

文章编号:1002-2082(2008)01-0014-04

基于深度优先遍历的图像边缘检测方法

陈冠楠^{1,2}, 杨坤涛¹, 谢志明², 滕忠坚², 陈荣²

(1. 华中科技大学 光电子科学与工程学院, 湖北 武汉 430074;

2. 福建师范大学 医学光电科学与技术教育部重点实验室, 福建 福州 350007)

摘要: 图像边缘识别是图像处理的重要组成。提出一种基于深度优先遍历的梯度分割算法, 这种算法首先构造像素点的数据结构, 然后从图像任意点出发, 估算该点附近的像素点并获取梯度值, 如果该点满足边缘点的特征, 则从该点出发深度遍历寻找垂直于梯度方向上的边缘点, 并标记访问过的点。如果该方向上没有满足条件的点则回退, 从某个具有仅次于最大梯度值的方向继续遍历, 并标记开始遍历的点为角点, 直至遍历全图。该算法将图像的边缘点和角点明显地分割出来, 便于识别, 对带有不同类型的噪声图像进行处理也可取得较满意效果。

关键词: 图像处理; 深度优先遍历; 边缘检测; 检测算子

中图分类号: TN911.73

文献标志码: A

Edge recognition method for image segmentation based on depth-first traversal

CHEN Guan-nan^{1,2}, YANG Kun-tao¹, XIE Zhi-ming², TENG Zhong-jian², CHEN Rong²

(1. School of Opto-electronic Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology,

Wuhan 430074, China; 2. Key Laboratory of OptoElectronic Science and Technology for Medicine,

Ministry of Education, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Image edge recognition is an important part of image processing. A gradient segmentation algorithm based on the depth-first traversal of images is presented. In this method, the data structure of the pixel is defined firstly, the four pixels around an arbitrary point of an image are estimated and the gradient values of the pixels are acquired. If the pixel satisfies the feature of an edge, the edge perpendicular to the directions of gradient is processed by depth-first traversal, and the pixels are marked at the same time. If there is no pixel to satisfy the feature in the direction, it will withdraw, and then the depth-first traversal will be implemented from the direction next to the maximum gradient, marking the pixel as corner, until the traversal of the whole image is completed. The experimental results show that edges and corners of an image can be segmented clearly and easily identified.

Key words: image processing; depth-first traversal; edge recognition; recognition operator

引言

对图像分割算法的研究已经有几十年的历史, 至今借助于各种理论已经提出了数以千计的分割算法, 并且这方面的研究仍然在积极进行中。尽管

人们在图像分割方面做了许多工作, 但目前仍无通用的分割算法, 也不存在一个判断分割是否成功的客观标准。因已提出的分割算法大都是针对具体问题的, 并没有一种适合于所有图像的通用分割算法。

收稿日期: 2007-03-15; 修回日期: 2007-05-18

基金项目: 福建省教育厅科技项目 (JB06102)

作者简介: 陈冠楠 (1980—), 男, 福建福州人, 助教, 华中科技大学光电子科学与工程学院博士研究生, 主要从事数字图像处理与医学图像处理研究。E-mail: edado@163.com

实际上由于不同领域的图像千差万别,不可能存在万能的通用算法,因此,现有的分割算法非常多,大体上可以分为以下几类^[1]:阈值化分割、基于边缘检测、基于区域、基于聚类和基于一些特定理论工具的分割方法。传统的基于边缘检测的方法一般是按照从上到下从左到右的顺序进行梯度分割的,本文所描述的基于边缘检测的方法则是通过深度优先遍历的方式跟踪图像的边缘点,然后进行梯度分割。

1 边缘检测与深度优先遍历

1.1 边缘检测

边缘检测是目前人们研究最多,应用也较多的方法。在不同区域之间的图像边缘上像素灰度的变化往往比较剧烈,该方法就是通过检测包含相邻区域的图像边缘像素点来解决图像分割问题的。这类方法大多是基于局部图像信息的,一般利用图像一阶导数的极大值或二阶导数的过零点信息作为判断边缘点的基本依据。为了在图像中寻找边缘点,人们设计了各种各样的边缘检测算子(Edge Detectors),然后跟踪检测出的边缘点。常用的方法有梯度算子、方向算子、拉普拉斯算子和坎尼算子等^[2]。

图像边缘提取算法很多,由于本文方法的主要部分在于深度优先遍历图像上的点,并考虑算法的时间复杂度,所以采用传统的 Roberts 边缘算子。该算子是利用局部差分算子寻找边缘算子的方法,由下式给出:

$$|\nabla f(x,y)| \approx \{[f(x,y)-f(x+1,y)]^2 + [f(x,y)-f(x,y+1)]^2\}^{1/2} \quad (1)$$

