

利用贫富差距原理进行图像边缘检测

康牧^{1,2}, 王宝树¹

(1. 西安电子科技大学计算机学院, 710071, 西安; 2. 洛阳师范学院信息技术学院, 471022, 河南洛阳)

摘要: 针对 Robinson 算法运算速度慢且需要人为指定阈值等问题, 提出了一种 Robinson 自适应边缘检测算法. 该算法利用 Robinson 基本原理删除了一些算法模板, 根据计算贫富差距的原理得到像素的梯度值, 从而可以进一步提高抑制噪声的能力. 算法依据待检测像素周围 3×3 邻域的像素平均灰度值, 结合人眼的视觉特征自适应地生成动态阈值, 不仅保留了原 Robinson 算法可并行处理、能够抑制噪声等优点, 还提高了运算速度和抑制噪声的能力. 实验表明, 所提算法在图像处理中能够自适应地生成动态阈值, 提高图像的细节信息提取和噪声抑制的性能.

关键词: 图像处理; 边缘检测; 贫富差距原理; 动态阈值

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-987X(2009)04-0044-05

Detecting Image Edges Using the Principle of Disparity Between Poor and Rich

KANG Mu^{1,2}, WANG Baoshu¹

(1. School of Computer Science and Technology, Xidian University, Xi'an 710071, China; 2. Academy of Information Technology, Luoyang Normal University, Luoyang, Henan 471022, China)

Abstract: An adaptive edge detection algorithm is proposed to improve the slow calculation and threshold demanding of the Robinson algorithm. The algorithm uses the basic principle of the Robinson algorithm to delete some plates of the original algorithm. Then the gradient of a pixel is obtained according to the principle of calculating disparity between poor and rich, which improves the property of restraining noise. The algorithm can adaptively generate the threshold according to the mean grey value of the 3×3 area pixels around the detecting pixel and to the characteristic of people's vision. The proposed algorithm not only keeps the original advantages of the Robinson algorithm such as the parallel process, restraining noises, but also speeds up the calculation and improves the property of restraining noises. The test results show that the proposed algorithm can adaptively generate the threshold in processing image, and improve the performance in getting detail signal information and restraining noises.

Keywords: image processing; edge detection; principle of disparity between poor and rich; automatic threshold

图像边缘检测是图像分析的重要内容之一,也是图像处理领域中一种重要的预处理技术. 通常情况下,图像边缘是指像素间梯度值最大的那些像素点,它们可表示亮度不连续的区域. 在实际操作中,由于受噪声、边缘照度不均匀等因素的影响,所以很

难确定边缘所在位置. 人们就此已经做了大量的研究,并提出了很多算法,常用的有:Roberts、Sobel、Kirsch、Prewitt、Robinson 以及 Laplace 等算子. 其中,Robinson 算子通过对图像进行 8 个方向的边缘检测,并将其中方向响应最大者作为边缘幅度图像

的边缘,它对噪声具有平滑作用^[1-3].传统的边缘检测算子的噪声平滑能力和边缘定位能力是矛盾的,为此出台了很多方法来解决这个问题,边缘检测和边缘细化相结合的方法就是其中的一种.本文结合了 Robinson 算子和贫富差距原理,提出了自适应边缘检测算法.

1 传统的 Robinson 边缘检测算法

Robinson 边缘检测算法^[1]是一种类似 Sobel、Prewitt、Kirsch 等边缘检测算法的边缘模板算法,它对图像进行了 8 个方向的边缘检测,并将其中方向响应最大者作为边缘幅度图像的边缘. Robinson 边缘检测算法的边缘检测模板如图 1 所示.

Robinson 边缘检测的算子并不是把重点放在了相邻的像素上,而是对噪声具有一定的平滑作用,所以 Robinson 边缘检测算法存在以下缺陷.

(1)检测出的边缘比较粗,定位精度比较低,容易损失弱边缘信息.

(2)需要用 8 个方向模板进行卷积运算,运算量大,影响了边缘检测的速度.

(3)需要人为指定阈值,自动化程度不高.

2 Robinson 自适应边缘检测算法

2.1 改进的边缘检测模板

针对 Robinson 算法运算量大的缺点,通过仔细地分析原 Robinson 边缘检测模板的特点可知,其模板(1)和模板(5)、模板(2)和模板(6)、模板(3)和模板(7)、模板(4)和模板(8)在对同一个像素点进行卷积运算后,解得的梯度值是一对相反数.所以,本文删除了一些模板,仅保留 8 个方向中的前 4 个或后 4 个模板.对这 4 个模板进行卷积运算并求其绝对值,再将最大者作为边缘方向输出,这样所得结果与原算法相同,但却节省了近 50%的运行时间.

