

快速模糊边缘检测算法

王 倩¹⁾ 阮海波²⁾ 李俊山³⁾ 陈晓峰¹⁾

¹⁾(第二炮兵第二研究所三室, 北京 100085) ²⁾(第二炮兵第四研究所三室, 北京 100085)

³⁾(第二炮兵工程学院, 西安 710025)

摘 要 边缘检测是图象处理中的一个重要组成部分. 通过对 Pal. King 模糊边缘检测算法进行改进, 提出了一个快速模糊边缘检测算法. 该快速算法不但简化了 Pal. King 算法中复杂的 G 和 G^{-1} 运算, 而且通过实验, 确定了 T_r 变换中最佳的隶属度阈值, 并减少了迭代次数. 从两组实验结果可以看出, 快速算法不但提高了 Pal. King 算法的效率, 而且检测效果也优于 Pal. King 算法. 快速算法不但适用于普通图象, 而且也适用于遥感图象, 并具有很强的检测模糊边缘和细小边缘的能力. 这种快速算法的性能优越, 是一种实用的、有前途的图象处理算法.

关键词 边缘检测 模糊

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)01-0092-04

Fast Fuzzy Edge-detection Algorithm

WANG Qian¹⁾, RUAN Hai-bo²⁾, LI Jun-shan³⁾, CHEN Xiao-feng¹⁾

¹⁾(The Third Unit of The Second Research Institution of The Second Artillery, Beijing 100085)

²⁾(The Third Unit of The Fourth Research Institution of The Second Artillery, Beijing 100085)

³⁾(The Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025)

Abstract Edge-detection is an important part of image processing. This paper makes some improvement to the Pal. King fuzzy edge-detection algorithm and brings forward a fast fuzzy edge-detection algorithm. The fast algorithm not only simplifies the complex G and G^{-1} calculation in Pal. King algorithm, but also determines the optimal threshold value of degree of dependence of transformation by experiments, and reduces the iteration times. Finally, two group of experiments are put forward, and it can be seen by comparison that the fast algorithm not only improves the Pal. King algorithm efficiency, but also obtains preferable detection effects comparing to the Pal. King algorithm. In addition, it can be seen from the result of the experiments that the fast algorithm not only is applicable for general images, but also is the same with the remote sense images, and the fast algorithm has powerful ability in detection fuzzy edge and exiguous edge. The fast algorithm has superiority capability, and it is a promising and applied image processing algorithm.

Keywords Edge-detection, Fuzzy

0 引 言

图象的边缘信息^[1]对人或对机器视觉来说, 都是非常重要的, 由于边缘具有能勾画区域的形状, 且能被局部定义以及能传递大部分图象信息等许多优点, 因此, 边缘检测可看作是处理许多复杂问题的关键.

由国外学者 Pal 和 King 提出的模糊边缘检测

算法^[2], 由于引入了模糊思想, 因此检测效果优异, 虽然在图象处理中获得了良好的应用, 但 Pal. King 算法仍存在不少缺陷. 本文在分析 Pal. King 算法缺陷的基础上, 提出了一个快速模糊边缘检测算法. 该快速算法用简单的 G 和 G^{-1} 运算取代 Pal. King 算法中复杂的 G 和 G^{-1} 运算, 同时根据实验确定了 T_r 变换中最佳的隶属度阈值 μ_c , 这样就减少了增强处理中不必要的多次迭代.

1 Pal. King 算法分析

国外学者 Pal 和 King 提出的模糊边缘检测算法^[2](以下简称 Pal. King 算法)已在模式识别的预处理和医疗图象处理中获得了良好的应用. Pal. King 算法的思想是首先用隶属度函数 G 将图象映射成一个模糊隶属度矩阵;然后对该矩阵进行多次非线性变换 T_r ,即通过增强变换,以增强边缘信息,削弱非边缘信息;接着再对模糊隶属度矩阵进行 G^{-1} 变换,以得到经过增强的图象;最后,用“min”或“max”算子提取边缘.但 Pal. King 算法存在着以下几个缺陷:

(1)经 T_r 变换后,将造成原图中相当多的低灰度值被硬性切削为 0,这样将损失低灰度值边缘信息,也使检测质量受到了影响^[2].

(2) T_r 变换中,阈值 μ_c 取 0.5,设置不当.试验证实,它不能满足用户对不同类型图象检测的要求.

(3)算法中,因 G 和 G^{-1} 包含复杂的浮点运算,故计算量大.考虑到 G 和 T_r 变换后,还要再进行 G^{-1} 变换,这将使得 G 的形式对于增强结果的影响微乎其微^[2].

(4)虽然多次迭代运算是为了对图象反复作增强处理,但当迭代次数大于 4 时,反而使边缘细节消失.通过实验表明,一次迭代和 2~3 次迭代的效果无明显差别,如图 1 所示.

