

1 数据集的选择

实验所采用的数据集：[AT&T Facedatabase](https://docs.opencv.org/2.4/modules/contrib/doc/facerec/facerec_tutorial.html#face-database)¹（简称 ATT 数据集）。又称 ORL 人脸数据库，包括 40 个人，每人 10 张照片。

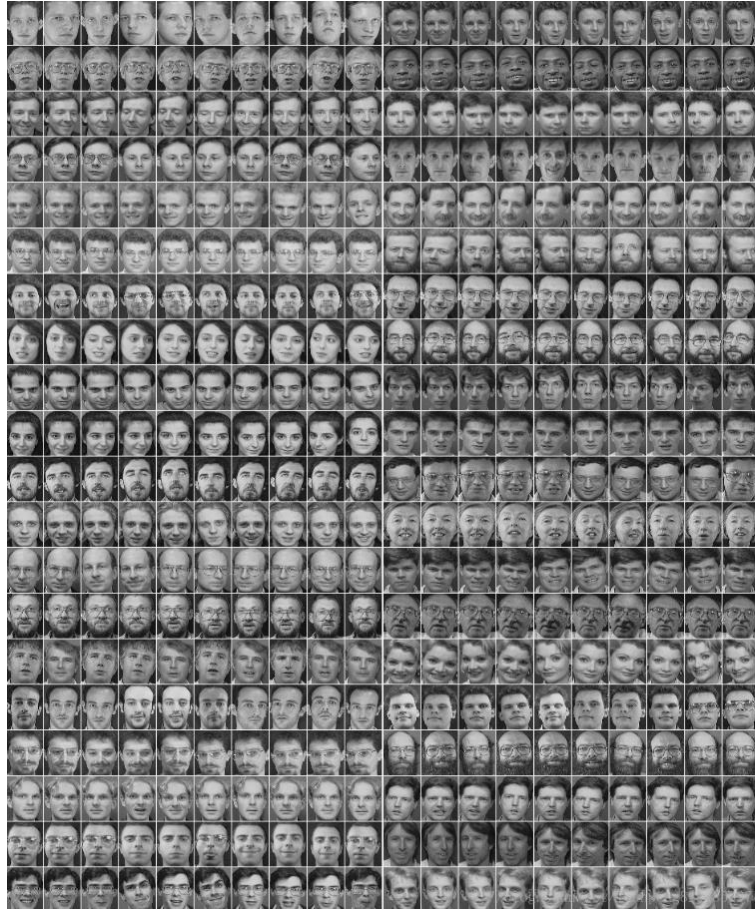


图 1 数据集图示

照片在不同时间、不同光照、不同表情（例如，睁眼闭眼、笑或者不笑）、不同人脸细节（例如，戴眼镜或者不戴眼镜）下采集。所有的图像都在一个黑暗均匀的背景下采集的，正面竖直人脸（例如，有些有或者有些轻微旋转）。数据集详细内容如下表所示：

表 1 数据集信息表

Dataset	Sum	Number of Person	Dimension	
			Height	Width
AT&T	400	40	112	92

2 Eigenface 人脸识别算法结果

2.1 参数设置说明

参数设置：特征值阈值设置为 0.85（选取前 n 个平均特征值 > 0.85 时）

训练数据：每个人选择 3 张进行训练

¹ https://docs.opencv.org/2.4/modules/contrib/doc/facerec/facerec_tutorial.html#face-database

