

文章编号: 1672-2892(2011)01-0069-05

## 大鱼际掌纹图像边缘提取算法

张秋淋, 朱习军, 刘大专, 吕汶颖

(青岛科技大学 信息科学技术学院, 山东 青岛 266061)

**摘要:** 主要研究大鱼际掌纹图像边缘提取算法。介绍几种经典的边缘检测算子以及 Hough 变换方法, 重点讨论了小波模极大值多尺度边缘检测方法。构造了高斯多尺度边缘检测算子, 根据噪声和图像边缘的小波变换模值跨尺度传递的不同特征, 研究小波模极大值多尺度边缘检测方法, 对大鱼际掌纹图像进行边缘提取。实验结果表明该方法检测到的边缘细节丰富, 定位较准确, 有效降低了噪声, 不足之处是连续性较差。

**关键词:** 边缘检测; 大鱼际掌纹; 小波多尺度分析; 模极大值

**中图分类号:** TN911.73; TP391.41

**文献标识码:** A

## Edge extraction algorithm of thenar palmprint image

ZHANG Qiu-lin, ZHU Xi-jun, LIU Da-zhuan, LV Wen-ying

(School of Information Science & Technology, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao Shandong 266061, China)

**Abstract:** This paper mainly study the edge extraction algorithm of thenar palmprint image. Some classical edge detection operators and Hough transform are introduced. The wavelet modulus maxima multi-scale edge detection method is highlighted. A multi-scale Gaussian edge detector is constructed. According to the characteristics of cross-scale transfer of wavelet transform modules for the noise and the image edge, the method of wavelet modulus maxima multi-scale edge detection is adopted to extract the edge of the thenar palmprint image. The experiment results show that this algorithm can reduce the effects of noise and detect rich edge details; meanwhile, the position of fused edges is precise. Whereas, it has the deficiency of poor continuity at the edges.

**Key words:** edge detection; thenar palmprint; wavelet multi-scale analysis; modulus maxima

医学专家在多年的临床观察及医学研究中发现哮喘和变态反应性疾病的患者普遍具有大鱼际掌纹粗糙, 呈格子状分布的现象, 这种现象可作为其外在表现的一个重要体征, 与肾虚体质密切相关。该体征可作为哮喘和变态反应性疾病鉴别诊断的客观指标<sup>[1-2]</sup>。医学上可以根据观察大鱼际掌纹来进行诊断治疗。医者通过观察患者大鱼际掌纹走向、纹间距离、纹沟深浅、纹间相互构成的花纹特征, 根据肉眼观察及触诊信息, 将大鱼际掌纹分为4级<sup>[1-2]</sup>。I级: 大鱼际表面皮肤润泽, 纹理细腻, 间隙密集, 皮沟极浅, 无特征性花纹分布, 用手扪之柔软; II级: 大鱼际表面皮肤润泽, 纹理清晰, 呈格子型分布, 但间隙较狭窄, 用手扪之柔软光滑; III级: 大鱼际表面皮肤欠润泽, 纹理清晰, 明显可见, 呈格子型分布, 间隙较宽, 用手扪之较柔软; IV级: 大鱼际表面皮肤干而粗糙, 纹理清晰, 明显可见, 扪之碍手, 甚或扪之如皮革, 呈大格子型分布, 纹理间隙较III级明显增宽, 间隙较均匀。目前对患者大鱼际掌纹的分级主要依靠肉眼和触诊, 存在一定的主观性, 为了更客观、更准确地判断出患者的大鱼际掌纹的级数, 采用图像处理技术对大鱼际掌纹进行预处理、特征提取和分类, 以实现大鱼际掌纹的量化识别。大鱼际区域是指拇指根部至腕关节中那块肌肉隆起的外侧肌群。每个人的大鱼际掌纹形态均不相同, 纹理复杂, 而且随年龄的增长, 大鱼际区域的特征也有相应的变化, 比如变得粗糙、更加高耸等。大鱼际掌纹图像的边缘主要是其纹理特征, 如纹间距离、纹间相互构成的花纹特征等, 是判断其分类的主要依据, 有效的边缘提取对后续的特征提取和量化识别有重要的作用。

边缘检测方法要求既能检测到大鱼际掌纹图像边缘的精确位置, 又可以抑制无关细节和噪声。经典的、常规的图像边缘检测方法如一阶微分的梯度法和二阶微分法等仍在使用, 这些方法普遍对噪声敏感, 抗噪性能差, 并

