

基于八方向 Sobel 算子的边缘检测算法

郑英娟^{1,2} 张有会^{1,2} 王志巍^{1,2} 张静³ 范胜娟^{1,2}

(河北师范大学数学与信息科学学院 石家庄 050024)¹

(河北省计算数学与应用重点实验室 石家庄 050024)² (石家庄学院 石家庄 050035)³

摘要 针对传统图像边缘检测方法检测效果不理想的问题,提出一种基于八方向 Sobel 算子的边缘检测算法。采用 0°、22.5°、45°、67.5°、90°、112.5°、135°、157.5° 8 个方向的模板进行检测,能较好地检测出不同方向的边缘。在检测过程中,考虑到邻域内像素到中心像素距离不同,对中心像素的贡献不同,算法根据该像素到中心像素欧氏距离对邻域内像素进行加权,使得距中心像素越近,其权值越大。实验表明,算法检测出的图像边缘较为完整,轮廓线清晰且连续性较好。

关键词 边缘检测, Sobel 算子, 八方向, 权值

中图分类号 TP391 **文献标识码** A

Edge Detection Algorithm Based on the Eight Directions Sobel Operator

ZHENG Ying-juan^{1,2} ZHANG You-hui^{1,2} WANG Zhi-wei^{1,2} ZHANG Jing³ FAN Sheng-juan^{1,2}

(Mathematics and Information Science College, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China)¹

(Hebei Key Laboratory of Computational Mathematics and Applications, Shijiazhuang 050024, China)²

(Shijiazhuang College, Shijiazhuang 050035, China)³

Abstract An edge detection algorithm based on eight directions sobel operator is proposed for the problem that traditional edge detection method's result is not satisfactory. The algorithm based on eight templates of 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90°, 112.5°, 135° and 157.5° different directions is used to detect edges better in different directions. In the detection process, we take into account that the distance of neighborhood pixel to the center pixel is different, the contribution of the neighborhood pixel to the center pixel is different. This algorithm weights the neighborhood pixel according to the Euclidean of it to the center pixel. We let the pixel nearer to the center pixel has greater weight. The experimental results show that the new algorithm can detect the image edge relatively complete, with clear contours and better continuity.

Keywords Edge detection, Sobel operator, Eight directions, Weight

1 引言

随着数字图像的广泛应用,对图像精度的要求也逐步提高。边缘是目标图像与背景图像的分界,是图像最基本的特征之一。图像边缘蕴含了图像丰富的内在信息(如方向、阶跃性质与形状等),因此边缘提取是图像分析和识别领域中一个十分重要的课题。边缘检测作为一个预处理过程,广泛应用于图像分割、模式识别和运动分析等领域。在灰度图像中,边缘表现为图像局部的灰度不连续性^[1],边缘点对应于二阶微分极大值点或二阶导数的零交叉点。传统的边缘检测方法有 Roberts^[2]、Sobel^[3]、Prewitt、Laplacian、Marr^[4]、Wallis、形态学^[5]算子及小波变换^[6]等。这些算子主要是应用空域卷积算法,通过模板与图像的卷积来提取边缘。空域卷积算法具有

较强的普适性和计算速度快等优势,因此得到了广泛的应用。但传统的边缘检测算法对图像边缘的方向特征考虑较少,常丢失部分边缘细节。本文以 Sobel 算子为模型,提出了一种多方向的边缘检测算法,该算法采用 0°、22.5°、45°、67.5°、90°、112.5°、135°、157.5° 8 个方向^[7]的模板进行检测,使得检测出的图像边缘较为完整,连续性较好。

2 边缘检测算法

2.1 Sobel 算子基本原理

假设连续图像函数为 $f(x, y)$, 函数在 (x, y) 处的梯度是一个具有方向和大小的大小^[8], 即:

$$f'(x, y) = \frac{\partial f}{\partial x}i + \frac{\partial f}{\partial y}j \tag{1}$$

式中, i, j 分别为 x, y 方向的单位矢量。基于梯度的算子都

本文受国家自然科学基金项目(11201113),河北省科学技术研究与发展计划项目(12226508)资助。

郑英娟(1988—),女,硕士生,主要研究方向为图形图像处理, E-mail: baobeiyeah_net@163.com;张有会(1955—),男,教授,主要研究方向为计算几何、图形图像处理;王志巍(1960—),男,硕士,副教授,主要研究方向为算法设计、图像处理;张静(1980—),硕士,讲师,主要研究方向为数字图像处理;范胜娟(1987—),女,硕士生,主要研究方向为图形图像处理。

