

一种基于局部特征的拓片图像边缘检测算法

路晓菊¹, 张太镒¹, 张亚歌¹, 董俊伶²

(1 西安交通大学 电子与信息工程学院, 陕西 西安 710049; 2 新疆昌吉电业局科技信息部, 新疆 昌吉 831100)

摘 要: 针对传统边缘检测算法在处理拓片图像时, 容易将模糊的细节部分丢失或者误检的问题, 提出了一种基于局部特征的拓片图像边缘检测算法. 该算法预处理部分采用了 unsharp 算子对细节部分进行保护和增强, 利用局部标准差均值比(Local Standard Deviation Mean Ratio, LSDMR)对图像进行边缘描述, 对 LSDMR 进行处理以得到图像边缘, 实验结果表明, 该算法对拓片图像模糊细节的边缘检测明显优于传统算法.

关键词: 拓片; 局部特征; 局部标准差均值比; 边缘检测; 图像处理

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)06-0097-04

A New Edge Detecting Algorithm Based on Local Characteristic in Rubbings' Processing

LU Xiao-ju¹, ZHANG Tai-yi¹, ZHANG Ya-ge¹, DONG Jun-ling²

(1 School of Electronic and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2 Department of Science and Technology Information, Changji Power Industry Bureau, Changji 831100, China)

Abstract: In this paper, a new edge detecting algorithm based on local characteristic in rubbings' processing is proposed. Compared with traditional edge detecting method, the new one have better performance in detecting fine structures. In the new algorithm, unsharp operator is used in pretreatment to protect fine part and increase contrast, then we describes edge in picture using Local Standard Deviation Mean Ratio(LSDMR) of pixel, after processing of LSDMR we get rubbing's edge. Experiments show the effectiveness of the new algorithm obviously.

Key words: rubbings; local characteristic; LSDMR; edge detecting; image processing

1 引言

运用数字图像处理技术对拓片进行处理, 属于信息处理与考古学的交叉学科. 边缘检测作为寻找并提取图像中目标轮廓的过程, 在数字图像处理中有着重要的地位. 对拓片图像进行边缘检测, 对于恢复拓片原本风貌有着重要意义. 由于各种原因, 很多拓片图像中的细节部分都模糊不清甚至淹没于噪声之中, 传统的边缘检测算法在进行细节边缘检测时存在丢失、误检等缺点. 关于拓片图像处理的研究目前为数不多, 文献[1]中提到的算法不能有效地提取拓片中模糊的细节部分的边缘且需要人工选择最优算子, 没有良好的通用性. 文中提出了一种基于局部

特征的边缘检测算法, 引入局部标准差均值比(LSDMR)的概念, 利用 LSDMR 对图像边缘进行描述, 设置自适应阈值最终检测出图像边缘, 具有良好的通用性.

2 传统边缘检测算法

边缘在图像中表现为灰度的不连续性, 通常可分为三种: ①阶跃状边缘, 它两边的像素灰度有明显的变化; ②屋顶状边缘, 它位于像素灰度从增加到减少的变化转折点; ③脉冲状边缘, 它主要对应细条状的灰度突变. 由于边缘处灰度变化比较剧烈, 该处方向导数会发生显著变化, 传统的边缘检测方法即是利用边缘邻近的一阶或者二阶方向导数的变化规律

从而选用某种边缘检测算子来进行,通常借助于空域微分算子通过卷积完成.

梯度算子是一阶导数算子,对一个连续函数 $f(x, y)$,它在位置 (x, y) 的梯度可以表示为一个矢量:

$$\nabla f(x, y) = [G_x, G_y] = [\partial f / \partial x, \partial f / \partial y] \quad (1)$$

这个矢量的幅度(通常简称为梯度)为

$$\text{mag}(\nabla f) = (G_x^2 + G_y^2)^{1/2} \quad (2)$$

实际中用邻域模板卷积来近似计算梯度,对 G_x

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

(a)Roberts 算子

(b)Prewitt 算子

(c)Sobel 算子

图1 三种经典的边缘检测算子

随着计算机应用技术的飞速发展,图像量化像素点的宽度越来越小,即使在边缘处,相邻像素灰度值的差异将越来越小,制约了传统的建立在梯度基础上的边缘检测算子的发展.基于模糊理论和智能优化算法的发展,出现许多基于小波边缘检测算法^[2-3]和基于模糊推理的边缘检测算法^[4]等,为边缘检测算法的完善开拓了新的思路.