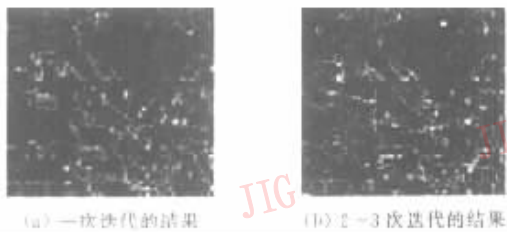


图 1 迭代次数比较

2 快速模糊边缘检测算法

在上面分析的基础上,本文提出了一种快速模糊边缘检测算法.该快速算法由于采用了简单的隶属度函数,它可快速地完成图象到隶属度矩阵的转换和隶属度矩阵到图象的逆转换,因而减少了运算时间;而且只作一次增强迭代处理,也减少了运算量;另外,还可通过动态调整 μ_c 值,以适应不同类型

图象及不同用户的要求.这样,快速算法相对 Pal. King 算法有更高的效率和更大的适应性.

快速模糊边缘检测算法的步骤如下:

(1)用下式进行归一化处理^[3]作为 G 变换

$$\mu_{mn} = \frac{l_{mn}}{L-1}, L = \max(l_{mn}) \quad (1)$$

其中, l 是图象的原始数据矩阵.

(2) μ_c 的初始化,

若需突出主干边缘信息,则 $\mu_c = 0.85$;

若需突出细节边缘信息,则 $\mu_c = 0.4$.

(3)调整 μ_c 值,

$$\mu_c = \begin{cases} \mu_c + 0.05 & U_p = 1 \\ \mu_c - 0.05 & U_p = 0 \end{cases} \quad (2)$$

(4)根据下式进行 T_r 变换

$$\mu'_{mn} = T_r(\mu_{mn}) = \begin{cases} 2(\mu_{mn})^2 & 0 \leq \mu_{mn} \leq \mu_c \\ 1 - 2(1 - \mu_{mn})^2 & \mu_c < \mu_{mn} \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

该变换增大了大于 μ_c 或减小了小于 μ_c 的 μ_{mn} 值.

(5)根据下式进行 G^{-1} 运算

$$l'_{mn} = \mu'_{mn}(L-1) \quad (4)$$

从而得到经过模糊增强后的图象.

(6)使用“min”或“max”算子提取边缘.这里图象的边缘矩阵为

$$E_{\text{edge}} = [l''_{mn}]_{M \times N}$$

式中,

$$l''_{mn} = |l'_{mn} - \min_W \{l'_{ab}\}|, (a, b) \in W \quad (5)$$

W 是以象元 (a, b) 为中心的 3×3 窗口.

(7)检测效果是否理想?若检测效果理想,则算法结束.若不理想,这里有两种情况,一种情况是 μ_c 值过小,从而使得提取了过多的次要边缘,这将无法突出图象中主要地物的走向或主要的边缘信息,则 $U_p = 1$;另一种情况是 μ_c 值过大,从而使得细小的、模糊的边缘信息消失,这将不能满足用户对细节边缘的要求,则 $U_p = 0$,在这两种情况下均返回到第(3)步.

(8)算法结束.

通常情况下, μ_c 取缺省值 0.4 或 0.85 时,其所得的检测结果即可满足用户的要求,但如果用户要进一步突出主干边缘信息或展示细节信息,则需要调整 μ_c 值(增大或减少)重新进行检测.由此可见,这里, μ_c 的缺省值 0.4 或 0.85 以及步长 0.05 是通过实验得出的最佳值.

3 实验及分析

本文对上述算法分别用一幅普通图象(图2)和一幅遥感图象(图3)进行了实验。

实验1:分别用 Sobel 算法、Pal. King 算法、快

速算法(μ_c 取 0.4)对一幅 200×320 的玫瑰花图象作边缘检测实验。其检测结果如图2所示。

实验2:分别用 Sobel 算法、快速算法(μ_c 取 0.4)、快速算法(μ_c 取 0.85)对一幅 256×256 的 TM4 遥感图象进行边缘检测实验。其检测结果如图3所示。

