

12

386-390

形态学边缘检测的新算法及其应用

刘岚岚

(北方交通大学物理系,北京,100044)

TP391.41
TN919.8

摘要 提出了一种基于数学形态学的边缘检测的新算法,该算法具有简便和灵活可编程控制等优点,比原来的算法更为完善.在实际应用中有着很好的前景,并给出了实验结果.

关键词 数学形态,二值图像代数,边缘检测.

图像识别

引言

由于图像边缘包含了图像的绝大部分有用信息,所以边缘检测在模式识别、机器视觉、图像分析及图像编码等领域都有着重要的研究价值.对于传统的基于局部梯度运算、表面拟合等边缘检测方法,往往存在对噪声敏感性大、边缘位置检测精度低等缺点^[1,2].图像微分也可以检测出图像的边缘,从而达到突出信息的目的^[3,4].最近,基于子波变换的图像处理(包括对图像边缘的检测和提取)方法受到人们的重视^[4,5].数学形态学是用于图像处理的一种有效的方法^[6],二值图像代数是K. S. Huang等人以数学形态学关于二值图像处理理论为基础而发展起来的理论体系^[7,8],它可用于提取图像的边缘,而且算法比较简单,易于实现.

本文将形态学中原有的边缘检测算法进行了改进,引入了二值滤波操作代替原算法的蚀和扩操作后^[9],得到一种新型的边缘检测的算法——排序边缘检测算法,该算法具有灵活控制边缘线宽等特点.并采用光电混合系统验证了该算法对汉字的边缘检测工作,从而为二值图像代数的进一步完善作出了初步的尝试.

1 原理

数学形态学的基础和表达语言是集合理论.它运算算法简单,结构元选取方便,因此它在图像处理和模式识别中的应用引起人们的广泛重视.基于形态学的二值图像处理代数系统由5个元图像(I, A, A^{-1}, B, B^{-1})和3个基本操作($\oplus, \cup, -$)组成,用符号表示为

$$(BIA) = (P(W); \oplus, \cup, -, I, A, A^{-1}, B, B^{-1}).$$

这里图像空间 $S=P(W)$,符号 \oplus, \cup 和 $-$,分别代表扩、并、补3种操作.

1.1 形态变换3种基本操作

在数学形态学中,任何一种复杂的形态变换都可以用适当的参考图像和3种基本操作来表示,这3种基本操作的代数表达式如所述.

1.1.1 补操作

目标X的补操作 \bar{X} 定义为

$$\bar{X} = \{(x, y) | (x, y) \in W \wedge (x, y) \notin X\}, \quad (1)$$

其中符号 \wedge 表示与逻辑, \notin 表示不属于. X 的补图像 \bar{X} 实际上描述的是图像 X 的背景.

1.1.2 并操作

图像 X 与图像 Y 的并操作定义为

$$X \cup Y = \{(x, y) | (x, y) \in X \vee (x, y) \in Y\}, \quad (2)$$

其中符号 \cup 表示并操作, \vee 表示或逻辑.

1.1.3 扩操作

图像 X 与参考图像 R 的扩操作定义为

$$X \oplus R = \begin{cases} \{(x_1 + x_2, y_1 + y_2) \in W | (x_1, y_1) \in X, (x_2, y_2) \in R\}, & (X \neq \emptyset) \wedge (R \neq \emptyset) \\ \emptyset, & (X = \emptyset) \vee (R = \emptyset) \end{cases} \quad (3)$$

其中, 符号 \oplus 表示扩操作, \emptyset 表示零图像. 另外, 蚀操作也是一种很常用的操作, 其定义如下: 图像 X 与参考图像 R 的蚀操作可表示为

$$X \ominus R = \overline{X \oplus R}, \quad (4)$$

其中, 符号 \ominus 表示蚀操作. 蚀操作可以认为是图像 X 的背景被参考图像 R 的反射图像扩操作之后的补.

1.2 二值排序滤波操作

图像 X 与结构元 R 的二值排序滤波操作可表示为

$$X \Pi_p R = \{(x, y) \in |X \cap R_a| \geq P\}, \quad (5)$$

其中, P 表示二值排序滤波的阈值, R_a 表示 R 被移动了 a 后的集合. 通常也把该操作称为形态排序滤波操作. 特别指出: 若 $p = |R|$ 时, $X \Pi_p R$ 表示二值蚀操作 $X \ominus R$; 若 $p = 1$ 时, $X \Pi_p R$ 表示二值扩操作 $X \oplus R$; 若 $1 < p < |R|$, $X \Pi_p R$ 表示通常的二值排序滤波操作. 其中, $|R|$ 表示结构元 R 的基数 (对于二值图像来说, 它是指 R 中象点的数目).