2.2 计算梯度值的新方法

李庆利指出^[4]:通常图像中的物体边缘是连续且光滑的,有一定的约束关系,而噪声是随机的.在任一边缘点附近沿边缘的走向上总能够找到另一边点,且这 2 个边缘点之间的灰度差及方向差都不

可能很大.噪声点则不同,一般情况下,沿任一噪声点的方向不太可能找到与之灰度差及方向差较小的噪声点,所以不存在连续的噪声点.

杨、梁等人指出^[5]:对于具有高斯白噪声的图像而言,进行边缘检测的关键在于判断噪声点与边缘点.以人类视觉进行噪声点与边缘点识别时的特征差异如下.

(1)边缘点具有较强的灰度突变,噪声点的灰度突变相对较弱.

(2)边缘点在几何位置上具有一定的有序性,即边缘点可以链成有意义的型线,噪声点的几何位置是随机、无序的,链成型线的可能性很小.

(3)边缘点具有较强的方向性,即在边缘方向上的滤波值表现出较强的模值,而在垂直边缘方向上的滤波值较小.噪声点不会在某一个方向上出现强滤波值,而在其他方向上出现弱滤波值.

根据上述思想^[4-5]可以总结为:在边缘方向上边缘点的梯度值较大,在垂直边缘方向上梯度值较小,而噪声点在各个方向上的梯度值几乎相同.

在经济学中,求取某个地区贫富差距是用该地区收入最高的人年收入减去收入最低的人年收入的方法来计算,那么求取一个像素的梯度值可用该像素 8 个方向中的最大梯度值减去最小梯度值的方法来计算.

在用原 Robinson 算法和改进算法计算边缘梯度时,得到的直线边缘梯度是相同的,而对于曲线或折线,边缘梯度差别很小,如图 2 所示.

在图 2a 的直线边缘情况下,最大梯度值是 1 020,最小梯度值是 0,2 种算法所得梯度值相同.其中,黑色块的灰度值为 0,白色块的灰度值为 255.

在图 2b 的曲线或折线边缘情况下,最大梯度值是 765,最小梯度值是 255,2 种方法所得梯度值相差不大.

综上,对于边缘点,2 种算法所得梯度值差别不大,而对于噪声点则有很大的差别,改进算法获得的梯度值为 0 或接近于 0(因为噪声点的梯度值在各个方向没有差别或差别很小,在此不再举例),所以改进算法抑制噪声的能力将比原 Robinson 算法

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

图 1 Robinson 边缘检测模板

x_1	x_2	x_3
x_8	x_0	x_4
x_7	x_6	x_5

(a)直线边缘

x_1	x_2	x_3
x_8	x_0	x_4
x_7	x_6	x_5

(b)曲线或折线边缘

图 2 2 种算法边缘梯度计算结果

物线计算阈值比较合理,于是则有:在 $[0,48]$ 、 $(48,206)$ 和 $[206,255]$ 区域,阈值计算方程为 $g(x)=ax^2+bx+c$. 在 $[0,48]$ 区域,当 $x=0$ 时 $g(x)=30$,当 $x=-48$ 时 $g(x)=8$,当 $x=48$ 时 $g(x)=8$,计算得出 $a=-0.009\ 549$, $b=0$, $c=30$;在 $(48,206)$ 区域,当 $x=127$ 时 $g(x)=12$,当 $x=48$ 时 $g(x)=8$,当 $x=206$ 时 $g(x)=8$,计算得出 $a=-0.000\ 641$, $b=0.162\ 794$, $c=1.662\ 554$;在 $[206,255]$ 区域,当 $x=255$ 时 $g(x)=50$,当 $x=206$ 时 $g(x)=8$,当 $x=304$ 时 $g(x)=8$,计算得出 $a=-0.017\ 493$, $b=8.921\ 283$, $c=-1\ 087.463\ 557$ (这里的参数会有一些误差). 因为确定阈值的方法是基于人眼视觉特性的,所以该方法适用于所有的灰度图像. 检测阈值的计算式为

$$g(x)=\begin{cases} -0.009\ 549x^2+30 & 0\leqslant x\leqslant 48 \\ -0.000\ 641x^2+ & \\ 0.162\ 794x+1.662\ 554 & 48<x<206 \\ -0.017\ 493x^2+ & \\ 8.921\ 283x-1\ 087.463\ 557 & 206\leqslant x\leqslant 255 \end{cases}\quad (2)$$

更强.

