

实现图象边缘检测的改进广义模糊算子法

洪文松 陈武凡

(第一军医大学生物医学工程系, 广州 510515)

摘要 在相关文献的基础上提出一种邻域加权预处理方法,基本解决了运用广义模糊算子进行边缘检测时出现的断线等问题。实验表明本算法相对于几种常用的边缘检测算子而言能获得较好的效果。

关键词 边缘检测 广义模糊算子 邻域加权预处理

传统的边缘检测方法将边缘点理解为灰度的突变点,从而通过邻域象素之间的代数运算来求取边缘点。如最基本的边缘检测方法—梯度算子法,以及 Laplace 差分算子法,这种算法除加强边缘外,还大大加强了图象中的噪声,恶化了图象的信噪比,为了解决这个问题,1980年 Marr-Hildreth 提出 Gauss-Laplace (LOG)算子,首先对图象进行平滑以滤除噪声,然后再用 Laplace 算子检测边缘。显然,这种算法在进行平滑处理时降低了图象的对比度。为了达到既检测边缘又平滑噪声的目的,人们提出用曲面对图象进行拟合,然后再在拟合的曲面上进行边缘检测的方法,但这些方法计算复杂,对边缘类型要求较高。我们认为,图象灰度差异是由于光照不均而产生的,在二维图象中,边缘是高频成分,但图象在边缘处灰度值是连续的,也就是说,边缘包括了图象其他部分的灰度信息,但由于量化的影响,图象灰度值在边缘处产生突变。随着计算机速度和存储的飞速发展,图象量化象素点宽度将越来越小,即使在边缘处,相邻象素灰度值的差异将越来越小,从而制约了建立在以梯度为原则的边缘检测算子的发展,因此,寻找新的边缘检测方法是必要的。文献[1]中提出的广义模糊算子是基于图象边缘包括其他部分的灰度信息这个原则的,我们利用并改进了这个算子来检测边缘,所得边缘细腻,效果很好且计算简便。

1 广义模糊集的定义及 GFO 的性质概述

定义 论域 U 上广义模糊集合 A 表征为

$$A = \int_{x \in U} \mu_A(x)/x \text{ 或 } A = \{(\mu_A(x), x \in U)\} \quad (1)$$

其中 $\mu_A(x) \in [-1, 1]$ 称为 U 上的广义隶属函数;称 $\mu_A(x) \in [-1, 0)$ 为 U 上 x 完全不属于 A 的广义隶属函数; $\mu_A(x) \in (0, 1]$ 为 U 上 x 完全属于 A 的广义隶属函数;而 $\mu_A(x) = 0$ 为 U 上 A 的模糊分界点函数。

为方便理解,我们将文献[1]中给出的广义模糊算子(GFO)表达式和性质重新表述如下:

$$\mu_B(x) = GFO[\mu_A(x)] = \begin{cases} \sqrt{\beta} [1 - [1 + \mu_A(x)]^\beta]^\beta, & -1 \leq \mu_A(x) < 0 \\ [\mu_A(x)]^\beta, & 0 \leq \mu_A(x) < r \\ \sqrt{\beta} [1 - \alpha [1 - \mu_A(x)]^\beta]^\beta, & r \leq \mu_A(x) < 1 \end{cases} \quad (2)$$

显然,它满足如下性质:

性质1 当 $\beta \rightarrow \infty$ 时,有

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 1, & -1 \leq \mu_A(x) < 0 \\ 0, & 0 \leq \mu_A(x) \leq r \\ 1, & r < \mu_A(x) \leq 1 \end{cases}$$

这里, $\mu_B(x)$ 已是一个普通集合了。

性质2 当 $\beta \geq 1$ 时,有

$\mu_B(x) > \mu_A(x)$, 若 $-1 \leq \mu_A(x) < 0$ 或 $r < \mu_A(x) \leq 1$,
 $\mu_B(x) < \mu_A(x)$, 若 $0 < \mu_A(x) \leq r$

本文同样取 $\beta = 2$, 对方程(2), 要求满足分段函数在端点处连续, 从而可得到

$$\alpha = \frac{1-r^4}{(1-r)^2}$$

2 广义模糊算子检测边缘的预处理方法

由文献[1]中可知, 图象经过广义模糊算子作用后, 真正的边缘处在较低的灰度级, 这通常是正确的, 然而, 还有一些不是边缘的像素点的灰度也处在较低的灰度级里, 因而, 最后显示出的图象并非单纯的边缘图象。要想获得真正的边缘图象, 应对图象作一下预处理以尽量减少非边缘处的灰度级别。但由于广义模糊算子是在广义模糊集上的操作, 常规预处理方法难以与其搭配。为了解决这个问题, 我们根据广义模糊算子的特性, 提出了一种邻域加权预处理算法。具体算法表述如下:

