

# 一种自然场景中的目标分割方法

杨海波 姚庆栋 荆仁杰

(浙江大学信息与电子工程学系, 杭州 310027)

**摘要** 介绍了一种综合运用分形、形态学等方法, 基于边沿的自然场景中人造目标的分割方法。它比通常的方法可保留更多的分割细节, 同时对背景的抑制相当有效。

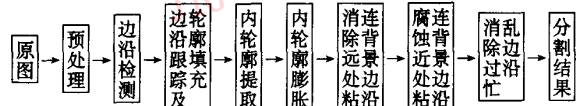
**关键词** 边沿检测, 分形维, 膨胀, 腐蚀

## 1 引言

图象分割是计算机视觉中十分关键的一个环节, 分割质量的好坏直接影响目标的识别率。图象分割算法大致可分为2类: 模式分类和感知组织, 模式分类法的基本思想是通过利用图象的灰度性质或图象的局部邻域性质对图象进行分割<sup>[1~3]</sup>。感知组织法的基本思想是模仿人类视觉系统的感知性质—人类的视觉系统在没有图象内容预先知识的情况下取得图象基元有关的编组和结构信息的过程, 对从图象中提取的几何基元进行组织, 以得到目标的封闭轮廓<sup>[4,5]</sup>。由于在实际图象中灰度或纹理经常是不均匀的, 所以采用模式分类方法往往难度较大, 而感知组织法的主要困难在于目标的几何基元不完备时组织相当困难。本文尽量避免上述2种方法的不利因素, 以边沿为组织目标的基元, 主要是避免图象的灰度不均匀造成的基于灰度分类的分割困难如区域分割, 同时对边沿尽量保留以便在组织边沿时有充分的边沿信息, 通过对目标和背景分形维和光滑程度的分析, 基本抑制了背景干扰, 对于某些图象中被误标为目标的个别边沿应用膨胀和腐蚀的方法将其去除, 从而得到较好的目标分割。

## 2 分割的总体结构

分割算法的总体流程如下所示:



预处理<sup>[6]</sup>的目的是提高图象的质量。本文中边沿检测采用低阈值的 Sobel 算子, 基本上可以把目标的边沿都检测出来。边沿跟踪及轮廓填充是同时对目标和背景的边沿所组成的各团块进行跟踪和填充。利用目标和背景的一些差异可去除大部分背景。对背景的删除主要运用了2种特性: 其一是分形特征<sup>[7,8]</sup>, 即背景中的自然景物由于其分形维数与人造目标有较大差别, 即可把该自然景物所形成的伪目标消除。其二是对于自然景物之间的边沿, 由于仅采用 Sobel 算子, 存在对应于一条边沿的多个响应, 由这些多响应边沿跟踪所得的轮廓普遍具有较大的灰度梯度, 而目标内部往往有较多光滑区域存在, 利用这一特点, 可去掉大部分自然景物之间的边沿。内轮廓的提取和膨胀等操作是为了消除与目标相连的自然景物之间的边沿, 所谓内轮廓是指在轮廓内部灰度梯度小于某一阈值的点形成的一个或多个团块的轮廓, 如上所述, 自然景物之间的多响应边沿所形成的轮廓实际上都是灰度梯度比较大的点, 没有或者很少出现内轮廓, 即不进行膨胀操作, 利用这种差异可消除部分粘连噪声。可能没有消除得很彻底, 所以对残余部分还进行了腐蚀操作。最后对轮廓的边沿进行光滑即可得到分割结果。