式中 $f(x,y)$ 为具有整数坐标的像素点灰度值。平方根运算使该处理过程类似于人类视觉发生的过程。该算法是用 2 个卷积核形成 2×2 算子模板,图像中的每一个点都用这 2 个核作卷积。用计算机计算梯度时,因为平方与平方根的计算量很大,通常用绝对值运算代替,即近似公式为

$$|\nabla f(x,y)| \approx |f(x,y)-f(x+1,y)| + |f(x,y)-f(x,y+1)| \quad (2)$$

1.2 深度优先遍历^[3]的递归定义

假设给定图 G 的初态是所有顶点均未访问过的。在 G 中任选一顶点 v 为初始出发点(源点),则深度优先遍历可定义如下:首先访问出发点 v ,并将其标记为已访问过;然后依次从 v 出发搜索 v 的每

个邻接点 w 。若 w 未曾访问过,则以 w 为新的出发点继续进行深度优先遍历,直至图中所有和源点 v 有路径相通的顶点(亦称为从源点可达的顶点)均已被访问为止。若此时图中仍有未访问的顶点,则另选一个尚未访问的顶点作为新的源点重复上述过程,直至图中所有顶点均已被访问为止。

本文所使用的方法,将对图像数据结构重新定义,使其能够达到深度优先遍历方法所需的点和边的数据要求。

2 基于深度优先遍历的图像边缘检测

2.1 像素点数据结构的重新构造

深度优先遍历方法遍历整个图片时,需标记边缘点以及角点,因此需要对原始像素点的数据结构进行重构。

新的像素点包含 point (G [8], x , y , grad, crossed, curve)。其中, G [8] 为该像素 8 邻域的梯度值, x , y 为像素点坐标, grad 为像素点灰度, crossed 表示像素点是否有多个边缘通过, curve 表示通过的边缘曲线条数。

2.2 深度优先遍历法遍历全图

本算法从图像中任意像素点出发,先计算该点的灰度,通过该点附近的像素点估算并获取 8 邻域方向上的梯度值,然后修改该点的 G [8] 值,如果该点满足边缘点的特征,则把该点入栈。从该点出发深度遍历寻找垂直于梯度方向上的边缘点,并标记访问过的点。遍历过程如下:

1) 如果该方向上有满足条件的点,则不断把边缘点入栈,并修改该点相关数据结构;

2) 如果该方向上没有满足条件的点则回退,将栈中的边缘点出栈;

3) 出栈操作持续到能从某个小于最大梯度值的方向继续遍历时结束。方向的选择遵循逆时针的原则,如果某个点有多条边缘曲线经过,按照逆时针顺序依次遍历。例如:如果某个点的 8 邻域在其逆时针方向上有 3 个梯度值 100、50 和 70,我们将先访问 100 所在的方向(梯度值最大的方向),然后访问梯度值为 50 的方向(下一个逆时针方向)。在该回退点重新开始新的方向遍历时需要修改该点的 crossed 参数,并将 curve 加 1,以表示有多条边缘曲线通过该点,统计通过该点的曲线条数。该回退点即为角点;

4) 当回退到第一个出发点后按照从上到下、从左到右的顺序搜索是否还有未访问过的点,如果

有则重新按照深度优先遍历方法遍历;如果没有,表明全图遍历完成。

通过本方法检测边缘曲线将有以下几种情况:

1) 如果在跟踪边缘的过程中,某曲线将穿过一条已经访问过的边缘曲线,且穿过的点并非是某个遍历过程中的起始点,则该次遍历可成功分割出一条封闭的边缘曲线。

2) 如果在跟踪边缘的过程中,某个方向遍历结束并回退之前仍未与访问过的边缘曲线交叉,则此边缘曲线为开放的曲线或者为噪声。开放的曲线将在其边缘点均被检测后才会被弹出栈。此曲线是噪声还是边缘还可进一步处理。

2.3 噪声处理

图像通常都存在噪声,通常采用的方法^[4]是用某一像素点领域内各点灰度级的加权平均值来代替该像素点的灰度级,本算法是在遍历过程中加入对噪声处理的过程。前面提到在提取出的曲线中包含闭合曲线,算法中可以根据闭合曲线中的噪声进行中值滤波^[5]。针对每个闭合边缘曲线,先计算闭合曲线包含的所有点的平均阈值,然后过滤低于平均阈值的像素点。本算法也可在遍历过程中对经过的像素点进行 3×3 领域的中值滤波。