建立在这一基础之上。梯度算子的幅值和方向分别为：

$$grad[f(x,y)] = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\theta = \arctan \left[\frac{\partial f / \partial y}{\partial f / \partial x} \right] \quad (3)$$

由式(2)计算出的 $grad[f(x,y)]$ 值即为图像在 (x,y) 处的边缘数据。上式是针对连续图像函数给出的定义,而在实际应用中采集的图像是以像素为单位的离散数据,因此在数字图像处理中常用相邻或间隔像素差分值来表征图像的边缘信息。

Sobel 算子是利用水平方向和竖直方向模板(如图 1(a)、(c))与对应的图像数据进行卷积,来对离散的数据进行加权计算。这两个方向模板分别用于水平方向的边缘检测和竖直方向的边缘检测。

1	2	1	2	1	0	1	0	-1	0	-1	-2
0	0	0	1	0	-1	2	0	-2	1	0	-1
-1	-2	-1	0	-1	-2	1	0	-1	2	1	0
(a)0°检测模板	(b)45°检测模板	(c)90°检测模板	(d)135°检测模板								

图 1 扩展的 Sobel 算子卷积模板

Sobel 边缘检测算子对像素灰度值做了加权平均,提供了较为连续的边缘方向信息。在技术上,Sobel 算子是一种利用离散性差分算子计算图像亮度梯度的近似值。在图像的任何一点使用此算子,将会产生对应的梯度矢量。不足之处是,Sobel 算子只考虑了水平和垂直两个方向。文献[1]将 Sobel 算子扩展到 0°、45°、90°、135° 4 个方向的模板(如图 1 所示),使边缘检测效果得到明显改善,但仍会漏检图像的一些细节。本文提出了一种八方向的边缘检测算法。通过仿真验证,本文算法检测出的图像边缘较为完整,轮廓线清晰且连续性较好。

2.2 基于八方向 Sobel 算子的边缘检测模板

本文算法采用大小为 5×5 的八方向模板。8 个方向分别为 0°、22.5°、45°、67.5°、90°、112.5°、135° 和 157.5°(见图 2)。

0 0 0 0 0 -1 -2 -4 -2 -1 0 0 0 0 0 1 2 4 2 1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 -2 -4 -2 0 -1 -4 0 4 1 0 2 4 2 0 0 0 0 0 0	0 0 0 1 0 0 -2 -4 0 1 0 -4 0 4 0 -1 0 4 2 0 0 1 0 0 0	0 0 -1 0 0 0 -2 -4 2 0 0 -4 0 4 0 0 -2 4 2 0 0 0 1 0 0
0°方向(模板1)	22.5°方向(模板2)	45°方向(模板3)	67.5°方向(模板4)
0 -1 0 1 0 0 -2 0 2 0 0 -4 0 4 0 0 -2 0 2 0 0 -1 0 1 0	0 0 1 0 0 0 -2 4 2 0 0 -4 0 4 0 0 -2 -4 2 0 0 0 -1 0 0	0 1 0 0 0 -1 0 4 2 0 0 -4 0 4 0 0 -2 -4 0 1 0 0 0 -1 0	0 0 0 0 0 0 2 4 2 0 -1 -4 0 4 1 0 -2 -4 -2 0 0 0 0 0 0
90°方向(模板5)	112.5°方向(模板6)	135°方向(模板7)	157.5°方向(模板8)

图 2 本文算法卷积模板

在图 2 给出的模板中,不同位置的权值 $w(m,n)$ 基于下面给出的式(4)一式(6)计算得到:

$$d(m,n) = \sqrt{(i-m)^2 + (j-n)^2} \quad (4)$$

$$\ln g(m,n) = -[d(m,n)^2 - u] \ln 2 \quad (5)$$

$$w(m,n) = [g(m,n)] \quad (6)$$

式中, $d(m,n)$ 为坐标为 (m,n) 的模板元素到坐标为 (i,j) 的模板中心的欧氏距离, u 为调整系数(与模板大小有关,本文取 $u=3$), $g(m,n)$ 为 (m,n) 处的实数权值。为简化计算,对 $g(m,n)$ 上取整作为模板中的元素。式(6)中“ $[]$ ”代表上取整运算。