Canny 算法^[5]是通过寻找 $f(x, y)$ 的梯度的最大值来查找边缘.梯度由高斯滤波器的导数来计算.该方法使用两个阈值检测强边缘和弱边缘,若它们连结到了强边缘,则输出中只包含弱边缘.因此,这种方法更适合用于检测真正的弱边缘. Canny 算法自从提出以来,在对各种边缘的检测中表现出良好性能,已经成为评估其他新的边缘检测算子的标准,并随之产生了许多改进的 Canny 算法,使其性能获得显著提高.

3 基于局部特征的边缘检测算法

图像中某个目标对象内部或背景内部像素灰度起伏不大,但在目标和背景的交界即边缘处像素的灰度起伏变化很大,传统方法运用导数或梯度,从另一方面,可以这样理解:目标对象内部或者背景内部像素灰度的方差较小,而边缘处的像素灰度方差很大.基于这样的思想,我们引入局域方差的概念:

在图像 F 中,像素 (p, q) 处的灰度值为 $f(p, q)$,定义 (p, q) 处的局域方差为

$$\sigma^2(p, q) = \sum_{x, y \in R} (f(x, y) - m(p, q))^2 / N \quad (3)$$

式中, R 为像素 (p, q) 的邻域, $f(x, y)$ 为区域 R 内像素 (x, y) 的灰度, $m(p, q)$ 为 R 内像素灰度的均值,

和 G_y 各用一个模板,所以需要两个模板组合起来构成一个梯度算子.经典梯度算子有 Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子等(如图1所示),它们都使用两个模板,运算时采用类似卷积的方式将模板在图像上移动并在每个位置计算对应中心像素的梯度值,对一幅图像求梯度得到的结果是一幅梯度图.对梯度图设置阈值和边界连接最终得到图像边缘.传统算法形式简单便于运算,但对边缘方向比较敏感且容易产生虚假边缘.

即

$$m(p, q) = \sum_{x, y \in R} f(x, y) / N \quad (4)$$

对图像中的像素进行局部方差计算时,大致可以分为以下三种情况:

(1) 像素处在背景中时,局部均值与邻域 R 中每个像素的灰度值相差很小,此时局部方差也很小.对于突起的噪声点有较好的抑制作用.

(2) 像素处在目标对象中时,局部均值与邻域 R 中每个像素的灰度值相差很小,此时局部方差很小.对于噪声点同样不敏感.

(3) 像素处在边缘上时,不管边缘沿什么方向,只要选择合适的对称邻域,邻域内灰度值处于局部均值两侧的像素个数几乎相等,这就保证了在边缘处局部方差总能取得一个大的数值,对边缘方向性的依赖性降低了.

由此,提出基于局部方差特征的边缘检测算法,具体实现过程分四步,如下描述:

(1) unsharp 滤波.利用 unsharp 算子对图像进行处理,以初步提高图像的对比度. unsharp 运算等效于将 laplacian 算子处理过的图像叠加原图像,既能保护 laplacian 算子的锐化效果,同时又能恢复背景信息. laplacian 算子和 unsharp 算子如图2所示.

