

融合几何特征向量的三维人脸识别

肖庆云¹, 李晓雯², 欧阳江帆¹

(1、厦门大学计算机系 福建 厦门 361005 2、龙岩学院计算机系 福建 龙岩 364000)

【摘要】：针对现有识别方法在特征选择的局限性,借鉴人脸的特征,提出一种融合几何特征向量的三维人脸识别方法。该方法提取了人脸面部具有相当代表性的特征点,从而得到一个相对完整的几何特征向量组用于识别匹配工作。实验结果表明,该方法改进了识别算法,从而较好得提高了识别率。

【关键词】：三维人脸;识别;几何特征向量

1.引言

人脸识别作为生物特征识别的一个重要方面,在安全验证、信用卡验证、身份识别、银行和海关的监控、档案管理、人机交互等领域具有广阔的应用前景。与指纹识别、虹膜识别、DNA识别等技术相比,人脸图像来源广泛,并且使用非接触式的采集方式,整个识别过程具有更加隐蔽、友好和便捷的特点,更为用户所接受^[1]。

然而,目前的人脸识别主要还是针对二维图像或二维动态视频序列进行研究。二维图像识别技术在其他领域已有很多的应用,但是由于人脸是个塑变体,使得通过二维图像识别技术对人脸识别存在困难。另外,基于二维图像的人脸识别,不可避免受到环境光线、背景、视角等和人脸的姿态、表情、遮挡等不利影响,因而其识别精度很难有进一步的提高^[2]。

为了克服基于二维图像人脸识别技术的不足,有研究者已经开始对三维人脸识别技术进行研究,其中 Lee 提出了基于人脸 8 个特征点的曲率值的 3D 人脸识别方法^[3],但是该人脸识别方法在特征的融合方面,没有考虑众多几何特征向量的融合,也就是在特征的选择上存在一定的局限性,因此本文在探讨融合几何特征向量组的基础上,提取人脸面部有代表性的 11 个特征点,从而改进识别算法,提高识别率。

2.模型构架

本文提出融合几何特征向量的三维人脸识别,建立了三维人脸识别系统。主要由三维数据点集的预处理、关键特征点的定位与计算、关键特征向量的选取与计算、识别的度量组成。在预处理阶段,我们读入原始的数据点集,提取出有代表性的轮廓线,然后进行简单的平滑和拟合处理。在特征提取阶段,我们主要是基于曲线的曲率特征,提取出人脸面部有代表性的 11 个特征点,之后我们计算了 6 大类特征向量,并计算面部相似性用于后面的识别工作,从而实现人脸识别。

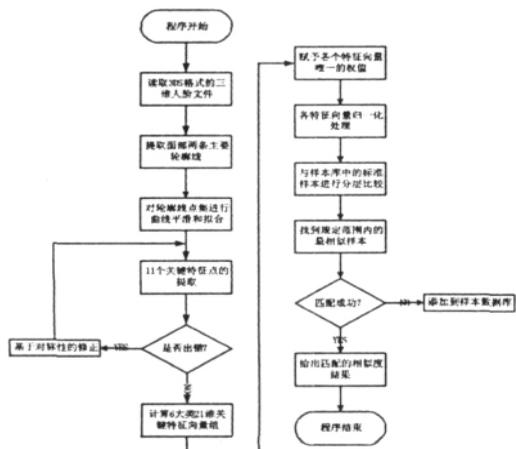


图1 模型构架

3、三维数据点集的预处理

三维人脸数据文件是以离散点集的形式存在。通过对数据

的分析,我们在基于鼻尖点是最外侧(Z值最大)点的假设的情况下,能够很容易的提取出过鼻尖的中分轮廓线和过鼻尖点的横向轮廓线。此时若直接进行面部特征点的定位和提取,难免会遇到数据噪声的干扰,所以很有必要首先进行轮廓线点集的预处理工作以消除大的波动噪声。这个过程主要包括曲线平滑和曲线拟合两个步骤。