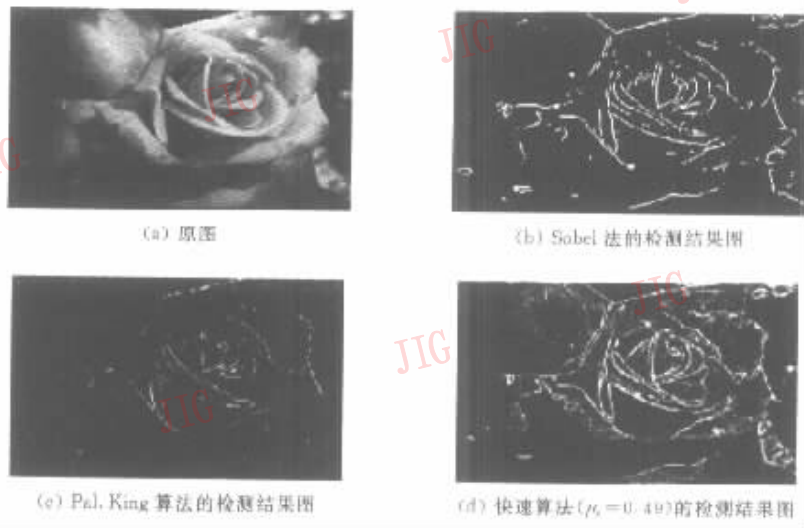


图2 玫瑰花图象的检测结果图

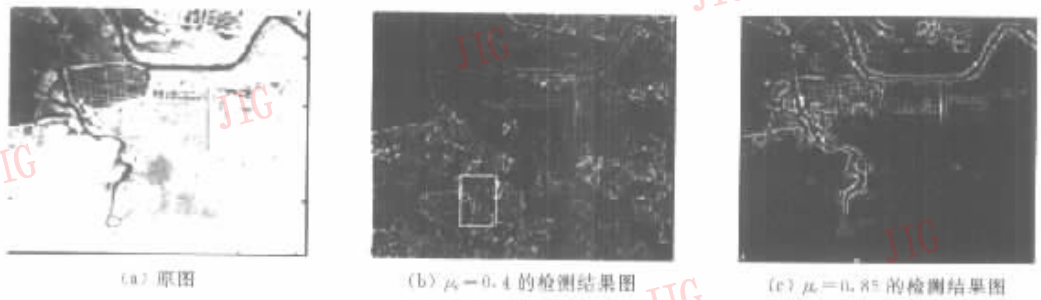


图3 遥感图象不同 μ_c 值下快速算法的检测结果图

从上面两个实验可以看出,快速算法的性能很好。从实验1的结果可以看出,Sobel 算法的检测效果最差,Pal. King 算法的效果较好,但对左上角灰度值低的花瓣边缘勾画不清;而快速算法的效果最好,它勾画出了非常清晰的玫瑰花轮廓,甚至花瓣上的水珠也依稀可见。在实验2中,当 μ_c 取 0.4 时,图中细小、模糊的边缘都可被很好检测出,且边缘图信息丰富(图3b);当 μ_c 取 0.85 时,边缘图主要反映了图中主要地物——道路、河流的走向,而细节边缘则消失了(图3c)。另外,从实验2可以看出,当 μ_c 值较小时,快速算法有很强的检测模糊边缘的能力,它能检测出分辨率很低的遥感图象中面积较小的地物,如图3(b)中图左下角白色方框标注的田地,以及宽

度较小的脉状河流等。

用 MATLAB5.0 语言编程,两种算法的运算时间如表1所示。

表1 边缘检测实验的数据

单位:s

	Pal. King 算法时间	快速算法时间
TM 图象(256×256)	101	61
玫瑰花图象(200×300)	92	58

以上两个实验证明:

(1)快速算法实现简便,且较 Pal. King 算法速度提高了近 1.6 倍。

(2)快速算法克服了 Pal. King 算法对低灰度值边缘检测失真的不足,其检测模糊边缘的能力很强。

(3)快速算法既能提取图象的主干边缘,也能实

现对细小边缘的提取,适应性强.

总之,这种快速模糊边缘检测算法的性能优越,是一种实用、有前途的图象处理算法.

参 考 文 献

- 1 田捷,沙飞. 实用图象分析与处理技术. 北京:电子工业出版社, 1995.
- 2 郭桂蓉. 模糊模式识别. 长沙:国防科技大学出版社,1993.
- 3 李新社. 遥感图象的模糊边缘检测技术. 微机发展,1998,8(5): 4.

王 倩 1974 年生,硕士,工程师,毕业于第二炮兵工程学院自动控制系. 主要研究方向是图形图象处理、三维景观数字化技术. 已发表论文数篇.

阮海波 1973 年生,硕士,工程师,毕业于第二炮兵工程学院自动控制系. 主要研究方向是信号处理、自动控制. 已发表论文数篇.

李俊山 博士,高级工程师. 主要研究方向是图象处理、图象并行处理技术. 已发表论文 10 余篇,专著 1 本.

陈晓峰 高级工程师. 毕业于中国科学院遥感应用研究所,获遥感与地理信息专业博士学位. 主要从事遥感图象处理和地理信息工作. 已发表论文 10 余篇,专著 1 本.