

## 一种基于几何基元模型的人造目标提取方法 \*

白锦球, 王俊卿, 史泽林

(中国科学院 沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016)

**摘 要:**给出了从自然景物背景中提取人造目标的一种方法。基于图像灰度的差分方向算子将一幅图像分离成不同灰度差分方向的直线线段子图像,再对每幅子图像做直线的后处理,最终将几幅子图像构建成一幅不同差分方向的直线线段集合。基于直线段集合图像给定区域内直线线段的结构文法及其所含几何基元数目和几何基元种类将人造目标从自然背景中提取出来。此算法可开发成实时硬件跟踪器应用于自动目标捕获。实验结果说明,对复杂的背景及低对比度情况下的红外目标图像,该方法提取人造目标的准确率达 95% 以上。

**关键词:**人造目标; 几何基元; 直线抽取; 结构文法

**中图分类号:**TP391.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2004)02-0150-04

## Method of detecting manmade object based on model of geometric element \*

BAI Jin-qiu, WANG Jun-qing, SHI Ze-lin

(Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** A method of extracting manmade object from natural background is presented. Operators of difference orientations based on image gray separated a image into some sub-images of different orientations. Post processing of every sub-image made these sub-images construct different difference orientations collection of line segment. Structure grammar based on local area of collection of line segmentation and geometric element and number of classes of geometric element could extract manmade object from natural background. This algorithm could be developed as real-time hardware trackers applied to automatic target capture. Finally, experimental results show that this method can extract manmade object in infrared image under conditions of complicated background and low contrast, and the correct detection ratio is more than 95%.

**Key words:** Manmade objects; Geometry element; Extract line; Structure grammar

收稿日期:2003-05-22; 修订日期:2003-08-15

基金项目:中国科学院国防科技创新基金项目(CXJ - 65)

作者简介:白锦球(1945-),男,辽宁朝阳人,高级工程师,主要从事图像分析处理与目标识别方面的研究。

## 0 引言

在场景中识别目标是模式识别的主要任务,广义上把自然场景内的目标分为人造和自然目标,由于自然目标如树木、河流、岩石、浮云等与人造目标共存,而且其形状是不可预测的,所以在感兴趣的目标与背景目标之间建立完全边界是一项困难的工作。人造目标提取技术已广泛应用于制导信息处理中。当前许多学者对人造目标的提取方法进行了研究,提出采用感知聚类的方法对大的人造目标进行分类检索,如楼房、桥梁、城堡等<sup>[1]</sup>;参考文献[2]采用 canny 算子、小波变换还有数学形态学方法三者结合的方式,对遥感图像中的人造目标进行提取;参考文献[3]只是对直线进行了抽取没有进一步对提出的直线进行处理。

通常,人造目标有突出的边缘和直线型的边界,这些突出的特性具有明显的规整性的几何元素,这些几何元素之间有某种连接关系,所以人造目标可以用一些规则的几何元素近似描述;而自然背景则是由许多自然物体组成的,它们的形状非常复杂,从自然目标中抽取的直线通常是随机分布的,因而不能用描述人造目标的方法来表述。对于人造目标检测,可以利用人造目标和自然背景在上述几何构成上的固有差别,通过寻找人造目标所对应的几何元素检测自然背景中的人造目标。文中提出的人造目标提取算法,把人造目标本身固有的特征与局部边缘算子的特点结合起来考虑。基于人造目标的边缘大多具有直线的特征(即使有曲线,也可以近似表示为分段直线的组成),抽取图像中不同方向中的直线段,把由直线段构成的延长直线段和不同角度的折线段作为构成人造目标边缘信息的几何基元,采用结构文法<sup>[4,5]</sup>对人造目标进行提取。

## 1 算法思想与算法实现

文中算法考虑了图像梯度方向和大小信息,并结合人造目标外型轮廓多具有的直线型特征,提出抽取不同方向的直线段。采用了 8 个差分方向算子抽取线段,每个方向的直线段构成一个子图像,由于噪音等因素的存在,直线段子图像中存在大量的直线段碎