收稿日期: 2010-06-09; 修回日期: 2010-07-02

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(2009ZR019PP); 山东省高等学校科技计划项目(J09LG12)

且常常会在检测边缘的同时加强噪声<sup>[3]</sup>,用于大鱼际掌纹图像的边缘提取效果不佳,往往不能够获得边缘定位和噪声滤除的最佳折衷。由于小波变换具有良好的时频局部化特性<sup>[4-9]</sup>及多尺度分析能力,在不同尺度上具有“变焦”的功能,是检测突变信号强有力的工具,因此小波变换的图像边缘检测算法的研究逐渐成为图像处理领域的热点。基于多尺度小波分析<sup>[4]</sup>的图像边缘检测方法由于其定位的精确性和噪声抑制能力强,得到了广泛的应用。大鱼际掌纹图像中能够真实反映目标位置、形状特征的特征边缘信息在很大程度上决定着识别目标的精度和速度,对整个识别过程起着积极的作用。笔者所感兴趣的只是那些能够表达大鱼际掌纹图像本质内容的特征边缘信息。

## 1 经典的边缘检测方法

早期的边缘检测是通过基于梯度算子或一阶导数的检测器来估计图像灰度变化的梯度方向,增强图像中的这些变化区域,然后对该梯度进行阈值运算,如果梯度值大于某个给定门限,则存在边缘。

一阶微分是图像边缘和线条检测的最基本方法。图像函数  $f(x, y)$  在点  $(x, y)$  的梯度(即一阶微分)是一个具有大小和方向的矢量,即

$$\nabla f(x, y) = \frac{\partial f}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \mathbf{j} \quad (1)$$

$\nabla f(x, y)$  的幅度为:

$$\text{mag}(\nabla f) = g(x, y) = \sqrt{\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}} \quad (2)$$

方向角为:

$$\phi(x, y) = \arctan \left| \frac{\frac{\partial f}{\partial y}}{\frac{\partial f}{\partial x}} \right| \quad (3)$$

以这些理论为依据,众多学者提出了许多传统的和经典的边缘检测算子。常用的边缘检测算子包括:Roberts 边缘检测算子、Sobel 边缘检测算子、Prewitt 边缘检测算子、Laplace 边缘检测算子、LOG 边缘检测算子、Canny 边缘检测算子、零交叉边缘检测算子、差分边缘检测算子<sup>[5]</sup>等。

## 2 Hough 变换边缘提取

Hough 变换<sup>[6]</sup>是图像处理中从图像中识别几何形状的基本方法之一。Hough 变换的基本原理在于利用点与线的对偶性,将原始图像空间给定的曲线通过曲线表达形式变为参数空间的一个点。这样就把原始图像中给定曲线的检测问题转化为寻找参数空间中的峰值问题,即把检测整体特性转化为检测局部特性。

Hough 变换思想为:在原始图像坐标系下的一个点对应了参数坐标系中的一条直线,同样参数坐标系的一条直线对应了原始坐标系下的一个点,原始坐标系下呈现直线的所有点,它们的斜率和截距是相同的,所以它们在参数坐标系下对应于同一个点。这样在将原始坐标系下的各个点投影到参数坐标系下之后,看参数坐标系下有没有聚集点,这样的聚集点就对应了原始坐标系下的直线。

Hough 变换算法实现:

- 用极坐标形式:  $x \cos \theta + y \sin \theta = \rho$ , 参数平面为  $\rho, \theta$ , 对应的是正弦曲线;
- 在  $\rho, \theta$  合适的最大值和最小值之间建立一个离散的参数空间;
- 建立一个累加器  $A(\rho, \theta)$ , 并置每个元素为 0;
- 对梯度图上超过门限值的每一个点作 Hough 变换,即算出该点在  $\rho-\theta$  网格上的对应曲线,并在相应的累加器加 1, 即  $A(\rho, \theta) = A(\rho, \theta) + 1$ ;
- 找出对应图像平面共线点的累加器上的局部极大值,这个值就提供了图像平面上共线点共线的参数。

## 3 小波模极大值多尺度边缘检测

### 3.1 多尺度小波算子

设二维图像  $f(x, y) \in L^2(R^2)$ ,  $G(x, y)$  为二维高斯函数,分别选取  $\psi^x(x, y) = \frac{\partial G}{\partial x}(x, y)$  和  $\psi^y(x, y) = \frac{\partial G}{\partial y}(x, y)$  作为小