2.2 识别准确率与实验次数的变化图

横轴是实验次数，纵轴是识别的准确率

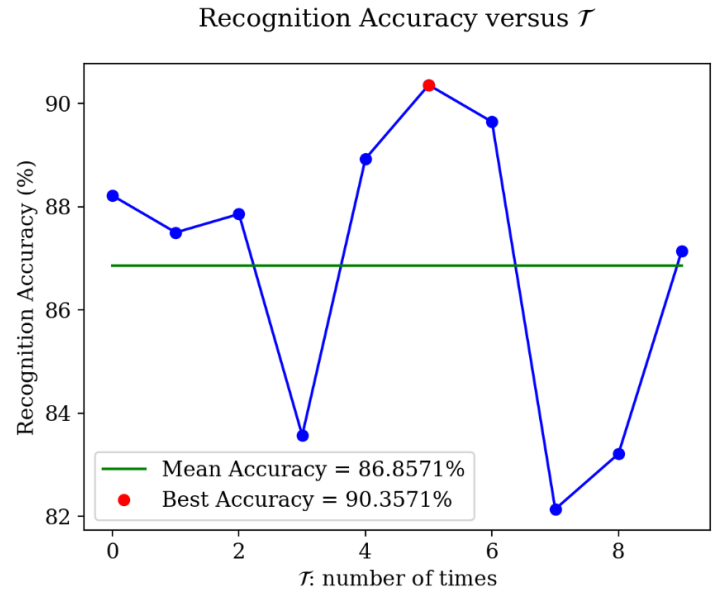


图 2 Eigenface 算法识别率

2.3 运行时间与实验次数对比图

横轴是试验次数，纵轴是执行时间；蓝色与红色线分别表示训练与测试的执行时间的变化率。

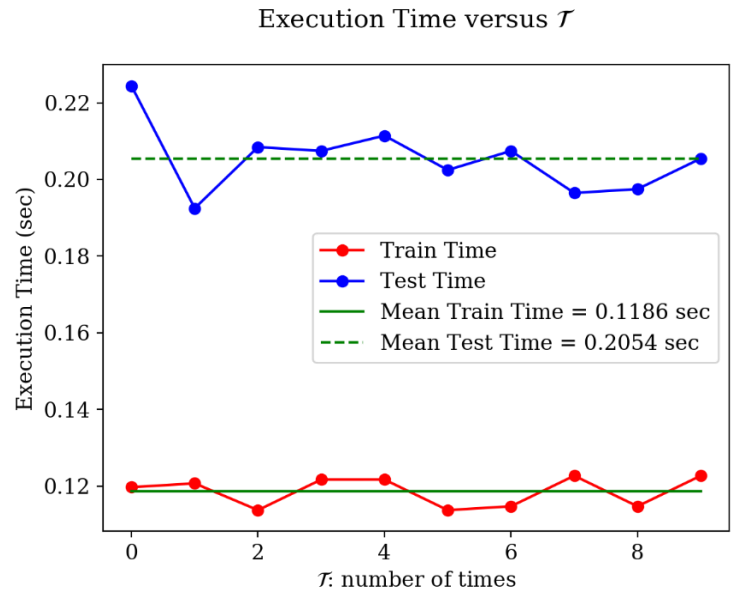


图 3 Eigenface 算法运行时间

2.4 一个协方差矩阵热力图

不同颜色的区域代表不同的信息量，颜色越浅，代表的信息量越大。

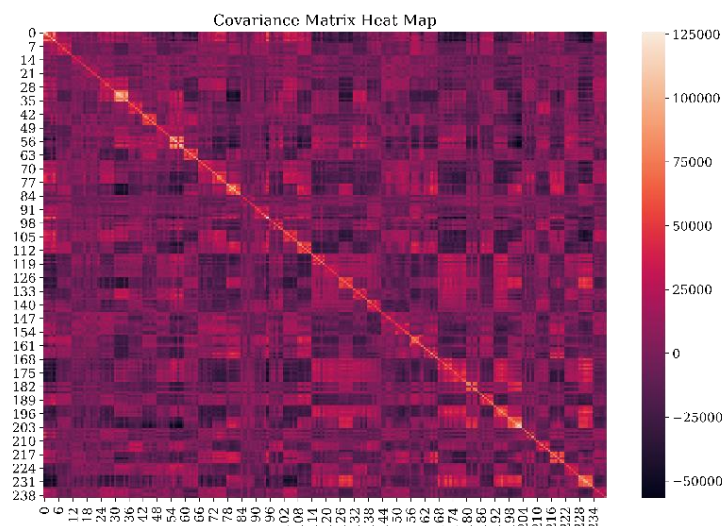


图 4 协方差矩阵热力图

2.5 一个主成分选择结果

我们设置算法的阈值为 0.85，当前边的成分达到阈值后即可抛弃不重要的成分。

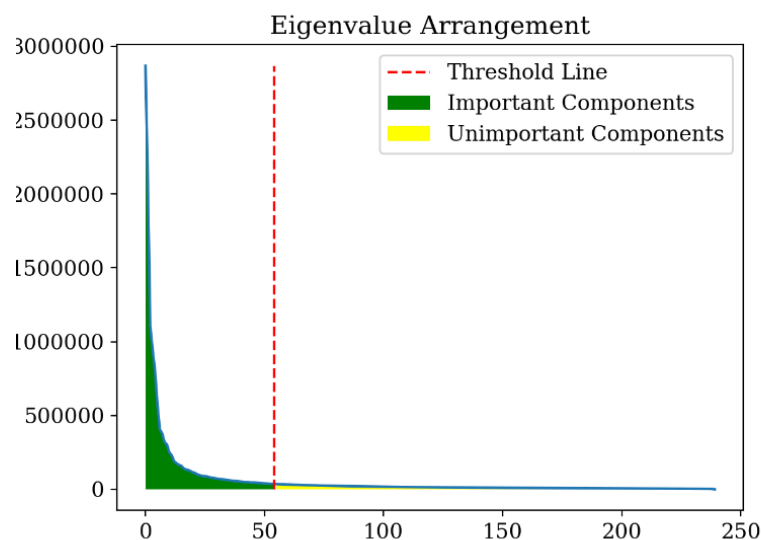


图 5 Eigenface 算法中 PCA 主成分划分图

2.6 汇总结果

表 2 Eigenface 算法实验结果

Times	Execution Time (sec)		Accuracy (%)	Number of Eigenvalues	Train Images (per capita)
	Train	Test			
1	0.1197	0.2244	88.2143	39	3
2	0.1207	0.1925	87.5000	39	3

3	0.1137	0.2084	87.8571	40	3
4	0.1217	0.2074	83.5714	39	3
5	0.1217	0.2114	88.9286	41	3
6	0.1137	0.2025	90.3571	40	3
7	0.1147	0.2074	89.6429	41	3
8	0.1227	0.1965	82.1429	39	3
9	0.1147	0.1975	83.2143	39	3
10	0.1227	0.2055	87.1429	40	3
Average	0.1186	0.2054	86.8571	39.7000	3

