

红外面部图像的贝尔面瘫针灸穴位定位算法

赵 阳¹ 张 涛^{1 2} 练秋生¹

¹(燕山大学 信息科学与工程学院 河北 秦皇岛 066004)

²(燕山大学 电气工程学院 河北 秦皇岛 066004)

E-mail: zhaoyang.ysu@qq.com

摘 要: 将红外图像处理应用于中医诊疗,提出一种面部穴位自动定位算法,为贝尔面瘫的针灸选穴提供了客观化和标准化的依据。首先利用头部阈值区分前景(即头部图像)和背景,在前景中根据“三庭五眼”规则对面部特征进行分区;采用 MinimumEigenvale 算子检测面部特征的角点,Log 算子检测面部特征的边缘,综合应用角点和边缘信息,定位各面部特征的位置;最后,以面部特征的位置作为参考坐标,完成面部穴位的定位。经过大量面部红外图像验证,本方法定位平均准确率达 94%,其中人中穴的定位准确率接近 100%。

关键词: 红外图像; 穴位定位; 贝尔面瘫; 角点检测; 边缘检测

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-1220(2012)07-1613-07

Acupuncture Points Localization Algorithm About Bell's Palsy on Facial Infrared Images

ZHAO Yang¹, ZHANG Tao^{1 2}, LIAN Qiu-sheng¹

¹(Institute of Information Science and Technology Yanshan University Qinhuangdao 066004, China)

²(College of Electrical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: This paper uses infrared image processing into traditional Chinese medicine diagnosis, put forward a kind of positioning algorithm to automatic positioning facial acupuncture points, and provide an objective and standardization basis for Bell's palsy to choose acupuncture. This method firstly distinguishes the foreground (namely head images) and background use head threshold, divide the facial features in accordance with the rule of "three court five eyes". Then use MinimumEigenvale operator detect facial features' corner, use Log operator detect facial features' edges, integrated apply the corner and edge information, positioning the position of each facial feature; Finally, use the facial features position as a reference coordinate, complete facial acupuncture points positioning. After the validation of many facial infrared images, this method's average accuracy is over 94%, the accuracy of ren zhong is close to 100%.

Key words: infrared images; acupuncture points positioning; Bell's palsy; corner detection; edge detection

1 引言

随着科学的发展,计算机技术在医学领域的应用越来越广泛,许多疾病通过计算机辅助,可以达到更好的诊断和治疗效果。文献[1]的研究证明,红外热成像技术在针灸原理和经络现象的研究中具有广泛的使用前景和实用价值,计算机技术的应用又使得定性化具有优势的红外热像图兼具了量化功能,使该方面的研究更趋客观和科学。

本文通过对人体面部特征定位和识别的研究,提出了一种基于红外图像的面部穴位的自动定位算法,并将其应用于中医针灸穴位的选择,为贝尔面瘫的针灸治疗提供了客观准确的选穴依据。

在人体面部特征定位和识别方面,相关的研究成果很多,包括文献[2]提出的使用 Harris 算子和 K-means 聚类来自定位红外图像脸部特征,文献[3]提出的分块 PCA 加权与

FLD 结合来识别红外图像中的人脸,文献[4]提出的基于 NLBP 算子的人脸特征定位方法,等等。

在人体面部穴位定位方面,目前国内还未见相关的研究发表。本文在学习了各种角点检测技术^[5-8],分析了图像的边缘检测算法^[9-10]的基础上,提出了融合 MinimumEigen-Value 算子角点检测和 Log 算子边缘检测的面部穴位自动定位算法。

本文的主要思路是首先从背景中分离出人脸,然后采用分区思想在人脸区域逐一定位面部特征,依据面部特征位置完成面部穴位定位,最后比较双侧对称穴位的温差,确定贝尔面瘫的针灸穴位。

2 贝尔面瘫中医选穴理论依据

贝尔面瘫是一种常见的面部神经疾病,发病后由于局部面神经坏死,出现面部表情肌群运动功能障碍,表现为口眼歪

收稿日期: 2011-03-15 基金项目: 国家自然科学基金项目(61071200, 60904100)资助; 中医药行业科研专项(200707022)资助; 河北省自然科学基金项目(F2011203073)资助。 作者简介: 赵 阳,女,1988年生,硕士研究生,研究方向为图像处理; 张 涛,男,1979年生,硕士,讲师,研究方向为数字图像处理、可视化模式识别及中医工程学; 练秋生,男,1969年生,博士,教授,研究方向为图像处理、压缩感知、模式识别及振动信号采集与分析。

斜,严重影响人们的正常生活和交往.此病多单侧发生,且发病率达(20~30)/10万人^[11],但总的治愈率仅为85%,且患者的愈后情况也参差不齐.研究发现,患者的愈后情况与治疗是否及时、方法是否得当密切相关.

目前医学上对此病的治疗方法分为中医和西医两种.研究表明^[11],西医采用激素类药物和抗病毒药物,血管扩张药物及维生素治疗此病,但往往疗程较长,且药物带来的副作用较多.中医上多采用针灸的方法治疗贝尔面瘫,针灸治疗贝尔面瘫直指该病之根本,其机制在于调整经络,调理气血,增强机体抵御外邪的能力,增加神经的兴奋性,促进神经再生和侧支建立,加强肌肉收缩和血液循环,加速代谢和机体功能恢复,起到通经行气活血和加速气血运行的作用,从而使失于濡养之经筋尽快地恢复^[12],避免了西医诊疗的缺点,提高治疗效果,达到从根本上治愈贝尔面瘫的目的.

