

基于分形特征的图像边缘检测算法^①

李庆中^② 汪懋华

(中国农业大学电子电力工程学院)

摘要 基于分形图像的自相似特征,提出了一种新的图像边缘检测算法,实验结果证明该算法能有效提取图像边缘,具有较强的抗噪声性能。

关键词 图像处理;边缘检测;分形

分类号 TP 391.41

An Image Edge Detection Algorithm Based on Fractal Character

Li Qingzhong Wang Maohua

(College of Electronic and Electric Power Engineering, CAU)

Abstract An image edge detection algorithm based on fractal character was developed. The method was rooted in the self-similarity of fractal image. The results of experiment showed that the proposed new algorithm for image edge detection was valid and effective.

Key words image processing; image edge detection; fractal

随着信息技术的高速发展,计算机视觉技术在农业生物模式识别中的作用越来越大。计算机视觉技术主要完成图像信息的采集、低层处理、特征提取、模式识别和解释等任务。模式识别的主要方法有:1)根据颜色或光谱反射信息,对目标进行区分。2)根据二值图像的形状特征或根据灰度图像的纹理特征,进行目标的特征识别。3)根据三角测距原理等对目标进行深度距离测量。在模式的形状分析和识别中,边缘的检测和提取一直是形状特征提取的重要手段。经典的边缘检测算法一般是根据图像像素某邻域内图像灰度的梯度变化构造边缘检测算子,如梯度算子、Laplacian、Sobel等算子。它们的共同特点是对图像信号的随机起伏十分敏感,而原始图像中,不可避免的要含有噪声。从空间域上看,图像的边缘和噪声在灰度上都表现为有较大的变化,而在频域上表现为高频分量,使得边缘检测比较困难。笔者根据分形图像的自相似特征,提出了一种新的边缘检测算法,并通过实验证明了该算法的可行性和有效性。

1 基于分形图像自相似特征的边缘检测算法

可将数字灰度图像看作三维空间中的一个曲面 $Z=f(x,y)$, Z 代表对应点的灰度值, (x,y) 为像素点的位置坐标,设图像的大小为 $M \times M$ 。对于图像中的任一像素点,可考察在其局部区域内的自相似性。图1是以某像素点为中心的小邻域块和局部区域块的示意图。设任一像

收稿日期:1999-06-01

①高等学校博士学科点专项科研基金资助项目

②李庆中,北京清华东路17号 中国农业大学(东校区)213信箱,100083

素点的位置坐标为 (x_0, y_0) , 以该像素为中心的小邻域块记为 $B \times B$, B 可取 2, 3, 4 等; 以 (x_0, y_0) 像素为中心的局部区域块记为 $D \times D$, D 可取为 $2B$ 或 $3B$ 等。为分析方便, 图中取 $B=3, D=3B$ 。 $B \times B$ 图像块可视为图像的一个基元, 根据分形图像自相似的特点^[1,2], 这个基元和其局部区域块 $D \times D$ 在灰度曲面的三维形状上, 应具备一定的类似性。从 $D \times D$ 到 $B \times B$, 在图像投影平面上, 类似于函数迭代系统 IFS 中的压缩几何变换^[3]; 为考察二者灰度曲面的相似性, 或灰度变换, 应使二者对应的像素点数一致。为此, 应对 $D \times D$ 局部区域块进行抽样处理或平均压缩处理。抽样处理时, 可在 $D \times D$ 块中, 取相邻每个基元块中的中心像素点。平均压缩处理时, 可取 $D \times D$ 块中每个基元块各像素值的平均值, 作为该基元块中心像素的灰度值。为分析方便, 记基元块中各像素点的灰度值依次为 (b_1, b_2, \dots, b_9) , 记 $D \times D$ 块中的各抽样像素点的灰度值依次为 (d_1, d_2, \dots, d_9) 。若二者具有自相似关系, 则 2 个块之间各像素点灰度差平方和的均值应最小, 即

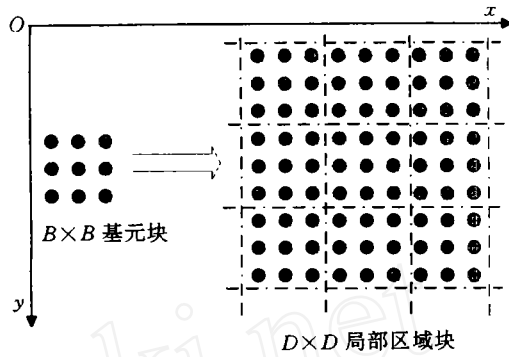


图 1 任一像素点基元块和局部区域块示意图

$$E = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (d_i - b_i)^2 \tag{1}$$