设 $f(x, y)$ 为图象点 (x, y) 处的灰度值, $\varphi_i(x, y)$ 为 $f(x, y)$ 的邻域像素点的灰度值, F 为一算子。首先我们选择一个算子 Y 作用在 $\varphi_i(x, y)$ 和 $f(x, y)$ 上得 $Y = Y(\varphi_i, f)$, 随后将 F 作用在 Y 上得 $F = F(Y)$ 得到一个集合, 最后我们用这个集合中的元素对 $f(x, y)$ 进行加权得到一个新的图象, 此图象就是我们所需要的预处理后的图象。这里, 我们取 Y 的最简单形式

$$Y = \sum_{i=0}^7 \delta(f(x, y) - \varphi_i(x, y)) \quad (3)$$

其中 $\delta(x) = \begin{cases} 1, & x=0 \\ 0, & x \neq 0 \end{cases}$ $\varphi_i(x, y)$ 为 (x, y) 第 i 邻域的灰度值。我们将 $f(x+1, y)$ 设为 (x, y) 的第0邻域的灰度值, 然后以逆时针方向顺序取值, 共八邻域。在实际应用中, 考虑量化的影响, 我们确定一个范围 T_h , 将 $\delta(x)$ 推广为

$$\delta(x) = \begin{cases} 1, & |x| \leq T_h \\ 0, & |x| > T_h \end{cases}$$

算子 F 取为

$$F = F(Y) = \frac{2YC}{Y^2 + C^2}$$

其中 C 为常数, 取值范围为 $0 \sim 8$ 。我们取其为2, 这里, F 显示为一种相关模糊度。我们可以这样来理解

它: 对于图象中任意一点, 当其八邻域中有且仅有两个象素的灰度值与其相等或非常接近, 则这点可以理解为边缘点, 可取其边缘点可能性为1。显然, 当 Y 为0时, 说明该象素点为孤立噪声点, 此时 $F = 0$, 从而该点被滤除, 因而, 该算子还有去噪作用。最后, 我们得到预处理后的图象为

$$f'(x, y) = F \times f(x, y)$$

3 边缘检测的具体步骤

为了达到用广义模糊算子进行边缘检测的目的, 首先我们应将图象的整个灰度范围映射到广义模糊集上去, 如文献[1]所述。这里, 我们取映射 T 的形式为

$$P_{ij} = T(x_{ij}) = \sin \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{x_{\max} - x_{ij}}{D}\right), \quad (4)$$

$(i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N)$

其中 x_{\max} 单色图象的最大灰度级, M, N 为图象的宽度和高度。 D 的选择范围为

$$D > \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} \quad (5)$$

在式(5)的约束下, 式(4)中的 P_{ij} 必然落在区间 $[-1, 1]$ 内, 这样保证了 T 为一一映射。应用式(2)将 P_{ij} 映射成普通性质集 $P'_{ij} = \{P_{ij}\}$,

$$P'_{ij} = \begin{cases} \sqrt{1 - [1 + P_{ij}]^2}, & -1 \leq P_{ij} < 0 \\ [P_{ij}]^2, & 0 \leq P_{ij} < r \\ \sqrt{1 - \alpha[1 - P_{ij}]^2}, & r \leq P_{ij} < 1 \end{cases}$$

$i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N$

最后通过逆变换获得边缘图象 $X'_{ij} = \{x'_{ij}\}$:

$$x'_{ij} = T^{-1}(P'_{ij}) = x_{\max} + D \left[\frac{\sin^{-1} P'_{ij}}{\frac{\pi}{2}} - 1 \right],$$

$i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N$

4 实验结论分析及讨论

我们采用以上分析方法对“Building”图象、以及一幅医用颅脑 MRI 图象进行边缘检测, 同时与原广义模糊算子直接法, 以及 SOBEL 算子、梯度算子进行比较(表1), 并运用直方图进行分析, 其中边缘灰度比(EGR)用下式计算:

$$EGR = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{S_{\text{total}}} \times 100\%$$

其中 S_{\max} 为处于高灰度值处象素数最多的灰度值附近($\pm 5\%$)的所有象素和, 同理, S_{\min} 为处于低灰度值处象素数最多的灰度值附近($\pm 5\%$)的所有象素和,