### 3 分割的具体算法

预处理后的结果见图 1,对图 1 用 Sobel 算子检

测边沿得到图 3,对图 1 进行分形标记得到图 2,其中白色区域为自然景物区域。

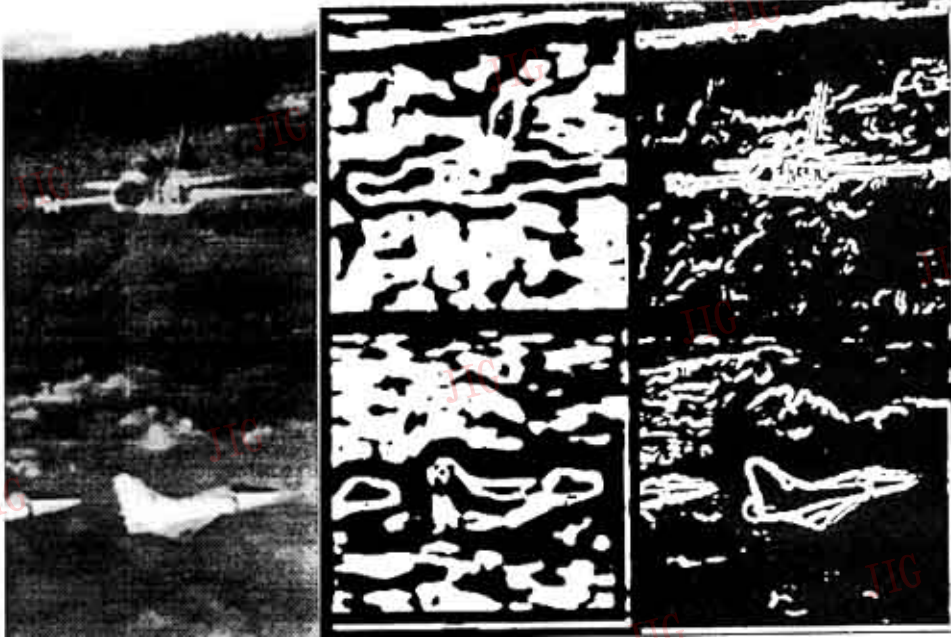


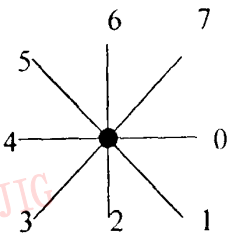
图 1 预处理后

图 2 分形标记图象

图 3 Sobel 算子检测结果

#### 3.1 边沿跟踪和轮廓填充

在边沿跟踪中,对 8 方向元作如下规定,并且方向元是模为 8 的循环群,即 8 对应为 0,9 对应为 1 等等,并规定顺时针为正向,逆时针为负向。



假设经过预处理的灰度图象为  $img3(x,y)$ ,经过 Sobel 算子边沿检测得到的边沿图象为  $img4(x,y)$ ,经过分形标记得到的图象为  $img5(x,y)$ ,边沿跟踪和轮廓填充的算法如下:

(1) 对  $img4(x,y)$  图象从上至下,从左至右扫描,一旦发现边沿点即从该点开始进行边沿跟踪,并把该点的横坐标  $x_0$  赋给  $line$ ,纵坐标  $y_0$  赋给  $col$ 。

(2) 以  $x_0,y_0$  作为起点,上次边沿方向  $d$  为指导,从  $d-2$  方向开始搜索,直至  $d+5$  结束,对  $(x_0,y_0)$  的 8 邻域依次进行搜索,直至搜索到的点为整个团块的起点  $(line,col)$ ,表明搜索已闭合,跳到(5),否则进入(3)。如果  $(x_0,y_0)$  为整个团块的起点,则上

次边沿方向设为 2。

(3) 在给定方向上搜索是否有边沿点或本团块的边沿标记点,将出现 2 种情况:有和没有。

有,判断该方向是否为 1,3,5,7 方向,如果是,考察相应的 +1 方向是否有边沿点或者本团块的边沿标记点,如有则取 +1 方向,如没有,则取该方向本身,如果方向是 0,2,4,6 方向,则直接取该方向本身。判断搜索到的点是否已被标记,如果已标记,对该点仍保留标记,再判断搜索到的点是否为整个团块的起始点  $(line,col)$ ,如果是,对上次跟踪的点予以保留,否则删除上次跟踪到的点。如果搜索到的点未被标记,则直接对该点标记为本团块标记  $token$ 。完成上述操作,停止 8 邻域搜索,跳到(4)。

