

人脸识别中光照处理方法的分析^①

刘笃晋¹, 孙淑霞², 李思明²

¹(成都理工大学 信息工程学院, 成都 610059)

²(成都理工大学 网络教育学院, 成都 610059)

摘要: 目前,光照问题已成为影响人脸识别率的关键因素,对人脸识别中处理光照的常用方法进行了对比实验,实验结果表明,光照锥法及近似光照锥的各种算法对光照的明显变化都具有较强鲁棒性,而其他算法在光照变化明显情况下,识别率都有明显的降低,对处理三维人脸图像光照的光照锥和球谐理论的算法,进行了全面深入研究,分析了它们的原理、优势、劣势和结果,提出了以后的研究工作的方向。

关键词: 人脸识别; 小波分解; gabor 滤波; 光照锥; 球谐理论

Analysis of Illumination Treatment Methods in Face Recognition

LIU Du-Jin¹, SUN Shu-Xia², LI Si-Ming²

¹(Network Education College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

²(Information Technology College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: At present, Light has become a key factor of affecting face recognition rate, the common method of deal with illumination were compared in face recognition, experimental results show that the illumination cone method and the approximate light cone light methods have strong robustness when have significant illumination changes. while the other algorithms in the changing illumination cases, the recognition rate has significantly decreased. Deal with three-dimensional face image algorithm, illumination cone algorithm and the spherical harmonic theory have been elaborated. Extensive in-depth efforts have been put into the research toward illumination treatment methods in face recognition. Their strategies, advantages/disadvantages and performances are elaborated. Several promising directions for future research have been suggested.

Keywords: face recognition; wavelet decomposition; gabor filter; illumination cone; spherical harmonic theory

1 引言

人脸识别技术在可控光照、用户配合的条件下,已经相当成熟。但在非理想情况(如光照可变、姿态可变、部分遮挡、表情变化等)特别是光照影响严重的情况下,人脸识别性能还尚待提高。因为光照的不同而产生的对图像带来的变化甚至超过了不同人脸图像之间的变化,针对光照变化情况下进行的人脸识别,最初从二维图像在光照变化简单的情况下进行研究,虽然取得了一定进展,但由于人脸是三维的非刚性物体,导致二维图像在光照变化下进行的人脸识别,很难用于实际中,并且三维人脸的识别比较能够容忍光照、

姿势的变化,因此三维人脸识别的研究引起了许多研究者的浓厚兴趣,出现了许多的有效的算法,但真正用于实用的高效的三维人脸识别系统,还比较少,缺乏高效通用的算法,究其原因还是对人脸识别中光照特性掌握得不够,而本文正是对基于光照特性的方法进行的分析和研究。

2 基于二维平面的人脸识别

典型的基于二维的人脸识别算法有基于小波分解的算法和基于 gabor 滤波的算法。

对于小波分解算法来说,由于适当层次小波变换

^① 基金项目:成都理工大学研究基金(2008YQ01)

收稿时间:2010-05-12;收到修改稿时间:2010-06-06

后的低频子带图像刻画了人脸的表情和姿态的不变特征,因而有利于进行人脸识别,但是,随着小波分解层数增多,同一人脸的不同表情和不同姿势引起的差异和不同的人脸之间的差异也都将变得模糊,因此要注意适当选择小波的分解层数。对于基于 Gabor 滤波器的算法,由于 Gabor 滤波器具有生物学的意义,滤波器对图像全局光照变化不敏感,因而能够容忍一定程度的图像旋转和变形,具有较好的鲁棒性,但在极端光照条件下如高光全黑等情况的人脸图像处理效果相当差。但在实际情况中,很多的情况下是这些算法和其他算法的结合,来实现优势互补,来提高人脸识别率。如小波分解算法和 PCA 算法、神经网络算法相结合^[1],或者 gabor 和 LBP 算法相结合^[2]等,尽管小波变换+PCA+ANN 识别率达 95.8%^[1],甚至对愤怒、厌恶、恐惧、高兴、中性、悲伤、惊讶等七种表情进行人脸识别,平均识别率都达到了 59.29%^[2],但是这些结果在严格的条件限制下进行的,而真实人脸是一个三维的非刚性物体,还有姿态、光照的变化影响,使得二维的人脸识别在实际应用中很少使用,而小波分解算法和 gabor 滤波算法也普遍和三维算法结合运用于三维人脸识别中,因此本文主要研究的是三维的光照变化下的人脸识别。