中医理论认为^[12],人体是由经络构成的有机整体,经络不通,就会导致疾病的发生,贝尔面瘫即是由经络不通所致.针灸正是通过经络、穴位的作用,用一定的手法刺激身体上的某些穴位,通经脉,调气血,使阴阳归于相对平衡,脏腑功能趋于调和,从而达到治疗全身疾病的目的^[13].

穴位作为针灸引起的机体联络、反应、调节的体系和功能单元,在机体物质、能量和信息的传递和调控过程中发挥着重要作用^[14].而穴位的相对特异性^[13]表明,每个穴位对应于特定的器官,针灸不同的穴位可以治疗不同的疾病.由于贝尔面瘫主要由面部经络不通导致,因此针对贝尔面瘫的穴位选择,集中于面部穴位.

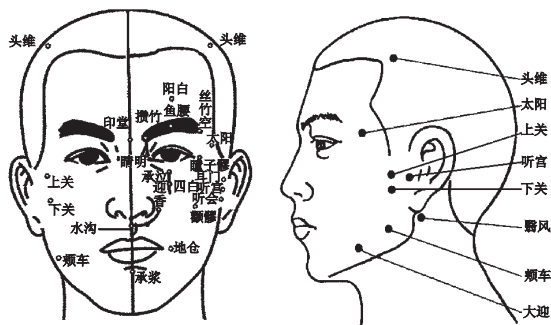


图1 面部穴位图

Fig. 1 Facial acupuncture points figure

面部的主要穴位如图1所示,其中适用于面瘫治疗的穴位有:阳白穴、攒竹穴、鱼腰穴、丝竹空穴、四白穴、颧髎穴、迎香穴、人中穴、口禾髎穴、地仓穴、承浆穴、太阳穴、下关穴、颊车穴等.

中医理论证明^[12],采用针灸方法对贝尔面瘫进行治疗时,只需选择其中5个穴位进行针刺即可.传统选穴方法^[15]是根据医生个人的经验和患者的主诉来选择针灸穴位,由于没有客观依据,往往导致选穴结果千差万别,选穴不当可能影响疗效甚至耽误治疗.

如何利用现代仪器实现选穴过程的客观化与规范化,为针灸师提供有意义的疾病信息,是中医现代化的重要方向.

研究发现,双侧温度对称性较差是贝尔面瘫最主要的病

理性特征之一.正常人体面部的红外热辐射强度与真皮乳下毛细血管网的血流量有关^[16],血管网络在面部大致呈左右对称分布,因此正常人体面部的热辐射强度左右分布均匀,对称度高,局部组织左右两侧的温差 ΔT 在 0.2°C 以内^[17].

而Bell面瘫患者由于面部患侧神经受损,面肌运动功能丧失,引起炎症反应和异常的血运状况,导致患侧病变区的红外热辐射强度发生异常,左右温差变大,超过 0.2°C 的正常值.因此使用红外热像技术分析患者面部的温度对称性,再选定双侧穴位中温差最大的5个患侧穴位进行针灸,即可获得最好的治疗效果.

本文结合面瘫与温度温度对称性关系^[18],在研究了面瘫患者面部红外热像图表现和温度特征的基础上,提出了一种贝尔面瘫的针灸自动选穴方法,融合角点检测和边缘检测技术实现红外面部图像自动选穴,标出人体面部对面瘫治疗有意义的所有穴位.经过实验证明,本文提出的方法准确、快速、可靠.

3 自动选穴方法

3.1 图像预处理

在穴位定位系统中,对输入的红外人脸图像进行预处理是不可或缺的,后续的定位通常要求输入的是尺度与几何位置都规范的人脸图像,预处理结果的好坏,直接影响到定位系统的性能.一般由红外热像仪采集到的红外面部图像都存在很多的干扰,为达到较好的定位效果及定位准确度,对目标红外面部图像进行预处理是必不可少的.

首先,目标头部图像归一化.将头部图像尺寸重置为 256×256 的统一大小,图像的灰度级化为256级;

其次,目标头部图像阈值分割.一般来说,人体和外界环境间的温差较大,相应的红外图像中两者的灰度相差较大^[19].根据这一特点,将灰度级大于70的头部从背景中区分出来;

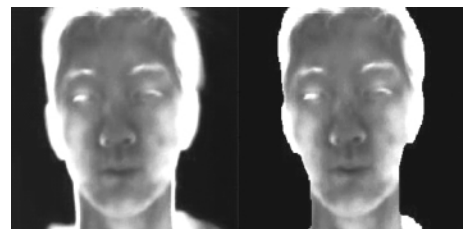


图2 原始图像及预处理后的图像

Fig. 2 Original image and pretreatment image

最后,目标头部图像去噪.图像去噪的目标就是在有效去除噪声的前提下,最大限度的保留图像的边缘和细节^[20],使得图像的角点和边缘能清晰显示,便于后续的特征提取.预处理结果如图2所示.

