

基于多尺度和多结构元的形态边缘检测

倪崇嘉, 王柏平, 刘文奇

(昆明理工大学 理学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 图像的边缘检测是图像处理中的基本, 并且又十分重要的内容, 它是图像分割、模式识别和计算机视觉的基础. 当前存在许多边缘检测的方法, 如 Robert 算子、Sobel 算子、Laplaccian 算子等, 但是这些算子大都基于邻域平均的方法, 使得处理后的图像边缘模糊, 影响人的视觉. 提出了一种基于多尺度多结构元的形态边缘检测算法, 并通过试验证明文中算法的有效性, 也得到了比较好的效果, 得到了比较清晰的, 多类型的边缘.

关键词: 数学形态学; 结构元; 多尺度; 多结构元

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2003)04-0164-03

Morphological Edge Detection Based on Multi-scale and Multi-structuring Elements

NI Chong-jia, WANG Bo-ping, LIU Wen-qi

(Faculty of Science, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: Edge detection is the important content in the image processing, and it is the basis of image segmentation, pattern recognition and computer vision. Currently there are a lot of methods such as Robert function, Sobel function, and Laplacian function. But all these algorithms are based on the average of neighborhoods. So after processing, the edge of image is dim, and the image affects our vision. The morphological edge detection algorithms based on multi-scale and multi-structuring elements are offered, which has been proved valid and effective.

Key words: mathematical morphology; structuring element; multi-scale; multi-structuring element

0 引言

边缘检测是图像处理的重要内容, 是模式识别和计算机视觉的基础. 当前存在许多边缘检测的方法, 例如 Robert 算子, Sobel 算子等, 但是这些算子大都是基于邻域平均的方法, 使得经过处理后图像边缘模糊, 影响人的视觉.

数学形态学是一种用于信号和图像处理的非线性的方法, 是利用一个叫做“结构元”的图象去探测另一个图象, 对原图像做标记, 其本质是利用“结构元”对原图象做卷积. 用形态学方法处理得到的图象边缘可以避免上述由于邻域平均而造成图象边缘模糊.

用传统的形态学方法来进行边缘检测时, 只用到一个“结构元”. 由于“结构元”的选取对图象边缘提取的效果有很大关系, 而且在实际生活中, 图象边缘是多样的, 这样我们只能得到一种类型的边缘, 为了达到提取图象的多种类型的边缘, 我们提出了基于多结构元和多尺度的形态边缘检测.

1 数学形态学基础

在形态学方法中, 图象是用集合来表示的.

定义 1.1 设有二值图象 A , 结构元 B , 我们用表示将集合 A 平移 b 个单位而得到的集合.

称 B 对 A 的腐蚀 $A \odot B$, 若 $A \odot B = \bigcap_{b \in B} A_b$.

称 B 对 A 的膨胀 $A \oplus B$, 若 $A \oplus B = \bigcup_{b \in B} A_b$.

称 B 对 A 的开启 $A \circ B$, 若 $A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$.

称 B 对 A 的闭合 $A \cdot B$, 若 $A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B$.

命题 1.1 腐蚀和膨胀运算满足一下的基本性质:

- 1) 对偶性: $(A^c \ominus B)^c = A \oplus B, (A^c \oplus B)^c = A \ominus B$.
- 2) 单调性: 若 $A' \subseteq A$, 则 $A' \ominus B \subseteq A \ominus B, A' \oplus B \subseteq A \oplus B$.
若 $B' \subseteq B$, 则 $A \ominus B' \supseteq A \ominus B, A \oplus B' \subseteq A \oplus B$.
- 3) 若原点属于结构元 B , 则有 $A \ominus B \subseteq A, A \subseteq A \oplus B$.

命题 1.2 开启和闭合满足以下的基本性质:

- 1) 对偶性: $(A^c \circ B)^c = A \otimes B, (A^c \otimes B)^c = A \circ B$.
- 2) 扩展性(反扩展性): $A \circ B \subseteq A \subseteq A \otimes B$.
- 3) 单调性: 若 $A' \subseteq A$, 则 $A' \circ B \subseteq A \circ B, A' \otimes B \subseteq A \otimes B$.
- 4) 幂等性: $(A \circ B) \circ B = A \circ B, (A \otimes B) \otimes B = A \otimes B$.

上面只是对二值图象的形态学运算进行了简单的介绍, 同样还有灰度形态学, 在这里就不一一进行介绍了, 有兴趣者可参考文献[1]. 在一般的形态学运算中, 图象的边缘被定义为:

设图象 A 和结构元 B , 则图象的边缘为:

a. 腐蚀边缘 $\beta: \beta = A - A \ominus B$. b. 膨胀边缘 $\beta: \beta = A \oplus B - A$. c. 开启闭合边缘 $\beta: \beta = A \cdot B - A \circ B$.

在上面的边缘检测运算中, 只用到一个结构元. 在实际的图象中, 边缘的类型是多样的. 于是在进行边缘提取时, 就不能得到很好的处理效果. 为此我们提出了多结构元多尺度的边缘检测算子.