2 排序边缘检测的定义

在二值图像代数中, 图像 X 的边缘检测过程可表示为

$$ED(X) = X \oplus R \cap \overline{X \ominus R}, \quad (6)$$

我们将式(6)中的扩操作和蚀操作分别用二值排序滤波代替, 得到一种可执行边缘检测的新算法, 我们把它称为排序边缘检测, 其代数表达式为

$$RO\{ED(X)\} = (X + \Pi_p R) \cap \overline{(X \Pi_q R)}, \quad (p < q) \quad (7)$$

其中 p 和 q 分别为前景阈值和背景阈值.

由式(7)可知, 排序边缘检测可分 4 个步骤进行: (1) 选取适当阈值 p , 执行二值排序滤

~

波操作 $X \cap_p R$; (2) 选取适当阈值 q , 执行二值排序滤波操作 $X \cap_q R$; (3) 对第二步进行补操作; (4) 对(1)、(3)的结果进行交操作。

3 实验结果

我们采用可编程光电混合图像处理系统来实现对汉字的边缘检测工作, 该系统具有结构简单, 易于实现的特点, 见图 1。该系统包括的光学元件: 两个 CCD 摄像机 (CCD1 和 CCD2), 两个显示器 (CRT1 和 CRT2), 一个液晶电视 (LCTV), 一个透镜 (L), 一个图像采集板和一台微型计算机。其中, CCD1 用来获取一幅图像, CRT 用来显示图像, LCTV 起结构元模板的作用, 它可用计算机控制以选择不同的用于二值排序滤波操作的结构元。

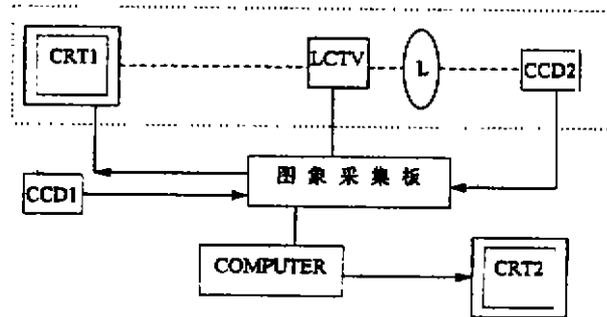


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematic of the fineness measuring system

CRT1、LCTV、透镜 L 和 CCD2 探测面构成了一个非相干光学相关器 (图 1 中虚线框内部分), 因此在 CCD2 探测面上可得到一个多重移动叠加图像。这一图像由 CCD2 送入图像采集板, 然后执行非线性滤波操作。此滤波阈值可通过计算机键盘输入, 目前已建立起许多光学逻辑处理系统, 能够执行其它逻辑操作。本文为构成一个闭环以运行可编程实时处理系统, 同时考虑到计算机在处理逻辑操作时速度快、费时少, 所以采用编程的办法将补、并等逻辑操作由计算处理。而这一实验系统仍具有较强并行性。实验的最后结果由 CRT2 显示或由激光打印机输出。

图 2 给出了排序边缘检测的实验结果。其中, 图 2(a) 为原始输入图像, (b) 为结构元 R , (c) 为阈值 $p=150, q=210$ 时, 所检测出的汉字边缘, (d) 为阈值 $p=180, q=220$ 时检测出的汉字边缘, (e) 为阈值 $p=200, q=215$ 时检测出的汉字边缘, (f) 为阈值 $p=200, q=230$ 时检测出的汉字边缘, (g) 为阈值 $p=200, q=240$ 时所检测出的汉字边缘的结果。随着阈值的改变, 所检测出的边缘线度也有所不同。