3.2 面部主要特征点定位

红外面部图像穴位定位是首先提取相关面部特征位置,进而达到定位穴位的目的.从医学解剖的角度看,人脸皮肤组织如人脸血管的分布及形状特征等是进行穴位定位的主要参照特征.这些特征通过红外热像仪成像后形成的红外人脸图

像具有的特性,以及人脸皮肤的光学和热学特性对红外成像的影响,都直接关系到进行人脸特征提取时方法的选择.只有采用适合这些特性的红外图像处理技术,才能设计出性能优良的穴位定位系统.

与可见光图像相比,红外热像图具有信噪比低、对比度差的特点^[21].红外图像是一幅灰度图像,像素点的灰度值反映了物体的相对温度高低.灰度值越大,则该物体的相对温度越高;灰度值越小,则该物体的相对温度越低^[19].

由红外摄像机采集到的正面人脸红外图像如图2中左图所示.由图可知,目标图像上皮肤背景的灰度变化是平缓的,且像素间的灰度具有较强相关性.而在面部特征周围,灰度级变化明显,存在明显的角点和边缘特性.因此可以使用角点检测和边缘检测来提取红外面部图像上的信息.

面部特征的定位主要分为以下3步:

3.2.1 提取目标头部图像角点信息

本文中角点的检测利用了面部特征梯度变化明显的理论,使用由Shi和Tomasi提出的MinimumEigenvalue算子来检测预处理后人脸图像 I 上的角点,该方法称为最小特征值方法.角点是二维图像上亮度变化最剧烈或图像边缘曲线上曲率值最大的像素点,可以很好的被检测出来.

步骤1. 计算图像 I 的一阶方向导数. I 的一阶方向导数 X 、 Y 可对图像求卷积来得到:

$$X = I \otimes [-1 \ 0 \ 1] = \frac{\partial I}{\partial x} \quad (1)$$

$$Y = I \otimes [-1 \ 0 \ 1]^T = \frac{\partial I}{\partial y} \quad (2)$$

为提高抗噪声能力,对图像窗口进行高斯平滑滤波,高斯函数形式如下:

$$w = \exp \left[-\frac{1}{2} (x^2 + y^2) / \sigma^2 \right] \quad (3)$$

另外定义 A 、 B 、 C 如下:

$$A = X^2 \otimes w = I_x^2 \otimes w \quad (4)$$

$$B = Y^2 \otimes w = I_y^2 \otimes w \quad (5)$$

$$C = XY \otimes w = I_x I_y \otimes w \quad (6)$$

步骤2. 求图像 I 的局部自相关函数.图像的自相关函数 $E(x, y)$ 描述了局部图像灰度的变化程度. $E(x, y)$ 表征由于像素点 (x, y) 偏移 (u, v) 所造成的图像灰度的平均变化.在图像角点处 $E(x, y)$ 变化显著.将 $E(x, y)$ 在点 (x, y) 处展开,表示成一次Taylor多项式形式,结果如下:

$$\begin{aligned} E(x, y) &= \sum_{u, v} |I_{x+u, y+v} - I_{x, y}|^2 = \sum_{u, v} [uX + vY + O(u^2, v^2)] \\ &= Au^2 + Bv^2 + 2Cuv = (u \ v) \begin{pmatrix} A & C \\ C & B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = (u \ v) M (u \ v)^T \end{aligned} \quad (7)$$

显然,矩阵 $M = \begin{pmatrix} A & C \\ C & B \end{pmatrix}$.

步骤3. 用响应函数求图像 I 上各点的角点值,MinimumEigenvalue算子给出图像的角点响应函数如式(8)所示,得 I 的角点图像 J .

$$R = (Tr(M) - \sqrt{Tr^2(M) - 4Det(M)}) / 2 \quad (8)$$

其中 $Tr(M) = A + B$ 表示矩阵 M 的迹; $Det(M) = AB - C^2$ 表示 M 的行列式值.因此图像 I 的角点响应函数可写为:

$$R = ((A + B) - \sqrt{(A - B)^2 + 4C^2}) / 2 \quad (9)$$

某一点的 R 值越大,即角点值越大,表明在图像 I 上该点越接近于角点.

3.2.2 提取目标红外图像边缘信息

边缘检测建立在边缘灰度不连续的理论之上,本文采用高斯拉普拉斯算子(Log算子)来检测面部头像边缘,对干扰角点较多的嘴巴和面颊位置进行定位. Log算子是由Marr和Hildreth提出的,根据图像信噪比来检测图像边缘的最优滤波器^[22].使用Log算子检测预处理后的图像 I 的边缘,具体处理步骤如下:

步骤1. Log算子对图像噪声较为敏感,因此首先对目标红外图像 I 使用二维高斯函数 $G(x, y)$ 进行最佳平滑处理, $G(x, y)$ 的形式如下:

$$G(x, y) = (1/2\pi\sigma^2) \exp(-(x^2 + y^2)/2\sigma^2) \quad (10)$$

这里 σ 为标准差.平滑后的图像为 $f(x, y)$,处理过程如式(11)所示:

$$f(x, y) = G(x, y) * I(x, y) \quad (11)$$

其中 $*$ 是卷积运算符.这一步是一个低通滤波的过程,用于消除空间尺度小于高斯空间系数 σ 的图像强度的变化,抑制部分图像噪声.

