

# 基于分形特征的目标检测算法概述及仿真

诸葛霞, 向健勇

(西安电子科技大学技术物理学院光电图像处理研究室, 陕西 西安 710071)

摘要: 对目前比较常用的基于分形特征的目标检测算法进行了概述, 并给出了相应的仿真结果。从仿真结果我们看出基于多尺度分形参数的目标检测算法是一种比较精确的算法, 但是计算量太大。从计算量和精确度两方面考虑快速的基于分维数和分形拟合误差的目标检测算法是一种不错的算法。

关键字: 分形特征; 目标检测; 图像处理

中图分类号: TN911.73 文献标识码: A 文章编号: 1001-8891(2006)10-0576-04

## The Summarization and Simulation of Target-detection Algorithms Based on Fractal Features

ZHUGE Xia, XIANG Jian-yong

(Laboratory of Photoelectron Image Processing, Institute of Technological Physics, Xidian University, Shannxi Xi'an 710071, China)

**Abstract:** The common target-detection algorithms based on fractal features are summarized and the related simulateion results are given in this paper. According to the simulation results, the target-detection algorithm based on multi-dimensional fractal parameters is more accurate but large amounts of computing. Considering both the accuracy and the computing amount, it is a good target-detection algorithm based on fractal dimension and fractal fitting error.

**Key words:** fractal features; target detection; image processing

### 引言

基于红外图像的目标检测一直是人们关注的焦点, 人们对此也作了很多研究<sup>[1,2]</sup>, 本文的检测也是基于红外图像的。分形理论自提出以来<sup>[3]</sup>, 就备受人们关注, 它在许多科学领域都得到了应用, 如大家比较熟悉的用分形进行边缘检测<sup>[4]</sup>。自然背景图像是不光滑和不规则的, 无法用经典的几何理论加以描述, 但是近年来发展的分形几何为描述这种不光滑性和不规则性提供了很好的理论基础和研究手段<sup>[4,5]</sup>。大量的研究表明分形模型可以很好地描述自然背景的表面和空间结构, 但是人造目标不满足分形条件, 因此我们在用分形模型对一幅包含人造目标的自然背景图像进行描述时, 包含人造目标的自然背景区域和纯自然背景区域表现出不一样的分形特征, 根据这种不同区域的分形特征差异我们可以检测出目标所在区域。

### 1 基于分维数差异的目标检测算法及仿真

80 年代人们提出利用人造目标分形维数和自然背景分维数的差异进行目标检测。自然背景满足分形模型, 具有很强的自相似性, 它的分维数相对于不具有自相似性的人造目标来说比较小, 因此我们可以通过比较图像不同区域的分形维数的大小来找出目标所在区域。如文献[6]中所示, 我们用大小固定的滑窗对图像进行扫描, 分别求出每一扫描区域的分形维数, 对于二维图像分维数的求法, 用的最多的就是“地毯”覆盖法, 用距离图像表面尺度为  $r$  的灰度地毯分别覆盖图像的上表面和下表面, 上地毯  $U_r(i, j)$  和下地毯  $B_r(i, j)$  求法如下所示:

$$U_0(i, j) = B_0(i, j) = g(i, j) \quad (1)$$

式中:  $g(i, j)$  为图像灰度。

$$U_r(i, j) = \max \{ U_{r-1}(i, j) + 1, \max_{d[(i, j), (m, n)] \leq 1} [U_{r-1}(m, n)] \} \quad (2)$$

$$B_r(i, j) = \max \{ B_{r-1}(i, j) - 1, \max_{d[(i, j), (m, n)] \leq 1} [B_{r-1}(m, n)] \} \quad (3)$$

然后求出对应的地毯之间的体积  $V(r)$  和面积  $A(r)$ :

$$V(r) = \sum_{(i, j) \in \text{所求区域}} [U_r(i, j) - B_r(i, j)] \quad (4)$$

$$A(r) = V(r)/2r \quad (5)$$

收稿日期: 2006-06-02

作者简介: 诸葛霞 (1980 - ), 女, 江苏, 硕士研究生, 图像处理, 目标检测。

最后由式(6)求出分维数  $D$  :

$$A(r) = ar^{(2-D)}, \quad a \text{ 为常数} \quad (6)$$

利用以上方法在  $\log[A(r)] \sim \log(r)$  坐标中用最小二乘法求出滑窗每经过一个区域的分形维数, 比较各个区域的分维数大小, 找出分维数较大的区域, 可能就是目标所在区域。