图 3 描述了基于式(5)的、模板像素到中心像素的距离与权值关系。图中横坐标为模板像素到中心像素的距离,纵坐标是对应的权值。由图可知,模板像素到中心像素的距离越小,权值越大;反之,模板像素到中心像素的距离越大,权值越小。

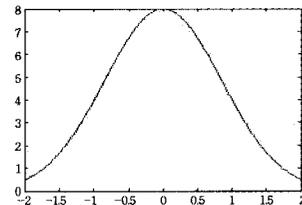


图 3 权值与距离关系示意图

该算法分别利用八方向模板与对应的图像数据进行卷积做近似计算。算法取 8 个缓存中灰度值较大者作为当前像素输出值。

2.3 算法实现

设矩阵 $[f(i,j)]$ 表示待检测的图像(其中 (i,j) 表示各像素点的坐标), $f(i,j)$ 表示图像在 (i,j) 处的灰度值, $w[f(i,j)]$ 表示以点 (i,j) 为中心的 5×5 窗口, $g(i,j)$ 为经过边缘检测后的图像在点 (i,j) 的灰度输出。

算法实现步骤:

设 $m_k (k=1,2,\dots,8)$ 为图 2 给出的 8 个 5×5 模板, n 为具有 8 个元素的整型数组。对图像中的每一个像素(坐标为 (i,j))进行如下处理:

- Step 1 对待处理像素 (i,j) ,利用模板 $m_k (k=1,2,\dots,8)$ 与 $w[f(i,j)]$ 进行卷积,并将卷积结果的绝对值存入数组元素 $n[k] (k=1,2,\dots,8)$ 中;
- Step 2 查找由 Step 1 中得到的数组 n 中所有元素的最大值:
 - 2.1 初始化 $\max = n[0], k=1$;
 - 2.2 若 $n[k] > \max$,则令 $\max = n[k]$;
 - 2.3 若 $k < 8$,则 $k = k+1$,转 2.2;否则转 Step 3;
- Step 3 将 \max 赋给 $g(i,j)$,作为该像素点的输出值。

3 仿真实验及结果分析

为检测本文算法的图像边缘检测效果,在 Visual C++ 6.0 环境下以 Lena 图和稻草图为例进行边缘检测实验并与常规方法进行比较。

图 4 中依次为 Lena 原图、传统边缘检测算法和本文边缘检测算法的检测结果图。通过观察,容易看出传统的 Laplacian、Krisch 和 Roberts 算法提取的边缘信息相对较少,且边缘的连续性较差。虽然扩展的 Sobel 算法提取的边缘信息较为丰富一些,但边界与背景数据分界模糊,轮廓线上的数据较为散乱,而本文算法检测出的轮廓线较为清晰且富有层次。

图5为Lena图中帽子部分的细节对比图。由图5可见，Laplacian和Krisch算法将大量的非边缘点作为边缘点检测出来，连续性较差。扩展的Soble算法处理结果中，Lena帽子上大于 45° 而小于 90° 方向的边缘不够清晰，本文算法检测结果比较准确，且连续性较好。