步骤2. 用拉普拉斯算子 ∇^2 获取平滑图像 $f(x, y)$ 的二阶方向导数图像 $M(x, y)$,处理过程如下式:

$$\begin{aligned} M(x, y) &= \nabla^2 [f(x, y)] = \nabla^2 [G(x, y) * I(x, y)] = \\ &= [\nabla^2 G(x, y)] * I(x, y) \end{aligned} \quad (12)$$

式(12)中 $\nabla^2 G(x, y)$ 即为Log算子,它具有如下形式:

$$\nabla^2 G(x, y) = \frac{1}{\pi\sigma^4} \left(\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} - 1 \right) \exp \left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right) \quad (13)$$

步骤3. 求 $M(x, y)$ 的零穿点轨迹即为图像 I 的边缘,得图像 I 的边缘图像 K .

3.2.3 综合角点信息及边缘信息定位面部特征位置

步骤1. 制作头部模板 L ,其过程可由式(14)表示:

$$L(x_i, y_j) = \begin{cases} 1, & I(x_i, y_j) > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}, i, j = 0, 1, 2, \dots, 255 \quad (14)$$

其中 $I(x, y)$ 为预处理后的图像.对头部模板的用数学形态学进行腐蚀,腐蚀结果存回 L .

步骤2. 定位鼻子、眼睛位置.用头部模板 L 与图像 J 按位执行与操作,得到只包含面部特征的角点图像 J ,去除掉边缘角点的干扰,处理过程如式(15):

$$J(x_i, y_j) = J(x_i, y_j) \cap L(x_i, y_j), i, j = 0, 1, 2, \dots, 255 \quad (15)$$

对得到的角点图像 J 进行数学形态学开运算,这种处理是先对角点图像进行腐蚀,去除图像噪声引起的孤立角点,然后对腐蚀后的图像进行膨胀,连通同一个面部特征的角点,平滑角点边缘.

在面部角点图像 J 上分别选取出鼻部区域和眼部区域的角点图像,如下页图3所示.依据角点图像及其投影的特点,得到投影曲线的最大值的坐标即为鼻子和眼睛的水平位置.同时由鼻区的角点很容易得到鼻尖的垂直位置和鼻子宽度,

再依据中国美术理论中最基本的人脸结构理论——“三庭五眼”^[23],估计瞳孔垂直位置.

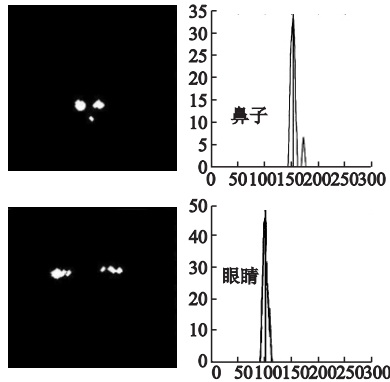


图3 鼻子、眼部角点及其向 y 轴的投影

Fig.3 Nose, eyes corner and projection to the y axis

步骤3. 定位嘴巴、眉毛位置. 用头部模板 L 与图像 K 按位执行与操作, 得到只包含面部特征的边缘图像 K 如式(16)所示:

$$K(x_i, y_j) = K(x_i, y_j) \cap L(x_i, y_j), i, j = 0, 1, 2, \dots, 255 \quad (16)$$

在面部边缘图像 K 上选取嘴部的边缘检测结果, 如图4所示, 分析其特点可知, 投影曲线的最大值坐标即为唇线的水平位置.

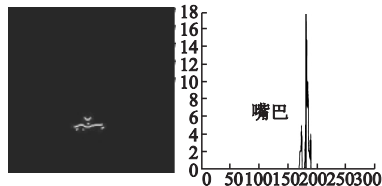


图4 嘴部边缘及其向 y 轴的投影曲线

Fig.4 Mouth edge and the projection to the y axis

由于额前头发和眼睛周围角点的影响, 眉毛水平位置不能用角点检测和边缘检测来确定. 经过对大量人脸图像的观察发现, 眉毛到瞳孔的垂直距离大致为瞳孔到嘴唇中心垂直距离的 $1/3$, 据此可根据已知的嘴巴和眼睛位置, 来确定眉毛的水平位置.

3.3 面部其他特征点定位

在侧面图像的定位中, 本文充分利用了人体侧面头像的特点, 依据面部特征的走势确定面部特征的水平位置. 截取包含面部特征的长 46 个像素的子图像向纵轴做投影, 结果如图5所示.

观察曲线的走势可知, 曲线上左侧开始第一个极值点的坐标对应眉毛的水平位置, 最大值点的坐标对应鼻子的水平位置, 鼻子后紧接着的两个极值点间所夹的谷值点坐标对应嘴巴的水平位置, 详见图中标注. 通过对大量侧面红外人脸图像的观察发现, 耳孔温度比其周围组织温度高, 因此寻找耳朵区域像素最大值的垂直位置, 即为耳孔位置.

3.4 面部穴位定位

根据上文说给出的面部特征的位置, 可以绘制面部特征

坐标轴, 如图6所示.

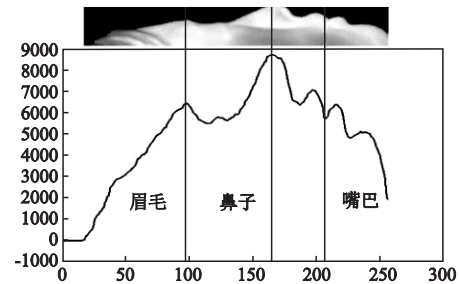


图5 侧面头像面部投影曲线

Fig.5 Lateral facial projection curve

穴位的定位主要参照图6所示的坐标轴. 本文中穴位的准确位置是根据国家标准经学位挂图得到的, 下面仅介绍几个穴位作为代表.