3 基于三维空间的人脸识别

目前处理人脸图像光照变化的研究中最核心理论就是利用低维线性空间来描述人脸图像在不同光照条件下的变化,在深入理解光照特性的基础上,现在创立了许多经典的方法,本文以基于光照锥模式和基于球谐理论的方法进行研究分析。

3.1 基于光照锥模式的方法

已经证明了当假设物体表面为 Lambertian(朗伯体)反射面(所谓朗伯体表面是指在一个固定的照明分布下从所有的视场方向上观测都具有相同亮度的表面,该表面不吸收任何入射光,不管照明分布如何,在每一个方向上都能看到相同数量的能量,许多无光泽表面大致属于 Lambertian 型的,也叫均匀漫射面或均匀漫射体或余弦漫射体),并且允许物体表面有阴影的存在,光源也不局限于单个点光源可以是多个光源的条件下,目标物体在所有可能的光照环境中能够采集到的图像组成了一个图像空间中凸的多面锥体,称之为光照锥。也就是说光照锥中包含了该目标物体在一

个固定的姿态下,所有可能的光照环境中能够采集到的全部的图像,如果能够准确的建立一个物体的光照锥,就可以描述出该物体在各种光照状态下的图像,从而使得在光照变化下的目标识别变得更加容易。

通常情况下,建立起目标物体准确的光照锥是比较困难的,文献^[3]中利用目标物体的几幅主要的光照条件下的图像建立起一个协方差矩阵来描述目标物体的整体光照状态,在实际应用过程中以某种固定姿势下 7 张不同人脸光照图像就可以作训练集来近似构造人脸光照锥,图 1 就是一个典型的光照锥图。

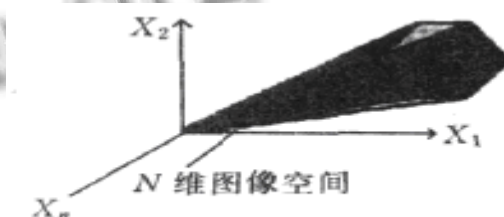


图 1 光照锥

光锥体法是第一次从理论上把光线和姿态问题同时解决的算法,而且在光照问题上同时考虑了自身阴影和投影阴影。在对基于 HE(直方图均衡化),QIR(商光照—渲染),IC(光照锥)三种人脸识别方法的平均识别率^[4]来看,IC 比 QIR 提高了近 25 个百分点,比 HE 提高了 30 个百分点。

3.2 基于球谐理论的方法

基于物体的反射面为朗伯体反射面的假设前提,利用基于球谐函数理论和信号处理方法,Ramamoorthi 以及 Basri 分别独立的提出了凸的朗伯反射体的光照空间可以利用一个 9 维的线性子空间来近似,并且称该子空间为谐子空间。

基于球谐理论得到的关于光照空间的结论说明了,对于所有的人脸都存在着 9 种确定的虚拟光照状态,每个人在这 9 种光照状态下采集到的 9 张图像—谐函数图像 (harmonic images)组成的谐子空间 H 都可以作为对于其光照锥的一个低维近似,也就是说只要找到人脸的这 9 种光照状态并采集到这 9 种光照状态下每一种光照状态下的每张图像,那么这 9 张图像所张成的对应子空间就可以当作人脸光照锥的近似低维子空间,但是用球谐函数做光照处理需要已知物体的表面法向量,组成谐子空间的一个简便途径就是寻