4、关键特征点的定位与计算

有了上面平滑和拟合后的轮廓线信息,我们可以基于人脸的面部特征,定位和提取出实验中所需要的特征点(11个)如图4所示,定义来源于面部美学分析报告^[4,5,6]。



图2 面部关键特征点标识

5、关键特征向量的选取与计算

基于上述选取的特征点,结合几何器官特征的考虑,本文进一步选取了以下的特征向量,并将最终得到一个统一的几何特征向量组。

5.1 距离特征

5.1.1 直线距离特征

欧氏距离(Euclidean Distance)是一个通常采用的距离定义,它是在 m 维空间中两个点之间的真实距离。在二维和三维空间中的欧式距离的就是两点之间的距离,设平面两点的坐标分别为 $P_1(x_1, y_1), P_2(x_2, y_2)$, 则两点之间的距离 D 为,

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (5.1)$$

设空间两点之间的坐标分别为 $P_1(x_1, y_1, z_1), P_2(x_2, y_2, z_2)$, 这两点之间的距离 D 为,

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (5.2)$$

5.1.2 曲线距离特征

曲线的距离特征在现有的文献中较少采用^[18],本文采用分段计算两点之间的直线距离,然后求和来近似模拟曲线长度的计算,这与现有的方法略有不同。

5.2 角度特征

角度特征是仅次于距离特征的又一重要的几何特征向量,其计算基于余弦定理,设空间三点的坐标分别为 $P_1(x_1, y_1, z_1), P_2(x_2, y_2, z_2), P_3(x_3, y_3, z_3)$, 首先求出三点间两两之间的距离 P_1P_2, P_1P_3, P_2P_3 , 则,

$$\angle P_2P_1P_3 = \cos^{-1} \left(\frac{(P_1P_2^2 + P_1P_3^2 - P_2P_3^2)}{(2 * P_1P_2 * P_1P_3)} \right) * 180 / \pi \quad (5.3)$$

注:单位为角度, π 为圆周率

实验中我们主要选取了包括左鼻翼点-鼻尖点-右鼻翼点的角度等在内的 5 个角度特征。

5.3 周长特征

鼻子是人脸上最重要的器官之一,直观上,我们能利用剖面去刻画一个鼻子的特征。对于选取周长作为识别的特征向量就是出于周长能很好的刻画图形的轮廓的考虑,其计算基于边的距离和。

实验中我们主要求取两个周长:①.鼻子的 XY 剖面周长 ②.鼻子的 YZ 剖面的周长,从而从正面和侧面去刻画鼻子特有的几何轮廓。

5.4 面积特征

鼻子是人脸面部最重要的一个器官,因此我们将面积特征主要应用于的计算鼻子的表面积和鼻子的横纵向剖面面积,其计算基于海伦公式,设空间三点的坐标分别为 P1(x1,y1,z1),P2(x2,y2,z2),P3(x3,y3,z3)首先求出三点间两两之间的距离 P1P2,P1P3,P2P3 和三角形周长的一半 P,则三角形围成的面积可表示为,

P = (P1P2 + P1P3 + P2P3) / 2 (5.4)

S = sqrt(P * (P - P1P2) * (P - P1P3) * (P - P2P3)) (5.5)

5.5 体积特征

同面积特征,我们也可以计算鼻子的体积。文章中,我们近似的认为鼻子可以看着两个三棱锥的和。

空间四点所围成的三棱锥的体积计算基于三棱锥的体积公式,其中最重要的为计算点到平面的距离,设空间四点分别为 v1,v2,v3,v4,先计算,

a = (v2.y - v1.y) * (v3.z - v1.z) - (v2.z - v1.z) * (v3.y - v1.y) (5.6)

b = (v2.z - v1.z) * (v3.x - v1.x) - (v2.x - v1.x) * (v3.z - v1.z) (5.7)

c = (v2.x - v1.x) * (v3.y - v1.y) - (v2.y - v1.y) * (v3.x - v1.x) (5.8)

d = 0 - (a * v1.x + b * v1.y + c * v1.z) (5.9)

则点 v4 到平面(方程为 ax+by+cz+d=0)的距离为,

D = |a*v4.x + b*v4.y + c*v4.z + d| / sqrt(a^2 + b^2 + c^2) (5.10)

则三棱锥的体积为,

V = 1/3 * Sv1,v2,v3 * D (5.11)