用以上方法进行仿真的部分仿真结果如图 1 所示。

## 2 基于分形尺度差异的目标检测算法及仿真

由图 1(c)我们可以看到, 目标的分维数和某些背景区域的分维数相差不大, 稍微受些干扰就有可能掩盖掉这种差异, 致使检测结果出错。基于这种考虑, 文献<sup>[7,8]</sup>提出了基于自然背景和人造目标分形拟合误差的不同进行目标检测。分形拟合误差描述了一幅图像它是否符合分形模型, 拟合误差大了, 说明它偏离分形模型远了, 这个值太大的时候就不能用分形模型来处理了。由前面可知自然背景它符合分形模型, 而人造目标它不符合分形模型, 因此包含人造目标的区域它的分形拟合误差势必大于自然背景区域, 因而分形拟合误差较大的区域有可能就是目标所在区域。

分形拟合误差  $E$  的计算如下所示: 由式(6)得:

$$\log[A(r)] = (2-D)\log(r) + a' \quad (7)$$

$$E = \sum_{r=1}^{r_{\max}} \{ \log[A(r)] - (2-D)\log(r) - a' \}^2 \quad (8)$$

利用上述方法进行仿真的部分仿真结果如图 2 所示。

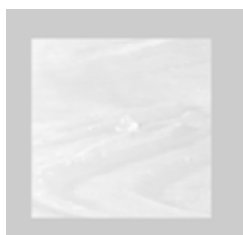


图 1(a) 原图  
Fig.1(a) Initial picture

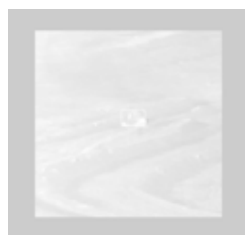


图 1(b) 检测结果  
Fig.1(b) Detected result

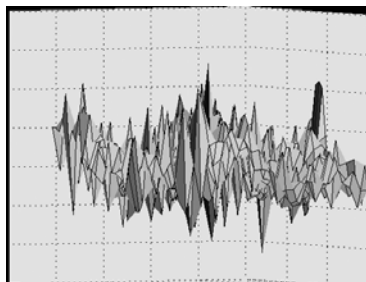


图 1(c) 不同窗口的分维数  
Fig.1(c) Fractal dimensions of different windows

## 3 快速的基于分维数和分形拟合误差的目标检测算法及仿真

分维数和分形拟合误差的计算是一个非常复杂的过程, 计算量太大, 不利于实际应用, 因此寻找一种比较简单快速的计算方法势在必行, 文献<sup>[9]</sup>提出了一种快速的计算分形维数和拟合误差的方法, 该方法把图像的像素点分为相隔为偶数和相隔为奇数的不同的两类, 仅对相隔为偶数的像素点求上下地毯, 计算方法如下:

$|i-j| = \text{奇数时}:$

$$U_1(i,j) = B_1(i,j) = g(i,j) \quad (9)$$

$|i-j| = \text{偶数时}:$

$$U_1(i,j) = \max \{ U_0(i,j) + 1, \max_{d[(i,j),(m,n)] \leq 1} [U_0(m,n)] \} \quad (10)$$

$$B_1(i,j) = \max \{ B_0(i,j) - 1, \max_{d[(i,j),(m,n)] \leq 1} [B_0(m,n)] \} \quad (11)$$

$$A(1) = \sum_{(i,j) \in \text{所求区域内的偶数间隔点}} [U_1(i,j) - B_1(i,j)] / 2 \quad (12)$$

$$A(r) = A(1)/r + (1 - 1/r) \times I \times J$$

$$I, J \text{ 为所求区域的偶数点个数} \quad (13)$$

利用以上计算方法, 文献<sup>[9]</sup>集合了分维数和分形拟合误差来进行目标检测。首先求出每一区域的分维数, 找出分维数比较大的几个区域, 再分别求出这几个区域的分形拟合误差, 比较大小, 选出拟合误差较大的区域有可能就是目标所在区域。该方法相当于给目标检测加了双重保险, 可以降低误检率, 而且计算上面省了大量的时间。

