配得到图像aim与测试图像在用一个文件夹，即在aim模7等于目标测试图像序号模3的值，这说明匹配是正确的，所以识别正确的图像数加一。

d. 计算识别系统的正确率:

$$\text{正确率} = (\text{识别正确的图像数}) / 120。$$

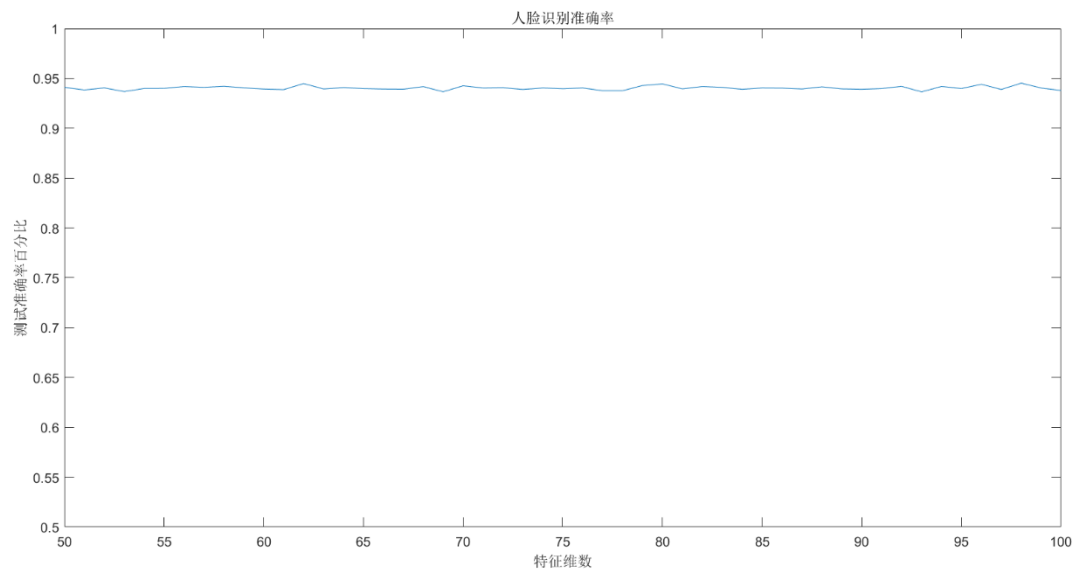
4. 对特征维数50-100进行全面分析，选择特定的特征维数k，计算100个随机样例的平均正确率，绘制相应的性能分析图。

二、 运行说明

1. 如果需要查看一个特定的特征维数的匹配效果，运行文件夹中的Eigenface.m文件，并键入特征维数的参数，得到的是一个正确率结果。由于是随机选取图片，正确率会发生变化。
2. 如果需要查看整个人脸识别算法性能，运行文件夹中的accuracy_analysis.m文件，得到的是一个关于不同特征维数下的正确率结果，采用的统计方法是实验步骤4描述的方法。由于共有51个特征维数和每个特征维数使用100个样例取平均值，计算需要耗费一定的时间。
3. 如果需要查看准确率的结果，打开准确率.bmp文件即可查看。

三、 性能分析

实验步骤4生成性能分析图，即准确率.bmp文件，如下所示:



根据正确率结果，我们可以发现无论特征维数在50-100范围内如何变化，平均正确率都保持在94%的水平。

四、 实验代码

Eigenface.m文件中的代码如下：

```
function accuracy = Eigenfaces(k)
    % k为特征维数
    random = randperm(10);
    train = random(1:7);
    test = random(8:10);
    % 读取人脸训练图像
    X = [];
    for i = 1:40
        for j = 1:7
            temp =
imread(strcat('s',num2str(i),'\',num2str(train(j)),'.pgm'));
            temp = double(temp(:));
            X = [X, temp];
        end
    end
    N = size(X,2);
    % 计算训练图像均值和差值
    xmean = mean(X,2);
    for i = 1:N
        X(:,i) = X(:,i) - xmean;
    end
    L = X' * X;
    % 计算协方差矩阵
    [V, latent, explained] = pcacov(L);
```

```

% 计算特征脸
W = X * V;
W = W(:,1:k);
% 训练样本在新坐标基下的表达矩阵
reference = W' * X;
% 读取人脸测试图像
Y = [];
for i = 1:40
    for j = 1:3
        temp = imread(strcat('s',num2str(i),'\',num2str(test(j)),'.pgm'));
        temp = double(temp(:));
        Y = [Y, temp];
    end
end
M = size(Y,2);
% 计算测试图像均值和差值
ymean = mean(Y,2);
for i = 1:M
    Y(:,i) = Y(:,i) - ymean;
end
object = W'* Y;
% 2范数最小匹配寻找和测试图片最相近的训练图像
correctnum = 0;
for i = 1:M
    distance = 999999999999;
    for j = 1:N
        % 2范数最小匹配
        temp = norm(object(:,i) - reference(:,j), 2);
        if (distance > temp)
            aim = j;
            distance = temp;
        end
    end
    % 如果测试图像与选定训练图像在同一个文件夹则正确数加1
    if ceil(i/3) == ceil(aim/7)
        correctnum = correctnum + 1;
    end
end
% 正确率
accuracy = correctnum / M;

```

accuracy_analysis文件中的代码如下：

```

function accuracy_analysis()
    x = 50:1:100;
    y = [];

```

```
for i = 50:1:100
    temp = [];
    for j = 1:1:100
        accuracy = Eigenfaces(i);
        temp = [temp, accuracy];
    end
    avg = mean(temp);
    y = [y, avg];
end
plot(x,y);
title('人脸识别准确率');
xlabel('特征维数');
ylabel('测试准确率百分比');
axis([50 100 0.50 1.00]);
```