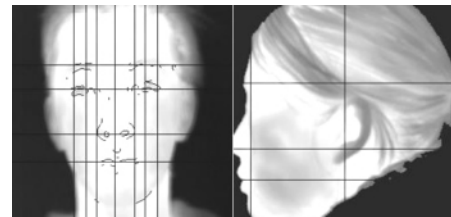


图6 正面及侧面面部特征坐标轴

Fig.6 Head-on and lateral facial feature coordinate

在正面图像中, 人中穴位于鼻子正下方, 上嘴唇沟的上三分之一与下三分之一交界处, 人中穴的位置可根据鼻尖的水平位置和垂直位置来确定. 地仓穴在面部嘴巴外侧, 瞳孔正下方, 地仓穴的位置可以根据嘴巴的水平位置和瞳孔的垂直位置来确定. 鱼腰穴在额部, 瞳孔直上, 眉毛中, 鱼腰的位置可用眉毛的水平位置和瞳孔的垂直位置来确定.

在侧面图像中, 太阳穴在颞部, 当眉梢与目外眦之间, 向后约一横指的凹陷处. 太阳穴的位置可由距离眉毛为眉毛、鼻子水平位置的三分之一处和距离面颊为耳孔、面颊垂直距离的三分之一处的位置确定太阳穴的位置. 下关在侧面部耳前方, 耳前一横指, 颧弓下陷处. 下关穴可根据眼睛、嘴巴水平位置

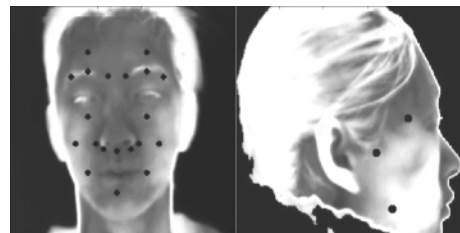


图7 面部穴位定位结果图

Fig.7 Facial acupuncture location results

的中间位置和耳孔的垂直位置来确定. 颊车在面颊部, 下颌角前上方约一横指(中指), 当咀嚼时咬肌隆起处. 其位置可根据嘴巴的水平位置和耳孔、面颊垂直位置的中间位置来确定颊车穴的位置. 面部穴位定位结果如图7所示.

最后,比较双侧穴位的温度对称系数,提取出温差最大的5个穴位,即完成针灸治疗的自动选穴。

本文以面部五官的位置为坐标,进行面部穴位的定位,这与中医上确定人体面部穴位位置的方法相一致,中医上即是以五官为基准来描述穴位位置的。在传统中医理论中,穴位的确定即根据被确定对象本身面部器官分布为基础,以器官间距离的比例为标准进行定位。因此,在《针灸甲乙经》等中医著作中,经常可以看到“越三分之一”、“一横指”(即额头的三分之一)等描述。从现代测量学角度看,中医的这种穴位确定方法为相对位置定位法,保证了不同对象可以应用同一个定位标准。而在本文中,对于穴位位置的确定同样是以拍摄对象本身面部器官分布为基础,以器官间距离的比例作为定位标准。这与传统中医穴位定位方法相同,是对中医学描述的数学量化表示。因此,本文方法中的穴位过程确定符合传统中医穴位理论,可以做到穴位的位置“因人而异”。

4 实验与讨论

4.1 数据来源

本次实验的测试图像皆为秦皇岛市中医医院采集的实际红外人脸图像。图像的选取规则如下:首先由专业医师对就诊的患者进行筛选,患者必须符合贝尔面瘫诊断标准,病程在3天以内;然后依据 House-Brackmann(HB)面神经分级标准^[24]对患者进行临床评估;最后收录 HB 面神经分级 V 级以下单侧发病且自愿签署知情同意书者。

实验中拍摄红外热像图所使用的仪器为北京产 WP-95 型红外热像仪,图像分辨率为 256×256 像素,空间分辨率为 1.5 mrad ,温度分辨率为 0.05°C 。拍摄过程中对环境要求如下:温度 $23 \pm 1^\circ\text{C}$,湿度 $60\% \pm 5\%$,无风无尘,光线稍偏暗,无强热辐射源。拍摄时,患者在拍摄环境中静坐 30 分钟,适应室温,稳定情绪,在距离红外摄像头 1.5 米处端坐,睁眼,屏息数秒,分别拍摄患者正、左、右三面红外图像。

自 2009 年 5 月 8 日至 2010 年 3 月 29 日,秦皇岛市中医医院共收录此类患者 65 例,其中男性 34 例,女性 31 例,年龄 16~65 岁,平均年龄 39 岁。现从正面中选取 65 幅,侧面选取 70 幅(左侧面与右侧面各 35 幅)不同人的红外面部图像使用本文提出的方法进行穴位定位,检测本文方法的定位效果。