2.3 自适应的动态阈值方法

针对传统 Robinson 算法需要人为设定阈值上的缺陷,提出了一种自适应动态阈值方法,即利用二维阈值分割算法^[6]中的邻域平均灰度的思想,依据 3×3 邻域平均值来计算待检测点的阈值

$$x=\frac{1}{9}\sum_{i=0}^2\sum_{j=0}^2I(i,j)\quad (1)$$

人眼对灰度的分辨率是^[7]:当图像灰度值很高或很低时,人眼的分辨率较差;当图像灰度值适中时,人眼的分辨率较强. 人眼对图像平缓部分的噪声比细节部分的噪声更敏感,对亮区域的噪声敏感度比暗区域的小(称为“韦伯法则”),对边缘或结构化区域的噪声敏感度比平滑区域的小(称为“结构噪声掩模”^[8]). 根据人眼的这些视觉特性,在视觉分辨率高的区域,阈值可设置得小一些,在视觉分辨率低的区域,阈值可设置得大一些. 这样做会出现相同的灰度差在不同的区域,有的被认为是边缘,有的却被认为不是边缘.

由实际经验和实验结果可知:人眼在白色区域分辨率最低,其次是黑色区域,再次是灰度值在 127 左右的区域;人眼比较敏感的区域是灰度值在 48 和 206 左右的区域. 所以,人眼对灰度值的敏感度不是随着灰度值的变化呈线性变化的,根据经验采用抛

在检测边缘时,可以根据具体情况在阈值前乘上一个系数,这样可以在一幅图像的不同区域使用不同的阈值来检测边缘(用抛物线方程计算阈值,在实验和实际应用中已经得到了验证,参数设置得是否最合理还需要进一步研究).

3 实验结果及分析

本文分别用传统的 Robinson 算法、不使用自适应阈值的本文算法(算法 1)和使用自适应阈值的本文算法(算法 2),对 Lena 原图像进行边缘检测,结果如图 3 所示.

为了验证各算法对噪声的抑制能力,用含有均值为 0、标准方差 $\sigma=20$ 的高斯白噪声 Lena 图像进行检测(其他参数不变),结果如图 4 所示.

由于篇幅问题,文章中图片的尺寸不能太大,加噪声 Lena 图像与不加噪声 Lena 图像几乎无法区别,边缘图像中的噪声点也不太清楚,所以对图 4 结果进行局部放大,结果如图 5 所示.

对比分析实验结果可知,传统 Robinson 算法得到的边缘图像与算法 1 非常相似,几乎看不出它们的差别,这说明采用最大梯度值减最小梯度值来计算像素点的梯度值是可行的,也是合理的. 在大多数情况下,算法 2 的边缘检测结果与 Robinson 算法、



(a)Lena 原图像 (b)Robinson 算法 (c)算法 1 (d)算法 2

图 3 3 种算法对 Lena 图像的边缘检测结果



(a)含噪声 Lena 图像 (b)Robinson 算法 (c)算法 1 (d)算法 2

图 4 3 种算法对含噪声 Lena 图像的边缘检测结果



(a)含噪声 Lena 图像 (b)Robinson 算法 (c)算法 1 (d)算法 2

图 5 图 4 局部放大结果

算法 1 是一样的,而用算法 2 检测到的边缘是连续、光滑的,这充分说明算法 2 是可行的,也是有效的,它能检测到比较弱的边缘。

对比分析实验结果还显示,在有噪声污染的情况下,3 种算法获得的边缘是一样的,但从抑制噪声的性能方面来看,算法 2 显现出了它的优势。

综合分析实验结果表明,本文的 Robinson 自适应阈值算法比传统 Robinson 算法的抑制噪声能力更强,检测弱边缘的能力更佳,从而显示出更加优良的性能。

本文的 Robinson 自适应算法得到的图像边缘经文献[9-10]算法细化,可得到单像素边缘,其效果可以与文献[11-12]结果媲美。本文算法检测到的边缘经细化后可以用于图像处理、目标识别、目标定位以及检验图像目标是否合格^[13]等特殊场合。

4 结 论

本文算法精简了 Robinson 算法的模板,提出了计算梯度法,由此结合人眼视觉特性自适应地生成了动态阈值,提高了运算速度和抑制噪声的能力。所提算法可以检测到弱边缘,更重要的是提高了自动识别的能力,是实现图像自动匹配的一种有意义的探索。

参考文献:

[1] ROBINSON G S. Edge detection by compass gradient masks [J]. Comput Graphics Image Processing,1977,6 (5):315-328.

