

Prewitt 图像边缘检测方法的改进

邹柏贤¹, 张 然¹, 苗 军²

(1 北京联合大学 应用文理学院, 北京 100191; 2 中国科学院计算技术研究所, 北京 100190)

摘 要: 改进传统的边缘检测方法, 有很大的发展潜力。结合形态学方法, 对 Prewitt 图像边缘检测方法进行改进, 经过实例验证, 改进方法检测的边缘更清晰、线条更完整, 抗噪声性能良好。

关键词: 边缘检测; Prewitt 算子; 形态学

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)05-0023-04

Improved Prewitt Method for Image Edge Detection

ZOU Bai-xian¹, ZHANG Ran¹, MIAO Jun²

(1 College of Arts and Science, Beijing Union University, Beijing 100191, China;

2 Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: There is great potential for developing traditional edge detection methods. Single edge detection method can only reflect one side edge information of the image, an image edge detection method based on improved Prewitt method is presented to combine benefits of different methods. By comparison verification, the image edge detected is clear, lines in it are more complete, less noise and better antinoise performance than others.

Key words: edge detection methods; Prewitt operator; morphology

1 引言

边缘反映图像灰度的不连续性, 是图像的最基本特征。边缘检测是图像分割、形状特征提取和匹配, 以及纹理分析等图像分析的重要基础。传统的边缘检测方法, 虽然计算简单, 运算速度快, 但由于边缘检测问题固有的复杂性, 使这些方法在抗噪性能和边缘定位方面往往得不到满意的效果^[1]。许多新的边缘检测方法, 虽然各有其优点, 但通常计算量比较大, 运算比较复杂。

人们同时也在对传统检测方法进行改进。如采用阈值方法并结合改进的数学形态学法的边缘检测方法^[2], 基于小波变换与 Canny 融合的图像边缘检测方法^[3], Log 边缘检测方法的改进^[4], Roberts 的改进^[5], Sobel 的改进方法^[6], 以及 Canny 的改进方法^[7]等。本文对数学形态学方法和 Prewitt 算子进

行改进, 提出一种二者相结合的边缘检测方法。

2 Prewitt 边缘检测方法

Prewitt 算子是一种一阶微分算子的边缘检测, 利用像素点上下、左右邻点的灰度差, 在边缘处达到极值检测边缘, 去掉部分伪边缘, 它对噪声具有一定的平滑作用。其原理是在图像空间利用两个方向模板与图像进行邻域卷积来完成的, 这两个方向模板分别用于检测水平、垂直边缘。

对数字图像 $f(x, y)$, Prewitt 算子的定义如下:

$$G(i) = |[f(i-1, j+1) + f(i, j+1) + f(i+1, j+1)] - [f(i-1, j-1) + f(i, j-1) + f(i+1, j-1)]|$$

$$G(j) = |[f(i-1, j-1) + f(i-1, j) + f(i-1, j+1)] - [f(i+1, j-1) + f(i+1, j) + f(i+1, j+1)]|$$

$P(i, j) = \max[G(i), G(j)]$ 或 $P(i, j) = G(i) + G(j)$
算子模板如下:

收稿日期: 2012-07-11; **修回日期:** 2012-08-16

基金项目: 国家自然科学基金 (61272320, 60970087); 北京市教委项目 (km201111417004); 北京市属高校人才强教计划项目 (PHR201007146); 北京联合大学人才强校计划人才项目 (BPHR2012E01)

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Prewitt 算子检测方法容易造成边缘点的误判, 因为许多噪声点的灰度值也很大, 而且对于幅值较小的边缘点, 其边缘反而丢失了。

3 形态学边缘检测方法

数学形态学是建立在严格数学理论基础上的学科, 成为图像处理的重要研究领域。其基本思想是用具有一定形态的结构元素去量度和提取图像中的对应形状以达到对图像分析和识别的目的。数学形态学是由一组形态学的代数运算子组成的, 它的基本运算包括膨胀、腐蚀、开运算和闭运算。利用基本运算推导和组合成的各种数学形态学实用算法, 可以进行图像边缘检测。

设 $f(x, y)$ 为输入的灰度图像, 定义域是 D_f , $b(s, t)$ 是结构元素, 定义域是 D_b , 则结构元素定义域是 b 对灰度图像 f 的形态学基本运算定义为:

(1) 灰度形态膨胀运算

$$(f \oplus b)(x, y) = \max\{f(x-s, y-t) + b(s, t) \mid (x-s, y-t) \in D_f; (s, t) \in D_b\}$$

对灰度图像的膨胀运算, 把图像周围的点并入图像中, 可以连接图像中的断续点和填充图像中的孔洞。

(2) 灰度形态腐蚀运算

$$(f \ominus b)(x, y) = \min\{f(x-s, y-t) - b(s, t) \mid (x-s, y-t) \in D_f; (s, t) \in D_b\}$$

