

基于数学形态学的边缘提取方法

张翔* 刘媚洁 陈立伟

(电子科技大学生命科学与技术学院 成都 610054)

【摘要】 论述了图像数学形态学基本方法及扁平结构元素在图像灰度均衡和噪声去除方面的原理, 阐述了基于图像细节的结构元素选取规则及对图像处理结果的影响, 介绍了在医学图像处理中综合应用改进 Sobel 算子和图像数学形态学方法进行目标边缘的提取过程, 提出一种根据图像区域灰度方差自动选取 Sobel 强度值的算法, 并给出一种实用的实现方法和实例。

关键词 数学形态学; 图像处理; Sobel 算子; 边缘提取

中图分类号 TP391.41

Method of Picking up Edge on the Basis of the Mathematics Morphologic Subject

Zhang Xiang Liu Meijie Chen Liwei

(College of Life Science and Technology, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract This article introduce the theory of using the basic mathematics morphologic methods and the flat structuring element to average the image's grey degree and wipe off the yawp and show the using rule of structuring element based on the image's detail as well as the effect. This article also emphasizes the process of integrating the method of using improved Sobel operator and mathematics morphological to pick up the image target' edge in the medical image processing. At the same time, I put forward a algorithm for choosing the Sobel's magnitude on the basis of the image region's gray variance and give a useful way for these and a example.

Key words mathematics morphologic subject; image processing; Sobel operator; picking up the edge

数学形态学是一门新兴的图像分析学科, 它以严格的数学理论和几何学为基础, 着重研究图像的几何结构及相互关系。数学形态学对图像的处理是基于填充结构元素的概念, 结构元素的选择和图像的某种信息有密切的关系, 构造不同的结构元素可完成不同的图像分析, 并得到不同的结果^[1]。用数学形态学对图像进行处理一般都要结合传统的图像分析方法, 数学形态学出现的时间比较晚, 不是很成熟, 而传统的图像分析方法研究起步早, 技术较为熟练, 特别在边缘提取和目标识别方面, 已经提出了很多有效的方法。Sobel 算子就是一种非常有效的目标边缘提取方法, 这是一种基于图像梯度信息的微分算子, 使用 Sobel 算子可得到像素梯度向量的幅度和方向, 对于信号变化剧烈的图像, Sobel 算子能得到较好效果。

本文对一幅医学图像(手掌 CT 图)进行骨头轮廓的提取, 要求能较好地将手掌的各个骨头轮廓提取出来, 便于医护人员进行骨龄识别^[2]。通过对原图像进行分析, 综合图像数学形态学和经典分

2002年7月15日收稿

* 男 25岁 硕士生

析方法，并采用图像数学形态学中腐蚀和膨胀方法，结合传统方法中的 Sobel 算子对图像进行目标轮廓的提取。

1 方法及原理

1.1 图像腐蚀

图像数学形态学中腐蚀具有收缩图像目标的作用，通过适当的选取结构元素可以将两个或多个比较接近，不易分辨的图像目标依灰度收缩，使目标分离，便于轮廓的提取，利用结构元素 g 对信号 f 进行腐蚀，其算法为

$$(f \ominus g)(x) = \max\{y: g_x + y < f\}$$

运算如图1所示。

从几何角度讲，为了求出信号被结构元素在点 x 腐蚀的结果，在空间滑动这个结构元素，使其原点(对于信号，为欧氏平面相对结构元素的原点)与 x 点重合，然后向上推结构元素，结构元素仍处在信号下方所能达到的最大值，即为该点的腐蚀结果，由于结构元素必须在信号的下方，故空间平移结构元素的定义域必为信号定义域的子集。图1所示为一扁平结构元素对信号做腐蚀，效果如粗线所示。相当于扁平结构元素在信号下面滑动时，结构元素原点画出的轨迹。实际上，对信号起滤波的作用。