其中 Sv1,v2,v3, 为三角形 v1,v2,v3 所围成的三角形的面积。

5.6 面部比例特征

基于"三庭五眼"理论,计算人脸的长宽比作为比例特征。本文以鼻子长度的三倍作为面部的长度,左右眼角直线距离的 5 倍作为面部的宽度,因此,人脸的长宽比 = (3.5 * 鼻子高度 / 5 * 左右眼角距离) * 100%。

6. 识别的度量

将上面所有计算出的特征向量进行加权计算得到最终的一个特征向量 V,

V = sqrt((t1 - s1)^2 * w1 + (t2 - s2)^2 * w2 + ... + (tn - sn)^2 * wn) (5.12)

其中,ti 为待检验样本的特征向量的第 i 个特征分量,si 为样本库中样本的特征向量的第 i 个特征分量,wi 为第 i 个特征分量的权值,该权值由经验公式及对人类学中人面部关键特征的重要度确定[18,47]。

我们可以自己设定相似度阈值来判断待判断样本与样本库中是否相似。当时,认为两者相似,反之不相似,从而完成整个三维识别工作。

7. 实验结果与分析

本文中的实验数据采用浙江工业大学的 3D 面部表情数据库 ZJU-3DFED。实验中采用的 6 大类的特征向量组(共计 21 维),选取的标准主要是考虑受表情影响较小,能代表人脸面部特征,有一定区分度的几何特征。距离特征(8 个):包括直线距离特征和曲线距离特征、

角度特征(5 个)、面积特征(4 个)、体积特征(1 个)、比例特征(1 个)、周长特征(2 个)。

在得到特征向量之后,必须为其分配不同的权值,其依据是:①.特征向量中数量多的向量分到相对多的权值,如距离的权值最大,而体积和比例最小。②.基于特征向量计算误差,准确性的考虑;③.向量对于表情,姿态等的稳定性。④.向量对于不同人之间的区分度。各个特征向量的权值分配如表 1 所示。

Table with 7 columns: 特征向量, 距离 D, 角度 A, 面积 S, 周长 G, 体积 V, 面部比例 P. Row 1: 权值, 0.25, 0.20, 0.20, 0.15, 0.1, 0.1

表 1 特征向量权值分配表

Table with 7 columns: 识别人脸, 项目, 识别结果. Rows include cyj05, gf05, gpan04 with 3D model images and similarity values.

表 2 部分识别结果

Table with 4 columns: 测试样本数, 样本库样本数, 误识率, 识别率. Row 1: 42, 150, 9.5%, 90.5%

表 3 识别率统计表

上面的识别率和误识率为相似度排序第一位与测试样本属同一人的人脸模型下的数据,当系统要求在前三个或者前五个给出可能的结果,或者想在误识的情况下查看之后的几位查对的情况,可能考虑借用信息检索中的查全率、查准率和 F 值来进一步衡量系统的性能。

通过查阅文献 [7] 可知,文中对于同样的数据库采用基于 2D-PCA 的识别算法进行了实验,表 4 是其实验得到的识别率。文中采用分类识别的策略分别得到了微笑,惊讶等四种不同表情下的识别率,从中可以看出,在 2D 的情况下,识别率明显受到表情因素的影响,这主要是因为其算法本身对噪声很敏感。

由于本文未采用分类识别的策略分别得到各种表情下的识别率,故只针对均值进行比较。可以看出,本文的识别率是优于基于 2D-PCA 识别算法的。这说明,基于同样的数据库,相对于二维识别算法而言,采用三维的识别方法能够提高人脸的识别率。

Table with 6 columns: 表情/姿态, 微笑, 惊讶, 沮丧, 自然, 均值. Row 1: 识别率, 0.8, 0.65, 0.8125, 0.925, 0.7969

表 4 基于 2D-PCA 算法人脸识别的识别率

8. 总结

本文根据人类及其图像的特点,利用距离、角度等几何特征,提出了一种新的融合几何特征向量的三维人脸识别方法,从数据处理,特征提取以及识别等三个方面对三维人脸识别进行了初步探讨,能较好的提高人脸的识别率。基于三维模型的人脸识别是一项具有挑战性的工作,在数据的来源和预处理等方面