没有,继续搜索下一方向,返回(3)。

(4) 如果以上搜索中能得到相应的点,以上次跟踪结果的点为起点,本次搜索到的点为终点,得到本次跟踪方向  $d$ ,并将当前点设为  $(x_0,y_0)$ ,跳到(2)。如果以上搜索未得到相应的点,则停止搜索,表明无闭合曲线存在,跳到(5)。

(5) 对于封闭轮廓,记该轮廓最左边的点为

*left*,最右边的点为 *right*,最上面的点为 *up*,最下面的点为 *down*,形成一个以此4点为边界的矩形。如果此矩形的长宽均小于某一数(实验中取30),认为该区域为颗粒噪声,应去掉该封闭轮廓,为此跳到(6),否则跳到(10)。

(6) 把包围封闭轮廓的矩形范围中的像素值暂时存入临时数组  $temp(x,y)$ 。

(7) 在矩形范围内分别把矩形的最上面一行,最下面一行,最左边一列,最右边一列中不是本团块轮廓的点置为背景点。

(8) 在此矩形内从上到下、从左至右扫描,如果遇到一点其8邻域中有背景点,并且它不是边沿点,则将其表为背景点。重复扫描,直至找不到背景点。

(9) 对矩形内背景点用保存的数组  $temp(x,y)$  恢复,非背景点作为颗粒噪声被去除。

(10) 对于非颗粒噪声团块,同样先用(6)~(8)的步骤对其进行轮廓填充。背景点用保存的数组  $temp(x,y)$  恢复,非背景点即团块先统一标以本团块的标记 *token*。对照分形标记得到的图象  $img5(x,y)$ ,统计团块中标记为分形的点;对照边沿检测得到的图象  $img4(x,y)$ ,统计团块内部不光滑情况(边沿点个数)。如果自然景物点个数占整个团块内部点个数超过百分之八十,或者不光滑点个数占团块内部点个数超过百分之八十,且团块内光滑点(非边沿点)数目过小,则去除该团块,否则首先把填充的封闭轮廓写入  $img7(x,y)$  数组,然后对照边沿检测图象  $img4(x,y)$ ,将封闭轮廓内边沿点标记为团块标记 *token*,非边沿点标记为0,得到经过背景抑制的边沿图  $img6(x,y)$ 。

(11) 对图象中的各团块依次进行上述一系列操作,每次团块标记 *token* 加1,团块的起点总是取未被标记的边沿点。标记完所有团块后,再次扫描整幅图象,对  $img6(x,y)$  图象数组和  $img7(x,y)$  图象数组中标记为团块标记的点标为目标,否则标为背景。并写入2个文件 *img6.dat* 和 *img7.dat* 中。其中图4为未填充的轮廓图(*img6.dat*),图5为填充的轮廓图(*img7.dat*)。

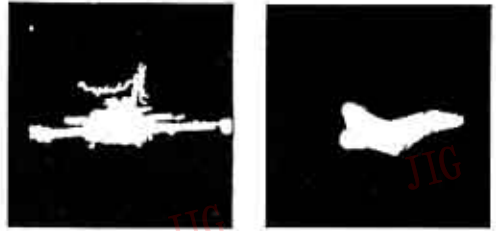


图5 跟踪去噪(填充)

### 3.2 内轮廓提取和内轮廓膨胀

把 *img6.dat* 和 *img7.dat* 数据文件分别存入  $img6(x,y)$  和  $img7(x,y)$  数组中,如果存在点  $(x_0,y_0)$ ,  $img7(x_0,y_0)$  中的像素为目标,  $img6(x_0,y_0)$  中的像素不是目标,则  $img8(x_0,y_0)$  标为1,否则标为0,扫描完整幅图象后,把  $img8(x,y)$  写入 *img8.dat* 文件。其中的1即构成内轮廓。内轮廓膨胀是以内轮廓为种子进行生长得到的,实验中往外膨胀了8~10个像素,其结果写入 *img9.dat* 文件。结果见图6。