4.2 实验方法与结果

本次实验所使用的评价指标是准确率和容错性。准确率是指对多幅红外面部图像上的某一穴位进行定位,其中定位正确的红外图像的概率。定位的准确率越高,说明定位效果越好;反之,说明定位效果越差。这里,假设任一穴位点根据国家标准经穴部位挂图得到的准确位置为 x ,用本文提出的方法定位得到的位置为 x^* ,由于穴位温度的变化是区域性的,因此,容许定位结果有小范围的偏差。经观察发现, x^* 的误差限 e^* 等于 2 个像素,只要 x 的值满足 $x = x^* \pm e^*$ 即可认为穴位点定位准确,这称为本方法的容错性。

为了验证本文算法的有效性,对于测试对象穴位的真实位置由经验丰富的中医工作者在未知算法定位结果的前提下独立对图像中各穴位的位置进行标定,作为穴位的准确位置。

然后,通过本文所提方法在未知准确位置的前提下独立进行穴位位置的计算,所获得的坐标作为穴位的测量位置。将测量

表 1 正面穴位定位准确率(65 幅)

Table 1 Head-on acupuncture positioning accuracy

穴 位	准确率(%)	错误个数
人中穴	98.46	1
口禾髎穴	96.92	2
迎香穴	96.92	2
承浆穴	84.62	10
地仓穴	92.31	5
颧髎穴	96.92	2
四白穴	98.46	1
鱼腰穴	93.85	4
攒竹穴	92.31	5
丝竹空穴	89.23	7
阳白穴	95.38	3

位置以准确位置为基准进行对比,得到正面和侧面各穴位测量位置的定位准确率,分别如表 1、表 2 所示。

表 2 侧面穴位定位准确率(70 幅)

Table 2 Lateral acupuncture positioning accuracy

穴 位	准确率(%)	错误个数
下关穴	97.14	2
颊车穴	94.29	4
迎香穴	91.43	6

经过计算,得到本文的平均定位准确率约为 94%。下面给出几幅定位准确的图像作为示例,见图 8 所示。

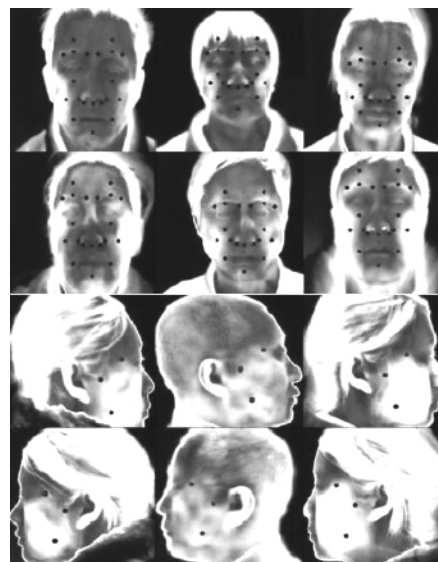


图 8 定位正确的图像

Fig. 8 Images with the correct location result

4.3 讨论

在面部所有穴位中,根据嘴巴位置来定位的穴位有地仓穴和承浆穴。嘴巴的定位使用的是边缘检测算法,显然嘴部曲线在嘴巴咬合处的边缘信息最强,由此得到的嘴部位置也最为可靠。实验结果表明,本文方法对嘴部表情具有较强的鲁棒性,即使目标图像中人物咧嘴、微笑等,也能取得较好的识别

率,如图9所示。

从图表可以看出,承浆穴比其他穴位的定位准确率略低,分析发现制约嘴巴定位准确率提高的主要因素是目标面部图

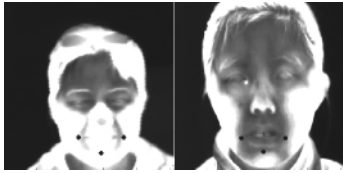


图9 嘴部干扰的定位结果

Fig. 9 Location result with inference near the mouse

像的不规范性。典型的例子如图10(a)所示。

根据鼻子位置来定位的有人中穴、迎香穴和口禾髎。在面部所有特征中鼻子的角点信息最为明显,鼻子位置位于面部中心,分区位置容易估计。因此在所有面部特征的定位中,鼻子的定位最为准确,以其位置为参考的三个穴位的准确率分别为98.46%、96.92%、96.92%,达到了非常好的水平。同时,从测试实验中发现,影响鼻子定位准确率的主要因素为面部胡须,胡须角点面积大而杂乱,无法和鼻子角点区分,致使鼻子的定位出错。典型的例子如图10(b)所示。

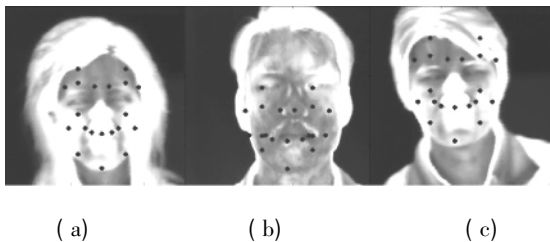


图10 定位出错图像

Fig. 10 The images with the wrong location result

基于眼睛和眉毛的位置来定位的穴位有四白穴、颧髎穴、攒竹穴、鱼腰穴、丝竹空穴和阳白穴。眼睛的角点信息也较为明显,眼部区域的范围也可根据鼻子的位置估计出来,以此提取出眼部角点完成眼睛位置的定位。眉毛的位置参照面部特征的“三庭五眼”规则,按眉眼距离为眼嘴距离的1/3来确定。眉眼处的干扰主要来自于前额的头发,前额头发过长将增加了眼区角点的复杂性,造成定位出现偏差。眉眼部分出错的图像如图10(c)所示。