波函数<sup>[7]</sup>, 即

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

$$\begin{cases} \psi^x(x, y) = \frac{\partial G}{\partial x}(x, y) = -\frac{x}{2\pi\sigma^4} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \\ \psi^y(x, y) = \frac{\partial G}{\partial y}(x, y) = -\frac{y}{2\pi\sigma^4} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \end{cases} \quad (5)$$

引入尺度因子  $s = 2^j$ , 二维多尺度小波函数为:

$$\begin{cases} \psi_s^x(x, y) = \frac{1}{2^s} \psi^x\left(\frac{x}{s}, \frac{y}{s}\right) \\ \psi_s^y(x, y) = \frac{1}{2^s} \psi^y\left(\frac{x}{s}, \frac{y}{s}\right) \end{cases} \quad (6)$$

图像  $f(x, y)$  的二维多尺度小波变换为<sup>[8]</sup>:

$$\begin{pmatrix} W_s^x f(x, y) \\ W_s^y f(x, y) \end{pmatrix} = s \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} (f * G_s)(x, y) \\ \frac{\partial}{\partial y} (f * G_s)(x, y) \end{pmatrix} = s (f * \nabla G_s)(x, y) \quad (7)$$

式中

$$G_s(x, y) = \frac{1}{2^{s+1}\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2^{s+1}\sigma^2}\right) \quad (8)$$

图像  $f(x, y)$  小波变换后的模值和幅角分别为:

$$\begin{cases} M_s f(x, y) = \sqrt{|W_s^x f(x, y)|^2 + |W_s^y f(x, y)|^2} \\ A_s f(x, y) = \arctan\left[\frac{W_s^y f(x, y)}{W_s^x f(x, y)}\right] \end{cases} \quad (9)$$

### 3.2 算法实现

在利用小波变换对图像的边缘处理中<sup>[9-10]</sup>, 其多尺度边缘检测的基本思想就是: 沿梯度方向, 在阈值的约束下检测小波变换的模极大值点, 在小尺度时, 图像的边缘细节信息较为丰富, 边缘定位精度较高, 但易受到噪声的干扰; 在大尺度时, 图像的边缘稳定, 抗噪性好, 但定位精度差。将它们的优点结合起来, 就能够得到更为理想的边缘。通过在不同尺度上进行融合得到最终边缘图像。将 1 副  $128 \times 128$  大小的灰度化的大鱼际掌纹图像记为  $f(x, y)$ , 小波函数选取为二维高斯函数的偏导数, 算法实现如下:

- 根据式(5)构造高斯函数的偏导数, 滤波器的长度选取为 40, 尺度因子为  $s = 2^j$ ;
- 对  $f(x, y)$  的每一行进行小波变换, 得到  $W_s^x f(x, y)$ ; 对  $f(x, y)$  的每一列进行小波变换, 得到  $W_s^y f(x, y)$ ;
- 根据式(9)求得小波变换后的模值  $M_s f(x, y)$  和幅角  $A_s f(x, y)$ , 选取模值阈值  $E$ , 所有模值小于  $E$  的像素的模值都置为零;
- 按梯度方向寻求局部极大值的过程提取模极大值。对每个像素点考虑它的 8 邻域, 根据幅角方向相邻两点与当前点比较判断是否为模极大值, 若为模极大值则标记该像素点, 遍历所有像素点后, 被标记的点组成图像的局部模极大图像;
- 针对尺度  $s$  的每一个像素, 搜索  $(s-1)$  尺度下的局部模极大图像中相应的面积为  $3 \times 3$  的匹配区域, 该匹配区域中出现的所有可能边缘点均标记为候选边缘点, 得到  $(s-1)$  尺度下的候选边缘点图像  $C^{(s-1)}(x, y)$ ,  $C^{(s-1)}(x, y)$  中非候选边缘点标记为零;
- 将  $(s-1)$  尺度下候选边缘点图像  $C^{(s-1)}(x, y)$  中模相近、幅角相似的非零像素点链接, 得到单像素宽的图像边缘  $E^{(s-1)}(x, y)$ ;
- $s = s - 1$ , 如果  $s > 1$  则转到步骤 e), 否则接下一步;
- $s = 1$  时, 边缘图像  $E^s(x, y)$  即为融合后形成的图像边缘。