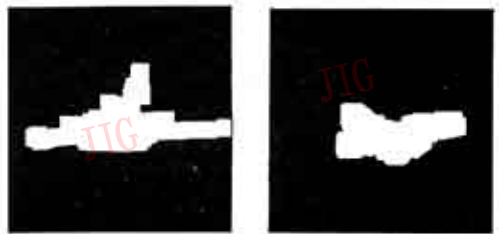


图6 内轮廓膨胀

### 3.3 消除远处粘连背景边沿

把 *img7.dat* 和 *img9.dat* 文件分别存入数组  $img7(x,y)$  和  $img9(x,y)$ ,然后把  $img7(x,y)$  和  $img9(x,y)$  求与得到数组  $img10(x,y)$ ,由于背景间边沿所围成的区域没有内轮廓不进行扩张,即可把粘连在目标上的背景间边沿的较远部分删除,未删除的较近部分通过下述的腐蚀来消除。把  $img10(x,y)$  写入 *img10.dat* 文件。处理结果见图7。

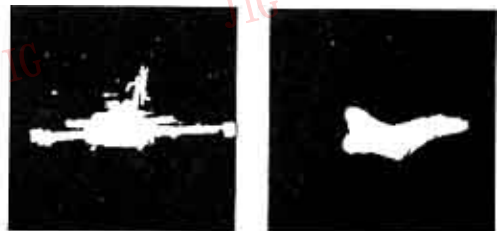


图7 消除远处粘

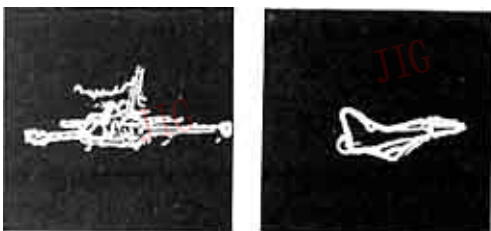


图4 跟踪去噪(未填充)

### 3.4 腐蚀近处粘连背景边沿

把文件 *img7.dat* 和 *img10.dat* 分别存入数组 *img7(x,y)* 和 *img10(x,y)*, 扫描 *img7(x,y)* 和 *img10(x,y)*, 如果存在点  $(x_0, y_0)$ , *img7(x\_0, y\_0)* 为目标点而 *img10(x\_0, y\_0)* 为背景点, 则把该点存入数组 *img11(x,y)*, 扫描完毕所得到的 *img11(x,y)* 定义了被删除的远处背景边沿所在的区域, 对这些区域进行跟踪, 去除一些过小的团块。扫描 *img10(x,y)* 和 *img11(x,y)*, 如果存在点  $(x_0, y_0)$ , *img10(x\_0, y\_0)* 值为 255, 其邻域位置的某点  $(x_1, y_1)$  有 *img11(x\_1, y\_1)* 值为 255, 则给该点一特殊标记如 *img10(x\_0, y\_0) = 10*, 对整幅图象中值为 10 的点以邻接为聚类依据进行聚类, 并将第 1 类象素点赋值为 1, 第 2 类赋值为 2, ……第  $n$  类赋值为  $n$ , 每一类往往为一条线段, 并且多数近似为一直线段。它们就是下文的腐蚀源。 $n$  类腐蚀源用以  $n$  趟腐蚀。假设经过预处理的图象文件为 *img3.dat*, 并读入到 *img3(x,y)* 数组, 在上述对 *img3(x,y)* 图象用 Sobel 算子检测边沿时同时计算每一点的梯度方向值, 并把这些梯度方向值乘以  $(255/2\pi)$  以转化为  $0 \sim 255$  之间的一个自然数并写入 *img12.dat* 文件。 $n$  趟腐蚀操作类似, 以第  $k$  趟为例 ( $1 \leq k \leq n$ ):