式中: $k=B \times B$ 。显然, 式(1)就是模式识别中, 2 个 k 维样本之间的欧氏距离, 距离越小, 两者相近程度越大。在模式分类理论中, 除了距离外, 还可以用相似系数 S 和相关系数 R 来衡量 2 个模式之间的相近性, 定义分别如下:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^k d_{ni} b_{ni}}{\left(\sum_{i=1}^k b_{ni}^2 \sum_{i=1}^k d_{ni}^2 \right)^{1/2}}$$

式中: d_{ni}, b_{ni} 分别为 d_i, b_i 的正规化值, $b_{ni} = (b_i - b_{\min}) / (b_{\max} - b_{\min})$, $d_{ni} = (d_i - d_{\min}) / (d_{\max} - d_{\min})$ ($i=1, 2, \dots, k$); 其中 b_{\max}, b_{\min} 分别为 $b_i (i=1, 2, \dots, k)$ 的最大值和最小值; d_{\max}, d_{\min} 分别为 $d_i (i=1, 2, \dots, k)$ 的最大值和最小值。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^k (b_i - \bar{b})(d_i - \bar{d})}{\left(\sum_{i=1}^k (b_i - \bar{b})^2 \cdot \sum_{i=1}^k (d_i - \bar{d})^2 \right)^{1/2}}$$

式中: $\bar{b} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k b_i, \bar{d} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k d_i$ 。显然, R 或 S 越大, E 越小, 故可用 R 或 S 作为衡量任一像素点的 $B \times B$ 基元块和 $D \times D$ 局部区域块在统计意义上相似性大小的指标。

一幅图像可看成由低频的平滑区和高频的边缘区及随机噪声区构成, 平滑区为背景区或物体区, 边缘区是物体或物体各组成部分的边缘, 这些区域应具有自相似性, 而图像边缘上的点集应具有较大的灰度变化值和自相似系数。基于这种思想, 得出边缘检测算法实现步骤:

- 1) 输入 $M \times N$ 的原始图像 $f(i, j)$;

- 2) 对每一像素点 (i, j) 确定其 $B \times B$ 基元块和对应的 $D \times D$ 局部区域块;
- 3) 求 $B \times B$ 基元块的均方差 σ_B ;
- 4) 若 σ_B 小于阈值 T_1 , 则该像素点不是边缘点, 边缘输出图像 $g(i, j) = 0$; 否则至5);
- 5) 计算 R 或 S ;
- 6) 若 R 或 S 小于阈值 T_2 , 则不是边缘点, 令 $g(i, j) = 0$, 否则 $g(i, j) = 1$;
- 7) 重返步骤2)判断下一像素点。

2 实验结果与结论

利用上述算法, 分别对几幅图像进行了边缘检测实验, 检测结果如图2所示。实验结果表明, 本文中提出的利用分形图像自相似特征和图像灰度梯度变化相结合进行图像边缘检测的方法, 能有效的提出图像的边缘, 且在含有噪声的图像中, 仍能提取较丰富的边缘细节, 具有较强的抗噪声性能。

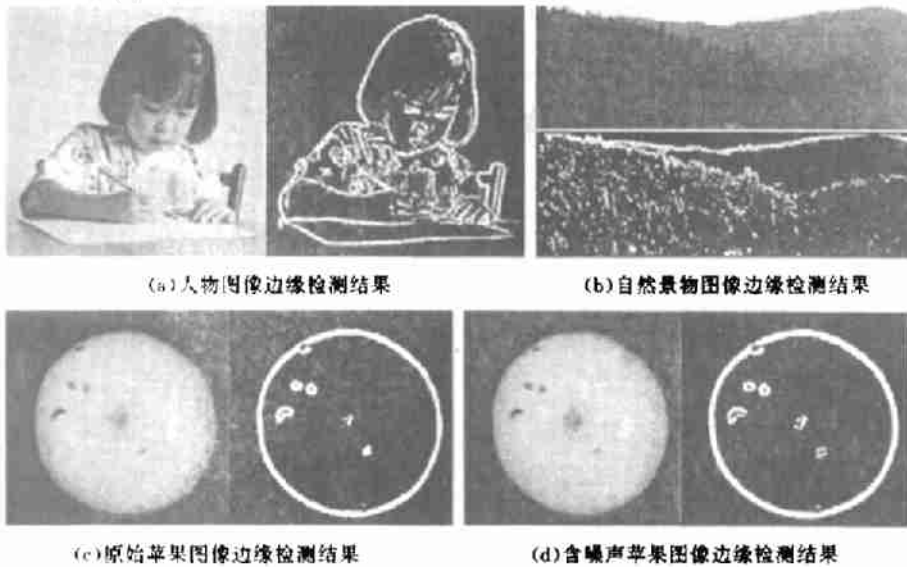


图2 边缘检测实验结果

参 考 文 献

- 1 Mandelbrot B B. The Fractal Geometry of Nature. New York:Freeman,1983. 20~40
- 2 张济忠. 分形. 北京:清华大学出版社,1995. 14~15
- 3 Barnsley M F. Fractals Everywhere. New York:Academic Press,1988. 153~197