3 Fisherface 人脸识别算法结果

3.1 参数设置说明

参数设置：特征值阈值设置为 0.85（选取前 n 个平均特征值 > 0.85 时）

训练数据：每个人选择 3 张进行训练

3.2 识别准确率与实验次数的变化图

横轴是实验次数，纵轴是识别的准确率

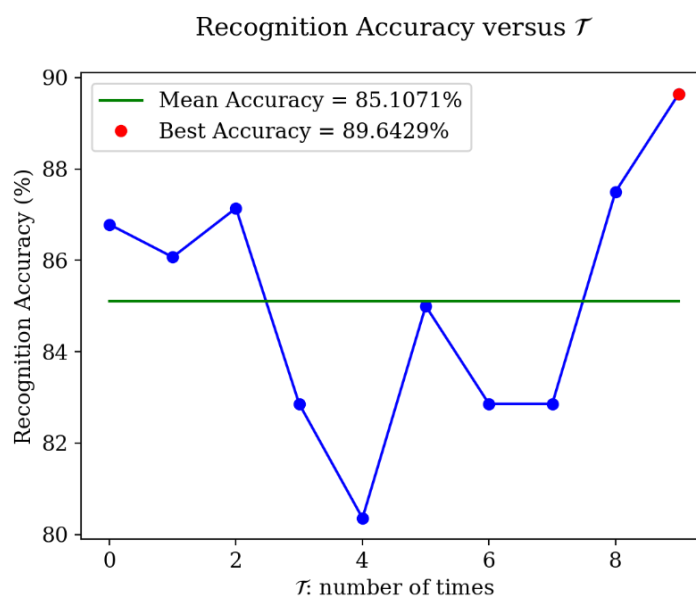


图 6 Fisherface 识别率

3.3 运行时间与实验次数对比图

横轴是试验次数，纵轴是执行时间；蓝色与红色线分别表示训练与测试的执行时间的变化率。

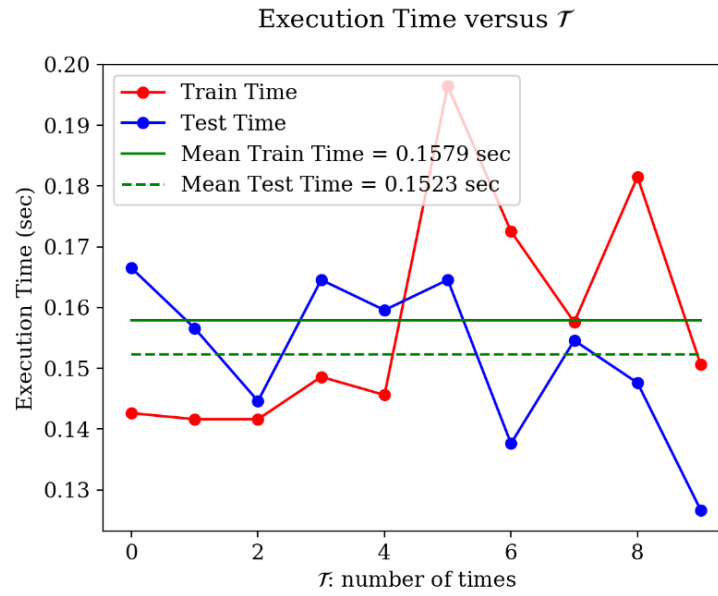


图 7 Fisherface 算法执行时间

3.4 一个协方差矩阵的热力图

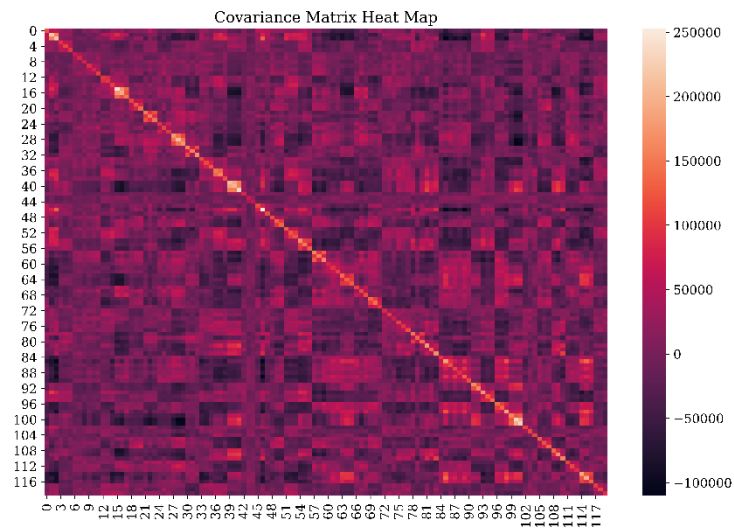


图 8 Fisherface 算法中协方差矩阵热力图

3.5 一个主成分选择结果

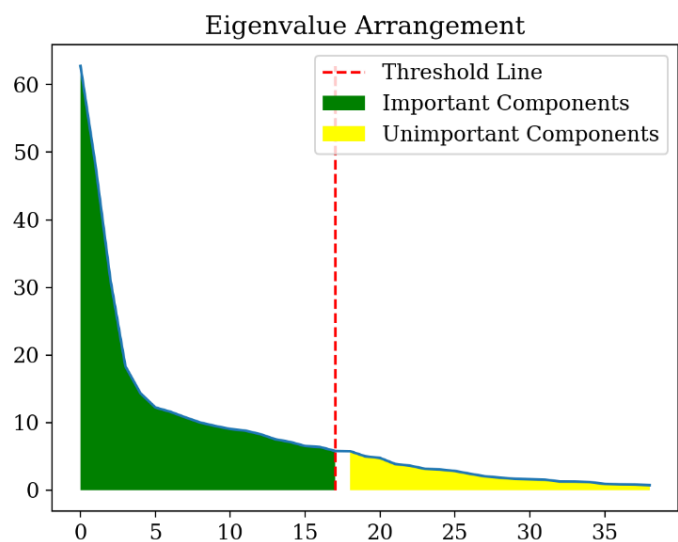


图 9 Fisherface 算法中 LDA 陈芬划分结果

3.6 汇总结果

表 3 Fisherface 算法实验结果

Times	Execution Time (sec)		Accuracy (%)	Number of Eigenvalues	Train Images (per capita)
	Train	Test			
1	0.1426	0.1665	86.7857	20	3
2	0.1416	0.1566	86.0714	20	3
3	0.1416	0.1446	87.1429	19	3
4	0.1486	0.1646	82.8571	21	3
5	0.1456	0.1596	80.3571	17	3
6	0.1965	0.1646	85.0000	17	3
7	0.1725	0.1376	82.8571	15	3
8	0.1576	0.1546	82.8571	15	3
9	0.1815	0.1476	87.5000	20	3
10	0.1506	0.1267	89.6429	17	3
Average	0.1579	0.1523	85.1071	18.1000	3