(下转第 103 页)

若网络连接如图1所示,求源节点①到目的节点⑤之间所有存在的路由。设链路状态属性=(延迟,带宽,花费),求服务质量较优的可行路径P。

其中 $X_1=(1,5,7), X_2=(2,4,2), X_3=(3,2,3), X_4=(6,2,2), X_5=(4,2,3), X_6=(1,4,5), X_7=(5,3,3), X_8=(1,1,3)$ 。

求解过程:

(1) 因为有5个节点,因此需要建立4个关联分组,各关联分组为

$$M_1=[m_{12},m_{13},m_{14},m_{15}]=[X_1,X_2,X_4,0]$$

$$M_2=[m_{22},m_{23},m_{24},m_{25}]=[1,X_8,X_7,X_5]$$

$$M_3=[m_{32},m_{33},m_{34},m_{35}]=[X_8,1,0,X_6]$$

$$M_4=[m_{42},m_{43},m_{44},m_{45}]=[X_7,1,0,X_4]$$

我们根据前面介绍得知5个节点需要进行3次关联分组的变换与整合运算,运算过程为

首先,取节点②关联分组进行处理,经过变换与整合运算并删除 M_2 后得到:

$$M'_1=[m'_{13},m'_{14},m'_{15}]=[X_1 \cdot X_8 + X_2 \cdot X_1 \cdot X_7 + X_3 \cdot X_1 \cdot X_5]$$

$$M'_3=[m'_{33},m'_{34},m'_{35}]=[1 \cdot X_8 \cdot X_7 + X_8 \cdot X_5 + X_6]$$

$$M'_4=[m'_{43},m'_{44},m'_{45}]=[X_7 \cdot X_8 + 1 \cdot X_7 \cdot X_5 + X_4]$$

然后,取节点③关联分组进行处理,删除 M'_3 后得到整合结果:

$$M''_1=[m''_{14},m''_{15}]=[X_2 \cdot X_8 \cdot X_7 + X_1 \cdot X_7 + X_3 \cdot X_1 \cdot X_8 \cdot X_6 + X_2 \cdot X_8 \cdot X_5 + X_1 \cdot X_4 + X_1 \cdot X_6]$$

$$M''_4=[m''_{44},m''_{45}]=[1 \cdot X_7 \cdot X_8 \cdot X_6 + X_7 \cdot X_5 + X_4]$$

最后,取节点④关联分组进行处理,删除 M''_4 后得到整合结果:

$$M_1^{(5)}=[m_1^{(5)}]=[X_2 \cdot X_6 + X_2 \cdot X_8 \cdot X_5 + X_2 \cdot X_8 \cdot X_7 \cdot X_1 + X_1 \cdot X_8 \cdot X_6 + X_1 \cdot X_5 + X_1 \cdot X_7 \cdot X_4 + X_3 \cdot X_7 \cdot X_8 \cdot X_6 + X_3 \cdot X_7 \cdot X_5 + X_3 \cdot X_4]$$

于是得到源节点①到目的节点⑤可能的9条路由

$$L_1=X_2 \cdot X_6 \quad L_2=X_2 \cdot X_8 \cdot X_5 \quad L_3=X_2 \cdot X_8 \cdot X_7 \cdot X_4$$

$$L_4=X_1 \cdot X_8 \cdot X_6 \quad L_5=X_1 \cdot X_5 \quad L_6=X_1 \cdot X_7 \cdot X_4$$

$$L_7=X_3 \cdot X_7 \cdot X_8 \cdot X_6 \quad L_8=X_3 \cdot X_7 \cdot X_5 \quad L_9=X_3 \cdot X_4$$