从前面的讨论可以看出,穴位定位错误的产生,多出现于极少数不规范的图像上,因此,严格规范所拍摄的图片,要求被患者进行红外信息采集时束发、端正坐姿、直立平视,有助于大大增加穴位定位的准确率,为医生提供更可靠的疾病信息。

同时,综合比较正面图像和侧面图像的定位准确率可以发现,侧面图像上穴位的定位准确率略高于正面图像。其原因大致可分为以下两项:

- 1) 人体面部的侧面图像比正面图像的图像信息更为简单,进行面部特征定位时,干扰较少;
- 2) 侧面穴位的定位比正面穴位定位对图像规范性的要求更低,测试图像中人物仰头、歪头对侧面穴位定位的影响更

小,而正面穴位定位时应用了面部特征的对称性,头部的倾斜所产生的影响大得多,影响了正面穴位定位的准确率。

从表1、表2的数据可以看出,本文算法的平均定位准确率在94%以上,其中人中穴的准确率接近100%,定位效果很好。同时,本文的算法首先定位出面部特征的位置并绘制了面部坐标轴,因为该算法不但能实现贝尔面瘫针灸穴位的自动定位,也应用于治疗其他面部疾病的穴位定位,应用范围很广。

5 结论

实现计算机自动选择贝尔面瘫针灸穴位的关键是完成面部穴位的自动定位,为此本文提出了一种基于红外图像的面部穴位自动定位算法,融合 MinimumEigenvalue 角点检测和 Log 边缘检测,充分利用了两种技术的互补作用,定位面部基本特征的位置,在此基础上实现穴位的自动定位。在面部特征定位中,分区思想的有效利用也大为提高定位的速度与精度。通过实验分析,证明本文算法是有效且准确的。我们进一步的工作将集中在图像对比度的自适应调节和噪声处理的优化上,以提高穴位定位的准确率。

References:

- [1] Zhang Dong. Computerized thermovision for the study of the principles of acupuncture and meridian phenomena [J]. Infrared Technology, 1992, 14(4): 28-32.
- [2] Sun Min, Li De-yu, Yu Meng-sun. Harris operator and K-means clustering based facial features localization on Infrared Images [J]. Space Medicine & Medical Engineering, 2007, 20(4): 285-288.
- [3] Xie Zhi-hua, Wu Shi-qian, Fang Zhi-jun, et al. Weighted block-PCA and FLD infrared face recognition method based on blood perfusion image [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2009, 30(10): 2069-2072.
- [4] Wang Yu. Face recognition and facial feature localization based on BLNP operator [D]. Xiamen University, 2008.
- [5] He Jing, Li Qing-hua, Wang Xin-sai, et al. Corner features extraction of image based on orientation SUSAN operator [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2008, 29(3): 508-510.
- [6] Wei Dong-xing, Chen Xiao-yun, Xu Rong-cong. Image shape feature extraction method based on corner point detection [J]. Computer Engineering, 2010, 36(4): 220-222.
- [7] Xiao Yang-hui, Zhang Fan. Improved approach for infrared image corner detection [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2006, 27(6): 2237-2239.
- [8] Zhang Xiao-hong, Li Bo, Yang Dan. A novel Harris multiscale corner detection algorithm [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2010, 36(4): 220-222.
- [9] Zhang Tai-fa, Cheng Dong-xu, Shi Duan-yin. Enhanced method for contour extraction based on Log operator [J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(22): 183-185.
- [10] Sun Jin, Gu Hong-bin. Improved insensitivity to noise image edge detecting method based on the direction information [J]. Mini-Micro Systems, 2006, 27(7): 1358-1361.
- [11] Han Wei-ju. Advances in diagnosis and treatment of Bell's palsy [J/CD]. Chinese Journal of Clinicians (Electronic Version),