片,可以通过设置线段长度阈值将其过滤掉,8 个方向的直线段可以有图 2 所示的 28 种基本的相交模式,把这些基本模式称为人造目标的几何基元,并且几何基元之间没有冗余信息,其他直线段相交的模式可通过几何基元组合构成,所以人造目标可以通过直线的几何基元组合构成。由于采用该方法保留了目标的灰度信息,最后利用该信息,可以对人造目标进行正确的识别。实验结果表明抽取图像中直线段拟合人造目标的想法是合理的。该算法分为两部分,一是将原图像分解成子图像的过程,把相同梯度方向的直线段集合组成子图像;二是把所有差分方向的直线段的子图像合并成一幅图像,并采用结构文法的方式,在合并后的图像中对人造目标进行提取,把局部区域的直线几何基元信息<sup>[2,6,7]</sup>作为提取目标的最终判据。

### 1.1 图像分层

在分解过程中,求原图像在  $\theta_i = \frac{2i\pi}{8}$  ( $i = 0, 1 \dots 7$ ) 方向的梯度值,即  $\nabla A = \frac{\partial A}{\partial \theta_i}$ ,这里  $\theta_i$  是指与  $x$  轴正方向的夹角,文中采用了 8 个 Kirsch(3×3)模板作为方向算子,模板算子和方向表示图(0~7 表示 8 个方向)如图 1 所示。

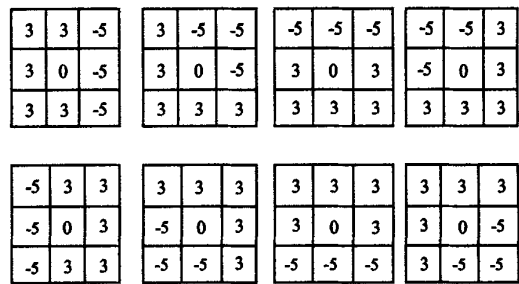


图 1 Kirsch 8 方向算子

Fig. 1 Kirsch operators of 8 orientations

设  $A(x, y)$  为原始图像,分别求  $A(x, y)$  中不同方向上的差分值,把同一方向算子计算的差分值放到同一子图(记为  $G_i(x, y)$ ,  $i = 0, 1 \dots 7$ );定义梯度阈值:

$$T_i = 2 \times \frac{1}{N_h N_v} \sum_{(x,y) \in A} |G_i(x, y)| \quad i = 0, 1 \dots 7$$

式中  $N_h$  表示图像宽度; $N_v$  表示图像高度。比较

$G_i(x, y)$  中值的绝对值与  $T_i$ , 大于  $T_i$  处的梯度值保留, 小于  $T_i$  处的梯度值改为 0。最后, 由于梯度方向与直线方向垂直, 所以在梯度子图中沿着与梯度方向顺时针旋转  $90^\circ$  的方向检查相邻处的梯度值是否为零, 该方向上所有连续的非零点构成了  $G_i(x, y)$  中一条直线段, 累加这些点的个数作为直线段长度, 如果大于指定的长度, 则把原图像  $A(x, y)$  中与  $G_i(x, y)$  中构成该直线段点具有相同位置的像素记录下来, 这样, 由  $G_i(x, y)$  中所有直线段映射出原图像中具有相同梯度方向的直线段集合, 因此把原图像分解为 8 个梯度方向直线段集合构成的子图像。

### 1.2 图像合并与文法处理

在合并过程中, 把所有方向的直线段子图像叠加起来。对生成的合并图像采用结构文法的方式进行后处理, 直线段与直线段相交构成了 28 种互不相同的模式, 如图 2 所示。