(2)若链路状态属性=(延迟,带宽,花费),由QoS相加性度量、最小性度量有

$$L_1=X_2 \cdot X_6=(3,4,7) \quad L_2=X_2 \cdot X_8 \cdot X_5=(7,1,8)$$

$$L_3=X_2 \cdot X_8 \cdot X_7 \cdot X_4=(14,1,10) \quad L_4=X_1 \cdot X_8 \cdot X_6=(3,1,15)$$

$$L_5=X_1 \cdot X_5=(5,2,10) \quad L_6=X_1 \cdot X_7 \cdot X_4=(12,2,12)$$

$$L_7=X_3 \cdot X_7 \cdot X_8 \cdot X_6=(10,1,14) \quad L_8=X_3 \cdot X_7 \cdot X_5=(12,2,9)$$

$$L_9=X_3 \cdot X_4=(9,2,5)$$

使用Matlab7.0来显示的运算结果如图2所示。

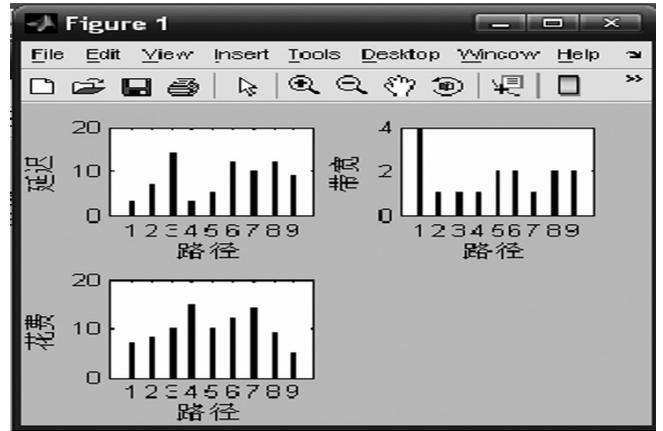


图2 不同QoS度量的路径

根据图2看出服务质量较优的可行路径P有:延迟最小的路径为 L_1, L_4 ,带宽最大的路径为 L_1 ,花费最小的路径为 L_9 ,服务质量从链路状态属性=(延迟,带宽,花费)考虑较优的可行路径P为 L_1 。

5、结束语

本文介绍的基于QoS度量和逻辑代数运算规则的路由算法,是用逻辑代数运算规则计算出网络两节点间存在的全部路由后,再根据QoS度量计算出最佳路径。由于算法只涉及逻辑代数运算,而且规律性和目标性强、收敛速度快,所以非常容易编写计算机程序,程序运行一次即可得出网络两节点间的所有路由。算法还具有兼容性强、适用范围广等特点,只要对路由结果进行简单的代数运算处理,该算法的独立性又适合并行运算,可实现对大型复杂网络计算的高速处理。在以后的工作中可以根据QoS度量具体设计目标函数以及约束函数,从而更好地应用到各种类型的网络路由计算中。

参考文献:

- 1.刘荣慧.基于覆盖网的QoS问题研究综述[J].信息技术,2009.2
- 2.潘锦.Internet服务质量路由算法研究[J].贵阳金筑大学学报,2005.59(3)
- 3.包学才.服务质量路由算法仿真平台的设计与实现[J].计算机与现代化,2009.1
- 4.戴伏生,宋立众.通信网络路由新算法[J].南京邮电学院学报,2005.25(2)

(上接第 94 页)

有待日后进行进一步的完善。

参考文献:

- 1.Zhao W, Chellappa R, Phillips P J, Rosenfeld A. Face recognition: a literature survey. ACM Computing Surveys, 2003,35(4): 399-458.
- 2.Phillips P J, Wechsler H, Huang J, Rauss P. The FERET database and evaluation procedure for face-recognition algorithms. Image and Vision Computing Journal, 1998, 16(5):295-306.
- 3.Lee Y, Song H, Yang U, Shin H, Sohn K. Local feature-based 3D face recognition. In: Proceedings of the 5th International Conference on Audio- and Video-based Biometric Person Authentication. New York, USA: Springer, 2005.909-918.

4. 齐鲁美女标准 [Z]. <http://www.cnhszx.com/news/meinv/200807/20-395.html>.
- 5.林维训,潘纲,吴朝晖,潘云鹤.脸部特征定位方法[J].中国图像图形学报. 2003, (08).
- 6.崔晨旸,石教英.三维模型检索中的特征提取技术综述[J].计算机辅助设计与图形学学报,2004,16(7):882-889
- 7.Yueming Wang, Gang Pan. Exploring Facial Expression Effects in 3D Face Recognition Using Partial ICP [A]. 7th Asian Conference on Computer Vision (ACCV 2006). Part I[C]. 2006.