找 9 张真实的图像来组成该子空间,但现实中并不容易找到这样的九张真实的图像,文献[5]首先利用人工配准的训练集对单张正面人脸输入图像与 candid3 模型进行自动配准,在配准的基础上重建特定人脸三维模型。对重建模型进行各种角度的旋转可得到姿态不同的数字人脸,利用基于球面谐波基图像的光照调整方法,对 9 个光照系数进行调整,假设人脸是朗伯凸表面,则人脸图像可以表示为:

$$I(x,y) \approx \sum_{l=0}^2 \sum_{m=-l}^l L_l^m \lambda(x,y) A_l Y_l^m(\alpha(x,y), \beta(x,y)) \quad (1)$$

$$= \sum_{l=0}^2 \sum_{m=-l}^l L_l^m b_l^m(x,y)$$

其中, $b_l^m(x,y) = \lambda(x,y) A_l Y_l^m(\alpha(x,y), \beta(x,y))$ 为人脸的球面谐波基图像。 A_l 为朗伯反射函数的球面谐波系数, Y_l^m 为球面谐波函数, $\lambda(x,y)$ 为人脸图像中某点的光反射率, $\alpha(x,y)$, $\beta(x,y)$ 为该点的法线方向, L_l^m 为光照系数。由于三维信息已知,求得各点的光反射率及法线方向即可求得人脸图像的 9 个球面谐波基图像,从而可以通过改变 L_l^m 来实现光照调整的目的。

对 CMU—PIE 数据库中的“illum”集合中的部分图像,即姿态集合为 05、29,闪光灯序号为 02~22 的图像集合,共 2856 幅图像,进行识别实验。实验结果如图 2 所示,全部 21 个闪光灯下图像的平均识别率为 80.3%,从图中可以看出,闪光灯 02、15、16 下的识别率较低,只略高于 70%,但相对文献[6]中这 3 组图像的不到 50% 的识别率还是提高了近 20%。

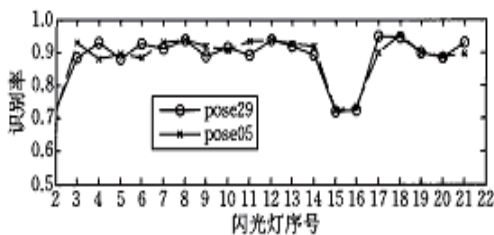


图 2 对“illum”子集的识别结果

上面方法的缺点主要是在计算复杂度和时间复杂度上满足检测、识别算法的要求仍然比较困难。基于这个原因,文献[7]基于线性代数的子空间理论提出了 9 点光照子空间概念,该子空间与光照锥的交集达到最大,因而可以保证所求子空间同样可以作为目标物体的光照子空间的一个很好的低维近似,并且此 9 点光

照子空间比较容易在真实环境中得到。

4 实验结果

以 Yale B 人脸库进行实验,将同一种姿态下的这 10 个人在 64 种光照条件不同情况下的共 640 张图像进行实验,根据拍摄时光源与镜头成的角度大小,将此人脸库分成 5 个子集:①0°~12° 为集合 I;②13°~25° 为集合 II;③26°~50° 为集合 III;④51°~77° 为集合 IV;⑤78° 以上为集合 V。对人脸进行归一处理后,为了减少运算量,用 PCA 算法进行降维处理,并且采用图像相似性的最近邻方法识别。把比较接近正面光照的集合 I 看成正常光照作为训练集,其余 4 个集合作为测试集。分别对基于光照锥(投射锥)、球面谐波基图像(考虑阴影)、9 点光照子空间(合成图像构成光照子空间)、三维子空间(线性)以及特征脸方法进行测试。实验结果如下:

表 1 五种算法在不同光照下人脸识别率比较

子集	II	III	IV	V
特征脸	93.3%	64.9%	34.7%	24.6%
三维子空间	96.8%	92.3%	82.3%	48.4%
光照锥	100%	99.6%	92.8%	65.5%
球谐图像	99.7%	97.6%	87.5%	57.8%
9 点子空间	99.5%	95.0%	86.2%	56.7%