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

(a)laplacian 算子

(b)unsharp 算子

图2 laplacian 算子与 unsharp 算子模板

(2) 确定合适的邻域 R ,对图像进行逐点局部均值和方差的计算.本算法采用以像素 (x, y) 为中心的 3×3 邻域作为 R ,对 R 内 9 个像素进行运算,

得到 (x, y) 处的局部均值 $m(x, y)$ 和局部方差 $\sigma^2(x, y)$ 。

(3) 利用原图像 $f(x, y)$ 、局部均值 $m(x, y)$ 、局部方差 $\sigma^2(x, y)$ 进行边缘描述运算 F ,以产生能清晰描述边缘特征的图像 $b(x, y)$ 。即

$$b(x, y) = F(f(x, y), m(x, y), \sigma^2(x, y)) \quad (5)$$

分析局部标准差均值比(LSDMR) σ/m :

$$\begin{aligned} \sigma/m &= \sqrt{\sigma^2/m^2} \\ &= \sqrt{\sum_{(x,y) \in R} (f(x, y) - m)^2 / 9m^2} \\ &= \sqrt{\sum_{(x,y) \in R} \left(\frac{f(x, y)}{m} - 1\right)^2 / 9} \end{aligned} \quad (6)$$

可以看到,LSDMR最终取决于邻域 R 内 $\frac{f(x, y)}{m}$ 的大小,根据局域均值的定义,在背景内部或目标内部等灰度起伏不大的地方, $f(x, y)$ 不会大幅偏移其均值 m ,因此 $\frac{f(x, y)}{m}$ 始终在1附近一个很小的范围内变动(统计表明 $\frac{f(x, y)}{m}$ 的值90%以上位于 $(0.89, 1.18)$ 这个区间中,该部分值对应背景等灰度变化微小的区域),此时LSDMR保持在一个很小的数值。边缘处由于灰度的剧烈变化, $f(x, y)$ 与局域均值 m 之间相差很大, $\frac{f(x, y)}{m}$ 可远大于1或者远小于1(约有2%的 $\frac{f(x, y)}{m}$ 值位于区间 $(0, 0.5) \cup (1.5, 9)$,该部分值对应边缘区域),从而使得LSDMR突然变大。 $\frac{f(x, y)}{m}$ 的分布如图3所示。

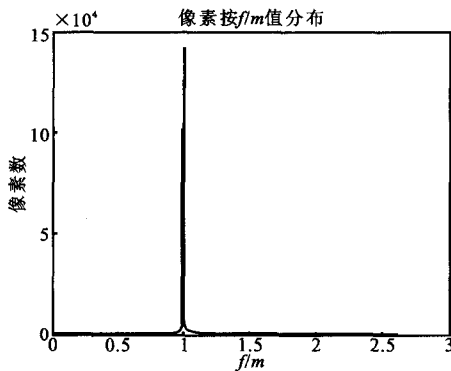


图3 f/m 的像素数分布

通过理论分析及实验验证,算法中选择LSDMR作为边缘描述函数的主体变量:

$$F(f(x, y), m(x, y), \sigma^2(x, y)) = \text{format}[\text{LSDMR}] \quad (7)$$

式中,format[LSDMR]表示将LSDMR规范化,由普通数字转变为 $[0, 255]$ 之间的像素灰度值。

(4) 设置阈值 Th ,检测出图像的边缘以备后续处理。文中直接使用 $b(x, y)$ 即format[LSDMR]的平均灰度作为阈值 Th :

$$Th = \sum_x \sum_y b(x, y) / (w * h) \quad (8)$$

式中, w 和 h 为图像的宽度和高度。实验结果表明,该阈值能够比较准确地切割出图像的目标和背景,模糊的细节部分也能被较好地分割出来。

算法流程如图4所示。

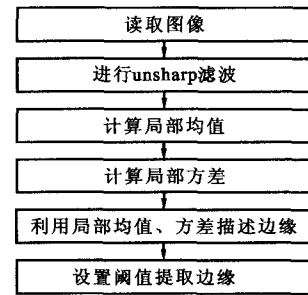


图4 基于局部方差特征边缘检测算法

4 实验结果分析

我们运用基于局部特征的边缘检测算法对多幅拓片图像进行处理,并与canny算子的边缘检测结果对比,实验结果表明文中提出的算法在细节部分的边缘检测中取得了比较理想的效果,优于canny算子。