2 多结构元的形态学运算

定义 2.1 设图象 $A, \{B_i\}_{i \in I}$ 是一些结构元, 分别定义 $\{B_i\}_{i \in I}$ 对 A 的膨胀, 腐蚀, 开启和闭合为:



图 1 原图象



图 2 多结构元膨胀图象



图 3 单结构元膨胀图象

$\{B_i\}_{i \in I}$ 对 A 的膨胀: $A \oplus \{B_i\}_{i \in I} = \max\{(A \oplus B_i)_{i \in I}\}$.

$\{B_i\}_{i \in I}$ 对 A 的腐蚀: $A \ominus \{B_i\}_{i \in I} = \max\{(A \ominus B_i)_{i \in I}\}$.

$\{B_i\}_{i \in I}$ 对 A 的开启: $A \circ \{B_i\}_{i \in I} = \max\{(A \circ B_i)_{i \in I}\}$.

$\{B_i\}_{i \in I}$ 对 A 的闭合: $A \otimes \{B_i\}_{i \in I} = \max\{(A \otimes B_i)_{i \in I}\}$.

3 多尺度自适应加权边缘检测算法

定义 3.1 设 B 为有限的结构元, 定义 $nB = B \oplus B \oplus B \oplus \dots \oplus B$, 其中 n 为尺度参数, 是一个正整数, 即大的结构元是由小的结构元膨胀而得来的. 按上述得结构元对图象进行边缘检测, 再对得到的各

尺度下的边缘进行加权合成而得到再这个结构元下得边缘. 加权合成运算如: $f'(x, y) = \sum_{n=k}^l W_n \delta_n(x, y)$.

在同一个结构元 B 下得到得多尺度自适应加权边缘检测的算法如下:

- 1) 取基本的结构元 B , 并膨胀得到 nB 的结构元.
 - 2) 用在(1)的得到的多尺度结构元对图象分别进行边缘检测, 从而得到各尺度下的边缘.
 - 3) 用上述的加权合成运算得到图象的边缘. 在这里权重 w_n 的选择可按如下的步骤进行.
- 步骤 1. 用 1) 中得到的不同的尺度的多结构元对图象进行开, 闭滤波, 并分别求的对不同的尺度下的

开, 闭滤波的均值图象.

$$f_n(x, y) = [f \circ nB \otimes nB + f \otimes nB \circ nB] / 2.$$

步骤 2. 计算不同的尺度下的图象的方差 $\Delta_n^2 = |f - f_n|^2$.

步骤 3. 以各个不同尺度下的图象标准方差的比例确定权值 w_n . 即 $w_n = \Delta_{l-n}^2 / \sum_{n=k}^l \Delta_n^2$

4) 对合成的图象进行二值化, 得到最终的图象的边缘.

4 多尺度多结构元的形态边缘检测算法

采用多结构元进行边缘检测的时候, 由于图象的边缘的多样性, 并且结构元的选取对图象的边缘检测有很大的影响, 所以应该选择具有代表性的结构元来进行边缘检测, 并且在形态学中, 也没有固定的方法来作为指导, 一般的情况下, 是根据经验的选取和不断的测试.

多尺度多结构元的形态边缘检测算法:

- 1) 选取有限个具有代表性的有限的结构元 $\{B_i\} \in I$.
- 2) 对各个结构元 B_i 进行膨胀, 其尺度的选取 n 可根据具体的情况而定. (一般的 n 的选取为 2~5.)
- 3) 对 nB_i 进行多尺度的边缘检测.
- 4) 对每个结构元得到的图象的边缘进行多结构元的形态边缘检测.
- 5) 对得到的图象的边缘检测二值化, 而得到图象的边缘.

5 试验与分析



图 4 原图象



图 5 Sobel 算子边缘检测图象



图 6 Robert 算子边缘检测图象

本文所采用的是两个结构元分别是 3×3 的正方形和 3×3 的十字形, 并且尺度是 3, 试验同 Sobert 算子, Robert 算子和 Prewitt 算子所得到的边缘图象相比较, 表明本文所提及的方法具有很好的抗噪音, 并且得到了很清晰的边缘.



图 7 Prewitt 算子边缘检测图象



图 8 多结构元多尺度边缘检测图象

6 结论

本文提出了多结构元多尺度的边缘检测算法, 实验证明本文算法的有效性, 而且得到较好的处理效果. 不过在应用本算法时, 结构元都应该包括原点. 不然会造成图象边缘的模糊, 基于本文的一点点可以继续进行研究的是能量不变的多尺度多结构元的边缘检测算法. 这是作者今后要做的事情.

参考文献:

- [1] HENK J A M HEIJMANS. Morphological Image Operators[M]. ACADEMIC PRESS, INC, 1994. 361~ 371.
- [2] 崔屹. 图象处理与分析- 数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 127~ 138.
- [3] 龚炜, 等. 数字空间中的数学形态学- 理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 30~ 50.
- [4] 卢官明. 一种计算图象形态尺度的多尺度算法[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(3): 214~ 218.
- [5] Castleman K R. 著, 朱志刚等译. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998. 266~ 290.
- [6] 彭云峰, 等. 微软 COM 技术在工业控制软件开发中的应用[J]. 昆明理工大学(理工版), 2002, 27(6) 76~ 80.