部分仿真结果如图 3 所示。

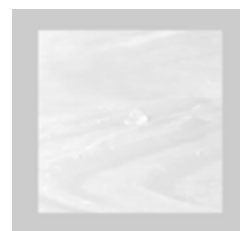


图 2(a) 原图  
Fig.2(a) Initial picture



图 2(b) 检测结果  
Fig.2(b) Detected result

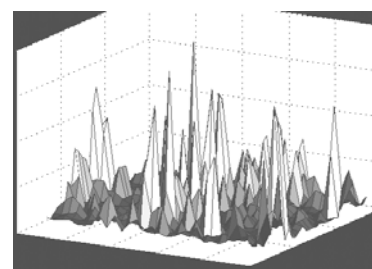


图 2(c) 不同窗口的分形拟合误差  
Fig.2(c) Fractal fitting errors of different windows



图 3(a) 原图

Fig.3(a) Initial picture

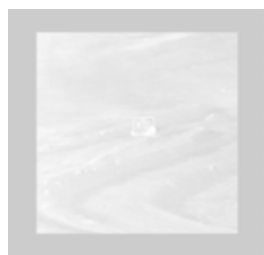


图 3(b) 检测结果

Fig.3(b) Detected result

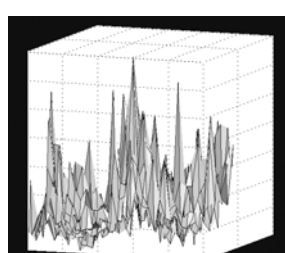


图 3(c) 不同窗口的分维数和拟合误差

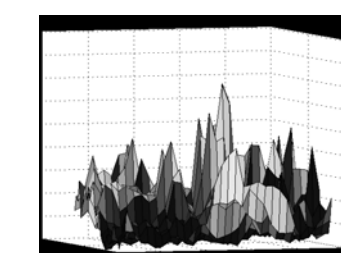
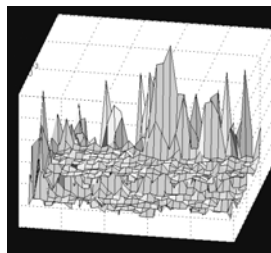


图 4(c) 不同区域的变化率特征

Fig.3(c) Fractal dimensions and fractal fitting errors of different windows

Fig.4(c) Variability features of different regions

#### 4 基于几何度量空间变化率特征的目标检测及仿真

由以上图 1(c)、图 2(c)、图 3(c)我们可以看到不管分维数还是分形拟合误差,目标所在区域和背景所在区域相比,差别都不是特别大,在受到干扰的情况下都有可能埋没这种差别,造成误检。因此,人们继续摸索,希望能找出一种抗干扰性强的,也就是能使目标和背景所在区域的特征差别非常明显的那么一种方法。文献[10]中提出了一种新的分形特征,即几何度量空间变化率特征,这个变化率特征就是我们式(6)中的那个常量  $a$ ,之所以我们说它是常量是因为对某个要求分维数的区域来讲它是定值,但对不同的区域来说它是不同的,我们求出每一个区域的几何度量空间变化率特征,比较大小,选出较大的区域有可能就是目标所在区域。这个变化率特征求法如下:

由式(7)求出:

$$a' = \log[A(r)] - (2 - D)\log(r), \quad a' = \log(a) \quad (14)$$

式中:  $a'$  即为在  $\log[A(r)] \log(r)$  坐标中拟合出来的直线在  $y$  轴上的截距。我们在进行目标检测时只需求出  $a'$  即可,因为它的大小趋势和  $a$  是一样的。

利用以上方法的部分仿真结果如图 4 所示。

#### 5 基于多尺度分形参数的目标检测算法及仿真

在一定的范围内,自然景物的分形特征保持相对稳定,而人造目标的分形特征表现出显著变化,

也就是说自然景物的分形参数随着尺度变化的波动较小,而人造目标的分形参数随着尺度变化的波动较大。基于这种特点,文献[11]中提出了一种基于多尺度分形参数的目标检测方法,先计算出不同尺度下的分形参数,然后累计不同尺度下分形参数的差值,累计结果比较大的区域可能就是目标所在区域。在这里分形参数有两个,一个就是分形维数  $D$ ,另一个就是式(6)中的  $a$ ,只不过这个  $a$  在这里被称为  $D$  维面积。具体计算如下所示:

$$C_1 = \sum_{r=1}^{r_{\max}} \left[ D(r) - \frac{1}{r_{\max}} \sum_{r=1}^{r_{\max}} D(r) \right]^2 \quad (15)$$

$$\text{或} \quad C_1 = \sum_{r=1}^{r_{\max}} [D(r+1) - D(r)]^2 \quad (16)$$

$$C_2 = \sum_{r=1}^{r_{\max}} \left[ a(r) - \frac{1}{r_{\max}} \sum_{r=1}^{r_{\max}} a(r) \right]^2 \quad (17)$$

$$\text{或} \quad C_2 = \sum_{r=1}^{r_{\max}} [a(r+1) - a(r)]^2 \quad (18)$$

对于上述文中给出的算法,本文中对其做一些修改,首先对上述四式的  $r$  的起始值做一修改,改为从 2 起始,这样才能拟合出曲线,再对式(16)和式(18)的终止值做一修改,改为  $r_{\max} - 1$ ,这样  $D(r+1)$  才不至于超出范围。