4 LBPHface 人脸识别算法结果

4.1 参数设置说明

设置半径 $R=1$

没人 3 张图片作为训练，7 张图片作为测试

4.2 识别准确率与实验次数的变化图

横轴是实验次数，纵轴是识别的准确率

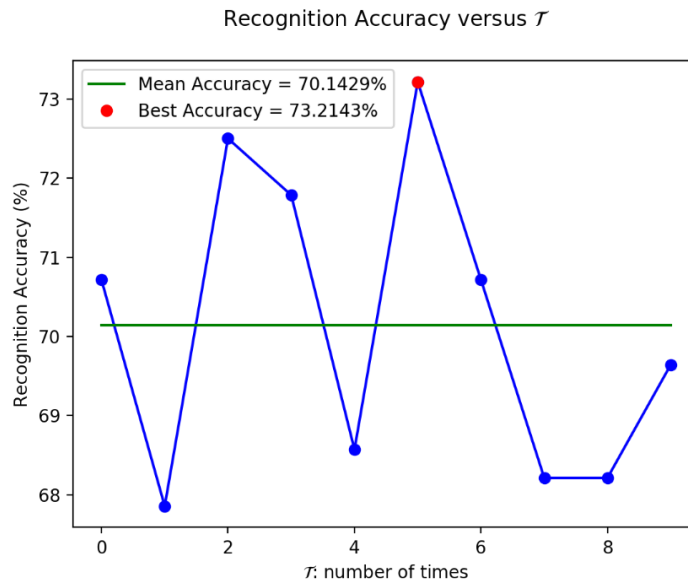


图 10 LBPHface 算法识别率

4.3 运行时间与实验次数对比图

横轴是试验次数，纵轴是执行时间；蓝色与红色线分别表示训练与测试的执行时间的变化率。

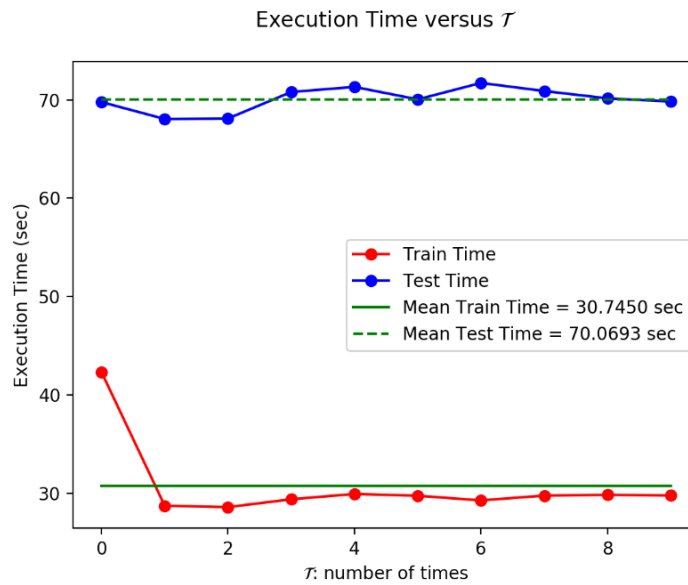


图 11 LBPH 算法执行时间

4.4 LBPH 算法变换结果对比



(a) (b) (c) (d)
图 12 原脸与 LBPH 变化后的脸对比：(a)、(c)为原脸，(b)、(d)为变化后的脸

4.5 汇总结果

表 4 LBPHface 算法实验结果

Times	Execution Time (sec)		Accuracy (%)	Radius (pixel)	Train Images (per capita)
	Train	Test			
1	42.3348	69.7745	70.7143	1	3
2	28.7411	68.0543	67.8571	1	3
3	28.5985	68.1028	72.5000	1	3
4	29.3982	70.7996	71.7857	1	3
5	29.9402	71.3162	68.5714	1	3
6	29.7564	70.0473	73.2143	1	3
7	29.2826	71.7199	70.7143	1	3
8	29.7713	70.8960	68.2143	1	3
9	29.8471	70.1503	68.2143	1	3
10	29.7797	69.8322	69.6429	1	3
Average	30.7450	70.0693	70.1429	1	3