3 实验结果分析

灰关联度和传统的边缘检测算子如Robert算子、Sobel算子提取边缘的比较结果如图1所示。

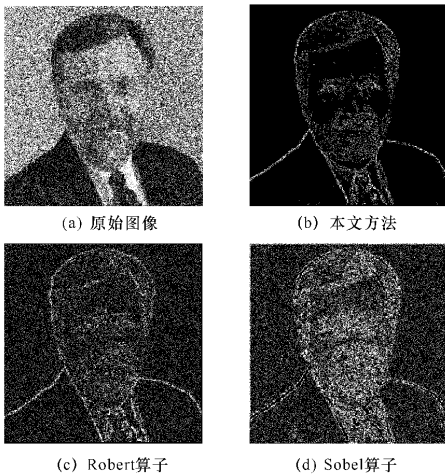


图1 不同算子进行边缘检测的效果

Fig.1 The results segmented by different edge operator
基于边缘检测的方法存在的主要问题是容易产

生对边缘点的错误跟踪,不能构成封闭的边缘;再者,抽取出的边缘是基于灰度变化的某准则而得到的“图像意义上的边缘”,这种边缘并不一定与实际意义上的边界完全对应。与已往的方法对比发现,本文算法主要解决了第一个问题,既通过边缘点深度优先遍历可构成封闭曲线,同时标记了角点。

为了检验此方法的抗噪能力,对图像分别加入随机噪声。同时加入随机噪声和椒盐噪声后的图像,如图2和图3所示。从图2和图3可以看出,本文方法在不加入噪声处理过程时对随机噪声有很

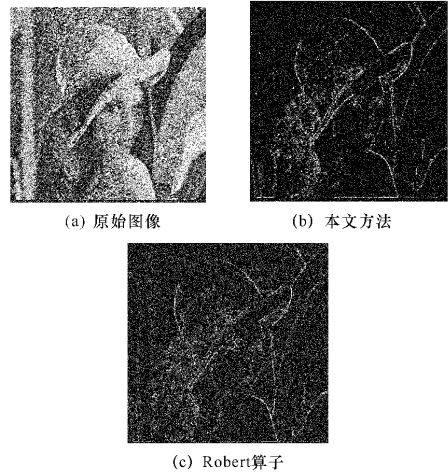


图2 加入随机噪声进行边缘检测的比较

Fig.2 Segmented the images added the stochastic noise

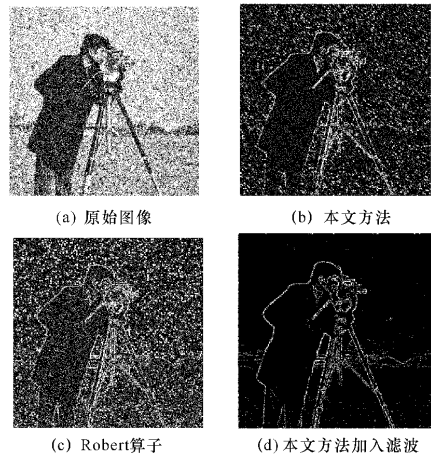


图3 加入随机噪声和椒盐噪声进行边缘检测的比较

Fig.3 Segmented the images added the stochastic noise and salt & pepper noise

好的抑制能力,不需要在原算法上进行改动,而对椒盐噪声的抑制能力则相对较差,需进行适当调节。本算法可在遍历过程中对噪声进行消除,例如在遍历图像的过程中,对经过的像素点进行 3×3 领域的中值滤波,即可达到图3(d)的效果。当然,也可以根据上文提到的,根据遍历过程中生成的第3类特征点进行比对与处理,也可对椒盐噪声进行消除。

4 结束语

本文分析了图像边缘检测的研究现状与存在的问题,提出了一种基于深度优先遍历的图像边缘检测算法。采用该方法对图像的像素信息进行初步的分析和遍历之后,能够比较完整地识别出图像中的边缘点和角点等特征像素点,对带有不同类型的噪声图像也可取得较满意的检测效果。本方法对图像进一步检测与分割以及重构图片等操作提供了良好的基础。当然而基于深度优先遍历的图像梯度分割还有许多待完善之处,例如,对开放曲线是噪声还是边缘的进一步深入判断,以及根据各种噪声

的性质,综合利用不同的抗噪声理论进行边缘检测等。

参考文献:

- [1] SONKA M, HLAVAC V, BOYLE R. Image processing, analysis and machine vision[M]. 2nd ed. New York: Thomson Learning and PT Press, 1999.
- [2] JAEHNE B. Digital image processing[M]. 5th ed. New York: Springer Verlag, 2001.
- [3] WEISS M A. Data structures and algorithm analysis in C[M]. 2nd ed. New York: Addison-Wesley, 1996.
- [4] 王玉田,李艳春. 小波阈值去噪法在农药荧光分析中的应用[J]. 应用光学, 2006,27(3):192-194.
WANG Yu-tian, LI Yan-chun. Application of wavelet threshold denoising method in the fluorescence analysis of pesticides[J]. Journal of Applied Optics, 2006,27(3):192-194. (in Chinese)
- [5] 李向军. 双通道视频信息处理数据融合技术[J]. 应用光学, 2005,26(6): 4-7.
LI Xiang-jun. Data fusion technique for video information processing of dual-channel[J]. Journal of Applied Optics, 2005,26(6):4-7. (in Chinese)