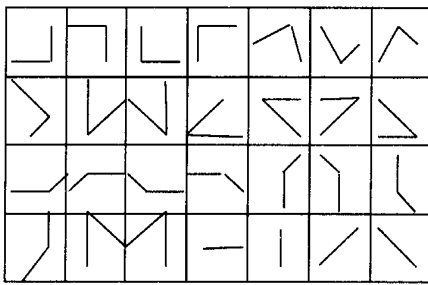


图 2 直线几何基元

Fig. 2 Geometry base unit of line

把以上模式作为构成人造目标的几何基元, 应用它们对合并图像进行检测, 把不符合这些模式及长度要求的线段舍弃, 消除了线段碎片的影响。在合并图像中逐像素求取局部区域内几何基元的个数, 前  $K$  个最大的区域作为候选目标, 再在候选目标集合中找所含几何基元种类最多者, 作为提取出的人造目标。文中算法采用了 8 个方向算子抽取直线段, 每两个相邻差分方向夹角是  $45^\circ$ , 当然也可以采用 12 个或 16 个梯度方向而每两个相邻差分方向夹角分别是  $30^\circ$  或  $22.5^\circ$ 。采用 8 个梯度方向是为了减少线段碎片和降低计算强度, 方便程序处理, 同时还保证了可很好地抽取直线段。

### 1.3 算法的具体步骤

(1) 对图像  $A(x, y)$  进行中值滤波预处理。

(2) 分别用 Kirsch 算子对图像  $A(x, y)$  求  $\nabla A$ , 得到  $G_i(x, y) (i = 0, 1 \dots 7)$ 。在  $G_i(x, y)$  中差分方向  $i \times 45^\circ$  对应的直线段方向分别为:  $G_0 270^\circ$ 、 $G_1 315^\circ$ 、 $G_2 0^\circ$ 、 $G_3 45^\circ$ 、 $G_4 90^\circ$ 、 $G_5 135^\circ$ 、 $G_6 180^\circ$ 、 $G_7 225^\circ$ 。

(3) 定义  $L_0 \dots L_7$  分别为与  $G_i(x, y) (i = 0, 1 \dots 7)$  对应的直线段子图, 分别令  $T_i = 2 \times \frac{1}{N_h N_v(x, y)} \sum_{\epsilon \in A} |G_i(x, y)| (i = 0, 1 \dots 7)$  为  $G_i(x, y)$  的梯度阈值。如果  $|G_i(x, y)| < T_i$ , 则  $G_i(x, y) = 0$ 。然后对  $G_i(x, y)$  沿着其直线段方向依次逐点扫描, 直线段的起点是其值非零处, 终点是遇到值为零处, 并计算直线段的长度, 当直线段长度大于阈值  $len = 8$  时, 在原图像  $A(x, y)$  中把与该直线段对应处的像素灰度图值存入的直线段子图  $L_i$  对应于位置中。

(4) 把  $L_0 \dots L_7$  进行合并生成  $B$ , 即  $B(x, y) = L_0 \oplus L_1 \dots \oplus L_7$ 。

(5) 对合并图像  $B$  进行后处理, 处理后的图像为  $C$ , 处理的方法是采用结构文法的方法去除孤立的小于阈值长度的直线段, 逐行扫描图像  $B$ , 依次检查直线段是否符合图 2 给出的 28 种模式之一, 对于满足要求的直线段, 将其值记录到  $C$  中。

(6) 根据图像  $C$  中局部区域包含的直线段集所含几何基元的数目和种类最终定位人造目标。

## 2 实验结果

应用上述算法对一组红外图像进行处理, 得到了

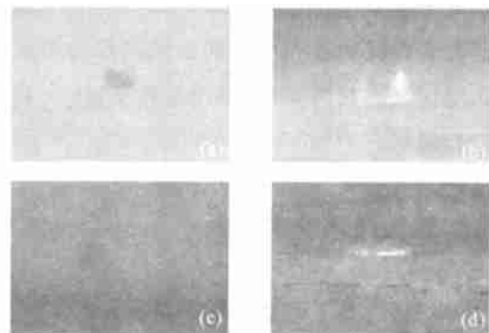


图 3 (a) (b) 是海面舰船目标, (c) (d) 是地面汽车目标

Fig. 3 (a) and (b) are ship targets in the sea, (c) and (d) are car targets on the ground

较好的结果。图 3 是两个红外海面舰船和两个红外地面汽车原始图像(400 × 300)。图 4 是对图 3 (b) 利用文中提出的算法得到的中间结果,图 5 (a) ~ (d) 分别是利用文中提出的算法对图 3 (a) ~ (d) 得到的目标提取结果。