## 4 仿真结果及其分析

### 4.1 仿真实验及结果

本文实验是利用 MATLAB 仿真实现的。所用的掌纹图像用数码相机拍摄得到，采集掌纹图像时选择黑布作为背景以方便大鱼际掌纹区域的分割。采集时光线充足，拍摄角度选择为垂直于手掌大鱼际区域，被采集者手掌处于自然放松状态。首先从全掌纹图像中分割定位大鱼际掌纹区域，采用基于定位点的掌纹定位分割方法分割出大鱼际掌纹图像，然后再使用本文所述的几种边缘检测算法处理大鱼际掌纹图像。本文实验均采用根据肉眼观察及触诊信息划分为 IV 级的大鱼际掌纹。基于小波模极大值多尺度边缘检测方法中将 2 个不同尺度下的边缘图像进行融合。实验结果如图 1~图 4 所示。

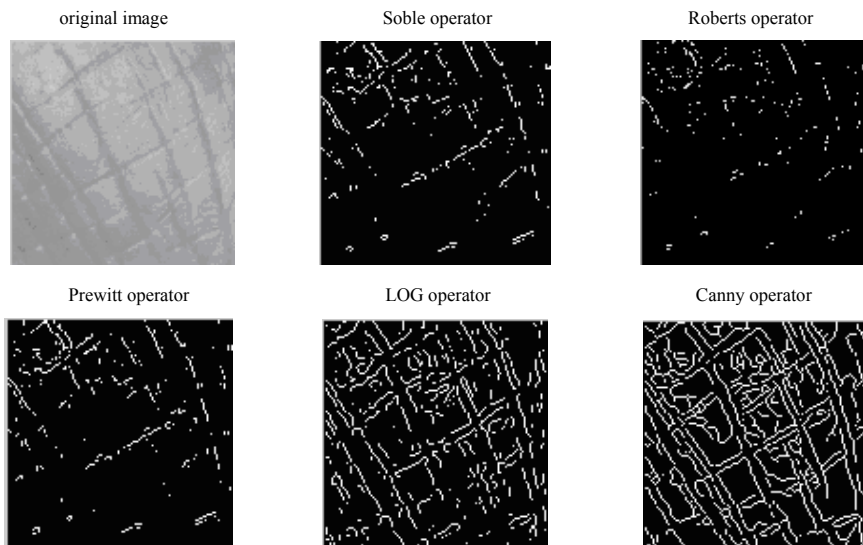


Fig.1 Edge images of some classical operators  
图1 几种经典算子边缘检测图像

### 4.2 实验结果分析

由图 1 可以看出，模板不同，所检测出来的边缘强弱程度也不同。对于经典算子，LOG 算子和 Canny 算子检测出的边缘相对较强，边缘信息较丰富，Canny 算子检测出的边缘具有一定的连续性。在实际应用中可以根据不同的需要选择不同的算子。如图 2，Hough 变换提取的边缘图像在一定程度上抑制了噪声，比经典算法提取的边缘连续性要好，但是细节不够丰富。

由图 3 和图 4 可知，基于小波模极大值多尺度边缘检测算法检测到的边缘细节丰富，定位较准确，即大鱼际掌纹的纹理特征体现得较准确，且抗噪性能很好，有效地提取出了大鱼际掌纹图像的特征边缘，为后续的目标识别提供了可靠的信息。缺点为边缘连续性较差，有些离散的边缘点。由于边缘大多由离散的点组成，连续性不好，针对这个问题，可以采用边缘跟踪补偿技术以进一步修正边缘<sup>[11]</sup>。



Fig.2 Edge images extracted by Hough transform  
图 2 利用 Hough 变换提取的边缘图像



Fig.3 Edge images of wavelet modulus maxima multi-scale analysis  
图 3 小波模极大值多尺度边缘检测图像

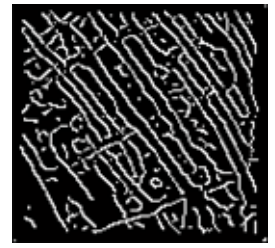
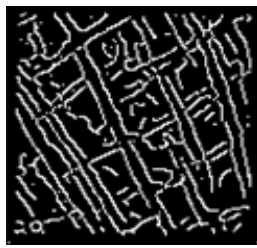


Fig.4 Some edge images of wavelet modulus maxima multi-scale analysis  
图 4 几幅小波模极大值多尺度方法检测的边缘图像