对灰度图像进行腐蚀运算, 可消除图像边界及边界上的突出部分, 用于从一幅图像中消除一些小且无意义的目标。

此外, 还有灰度形态的开、闭运算。

根据形态学的基本操作, 用“边缘”来表示图像的边缘检测结果, “膨胀”表示用形态学膨胀操作的结果, “腐蚀”表示用形态学腐蚀操作的结果, 那么, 膨胀腐蚀边缘检测方法可以表示为:

边缘 = 膨胀 - 腐蚀

图 1 是膨胀腐蚀边缘检测方法的直观示意图, 该检测方法的优点是可免受噪声的影响, 具有无方向倾向性, 抗扰能力强; 缺点是容易产生虚假边, 得到结果精准度比较低。

4 改进的图像边缘检测方法描述

由于 Prewitt 算子只能检测纵向右侧和横向上侧边缘, 往往丢失纵向左侧与横向下侧边缘, 本文对

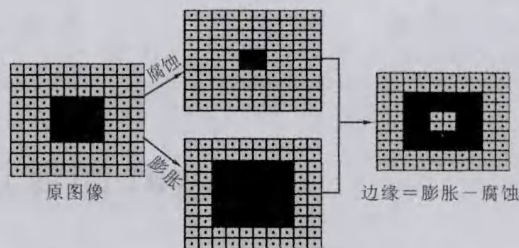


图 1 膨胀腐蚀边缘检测方法示意图

原算子进行改造, 提出能检测纵向左侧与横向下侧边缘的算子。因此, 在原有两个算子的基础上增加 2 个算子的运算, 可以得到纵向左、右侧, 以及横向上、下方的边缘, 即完整地检测出物体的边缘。同时, 对形态学方法进行改进, 并利用它进行杂点的处理。

4.1 Prewitt 算子及其改进

分析 Prewitt 算子的两个模板, 从模板 G_x 整体分布看, 分布方式为上下结构, 对横向边缘比较敏感, 模板内部的正值主要在上方, 可得到较好的物体上方边缘。从模板 G_y 分布来看, 它的分布呈现左右结构, 对纵向的边缘比较敏感, 模板内部的正值主要在右侧, 对物体边缘的右侧边缘检测比较突出。如图 2(a)、(b) 是 G_x 、 G_y 分别对图像进行操作的结果, 图像边缘的纵向右侧和边缘上方都得到增强, 而图像边缘的纵向左侧和边缘下方都不突出, 这在很大程度上影响到检测效果。



图 2 Prewitt 算子边缘检测结果

为了增强图像边缘的纵向左侧和横向下侧, 设计算子模板 G_{XB} 、 G_{YL} 如下:

$$G_{XB} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G_{YL} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

利用这两个算子对图像进行操作分别得到图 2 (c)、(d). 从图中可以看出,对图像边缘的纵向左侧和横向下方向都得到增强. 另外,为减小图像边缘的损失,先进行过滤再二值化处理.

图 3(a)、(b)分别是运用 Prewitt 原有两个算子 G_x 和 G_y 、以及新增 2 个算子 G_{XB} 、 G_{YL} 的运算结果. 可以看出,改进后的 Prewitt 方法检测边缘更完整,改进后的人物头部、腰部、和腿部边缘更加连续,没有丢失边缘,效果得到改善.



图 3 Prewitt 改进前后检测结果

4.2 改进的形态学边缘检测方法

膨胀是指在图像中的对象边缘增加像素,而腐蚀是指删除图像中对象的边缘. 膨胀腐蚀算法是通过膨胀后的图像减去腐蚀后的图像得到图像的边缘. 该算法的优点是能免受噪声的影响,具有无方向倾向性,抗干扰能力强. 缺点是容易产生虚假边,得到结果精度比较低. 不同结构的膨胀结构元素噪声去除能力也不尽相同. 本文的膨胀结构元素是一个 3×3 的正方形,主要考虑易于实现. 为提高检测边缘的精细度,只选用图像的膨胀操作,用图像膨胀后的结果减去原图图像,其过程如图 4 所示. 然后进行二值化,分别用膨胀腐蚀算法和改进的膨胀腐蚀算法进行边缘检测,结果如图 5(a)、(b)所示. 从检测结果可看出,原膨胀腐蚀算法,对人物图像灰度跃迁小的边缘依然存在丢失的情况,人物腰部边缘丢失比较明显,改进的膨胀腐蚀算法效果更好,边缘清晰.

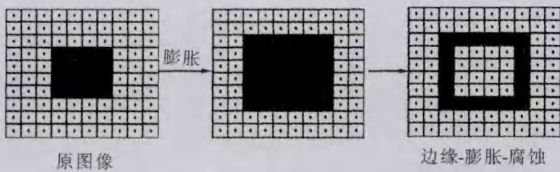


图 4 膨胀腐蚀边缘检测方法示意图



图 5 膨胀腐蚀算法和改进的膨胀腐蚀算法检测结果

4.3 去除杂点方法

从图 5(b)可以看到,改进的膨胀算法检测结果尽管好于未改进算法,但还是出现一些杂点,通过实验还发现,在改进算法中,对虚弱的灰度跃迁仍然比较敏感,产生除人物边缘以外的边缘,为使人物边缘更加突出,进行进一步的去杂点处理,提出以下处理方法:

$$P(i,j) = f(i,j)f(i,j+1) + f(i,j)f(i+1,j) - f(i,j)f(i,j+1)f(i+1,j)$$

图 5(b)去除杂点杂边后的结果见图 5(c)所示,表明去除杂点算法效果明显.