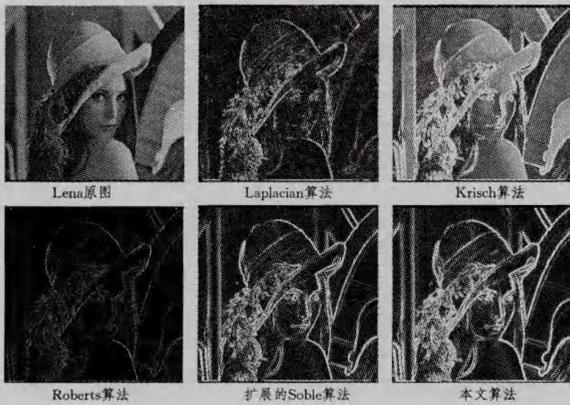


图4 对Lena图不同算法边缘检测效果

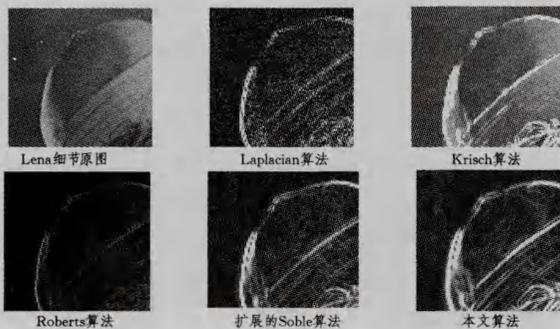


图5 Lena细节对比图

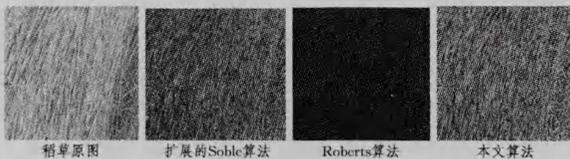


图6 对稻草图不同算法边缘检测效果

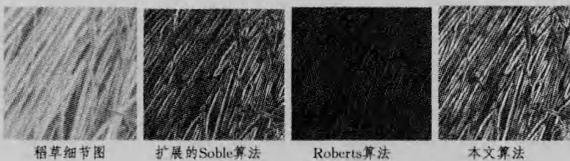


图7 稻草细节对比图

图6为稻草原图和传统扩展的Sobel、Roberts算法以及本文算法的检测结果。由于扩展的Sobel算法只考虑4个方向，因此提取的图像边缘不够完整。本文算法采用八方向检测模板，边缘定位精度高且比较平滑连贯。图7为稻草图传统边缘算法与本文算法处理结果的细节对比图。Roberts算

法对图像造成了较大的损伤，连续性差，产生了相当大的断裂。由于扩展的Soble算法只采用4个方向的模板，结果中出现了过多非边缘的斑点，影响边缘提取效果。本文算法检测出的边缘清晰平滑且比较完整，效果较好。

结束语 边缘检测质量的好坏，早在Precision-recall曲线提出之前，Canny曾经就提出一个好的边缘检测器应该具有以下3个评价标准^[9]：

1)具有好的检测性能。即不漏检真实存在的边缘，也不把非边缘点作为边缘点检出。

2)具有好的定位性能。即检测的边缘点应该尽可能地靠近真实边缘中心。

3)具有好的单边性能。即边缘输出的是单值，而不是宽边缘。

基于八方向Sobel算法的边缘检测算法，在上述3个评价标准方面，较传统的边缘检测算法均有不同程度地提高，且方法较为简单，不失为一种较好的边缘检测算法。另外，对于其它算法模板，也可以推广到8个乃至更多的方向上。

参考文献

- [1] 杨淑莹. VC++图像处理程序设计[M]. 北京, 清华大学出版社, 2005:122-138
- [2] Deng G. Differentiation-based edge detection using the logarithmic image processing model [J]. Mathematical Imaging and Vision. 1998, 8(2):161-180
- [3] 何春华, 张雪飞, 胡迎春. 基于改进soble算子的边缘检测算法的研究[J]. 光学技术, 2012
- [4] 杨东华, 李久贤, 卞治国. Marr边缘检测算法研究[J]. 中国图象图形学报, 2006
- [5] 任洪娥, 刘冕, 董本志. 基于改进形态学算子的木粉边缘检测算法[J]. 计算机工程与应用, 2013
- [6] 张小琳. 图像边缘检测技术综述[J]. 高能密度物理, 2007
- [7] 毛元, 冯桂, 汤继生. 采用八方向gabor滤波的指纹识别算法[J]. 华侨大学学报:自然科学报, 2013, 34(2):151-155
- [8] 崔建军, 詹世富, 郑雄伟. 一种改进的图像边缘检测算法[J]. 地球科学与环境学报, 2008, 30(3)
- [9] Canny J F. A computational approach to edge detection [J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(6):679-698
- [10] 姚行中, 胡汉平, 鲁统伟. 一种基于猫视皮层细胞机制的改进soble算子[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(31):64-67
- [11] 景雨, 安居白, 刘朝霞. 基于动态分块阈值去噪和改进的GDI边缘连接的溢油遥感图像的边缘检测算法[J]. 计算机科学, 2011, 38(11):282-285
- [12] 李杰, 苗长云, 武志刚, 等. 基于数学形态学的图像边缘检测算法的研究[J]. 计算机科学, 2012, 39(6A):546-548