5 CNN 人脸识别算法

5.1 数据集增强

对于每个人的人脸数据进行处理以扩展 ATT 数据库，即分别对其进行光照、噪声以及仿射变换将 400 张图片扩展到 40000 张图片。

噪声选择不同强度的椒盐噪声、高斯噪声，仿射变换旋转不同角度。如下所示：

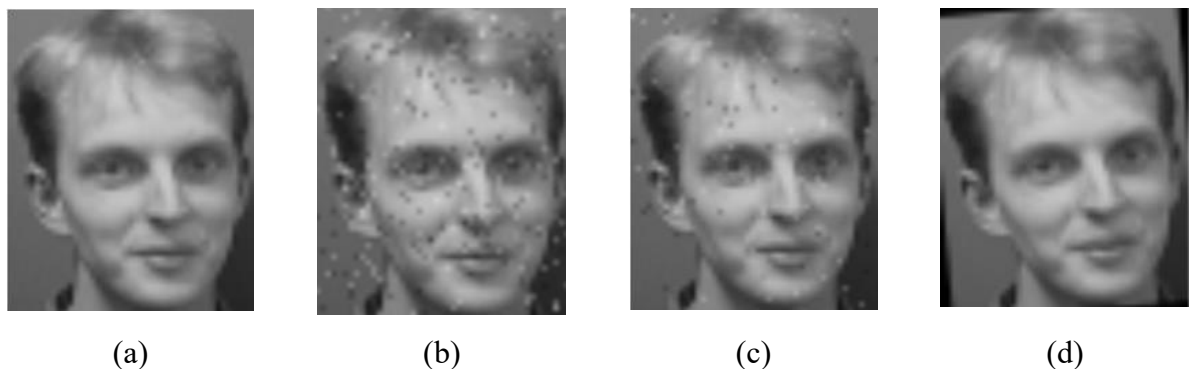


图 13 图像增强处理：(a)、(b)、(c)、(d)分别为原图、椒盐噪声 0.01、椒盐噪声 0.005 以及旋转 5 度的人脸图像

5.2 搭建网络

网络架构如图所示：

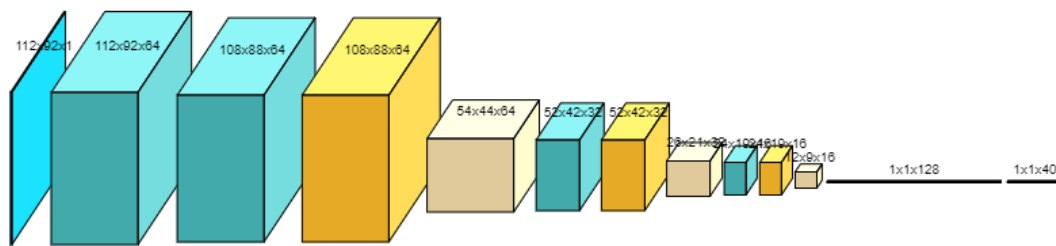


图 14 CNN 人脸识别架构

5.3 训练实验结果

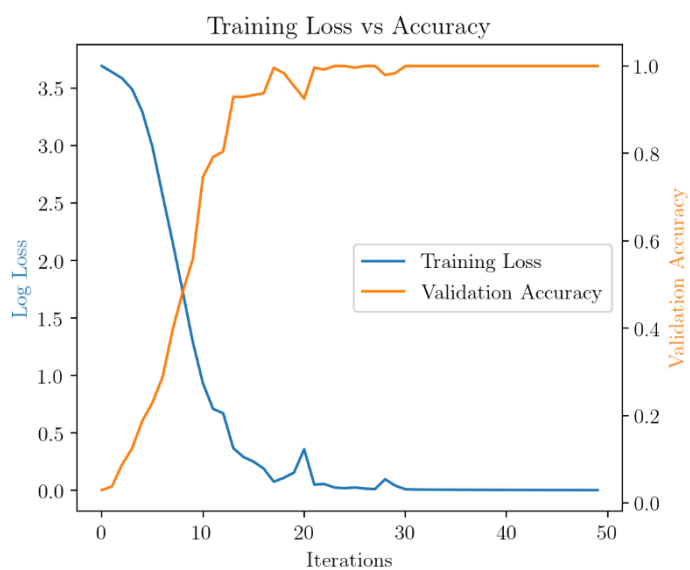


图 15 一次实验中训练精度与损失对比

5.4 检验实验结果

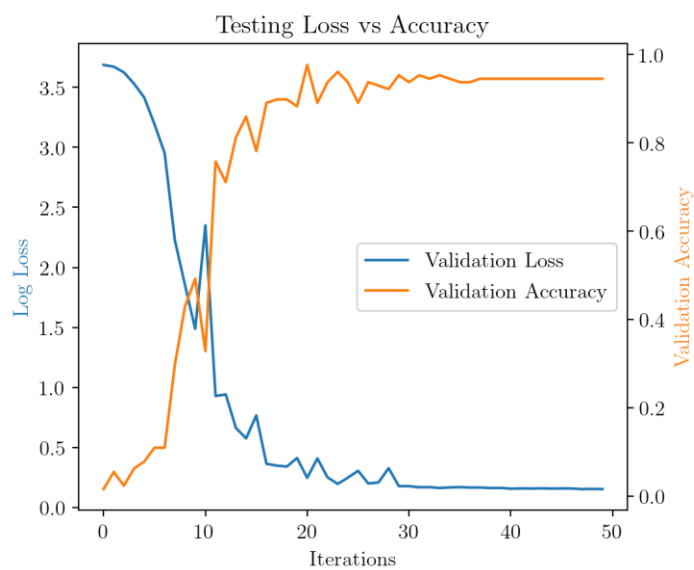


图 16 一次实验中检验精度与损失对比

5.5 运行时间

采用增强后的数据一次运行时间为 1h 以上

采用 10 折交叉检验进行实验

6 对比结果

表 5 算法结果对比

Method	Eigenface	Fisherface	LBPface	CNNface
Average Accuracy (%)	86.8571	85.1071	70.1429	97.2508
Training Time	0.1186s	0.1579s	30.7450s	8 mins