图像边缘提取的分维算法

牛秦洲 李正吾

(桂林工学院)

摘 要 利用分形几何的计盒维数估计来确定图像的边缘，提出图像边缘的分维数接近于一，这种方法具有消除图像噪声和增强图像边缘的特点。

关键词 图像处理；分形几何；分维

中图号 TP391.41

1 图像边缘检测的算子方法简介

图像的边缘提取是图像分割和理解分析图像的基础。经典的边缘提取方法是考察图像的每个像素的邻域内灰度的变化，利用灰度值的一阶或二阶导数的变化规律，简单的检测边缘。这种方法称为边缘检测局部算子法。最简单的一类边缘检测算子是微分算子类[1,2]。

1.1 梯度算子

对数字图像$f(i, j)$的每个像素取它的梯度值:

$$GM(i,j)=\left(f(i,j)-f(i-1,j)\right)^2+\left(\left(f(i,j)-f(i,j-1)\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} \tag{1}$$

取适当的门限TH，如果$GM(i,j)>TH$，则(i,j)为阶跃状边缘点。

1.2 Sobel算子

考察数学图像的每个像素的上、下、左、右邻点灰度的加权差。越接近的权越大，得Sobel算子:

$$\begin{aligned}S(i,j)=&\left|f(i-1,j-1)+2f(i-1,j)+f(i-1,j+1)-\left[f(i+1,j-1)+2f(i+1,j)+f(i+1,j+1)\right]\right|\\&+f(i-1,j-1)+2f(i,j-1)+f(i+1,j-1)-\\&\left[f(i-1,j+1)+2f(i,j+1)+f(i+1,j+1)\right]\end{aligned} \tag{2}$$

取适当的门限TH，若$S(i,j)>TH$，则(i,j)为阶跃边缘点。

1.3 Kirsh算子

考察像素的8个邻点的灰度，经其中3个相邻邻点的加权和减去剩余5个邻点的加权和。令三邻点环绕(i, j)不断移位，取其中差值的最大值作为Kirsh算子的值。

$$K(i,j)=\max(1,\max[5s_i-3t_i]) \qquad (i=0,1,\cdots,7) \tag{3}$$

式中: $s_i=$三邻点之和; $t_i=$五邻点之和。

1.4 Laplacian算子

由于二阶导数在图像边缘点处出现零交叉，所以对数字图像的每个象素，取它关于轴方向和轴方向的二阶差分之和为拉氏算子。

1995年12月25日收稿，1996年3月21改回。

第一作者简介: 牛秦洲，男，1956年出生，硕士，讲师，自动化专业。

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c

$$L(i,j)=f(i+1,j)+f(i-1,j)+f(i,j+1)+f(i,j-1)-4f(i,j) \quad (4)$$

若 $L(i,j)$ 在 (i,j) 处发生零交叉，则 (i,j) 为阶跃型边缘点。拉氏算子的值取二阶差分之和的相反数。

$$L_2(i,j) = -L_1(i,j) \quad (5)$$

取适当的门限TH，如果$L_2(i,j) > TH$，则 (i,j) 为屋顶状边缘。

1.5 Marr 算子

算子对图像进行平滑，采用高斯滤波的方法去除噪声的影响。再求滤波后的图像的二阶导数的零交叉点。以上这些检测方法对噪声较为敏感。特别是对粗糙表面物体边缘提取会产生大量的伪边缘。

为了克服边缘检测局部算子方法对噪声敏感的缺陷，近年来提出了一些新算法，这些算法先用局部的边缘检测算子对图像进行初步的边缘检测，然后根据边缘之间的空间结构关系来协调和增强已得到的结果。其中最具代表性的是标记一松驰迭代算法。这些算法尽管能够有效的消除噪声影响，但对粗糙表面物体的边缘提取效果不好，而且算法比较复杂，计算量较大。本文提出的边缘检测方法主要是用于粗糙表面物体的边缘提取，对其它类型表面物体的边缘提取也有较好的结果。

2 粗糙表面物体图像分形特性

由于物体表面粗糙，物体图像内部的灰度变化较大。如果单纯从每个像素邻域内灰度的变化来考察图像的边缘，一个图像内部像素的邻域内的灰度变化也可能满足成为图像边缘的条件。因此，在考察像素邻域内灰度变化的同时，还必须考虑该像素是否符合成为边缘的整体特性。

根据分形几何原理，图像中物体的边缘应在适当的尺度上来定义。由于图像的基本单元是像素点，所以可从一个像素点和与它相邻的 8 个像素点所形成的区域尺度上来考虑。如果在这个区域内有 N 个边缘像素点，则在这个区域内边缘的分维数由下式来估计[3]：

$$DIM = -\log N / \log D \quad (6)$$

式中：N 为区域内边缘像素的个数；D 为像素的边长；DIM 为边缘的分维数估计。在这个尺度上，像素的边长为 1／3，区域内边缘像素的最大个数为 9，分维的最大估计值为 2，这与图像平面的维数相符。因此，可以给出如下边缘的定义。