(1) 把梯度方向文件 *img12.dat* 读入到 *img12(x,y)* 数组。梯度方向数组 *grad[100]* 的每一个元素初始化为 0, *count = 0*。

(2) 从上到下从左至右扫描 *img10(x,y)* 图象, 如果对于点  $(x_0, y_0)$ , *img10(x\_0, y\_0)* 的 8 邻域中有一象素值为  $k$ , 并且 *img10(x\_0, y\_0)* 本身的象素值不为  $k$ , 则 *img10(x\_0, y\_0)* 被赋予  $n+1$ 。 *grad[count] = img12(x\_0, y\_0)*, *count = count + 1*。

(3) 重复进行 (2) 操作, 直至扫描完整个 *img10(x,y)* 图象。计算平均梯度:

$$avegrad = \frac{\sum_{i=0}^{count-1} grad[i]}{count} \quad (1)$$

*grad[100]* 的每个元素初始化为 0, *count = 0*。

(4) 从上到下从左至右扫描 *img10(x,y)* 图象, 如果对于点  $(x_0, y_0)$ , *img10(x\_0, y\_0)* 的 8 邻域中有一象素值为  $m$  ( $m \geq n+1$ ), 并且 *img10(x\_0, y\_0)* 本身的象素值不为  $m$ , 并且 *img12(x\_0, y\_0)* 与 *avegrad* 的绝对值小于某一值 (实验中取 10), 则该 *img10(x\_0, y\_0)* 被赋予  $m+1$ 。 *grad[count] = img12(x\_0, y\_0)*, *count = count + 1*。如上操作直至扫描完整个 *img10(x,y)* 图

象, 以下同式 (1)。

(5) 重复 (4) 操作直至新标记的元素个数小于某个数 (实验中取 6), 设该标记值为  $p$ , 则图象中值为  $q = p-1$  的元素个数应该大于 5, 由标记  $n+1, n+2, \dots, q$  形成一集合, 设  $A$  表示一集合, 令  $A = \{n+1, n+2, \dots, q\} \cup \{k\}$ , 则  $A$  为候选删除标记集, 跳到 (6)。

(6) 令  $C$  是删除标记集, 初始化  $C$  为  $C = \emptyset$ 。对 *img10(x,y)* 图象进行边沿跟踪, 每一个被跟踪的团块轮廓给予一标号 *token*, 由于图象中可能存在多个团块 (多目标), 所以团块轮廓标号形成一标号集合  $B = \{token1, token2, \dots\}$ , 并形成轮廓标号图象 *img13(x,y)*。对组成轮廓的每一边沿点, 考察对应位置处的 *img10(x,y)* 值 *value*, 如果  $value \in A$ , 则把 *value* 加入  $C$  集合中。

(7) 从上到下从左至右扫描 *img10(x,y)* 图象, 如果某个象素的值是  $C$  集合的一个元素, 则将该象素的值置为 0。如此扫描完整个 *img10(x,y)* 图象后, 即删除了一类残余粘连背景边沿。