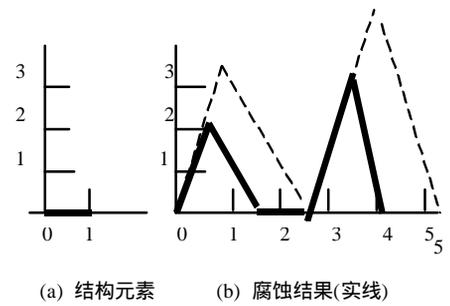


图1 图像腐蚀

1.2 图像膨胀

图像膨胀是图像腐蚀的对偶运算，具有扩大图像目标的作用，利用结构元素 g 对信号 f 进行膨胀，其算法如下：

$$(f \oplus g)(x) = \min\{y: (g_x)_x + y > f\}$$

运算如图2所示。

图像膨胀过程除运用其对偶关系来求外，还可按如下方法进行：对结构元素 g 的定义域 $D[g]$ 中每一个点 x 将信号 f 平移 x ，然后，再对每次平移信号的值加上 $g(x)$ ，这样对于结构元素定义域中每一点都得到一个信号，对所有这些信号逐点取其最大值，便可得到膨胀结果。

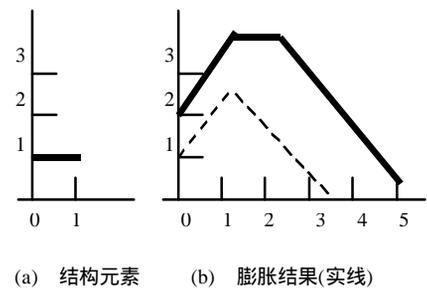


图2 图像膨胀

1.3 运算结构体的选取

运算结构元素是图像数学形态学的基本算子，所有关于图像形态学的处理都由它来完成。合理选取运算结构元素直接影响图像处理的效果和质量。考虑处理图像的实际细节情况，本文采用扁平结构元素作为基本算子。扁平结构元素指在其定义域中取常数的结构元素，由于这类结构元素和直线(图像为平面)的子集完全一致，故利用扁平结构元素对信号所做的膨胀和腐蚀可视为利用集合对信号所作的膨胀和腐蚀^[1]。扁平结构元素的大小可视图体的目标体灰度均匀情况和噪声情况而定，一般综合考虑目标体的清晰度和噪声的大小选取，目标体轮廓不清晰，应选用较小的结构元素，噪声颗粒较大应选用较大的结构元素，通常情况下采用折中的选取方法，图3为本实例选取的结构元素。

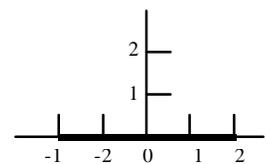


图3 本文所用扁平结构元素

1.4 改进 Sobel 算子

Sobel 算子是一种梯度算子，能得到像素的灰度梯度的幅值和方向，在数字图像处理中一般用微分近似，用模板来实现，其垂直模板和水平模板如图4所示，在实际应用中，水平模板对垂直边缘有较强的响应，而垂直模板对水平边缘有较强的响应。

-1		1	1	2	1
-2		2			
-1		1	-1	-2	-1

图4 .Sobel垂直和水平模板

图像中的每个点都用这两个模板做卷积，两个卷积的最大值作为该点的输出，运算结果是一幅边缘图像。

由于图像整体较暗，有些细节部分分辨率不高，不便于直接用 Sobel 算法，故在不同的图像区域用不同的强度值，以提高其对比度，便于分辨图像目标，各区域 Sobel 值的选取参考了各区域不同的灰度均方值，原则上均方值大说明目标体灰度很不均匀(如出现轮廓)应采用较大 Sobel 值，反之，用较小的 Sobel 值。灰度均方差和 Sobel

值的对应关系可通过经验和简单的试验而定，事实上只需大致对应值即可应付一般的轮廓提取。

1.5 图像分区

由于图像各个部分的灰度值变化及噪声分布均不均匀，考虑将图像分为若干区域(本文只分为2个区域)，区域大小可根据所处理的图像细节的情况来决定^[1]，区域的形状可不拘于简单的矩形。原则上，区域划分越多则得到的效果会更好，当然这要花费大量的处理时间。