- 2009, 3(9): 1435-1444.
- [12] Zhang Dong, Gao Hui-he, Wei Zheng-xiu, et al. The preliminary study of clinical choose acupuncture scheme [J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 1990, 31(12): 25-27.
- [13] Zhang Dong. Application of infrared thermography in studies of acupuncture mechanisms and meridians [J]. Chinese Acupuncture & Moxibustion, 2004, 1(24): 37-42.
- [14] Qu Xiao-xiao, Zhang Dong, Li Shun-yue, et al. The observation of normal facial meridians temperature and blood perfusion quantity observation [J]. Shanxi Journal of Traditional Chinese Medicine, 2009, 30(8): 1076-1079.
- [15] Zhang Dong, Wei Zheng-xiu, Wang Feng-ling, et al. Infrared thermal imaging for facial paralysis' acupuncture treatment scheme [J]. Chinese Acupuncture and Moxibustion, 1992, 12(4): 33-35.
- [16] Schlager Oliver, Gschwandtner Michael E, Herberg Karin, et al. Correlation of infrared thermography and skin perfusion in Raynaud patients and in healthy controls [J]. Microvascular Research, 2010, 80(1): 54-57.
- [17] Gratt B M, Graff-Radford S B, Shetty V, et al. A 6-year clinical assessment of electronic facial thermography [J]. Dentomaxillofacial Radiology, 1996, 25(5): 247-255.
- [18] Zhang Dong, Gao Hui-he, Wen Bao-zhu, et al. The thermograph study on the relationship between the facial paralysis and the symmetry of facial temperature [J]. Chinese Journal of Medical Imaging, 1996, 4(3): 171-173, 184.
- [19] Chen Ren, Xu Kai-yu. Research on figure edge detection on IR image [J]. Laser & Infrared, 2005, 35(9): 703-705.
- [20] Zhang Mei-yu, Zhang Su-qiong, Qin Xu-jia, et al. Improved anisotropic complex Diffusion model for medical Image denoising [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2010, 31(5): 969-973.
- [21] Bai Jun-qi, Chen Qian, Wang Xian-ya, et al. Contrast enhancement algorithm of infrared image based on noise filtering model [J]. Infrared and Laser Engineering, 2010, 39(4): 777-780.
- [22] Xu Xian-ling, Lin Yi-shui. Comparison and analysis for image edge detection algorithms [J]. Automation & Information Engineering, 2007, 28(3): 44-46.
- [23] He Guang-hui, Tang Yuan-yan, Fang Bin, et al. Image partition method in face recognition [J]. Computer Engineering and Applications, 2010, 46(28): 196-198.
- [24] Susan E. Coulson, Glen R. Croxson, Roger D. Adams, et al. Reliability of the "Sydney" "Sunnybrook" and "House Brackmann" facial grading systems to assess voluntary movement and synkinesis after facial nerve paralysis [J]. Otolaryngology Head and Neck Surgery, 2005, 132(4): 543-549.
- [J]. 红外技术, 1992, 14(4): 28-32.
- [2] 孙 敏, 李德玉, 俞梦孙. 基于 Harris 算子和 K-means 聚类的红外图像脸部特征自动定位 [J]. 航天医学与医学工程, 2007, 20(4): 285-288.
- [3] 谢志华, 伍世虔, 方志军, 等. 分块 PCA 加权与 FLD 结合的血流图红外人脸识别方法 [J]. 小型微型计算机系统, 2009, 30(10): 2069-2072.
- [4] 王 宇. 基于 NLBP 算子的人脸识别与人脸特征定位 [D]. 厦门大学, 2008.
- [5] 贺 菁, 李庆华, 王新赛, 等. 基于方向性 SUSAN 算子的图像角点特征提取 [J]. 小型微型计算机系统, 2008, 29(3): 508-510.
- [6] 韦东兴, 陈晓云, 徐荣聪. 基于角点检测的图像形状特征提取方法 [J]. 计算机工程, 2010, 36(4): 220-222.
- [7] 肖阳辉, 张 帆. 一种改进的红外图像角点检测算法 [J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(6): 2237-2239.
- [8] 张小洪, 李 博, 杨 丹. 一种新的 Harris 多尺度角点检测 [J]. 电子与信息学报, 2007, 29(7): 1735-1738.
- [9] 张太发, 程东旭, 石端银. 基于 Log 算子的一种新的边界轮廓线提取方法 [J]. 计算机工程与应用, 2008, 42(22): 183-185.
- [10] 孙 瑾, 顾宏斌. 基于方向信息的抗干扰性边缘检测算法研究 [J]. 小型微型计算机系统, 2006, 27(7): 1358-1361.
- [11] 韩维举. 贝尔面瘫的诊断和治疗进展 [J/CD]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2009, 3(9): 1435-1444.
- [12] 张 栋, 高惠合, 魏正岫, 等. 临床选择针刺穴位方案的初步研究—面神经麻痹热象图辅助选穴的观察 [J]. 中医杂志, 1990, 31(12): 25-27.
- [13] 张 栋. 针灸原理和经络研究中红外热像技术的应用 [J]. 中国针灸, 2004, 24(1): 37-42.
- [14] 屈箫箫, 张 栋, 李顺月, 等. 正常人面部穴位温度和血流灌注量观察 [J]. 陕西中医, 2009, 30(8): 1076-1079.
- [15] 张 栋, 魏正岫, 王凤玲, 等. 红外热像图用于面瘫针刺治疗方案的确定—附 60 例热像图选穴长期疗效观察 [J]. 中国针灸, 1992, 12(4): 33-35.
- [18] 张 栋, 高惠合, 温宝珠, 等. 面瘫与面部温度对称性关系的热像图研究 [J]. 中国医学影像学杂志, 1996, 4(3): 171-173, 184.
- [19] 陈 仁, 许开宇. 红外图像的人像边缘检测技术研究 [J]. 激光与红外, 2005, 35(9): 703-705.
- [20] 张美玉, 张素琼, 秦绪佳, 等. 改进的各向异性复扩散模型的医学图像去噪方法 [J]. 小型微型计算机系统, 2010, 31(5): 969-973.
- [21] 白俊奇, 陈 钱, 王娴雅, 等. 红外图像噪声滤波对比度增强算法 [J]. 红外与激光工程, 2010, 39(4): 777-780.
- [22] 徐献灵, 林奕水. 图像边缘检测算法比较与分析 [J]. 自动化与信息工程, 2007, 28(3): 44-46.
- [23] 何光辉, 唐远炎, 房 斌, 等. 图像分割算法在人脸识别中的应用 [J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(28): 196-198.

附中文参考文献:

- [1] 张 栋. 计算机化红外热像仪用于针灸原理和经络现象的研究