处理结果见图 8。

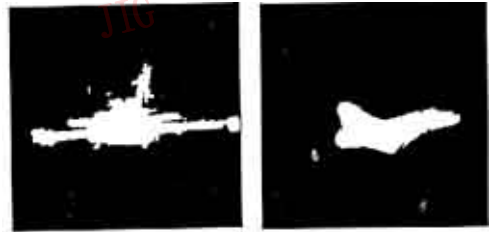


图 8 消除近处粘连噪声

### 3.5 消除细小起伏噪声

对上述结果进行膨胀和腐蚀即得到了最后结果。处理结果见图 9。

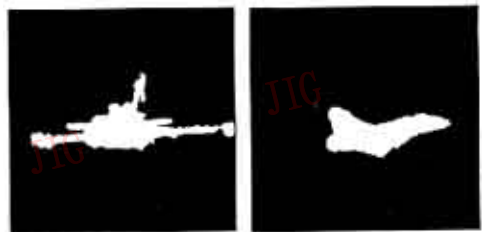


图 9 消除细小起伏

## 4 结论

本文通过对人造目标上的边沿和纹理及背景区

域的边沿和纹理的分析,导出了自然场景下人造目标的一种分割算法。由于对背景边沿的删除不是依赖于一些局部信息如边沿的忙乱度,背景边沿的删除对目标影响不大,对背景边沿的删除也比较彻底,基本上无伪目标。然而在目标和背景对比度极低时,目标的个别边沿可能未被检测出来,从而造成目标的轮廓存在一定误差。如果与目标相连的非目标体的边沿可与目标的边沿构成封闭轮廓,这时本算法也难以去除这些连在目标上的非目标物体,例如飞机尾部喷出的气体,经常被当成飞机的一部分。

### 参考文献

- 1 Haralick R M. et al. Survey: Image Segmentation Techniques, CVGIP, 1985, 29, 100~132.
- 2 Pal N P et al. A Review on Image Segmentation Techniques, PR, 1993, 26(9): 1277~1294.
- 3 Bir Bhanu et al. Adaptive Image Segmentation Using a Genetic Algorithm. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernet-



姚庆栋 浙江大学信息与电子工程系博士生导师。

- ics, 1995, 25(12): 1543~1567.
- 4 Lowe D. Perceptual Organization and Visual Recognition. The Netherlands; Kluwer Academic Publishers, 1985.
- 5 Mohen R et al. Perceptual Organization for Scene Segmentation and Description. IEEE Trans. PAMI, 1992, 14(6): 616~635.
- 6 荆仁杰等编. 计算机图像处理. 浙江: 浙江大学出版社, 1990.
- 7 Stein M C. Fractal Image Models and Object Detection. SPIE, 1987, 845, 293~300.
- 8 Sarkar N. et al. An Efficient Approach to Estimate Fractal Dimension of Textural Images. PR, 1992, 25(9): 1035~1041.
- 9 盛骤等编著. 概率论与数理统计. 北京: 高等教育出版社, 1989.
- 10 Haralick R M. et al. Image Analysis Using Mathematical Morphology. IEEE Trans. PAMI, 1987, 9(4): 532~550.



杨海波 浙江大学信息与智能系统研究所博士生, 主要研究领域: 基于 DSP 的并行系统软硬件设计、图象理解、人工智能等。

荆仁杰 浙江大学信电系教授, 长期从事计算机视觉的研究工作, 在国内外发表多篇学术论文。

## Segmentation of Manmade Objects from the Natural Scenes

Yang Haibo, Yao Qingdong, Jing Renjie

(Department of Information and Electronic Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

**Abstract** In this paper, one kind of segmentation methods of manmade object based on edge detection is introduced, which applies fractal, morphology and others comprehensively. This algorithm can keep more details than conventional methods while it can eliminate the edge in natural scenes background effectively.

**Keywords** Edge detection, Fractal dimation, Dilation, Erosion

### 《OpenGL 编程指南》

孙绍麟 费月娥 编译, 全书共 12 章, 3 个附录, 16 开, 300 页。全面、深入、详细地讨论了 OpenGL 编程中的实际问题, 对 OpenGL 编程人员极具参考价值。

内容包括: 绪论, 绘几何对象, 坐标变换, 显示表, 颜色, 光照, 混合、反走样和雾, 绘像素、位图、字体和图象、纹理映射, 帧缓存, 鉴别器和 NURBS, 选择和反馈, 附录 1, 2, 3。定价: 48 元

邮购:《中国图象图形学报》读者服务部(100088, 北京海淀区花园路 6 号, 电话 62378784, 联系人: 李如珍)