1.6 图像处理步骤

1) 对图像反复进行形态学腐蚀和膨胀(实际上为图像的形态学开闭运算)，便于将图像目标分离，同时去除噪声，平滑目标体内的灰度，改善图像的灰度效果。所用的结构元素为中心在原点的扁平直线段见上。通过不断运用图像的腐蚀和膨胀运算，不仅可以将图像各个目标分离，便于轮廓的提取，而且能将一些噪声去除，均匀各个目标内部的灰度，使之更平滑，这样在提取目标轮廓时可去除伪影，改善图像质量。

2) 对图像分区。根据目标细节和图像灰度分布将图像分为若干区域，也可采用自适应窗口方法分区^[3]，本文分为2个区域，为提高运算精度，可分多个区域进行，效果更好。

3) 改进 Sobel 算子提取目标轮廓。首先计算图像的灰度均值，再计算各个区域的灰度方差，根据各个区域灰度方差的不同，选取不同的 Sobel 强度值，对每个区域内的图像目标进行边缘提取。实际上，在这一步可根据各个区域灰度方差的不同运用自适应窗口方法求取各个区域的 Sobel 强度值^[3]，当然，这样计算的复杂度将大幅增加，其过程如图5所示。

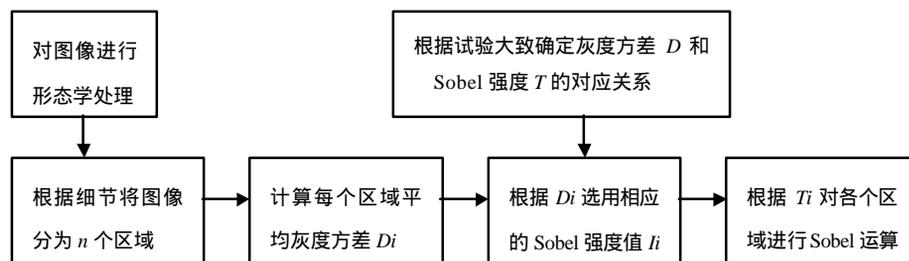


图5 图像处理步骤

2 结果评价与分析

本文在对图像处理过程中，综合运用了图像数学形态学技术和传统的经典图像处理方法。图6为原图，图7为直接用 Sobel 算子运算结果，效果很不好，噪声很大。图8使用改进 Sobel 算子，增加了 Sobel 值，只是简单增强了图像的亮度，但噪声也变大了。图9~图11则是综合数学形态学和改进 Sobel 算子进行处理的结果，该方法基本能将图像中各个手掌骨头的轮廓提取出来，但有些细节部分(如两个长指骨之间的小骨)边缘提取效果不是很好，这可以进一步通过细分区域来改善效果，另外，凭经验和试验确定灰度方差范围和 Sobel 算子强度值的对应关系时，人为主观因素影响较大，

也会对图像处理产生影响，不过实践证明这种影响不是很大的。

3 结束语

在本实例中，通过使用最基本的形态学腐蚀和膨胀，在提高图像目标分辨率的同时，还去除噪声干扰，均衡目标灰度，改善了图像的视觉，提高了边缘提取的精确度^[4]。同时根据图像区域细节的不同提出了一种基于图像灰度方差自动选取 Sobel 算子强度值的方法，取得了较好的处理效果。



图6 原图



图7 直接 Sobel 边缘提取



图8 对图6改进 Sobel 边缘提取



图9 先腐蚀后膨胀(开运算)



图10 对图9进行改进 Sobel 运算



图11 对图9分区 Sobel 运算

参 考 文 献

- 1 Maragos P. Differential morphology and image processing. *IEEE Trans Image Processing*, 1996, 5(6): 922-937
- 2 吴军蹄, 唐继勇, 李在铭. 多门限步级检测及骨龄识别应用. *电子科技大学学报*, 1990, 19(2): 134-137
- 3 罗炳伟, 余沪涛, 江 晓. 细胞图像分割的新方法. *电子科技大学学报*. 1990, 19(1): 54-59
- 4 崔 岐. 图像处理与分析. 数学形态学方法与应用. 北京: 科学出版社, 2000