[2] 李弼程,彭天强,彭波,等. 智能图像处理技术 [M]. 北京:电子工业出版社,2004:149-173.

[3] 何东健,耿楠,张义宽,等. 数字图像处理 [M]. 西安:

- 西安电子科技大学出版社,2003:95-97.
- [4] 李庆利. 尺寸测量中的边缘检测算法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2004,12(4):334-337.
LI Qingli. Study of edge detection in size measurement [J]. Computer Measurement & Control, 2004, 4 (12): 334-337.
- [5] 杨宣,梁德群. 基于方向信息的多尺度边缘检测方法 [J]. 西安电子科技大学学报, 1997,24(4):524-530.
YANG Xuan, LIANG Dequn. Multiscale edge detection based on direction information[J]. Journal of Xi'an University,1997,24(4): 524-530.
- [6] 王玥玥,王秋光. 基于图像边缘信息的2维阈值分割方法[J]. 中国图象图形学报,2007,12(1):78-81.
WANG Yueyue, WANG Qiuguang. A two-dimensional thresholding method based on the information of image edge[J]. Journal of Image and Graphics, 2007,12 (1): 78-81.
- [7] 冷寒冰,王先,刘上乾,等. 基于人眼视觉特性的邻域自适应模糊增强算法[J]. 光电工程,2004,31(1): 62-65.
LENG Hanbing, WANG Xian, LIU Shangqian, et al. A neighborhood adaptive fuzzy enhancement algorithm based on human visual properties[J]. Opto-Electronic Engineering, 2004,31(1):62-65.
- [8] 吴颖谦,方涛,李聪亮,等. 一种基于小波分析和人眼视觉特性的图像增强方法[J]. 数据采集与处理,2003, 18(3): 17-21.
WU Yingqian, FANG Tao, LI Congliang, et al. An approach for image enhancement based on wavelet analysis and properties of human visual system[J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2003,8(3): 17-21.
- [9] 刘煜,李言俊,张科,等. 一种多像素图像边缘提取方法 [J]. 光子学报,2007,36(2):380-384.
LIU Yu, LI Yanjun, ZHANG Ke, et al. A method of muti-pixels edge detection of image [J]. Acta Photonica Sinica, 2007,36(2): 380-384.
- [10] 康牧,许庆功,王宝树. 一种 Roberts 自适应边缘检测算法[J]. 西安交通大学学报, 2008, 42(1): 1240-1244.
KANG Mu, XU Qinggong, WANG Baoshu. A Roberts' adaptive edge detection method[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2008,42(10):1240-1244.
- [11] 王植,贺赛先. 一种基于 Canny 理论的自适应边缘检测方法 [J]. 中国图象图形学报,2004,9(8):957-962.
WANG Zhi, HE Saixian. An adaptive edge-detection method based on canny algorithm [J]. Journal of Image and Graphics, 2004,9(8): 957-962.
- [12] ZHANG Renyan, ZHAO Guoling, SU Li. A new edge detection method in image processing[C]//2005 IEEE International Symposium on Communications and Information Technology. New York, USA: Society of Communications and Information Technology, 2005: 445-448.
- [13] 左建中,尹辉,陈贤青,等. 小波变换在螺纹边缘检测中的应用 [J]. 制造业自动化, 2007,29(1):33-34.
ZUO Jianzhong, YIN Hui, CHEN Xianqing, et al. The application of wavelet transform in screw thread edge detection[J]. Manufacturing Automatization, 2007,9 (1): 33-34.

(编辑 苗凌)

【本刊相关文献链接】

- 基于图像外形的多尺度相关性检索算法. 2007,41(1):69-72
- 一种基于小波的 Contourlet 变换的图像压缩算法. 2007,41(4):479-483
- 一种含有镜面反射由明暗恢复形状的新算法,2007,41(4):435-438
- 一种新颖的图像多尺度几何变换及其应用. 2007,41(8):982-985
- 基于信息熵窗的小波低频子带弱目标图像的增强. 2006,40(2):187-190
- 基于静电场原理的图像分辨率增强算法. 2006,40(11):1300-1304
- 基于分类与选择机制的鲁棒水印算法. 2006,40(12):1400-1404