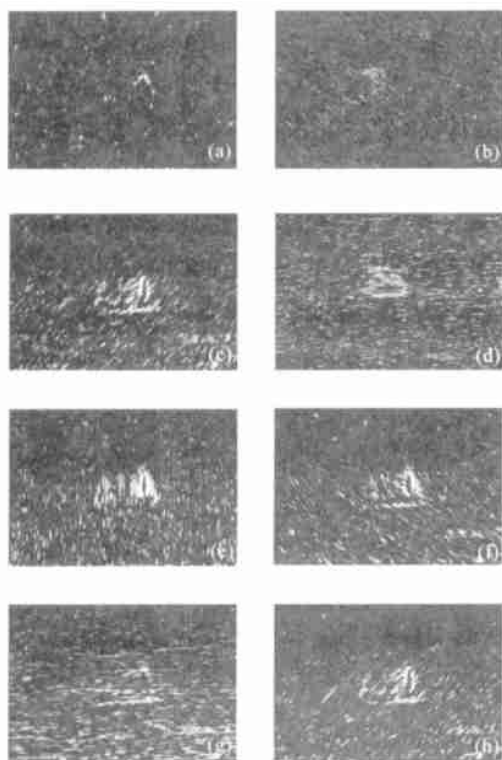


图 4 图 3(b) 中间结果

Fig.4 Middle results of image 3(b)

### 3 结 论

实验结果表明,文中提出的基于直线抽取的人造目标检测技术是一种性能优良的目标检测技术。其特点是:无论图像中直线的抽取还是最终人造目标的提取都体现了图像全局特征和局部特征相结合的特性;全视场自动搜索对红外图像的不同自然背景和车、坦克、船、飞行器等不同类型的人造目标都非常适用;对人造目标的检测不受目标姿态、目标运动、目标灰度极性变化的影响;处理过程规整,既可以采用硬件可编程器件实时实现,也可以采用 DSP 多处理机并行实现实时要求,具有一定的实用价值,当然,该算法也有其不足之处,如采用 8 个方向的差分算子,使

相邻两直线段之间夹角过大,可能存在直线段漏检的情况。为解决此问题,今后准备采用模糊数学的方法对直线段进行抽取。

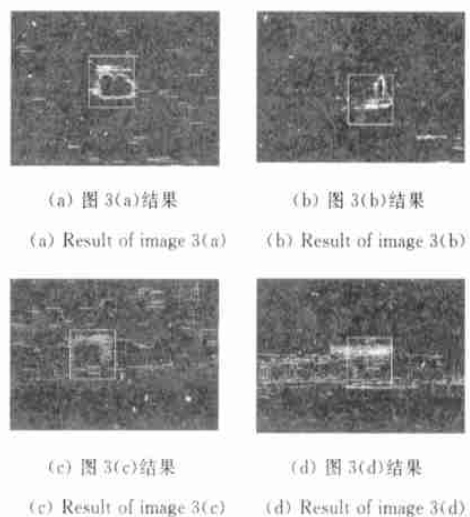


图 5 图 3 的最终结果

Fig.5 Results of image 3

### 参考文献:

- [1] Qasim Iqbal, Aggarwal J K. Retrieval by classification of images containing large manmade objects using perceptual grouping[J]. Pattern Recognition, 2002, 35(7):1463-1479.
- [2] Sowmya Selvarajan, Chan Weng Tat. Extraction of man-made features from remote sensing imageries by data fusion techniques[A]. 22nd Astan Conference on Remote Sensing[C]. Singapore. 2001, 2. 1326-1331.
- [3] Burns B J, Allen R Hanson, Edward M riseman. Extracting straight lines[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(4):425-455.
- [4] 阮秋奇. 数字图像处理学[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [5] 边肇旗,张学工. 模式识别[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
- [6] Manjunath B S, Ma W Y. Texture features for browsing and retrieval of image data[J]. IEEE Trans on Pattern Anal and Mach Intell, 1996, 18(8):837-842.
- [7] Qasim Iqbal, Aggarwal J K. Applying perceptual grouping to content-based image retrieval: building images[A]. IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition[C]. 1999, 1. 42-48.