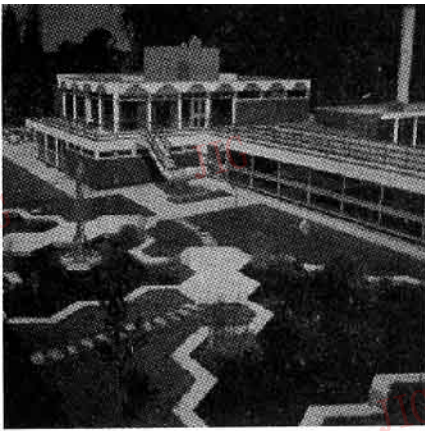
S_{total} 为图像素总和。该比值反映了图象经边缘处理后象素点在边缘处的集中程度。一般情况下,图象经边缘检测算子作用后,大部分象素的灰度值将集中在边缘灰度值和背景灰度值附近,从而,在一定程度上, EGR 越大,所检边缘越清晰,边缘检测效果越好。

我们是在 PENTIUM586(166)兼容机上运行这组程序的,运行时间在一、两秒之间,差别不大。由表1和图1、图2中可以看出,预处理后用广义模糊算子检测边缘的确能获得很好的效果。在 Building 图象

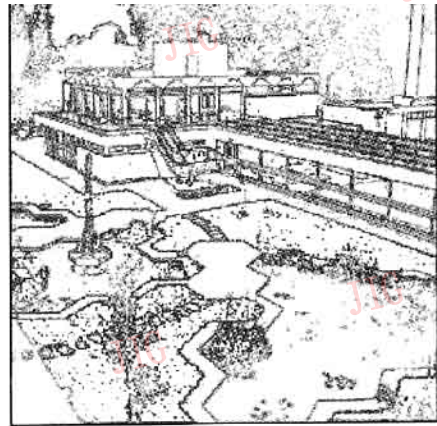
的右上角,我们可以很明显的发现白色的烟囱经梯度算子和 SOBEL 算子作用后出现断线,而经 GFO 作用后边缘很细腻。同时,我们在实验中发现,不同的预处理方法能获得不同的图象效果,对此,我们将做进一步的研究。

表1 图象边缘检测的三种算法比较

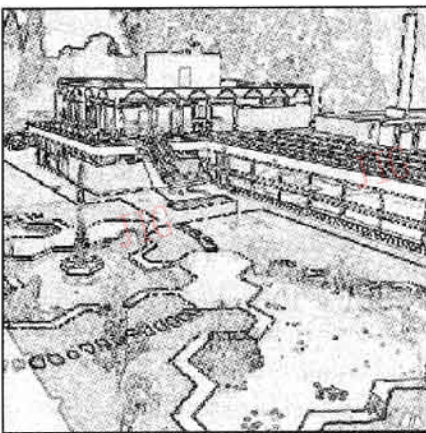
		SOBEL	梯度	GFO
MRI 图象	EGR	22	40	71
Building 图象	EGR	27	43	66



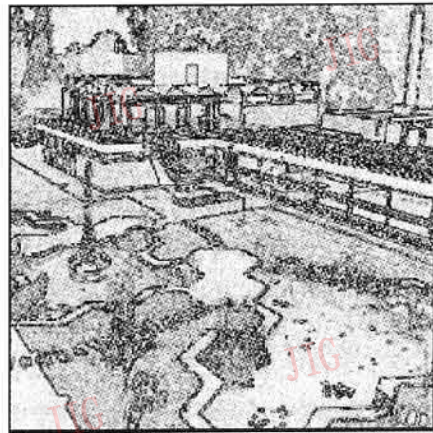
(a)



(b)



(c)



(d)

图1 “Building”图象的边缘检测:(a) 原始图象(512×512 $x_{max}=255, x_{min}=0$);(b) 运用 GFO(加预处理)检测的边缘图($D=170, r=0.01$);(c) 梯度算子检测的边缘图;(d) SOBEL 算子检测的边缘图