利用上述方法对两种分形参数分别进行仿真,部分仿真结果如下,图 5 为基于多尺度分维数的检测,图 6 为基于多尺度  $D$  维面积的检测:



图 5(a) 原图

Fig.5(a) Initial picture



图 5(b) 检测结果

Fig.5(b) Detected result

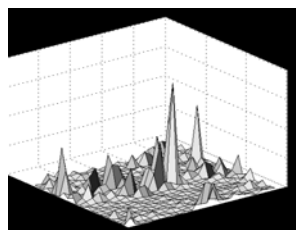


图 5(c) 不同区域的不同尺度下分维数差值累计

Fig.5(c) Fractal difference accumulations of regions on different scales



图 6(a) 原图

Fig.6(a) Initial picture



图 6(b) 检测结果

Fig.6(b) Detected result

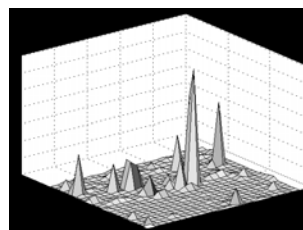


图 6(c) 不同区域的不同尺度下  $D$  维面积差值累计

Fig.6(c)  $D$ -dimensional area difference accumulations of different regions on different scales

## 6 结论

以上对不同的基于分形特征的目标检测算法做了一定的介绍,并给出了部分的仿真结果。由仿真结果我们很容易看出基于多尺度分形参数的目标检测算法是一种很不错的算法。用这种算法计算的目标所在区域和背景所在区域的分形特征差别非常明显,有利于很准确地检测出目标,只是这种算法需要计算每个尺度下的分形维数或者  $D$  维面积,计算量实在是太大,如果能够在计算量上做一些改进,这种方法就不失为一种很好的目标检测方法。本文认为上述 4 中提出的一种快速算法是一种很不错的算法,该种算法计算量少(只需计算一幅图像一半的像素),在进行目标检测时实行了双重把关,有效地降低了误检率。

### 参考文献：

[1] 张小军, 赵亦工. 红外焦平面非均匀校正的综合处理算法[J]. 红外技术. 2003, 25(6): 34 ~ 38.

[2] 徐田华, 张小军, 赵亦工. 基于图像分割和配准的红外焦平面阵列非均匀校正算法[J]. 红外技术. 2004, 26(3): 5 ~ 10.

[3] Mandelbrot B B. *The Fractal Geometry of Nature*[M]. San Francisco. CA: Freeman, 1982

[4] 李宏贵, 罗正发, 李国桢, 等. 基于分形理论的红外图像边缘检测[J]. 红外技术. 1999, 21(1): 18 ~ 20.

[5] Pentland A P. Fractal-Based Description of Natural Scenes[J]. *IEEE Trans.on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 1984, **PAIM-6**(6).

[6] Stein M C. Fractal Image Models and Object Detection. Visual Communication and Image Processing II[A]. *SPIE*[C]. 1987, 845.

[7] 赵亦工, 朱红, 向健勇. 基于分形模型的人造目标检测技术[J]. 红外与毫米波学报. 1995, 14(5): 336 ~ 340.

[8] 赵亦工, 朱红. 自然背景中人造目标的自适应检测[J]. 电子学报. 1996, 24(4): 17 ~ 20.

[9] 杨斌利, 向健勇, 韩建栋. 一种新的基于分形特征的人造目标快速检测算法[J]. 激光与红外. 2003, 33(5): 374 ~ 376.

[10] 赵亦工, 朱红. 一种基于分形模型的新特征及其在自动目标识别中的应用[J]. 红外与毫米波学报. 1997, 16(3): 215 ~ 220.

[11] 李捷, 张天序. 基于多尺度分形参数变化的目标检测方法研究[J]. 数据采集与处理. 1996, 11(3): 218 ~ 221.