从以上实验看出,光锥体法不仅可以较精确的建立人脸的三维模型,在非常剧烈的光线变化下,光照锥法的识别率在所有方法中都是最高的,球谐图像、9 点光照子空间及三维线性子空间都是对光照锥的近似,因而识别率明显低些,特征脸就更低,因而总的来说,在光照变化较大的情况下,三维人脸识别方法比二维人脸识别方法识别率要高。

5 结论

通过以上对人脸识别中光照处理方法的分析研究,可以看出,要解决光照变化带来的影响,必须从下面两个方面入手:

(1) 光锥法虽然有诸多优点,但在实际应用中仍然存在很多问题:首先是每个人脸光锥至少需要 7 张图片,这对于许多系统而言是难以满足的;其次,光锥法计算复杂,计算量极大,计算的实时性难以

(下转第 191 页)

```
$isql -Usa -P -Ssybase11
```

```
1>dump database mydatabase to "/export/home/sybase/
md.dmp"
```

```
2>go
```

将用户数据库(mydatabase)导出到 md.dmp 文件中, 指定路径需要有足够的剩余空间存放数据文件文件。通过 rcp 将导出数据文件拷贝到 srv2 服务器上;

4.2 用户数据导入

在新安装 Sybase 的服务器上启动数据备份服务,

```
$/ RUN_srv2_back
```

通过命令导入数据文件到数据库, 如下:

```
$isql -Usa -P -Ssybase22
```

```
1>load database mydatabase from "/export/home/sybase/
md.dmp"
```

```
2>go
```

```
1>online database mydatabase
```

```
2>go
```

(上接第 162 页)

得到满足, 因而在实际中很少使用, 但基于三维的人脸识别方法由于符合真实人脸是三维的事实, 故对光照锥的近似低维算法研究, 以此来处理人脸识别中光照、姿态变化, 从而提高识别率, 是以后主要的研究方向。

(2) 目前人脸识别中几乎所有光照处理方法都是基于人脸表面是朗伯体凸表面的, 而实际上人脸并不是规范的凸朗伯体, 要提高识别率, 就要推广朗伯假设, 对人脸表面反射面的精确描述不只限于近似镜面反射, 还要考虑互反射和子表面散射等方面, 才能使光照状态估计更准确。

参考文献

1 马桂英. 基于小波变换和 PCA-ANN 的人脸识别. 电脑知识与技术, 2009, 5(27): 7730—7733.

首先从文件导入数据库应用数据, 然后使 mydatabase 数据库在线。至此在新的服务器上恢复全部数据服务功能。

5 总结

可以看出命令行(CLI)操作实际上是将图形界面(GUI)安装过程分解, 将图形界面操作掩盖下的操作安装过程呈现出来。这样系统管理员通过拨号远程连接利用极为有限的通讯带宽就可以完成数据库重建工作, 同时通过 CLI 安装过程的描述使我们对数据库安装和运行管理有了更深入的认识。

参考文献

1 彭立军, 杨孝如, 等. Sybase 数据库系统管理指南. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.
2 sybase 技术支持. Sybase 数据库快速参考手册 Version 2.0: 7
3 邱斌. Sybase 数据库备份与恢复. 铜业工程, 2009, (3): 66—68.

2 徐红侠, 孙兴华. 基于 Gabor 和局域二值模式的人脸表情识别[硕士学位论文]. 南京: 南京理工大学, 2008.

3 Zhao L, Yang Y. Theoretical Analysis of Illumination in PCA-Based Vision Systems. Pattern Recognition, 1999, 32(4): 547—564.

4 李粉兰, 段海峰, 郝建国, 唐文彦. 人脸识别中光照补偿问题的实验研究. 工程图学学报, 2009, (3): 113—120.

5 胡峰松, 张茂军, 邹北骥, 马俊容. 基于 HMM 的单样本可变光照、姿态人脸识别. 计算机学报, 2009, 32(7): 1424—1433.

6 柴秀娟, 山世光, 卿来云, 等. 基于 3D 人脸重建的光照、姿态不变人脸识别. 软件学报, 2006, 17(3): 525—534.

7 Lee KC, Ho J, Kriegman D. Acquiring linear subspaces for face recognition under variable lighting. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(5): 684—698.