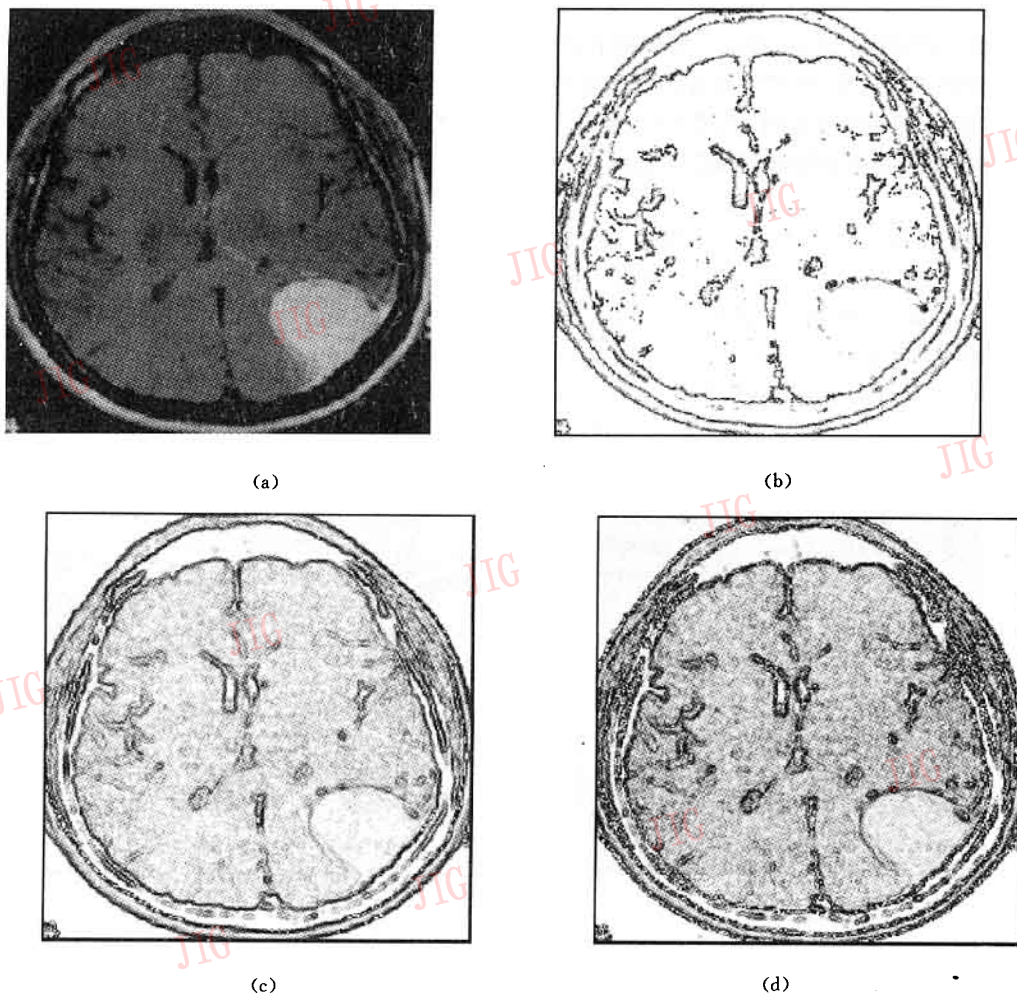


图2 MRI 图象的边缘检测:(a) 原始图象(512×500 $x_{max}=255, x_{min}=0$);(b) 运用 GFO(加预处理)检测的边缘图($D=170, r=0.01$);(c) 梯度算子检测的边缘图;(d) SOBEL 算子检测的边缘图

参考文献

- 1 陈武凡等. 彩色图象边缘检测的新方法—广义模糊算子法. 中国科学(A 辑), 1995, 25(2): 219
- 2 陈建军, 陈武凡. 彩色图象的模糊增强研究. 计算机软件及应用, 1994, 11: 57.

- 3 徐建华编著. 图象处理与分析. 北京: 科学出版社, 1992.

洪文松 硕士研究生, 主要研究方向为计算机图象恢复、编码压缩及边缘提取。

陈武凡 教授, 博士生导师, 主要研究领域为图象恢复重建、压缩编码、模式识别与人工神经网络。

An Improved GFO Algorithm for High Quality Edge—Detection Of Images

Hong Wensong, Chen Wufan

(Department of Biological Medical Engineering, First Military Medical University, Guangzhou 510515)

Abstract The conventional algorithms for edge-detection are based on the gray gradient in an image, and it is inevitable to get wide edges. Generalized Fuzzy Operator (GFO) is a new efficient algorithm for edge-detection [1]. By use of GFO, a high quality edge image with very low noise can be obtained. This paper presents an improved algorithm of GFO, Before the implement of GFO, a Neighborhood-weighted pre-processing is realized to original images, which can help to solve some problems such as discontinuous lines of edges. Our experiments show that this method appears preferable to others.

Keywords Edge-detection, Generalized Fuzzy Operator(GFO), Neighborhood-weighted pre-processing