图5为一幅汉画拓片的处理结果,原图像(图5(a))中左上方两匹马之间有一条细线灰度和背景非常接近,目视几乎不可见,使用传统的边缘检测方法如sobel算子、canny算子等进行边缘检测(图5(b))的检测结果中都无法观察到该细线的相关信息。使用文中提出的基于局部特征的边缘检测算法(图5

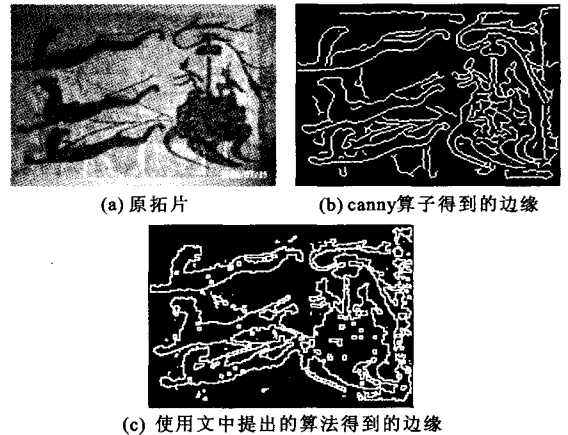


图5 一幅汉画拓片的处理结果

(c)), 细线部分明显地显现出来, 同时其他部分的边缘没有丢失. 图 6 是一幅汉字拓片的处理结果, 内容为“棋”字, 原拓片中“棋”字偏旁的一撇有污迹导致灰度较低(图 6(a)), 使用传统算法进行边缘检测会造成虚假边缘(图 6(b)), 使用文中提出的算法进行边缘检测(图 6(c)), 该部分被明显地检测出来, 消除了噪声的影响, 且检测出的边缘细腻, 效果优于传统算子.

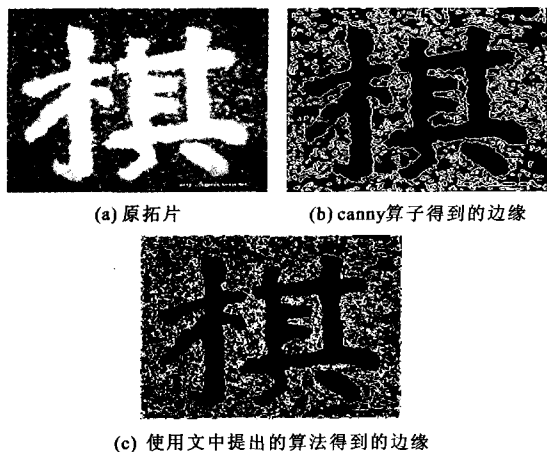


图 6 一幅汉字拓片的处理结果

5 结束语

图像的模糊细节部分在边缘检测中始终是个难

点, 文中提出了一种基于局部特征的拓片图像边缘检测算法, 该算法利用图像的局部均方差均值比 LSDMR 对图像边缘进行提取, 大量实验结果表明, 该算法对于拓片图像的细节部分检测有很理想的效果, 比传统的边缘检测算法在性能上有明显的改善. 缺点是在非目标部分会产生少量噪声, 可以考虑通过去除孤立噪声的方法进行去除.

参考文献:

- [1] 洪华峰, 杨冠鲁. 基于 TMS320C6416 的拓片图像处理与优化[J]. 微计算机信息, 2007, 12(2): 195 - 196.
- [2] 段瑞玲, 李庆祥, 李玉和. 图像边缘检测方法研究综述[J]. 光学技术, 2005, 31(3): 415 - 419.
- [3] 姜兴乾, 李星野, 贾淑华. 基于最大熵与小波变换的图像边缘检测算法[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(3): 189 - 191.
- [4] 张海建, 陈向东, 王世海. 一种遗传算法优化的图像模糊边缘检测方法[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(4): 105 - 107.
- [5] Canny J. A computational approach to edge detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, PAMI-8 (6): 679 - 698.

作者简介:

路晓菊 女, (1980 -), 硕士研究生. 研究方向为数字图像处理及应用.