

广义模糊算子法用于图象的浮雕显示

洪文松 陈武凡

(第一军医大学生物医学工程系, 广州 510515)

摘要 广义模糊算子法是一种用于图象边缘检测的全新而有效的方法。它能与不同的图象预处理方法相结合从而产生不同的图象显示效果。此文提出一种预处理方法, 首先对一幅图象进行预处理, 然后将广义模糊算子作用于该图象, 能得到较好的浮雕显示效果。调整预处理中的参数, 所显示的效果也有所不同。

关键词 浮雕显示, 广义模糊算子, 图象预处理

1 引言

广义模糊集合是传统的普通模糊集合的推广。由于该集合具有一些独特的性质, 所以在许多方面能得到有效的运用。文献[1]将其应用于图象的边缘检测, 给出了广义模糊算子(GFO), 效果很好。我们在实验过程中发现, 在运用GFO对图象处理之前, 如果对图象进行适当的预处理, 效果会更好。而且, 不同的预处理方法能获得不同的图象效果。本文给出一种预处理算法, 在运用GFO后能获得图象的浮雕显示。浮雕显示是指通过一定的处理, 给一幅二维平面图象中的有效内容增加立体显示效果。常规浮雕显示在某种意义上与模糊和锐化相似, 也是一种卷积形式。所不同的是模糊和锐化的卷积核中系数和为1, 而浮雕显示的卷积核系数和为0。显然, 对于常规方法, 要改变显示必须改变整个卷积核, 比较麻烦。而对于本文中的方法, 可快速调整预处理算法中的参数, 从而得到不同的显示效果。

2 广义模糊集的定义及GFO的性质

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。

我们对文献[1]中给出的广义模糊算子(GFO)表达式作如下修改:

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

显然, 它仍满足如下性质:

性质1 当时 $\beta \rightarrow \infty$ 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 当时 $\beta \geq 1$ 时, 有

$$\begin{aligned} \mu_B(x) &> \mu_A(x), \text{ 若 } -1 \leq \mu_A(x) < 0 \text{ 或 } \\ &r < \mu_A(x) \leq 1, \\ \mu_B(x) &< \mu_A(x), \text{ 若 } 0 < \mu_A(x) \leq r \end{aligned}$$

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

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

3 图象预处理与浮雕显示的实现

由广义模糊集合的性质可知,图象经过广义模糊算子作用后,边缘部分得到增强同时非边缘处的灰度级别减少,这种增强是一种非线性增强,将广义模糊集合映射回常规模糊集合后,部分较低灰度的象素灰度将变高,反之也存在,这种现象在图象的边缘处尤其明显.针对这种特性,我们设计了一种预处理方法,具体算法表述如下:

设 $f(x, y)$ 为图象点 (x, y) 处的灰度值, 设 $f'(x, y)$ 为预处理后的图象在点 (x, y) 处的灰度值, 令

$$f'(x, y) = \frac{\alpha}{8} [(f(x+1, y-1) + f(x+1, y) + f(x, y+1) + f(x+1, y+1)) - (f(x-1, y-1) + f(x-1, y) + f(x, y-1) + f(x-1, y+1))]$$

其中 α 是一个可调参数, 当其为正数时, 上式可以理解为向后差分形式; 反之则为向前差分形式.

显然, 这里 $f'(x, y)$ 与一般梯度算子有显著不同, 它有可能取负值. 但随后我们可以看到, 运用广义模糊算子处理图象时, 首先要将原图象变换到广义模糊集合上去, 因而, 在一定范围内 $f'(x, y)$ 取负数是有意义的. 也正是由于 $f'(x, y)$ 可以取负值, 才使得经广义模糊算子作用后的图象在边缘周围灰度级较丰富, 从而呈现浮雕效果.

为了达到用广义模糊算子进行图象处理的目的, 首先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:

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

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

其中 x_{\max} 为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

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

令 $D = \lambda(x_{\max} - x_{\min}), 0.5 \leq \lambda < 1$ (6)

在式(5)、(6)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 $P'_{ij} = \{P'_{ij}\}$,

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

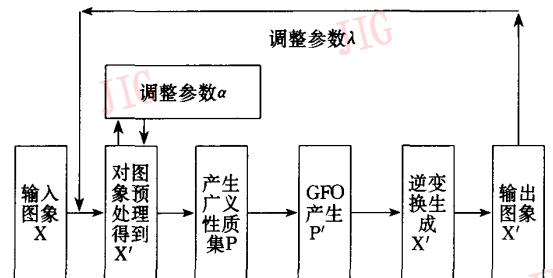
$$i = 1, 2, \Delta, M; j = 1, 2, \Delta, N.$$

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

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

$$i = 1, 2, \Delta, M; j = 1, 2, \Delta, N.$$

综上所述, 本文将运用 GFO 进行图象浮雕显示的方法总结为以下模型:



4 实验结论分析

我们采用以上分析方法对“Building”图象进行处理(图1), 实验结果显示如图2、图3、图4; 另外还增加1幅光学眼底图象及其处理结果图5、图6



图1 Building 原始图象(256×256)



图2 $\lambda=0.9, r=0.1, \alpha=1$



图3 $\lambda=0.9, r=0.1, \alpha=-1$

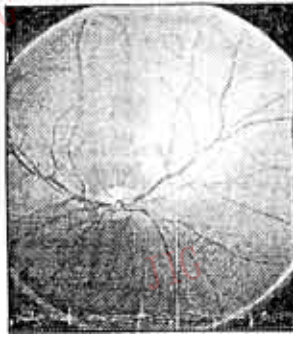


图 4 $\lambda=0.9, r=0.1, \alpha=-2$

图 5 光学眼底图象(398×348)

图 6 $\lambda=0.95, r=0.01, \alpha=-1$

下面作简单的分析讨论:

(1) 对一幅确定的图象而言, γ 和 λ 对浮雕显示的效果基本上没有影响。

(2) 当 α 取负数时, 图象显示为凸现型浮雕; 而当取正数时, 图象显示为凹陷型浮雕。

(3) 适度调整 α 的绝对值大小, 浮雕的立体效果会有所不同。 α 的绝对值越大, 立体效果越明显, 但其不能超出一定范围。我们的实验显示, α 的绝对值在 $[0.5, 2]$ 的范围内效果明显。

5 结 语

广义模糊算子的最早应用是在图象的边缘检测



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。

方面。但我们在实验中发现, 在使用广义模糊算子处理图象之前, 对图象进行不同的预处理, 最后会产生不同的结果。因而, 寻找适当的预处理方法与 GFO 相结合是一个有意义的课题。我们将进一步探讨该算子在图象处理和图象显示领域的其它用途。

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.

The Relievo Display of An Image Using Generalized Fuzzy Operator

Hong Wensong, Chen Wufan

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

Abstract Generalized Fuzzy Operator (GFO) is a new efficient algorithm for edge-detection of an image. By using of GFO, different display effects of an image can be obtained with different pre-processing methods. This paper gives an example of the relievo display of an image. A pre-processing method is introduced. When the parameters of this method are adjusted, the display is changed with them.

Keywords Relievo display, Generalized Fuzzy Operator(GFO), Pre-processing