## 5 结论

本文应用经典边缘检测算子、Hough 变换和小波模极大值多尺度边缘检测 3 种方法对大鱼际掌纹图像进行边缘检测。经典边缘检测算子不同,检测的大鱼际掌纹图像边缘强弱程度不同,Soble 算子、Roberts 算子和 Prewitt 算子检测的边缘信息较少,连续性差,LOG 算子和 Canny 算子检测出的边缘相对较强,边缘信息较丰富。Hough 变换方法提取的边缘图像优点是在一定程度上抑制了噪声,比经典算法提取的边缘连续性要好,缺点是细节不够丰富。小波模极大值多尺度边缘检测方法在边缘和噪声的取舍中,充分利用小波变换的特点,可在大尺度下抑制噪声,在小尺度下得到边缘的真实位置。实验表明该方法可以有效抑制噪声的干扰,对边缘有较准确的定位,边缘细节丰富,不足的是连续性较差。

### 参考文献:

- [ 1 ] 周兆山,王燕青,刘治香,等. 大鱼际掌纹形态特征与哮喘病的相关性研究[J]. 山东中医药大学学报, 2004,28(2):114-116. (ZHOU Zhaoshan,WANG Yanqing,LIU Zhixiang,et al. The Correlation Research of Morphological Characteristics of Thenar Palmprint and Asthma[J]. The School Paper of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, 2004,28(2): 114-116.)
- [ 2 ] 王燕青,周兆山,姜洪玉,等. 大鱼际掌纹形态特征与变应性皮炎相关性研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2006,3(6): 19-21. (WANG Yanqing,ZHOU Zhaoshan,JIANG Hongyu,et al. Investigation of Correlation between the Form Stigmata of Maximus Thenar Dermatoglyphic Patterns of Palm and Allergic Dermatitis[J]. The Information Magazine of Traditional Chinese, 2006,3(6):19-21.)
- [ 3 ] 高军,李学伟,张建. 彩色印刷品质量检测系统图像预处理算法的研究[J]. 包装工程, 2007,28(1):64-66. (GAO Jun,LI Xuewei,ZHANG Jian. The Research of Image Preprocessing Algorithm in Color Print Quality Inspection System[J]. Packaging Engineering, 2007,28(1):64-66.)
- [ 4 ] 刘育田,胥海纶. 基于小波变换模极大值的电能质量奇异性检测[J]. 信息与电子工程, 2009,7(1):46-49,54. (LIU Yutian,XU Hailun. Power Quality Abnormal Detection Based on Modulus Maximum Value of Wavelet Transform[J]. Information and Electronic Engineering, 2009,7(1):46-49,54.)
- [ 5 ] Kirsch R A. Computer Determination of the Constituent Structure of Biological Images[J]. Computers in Biomedical research, 1971,4(3):315-328.
- [ 6 ] 贺兴华,周媛媛,王继阳,等. MATLAB7.X 图像处理[M]. 北京:人民邮电出版社, 2006:144-150. (HE XinHua,ZHOU Yuanyuan,WANG Jiyang,et al. MATLAB7.X Image Processing[M]. Beijing:POSTS & TELECOM PRESS, 2006:144-150.)
- [ 7 ] 徐继友,朱耆祥. 小波变换在图像边缘提取中的应用[J]. 光电工程, 1998,25(4):28-34. (XU Jiyou,ZHU Rongxiang. The Application of Wavelet Transform in Image Edge Extraction[J]. Optical Engineering, 1998,25(4):28-34.)
- [ 8 ] 勒中鑫. 数字图像信息处理[M]. 北京:国防工业出版社, 2003:206-263. (LE Zhongxin. The Information Processing of Digital image[M]. Beijing:National Defence Industry Press, 2003:206-263.)
- [ 9 ] Zhu Xijun,Guo Jinyun,Wei Chongyu. Prediction and diagnosis of mine hoist fault based on wavelet neural network[C]// Chinese Control and Decision Conference. Yantai:[s.n.], 2008.
- [10] Zhu Xijun,Guo Jinyun. Wavelet solution of multi-path effect on GPS precise positioning[C]// The 7th World Congress on Intelligent Control and Automation. Chongqing:[s.n.], 2008.
- [11] 舒海燕. 图像目标识别技术的研究与应用[D]. 西安:西北工业大学, 2002. (SHU Haiyan. The Research and Application of Image Recognition Technology[D]. Xi'an:Northwestern industry University, 2002.)

### 作者简介:



张秋淋(1985-),女,山东聊城人,在读硕士研究生,主要研究方向为图像处理。email:ll-pyf@163.com.

朱习军(1964-),男,山东菏泽人,博士,教授,主要从事 GPS 精密导航定位与数据处理和信息处理等方面的研究。

刘大专(1986-),男,山东临沂人,在读硕士研究生,主要研究方向为图像处理。

吕汶颖(1988-),女,山东威海人,在读本科生,主要研究方向为图像处理。