4.4 形态学方法与 Prewitt 方法的结合

Prewitt 算子经过改进后增强了人物图像的纵向左侧边缘和横向下方向边缘,但是 Prewitt 算子自身仍然存在易造成边缘点的误判,易受噪声的影响,抗干扰能力差的缺点;为了弥补这个不足,利用形态学边缘检测方法的抗扰能力强、不易受噪声的影响,且边缘定位准确、无方向倾向性等优点,把二者结合起来,将使传统的边缘检测方法得到有效地改进. 具体的结合方法是两种算法结果二值化后,进行逻辑或运算. 本文采用如图 6 所示的处理过程把两种方法结合起来.

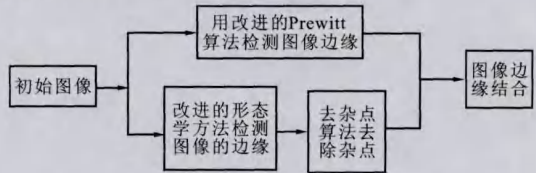


图 6 基于形态学和 Prewitt 算子相结合的图像边缘检测框图

5 实验结果分析

分别对边缘清晰图像、不清晰图像、以及光线不正常图像(曝光不足和曝光过度)的实验验证该方法的有效性. 由检测图可看出,本文的算法比其他的方法检测结果图的边缘更清晰,且边缘线条更加完整. 对光线不正常时获取的图像,主要检测强光对边缘检测的影响,从结果可知本文算法比其他算法检测的边缘更清晰,强光处的边缘也更完整. 对图像光线

不正常的图片,检测曝光不足对边缘检测的影响,本文算法检测结果图比其他方法检测结果图的边缘更清晰,检测到的边缘多于 Roberts, Prewitt 和 Sobel 算子,在光线昏暗的照片 Canny 算子检测到的边缘比较多,但是产生的杂边也是最多的。

图 7 是边缘不清晰的图像. 图中人物边缘不清晰,可以看出,本文算法依然呈现出比较清晰的边缘. 从加入椒盐噪声时的检测结果可以看出,椒盐噪声对本文算法基本没有影响,图像的边缘依然是连续的. 从加入高斯噪声时的检测结果可以看出,高斯噪声,虽然对本文算法有一定影响,损失部分边缘,但影响效果不如 Roberts 和 Prewitt 算法明显. 所以在抗抗噪声性能方面,本文检测方法比 Roberts 及 Prewitt 算子效果更佳。

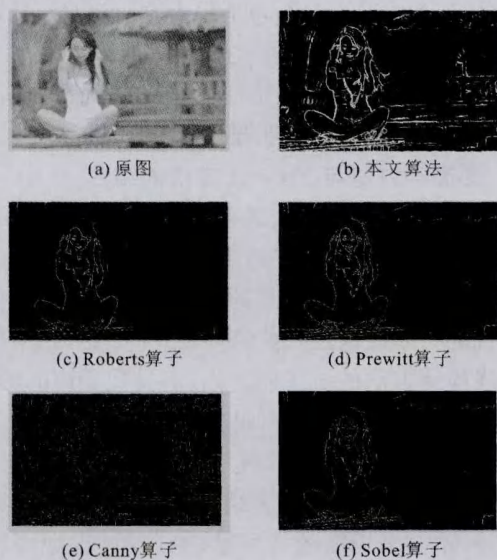


图 7 各种算子边缘检测结果

6 结束语

单一的边缘检测方法只能从一个方面反映图像的边缘信息,为了综合不同方法的优点,本文提出一种基于形态学和 Prewitt 算子相结合的图像边缘检测方法. 经过实例比较验证,检测的边缘更清晰、线条更完整,而且杂点少,抗噪声性能良好。

参考文献:

- [1] 陈武凡. 小波分析及其在图像处理中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 厉丹, 钱建生, 芦楠楠, 等. 图像边缘检测技术的改进[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(18): 164—166.
- [3] 白婷婷, 邓彩霞, 耿英. 基于小波变换与 Canny 算子融合的图像边缘检测方法[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2010, 15(1): 44—47.
- [4] 杨振亚, 王勇, 王成道. LoG 算子边缘检测方法的改进方案[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(9): 87—89.
- [5] 康牧, 许庆功, 王宝树. 一种 Roberts 自适应边缘检测方法[J]. 西安交通大学学报, 2008, 42(10): 1240—1244.
- [6] 张宇伟, 王耀明, 蒋慧钧. 一种结合 Sobel 算子和小波变换的图像边缘检测方法[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(4): 133—134.
- [7] 宋莹, 陈科, 棘江莉, 等. 基于图像分块的边缘检测算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(14): 196—197.

作者简介:

邹柏贤 (1966—), 博士, 副教授. 研究方向为数字图像处理、计算机网络。