从以上结果可以发现, 当采用排序边缘检测操作时, 边缘的线度是可以通过阈值的改变加以控制的, 这说明排序边缘检测比原来的操作在功能上有所增强。

4 结论

本文提出了一种形态学边缘检测的新算法——排序边缘检测, 并采用光电混合图像处

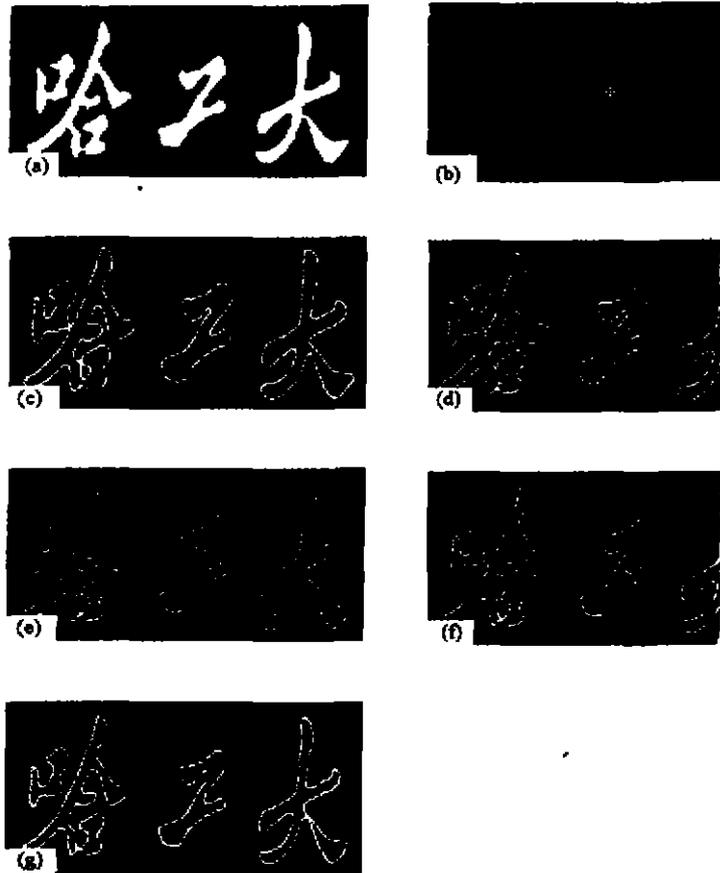


图 2 排序边缘检测的实验结果

Fig. 2 The experimental results of rank-order edge detection

理系统对该算法进行了验证性实验,实验结果表明,排序边缘检测不但具有通常边缘检测的功能,而且还可以根据需要进行选择阈值以得到不同线宽的图像边缘.排序边缘检测方法具有易于实现和可灵活控制所检测对象边缘的线宽等优点,因此该方法具有很好的应用前景.

REFERENCES

- 1 Berzins V. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1984, 27(2): 195~210
- 2 YANG Guo-Gang, ZUO Jian, WU Ruo. *Acta Optica Sinica*(羊国光,左健,吴若. *光学学报*), 1985, 5(1): 38~42
- 3 KANG Hui, SU Hen, YANG Fang-Zhen, et al. *Chinese Journal of Laser* (康辉,苏衡,杨方正,等. *中国激光*), 1994, 21(8): 657~660
- 4 Joseph J, Oura T, Minemoto T. *Applied Optics*, 1995, 34(20): 3997~4003
- 5 LIU Jian-Fei, QI Fei-Hu. *Journal of Infrared and Millimeter Waves* (刘建峰,戚飞虎. *红外与毫米波学报*), 1997, 16(5): 351~356
- 6 Matheron G. *Random Sets and Integral Geometry*, New York: J. Wiley, 1975
- 7 Huang K S, Jenkins B K, Sawchuk A A. *Applications of Digital Image Processing*, In: ed. X A G Tescher, *Proc. SPIE*, Bellingham: WA: SPIE, 1987, 331~338

- 8 Huang K S, Jenkins B K, Sawchuk A A. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1989, 45(3): 295~345
- 9 Casasent D, Schaefer R, Sturgill R. *Applied Optics*, 1992, 3(29): 6255~6263

NEW ALGORITHM AND ITS APPLICATION FOR EDGE DETECTION IN MORPHOLOGY

LIU Lan-Lan

(Department of Physics, Northern Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract Based on mathematical morphology, a new algorithm for edge detection was proposed, which has a bright future in practical application. This new algorithm has the advantages of simplicity, convenience, flexibility and programmability, better than the old one. The experimental demonstrations were given.

Key words mathematical morphology, binary image algebra, edge detection