称周围像素灰度有阶跃变化和屋顶变化的像素集合为经典边缘。像素点处的经典边缘分维数由（6）式定义，经典分维数接近于一的像素集合称为图像的边缘。

要使某像素处的经典分维数接近于一，在该像素点和与它相邻的 8 个像素点所形成的区域内，经典边缘像素的个数应分别为 2，3，或 4 个。这种取法具有消除图像噪声和增强图像边缘的功能。相应的分维数分别为 0.63，1，1.26。尤其能够消除表面粗糙物体图像内部的伪边缘，增强它的图像的边缘效果。舍去分维数比一小得多的边缘点，实际上是消除噪声；而舍去分维数比一大得多的点则是增强图像的边缘效果。

3 边缘提取的分维算法

首先利用局部算子方法确定图像的经典边缘，这些方法中主要包括梯度算子方法，Sobel

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c

算子方法，Kirsh 算子方法，Laplacian 算子方法，Marr 算子方法．然后估算像素的经典边缘的分维数，适当地选取分维数的范围，确定图像的边缘．具体步骤如下：

（1） 确定图像的经典边缘．如果选用的局部算子方法需要给出门限，分维算法对较宽范围的门限值都能适应．例如，Kirsh 算子方法中，门限的值可取 200～400 都可提取理想的边缘．

（2） 对由一个像素和与相邻的 8 个像素所组成的区域内的经典边缘像素计数．

（3） 选取适当的计数范围，判定该像素点是否为边缘．

4 实验结果的讨论

分别选 Kirsh 算子方法和 Laplacian 算子方法做实验，实验结果表明：用 Kirsh 算子对原图像进行初步处理后，在对初步结果使用分维算法，图像边缘突出，且有效的消除了噪声．图 1 为原图像，图 2 为 Kirsh 算子处理的结果，图 3 为再经过分维算法处理的结果．



图 1 原图像
Fig. 1 Original image

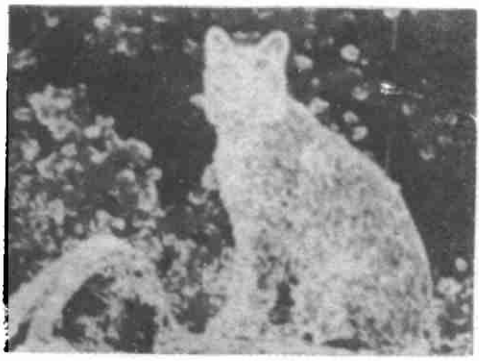


图 2 Kirsh 算子图像
Fig. 2 Kirsh operator image



图 3 经分维算法处理的 Kirsh 算子图像
Fig. 3 Kirsh operator image proessed by fractal method

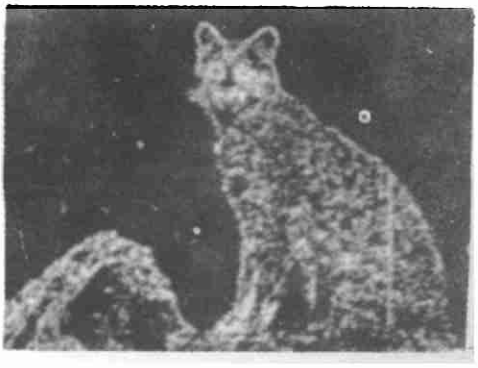


图 4 Laplacian 算子图像
Fig. 4 Laplacian operator image

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c



图5 经分维算法处理的 Laplacian 算子图像
Fig. 5 Laplacian operator image procesed by fractal method

用 Laplacian 算子做初步处理后，再使用分维算法，也能得到满意的结果。图 4 为 Laplacian 算子处理后的图像，图 5 为再使用分维算法得到的图像。

对比两种结果，可以看出分维算法处理用一阶微分算子预处理的图像比用二阶微分算子预处理的图像的效果更好。另外，分维算法可用于估计图像边缘的分维数，这个分维数可用于图像识别。

参考文献

1 田捷，沙飞. 实用图像分析与处理技术. 北京：电子工业出版社，1995.127
2 王新成. 多媒体实用技术(图像分册). 北京：电子科技出版社，1995.232
3 曾文曲，王向阳. 分形理论与分形的计算机模拟. 沈阳：东北大学出版社，1993.17

THE METHOD OF FRACTAL DIMENSION TO FIND THE IMAGE EDGE

Niu Qinzhou
(*Guilin Institute of Technology*)

Abstract Using the fractal boxdimension the image edge is found. As a result, it is put forward that the fractal dimension of image edge is approching to 1. This method has the characteristics of removing image noise and enhancing image edge.

Key words digital image processing; fractal geometry; fractal dimension

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c