

·信号与信息处理·

## 地面射击靶标边缘提取方法研究

黄应清, 梁新彬, 谢志宏

(装甲兵工程学院, 北京 100072)

**摘要:** 针对地面迷彩靶标难以应用阈值分割这一难题, 研究了应用边缘检测进行目标边缘提取的方法, 主要研究了边缘检测的相关概念和常用的边缘检测算法的梯度算子法、LoG算法和Canny算法, 并进行了实验验证和结果分析, 实验结果表明, 应用Canny算法可以得到较好的边缘检测效果。

**关键词:** 边缘检测; 梯度; LoG; Canny

中图分类号: TP316.7

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2016)-02-0043-04

## Method Research on Ground Shooting Target Edge Extraction

HUANG Ying-qing, LIANG Xin-bin, XIE Zhi-hong

(Armored Force Engineering Institute, Beijing 100072, China)

**Abstract:** To solve the problem that the ground camouflage target is difficult to apply threshold segmentation, the method of target edge extraction using edge detection is researched. The relative concepts of edge detection and the commonly used edge detection algorithm such as gradient operator method, LoG algorithm and Canny algorithm are mainly introduced. And experiment demonstration and result analysis are performed. Experimental results show that Canny algorithm can get better edge detection effect.

**Key words:** edge detection; gradient; LoG; Canny

由于地表背景复杂、目标和背景界限模糊等原因, 地面靶标的边缘检测与提取一直是一个难点问题。地面射击靶标按照颜色主要分为白色靶标和迷彩靶标, 其中迷彩成像如图1所示。



图1 迷彩靶标

迷彩靶标的灰度级与背景相差较小, 边缘比较模糊, 应用阈值分割方法, 迷彩靶标不能够实现有

效的分割, 经实验, 应用全局阈值同样不能有效检测出目标, 实现边缘提取, 因此, 采用边缘检测的方法提取迷彩靶标。迷彩靶标分割图如图2所示。

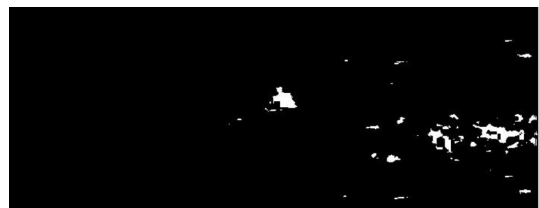


图2 迷彩靶标分割图

### 1 边缘检测概述

边缘图像是图像的基本特征, 包含了图像大量

的有用信息。边缘检测是基于灰度突变进行图形分割的常用方法。理想的边缘模型是在一个像素的距离上发生两个灰度级过渡的台阶边缘。实际中,边缘经常被模糊和带有噪声,形成一个灰度斜坡边缘或者屋脊边缘。进行图像边缘检测,主要完成图像平滑、边缘点检测及边缘定位三个步骤。为检测图像边缘,常用图像灰度变化一阶导数(梯度)或者二阶导数来实现。在灰度恒定区域,一阶导数为零,在灰度变化区域,一阶导数不为零,二阶导数的零交叉点可用于定位粗边缘的中心位置。应用梯度进行边缘检测的算法主要有梯度算子法和Canny算法,LoG算法主要应用二阶导数进行边缘检测。

## 2 常用的边缘检测算法

目前比较常用的边缘检测算法主要有梯度算子法、LoG算法和Canny算法。梯度算子法较为简单,是运用临近像素的灰度差分逼近梯度算子实现边缘检测目的,LoG算子和Canny算子较为复杂。

### 2.1 梯度算子法

常用的梯度算子有Roberts算子、Sobel算子和Prewitt算子,都是运用算子模板与输入图像卷积来近似完成梯度操作,实现边缘检测。

输入图像  $f$  中点  $(x,y)$  处的梯度为

$$\nabla f(x,y) = \text{grad}(f) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

梯度向量  $\nabla f(x,y)$  的幅值为

$$M(x,y) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \quad (2)$$

它指出了图像  $f$  在  $(x,y)$  处灰度变化率最大方向的幅值。

梯度向量  $\nabla f(x,y)$  的方向为

$$\theta(x,y) = \arctan \left[ \frac{g_y}{g_x} \right] \quad (3)$$

它指出了图像  $f$  在  $(x,y)$  处灰度最大变化率的方向,目标边缘的方向总是与该点梯度向量的方向正交。

为简化梯度的计算,常用如下方法进行近似,公式如下

$$g_x = f(x,y) \otimes p_x \quad (4)$$

$$g_y = f(x,y) \otimes p_y \quad (5)$$

$$M(x,y) = |g_x| + |g_y| \quad (6)$$

其中,  $p_x$  和  $p_y$  分别表示水平和垂直方向的梯度算子模板;  $\otimes$  表示卷积。

(1) Roberts 算子

$$p_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, p_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

(2) Prewitt 算子

$$p_x = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, p_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(3) Sobel 算子

$$p_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & -1 \end{bmatrix}, p_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

具体实现步骤如下:

(1) 得输入图像梯度幅值

$$M(x,y) = |g_x| + |g_y| = |f(x,y) \otimes p_x| + |f(x,y) \otimes p_y| \quad (7)$$

(2) 与设定阈值比较得到图像边缘

$$f(x,y) = \begin{cases} 255, M(x,y) \geq T \\ 0, M(x,y) < T \end{cases} \quad (8)$$

其中,  $T$  为阈值。

采用梯度微分算子进行边缘检测时,阈值  $T$  的选择对检测结果的影响很大,在目标边缘比较明显时,选择合适的阈值  $T$  可以得到较好的边缘提取效果。

### 2.2 LoG 算法

另一种比较常用的边缘检测算法是高斯拉普拉斯(LoG)算法,LoG算法是应用二阶导数进行边缘检测的算法,通过寻找灰度图像的零交叉来检测边缘。Marr和Hildreth最早尝试将LoG应用到边缘检测处理,使用不同尺寸的算子进行边缘检测。LoG算子表达式如下

$$\nabla^2 G(x,y) = \left[ \frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (9)$$

其中,  $\nabla^2$  为拉普拉斯算子  $(\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2)$ ;  $G(x,y)$  是标准差为  $\sigma$  的二维高斯函数

$$G(x,y) = e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (10)$$

尺寸为  $n \times n$  的LoG模板可以通过对上式进行取样近似,并标定系数之和为零来实现,如一个

5×5 LoG模板  $p$  的近似为

$$p = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 16 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

由于LoG具有旋转不变的重要特性,因此,避免了一幅图像中使用多个模板。

LoG算法的步骤如下:

(1)对LoG算子采集得到  $n \times n$  的近似模板,即采集  $\nabla^2 G(x,y)$ ;

(2)应用步骤(1)得到的模板与输入图像卷积(滤波)计算,即计算  $g(x,y) = [\nabla^2 G(x,y)] \otimes f(x,y)$ ;

(3)找到步骤(2)的零交叉点,即为提取目标的边缘。

零交叉是LoG算法的关键,实际应用中寻找零交叉的一种方法是当  $g(x,y)$  小于给定阈值  $T$  时,  $g(x,y)$  至少在两个方向相对的邻域符号不同,并且他们的差值的绝对值大于此阈值  $T$ 。

对于二维高斯函数,当  $x,y$  取值  $[-3\sigma, 3\sigma]$  时,  $G(x,y)$  的概率为 99.7%,作为一种经验,滤波器模板取大于等于  $6\sigma$  的最小奇数。对LoG算法,大的模板常用以检测较为模糊的边缘,而小的模板可用来检测锐度比较集中的边缘。

### 2.3 Canny算法

另一种比较常用的边缘检测算法是坎尼(Canny)算法, Canny算法满足以下三个条件:

- (1)检测出所有的真实边缘;
- (2)检测出的边缘与真实的边缘距离最小;
- (3)保证单一边缘点相应。

坎尼在数学上表达了以上准则,采用如下方法近似:首先使用二维高斯函数  $G(x,y)$  卷积原图像  $f(x,y)$  得到平滑后的图像  $f_s(x,y)$ ,然后计算  $f_s(x,y)$  的梯度幅值  $M_c(x,y)$  和方向  $\theta_c(x,y)$ ,最后应用上述信息估计边缘。其中

$$f_s(x,y) = G(x,y) \otimes f(x,y) \quad (12)$$

$$M_c(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (13)$$

$$\theta_c(x,y) = \arctan \left[ \frac{G_y}{G_x} \right] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_s}{\partial y} \\ \frac{\partial f_s}{\partial x} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Canny算法采用了非最大抑制的处理方案得到

真实单一边缘点,步骤如下。

(1)确定  $\theta_c(x,y)$  对应的最可能边缘的方向;

(2)沿边缘方向,若  $M_c(x,y)$  为邻域最大,则标记边缘  $g_N(x,y) = M_c(x,y)$ , 否则  $g_N(x,y)$  为零。

经过上述处理,有效地减少了伪边缘点。为得到更为理想的效果,Canny算法使用了双阈值:高阈值  $T_H$  和低阈值  $T_L$  ( $T_H > T_L$ ),对检测出的边缘  $g_N(x,y)$ ,若  $g_N(x,y) \geq T_H$ ,则为强边缘,若  $g_N(x,y) \geq T_L$ ,则为弱边缘,弱边缘像素总包含强边缘像素。将强边缘定义为有效边缘,对于可以通过连通性连接方法连接到强边缘的弱边缘像素同样标记为有效边缘,其余弱边缘像素置零,得到单像素边缘。

通过上述分析,Canny算法的基本实现步骤如下:

- (1)二维高斯模板卷积输入图像;
- (2)计算所得图像的梯度幅值图像和方向图像;
- (3)对步骤(2)中梯度幅值图像和方向图像应用非最大抑制方案;
- (4)使用双阈值处理技术检测并连接边缘,得到单阈值边缘。

### 3 实验及结果分析

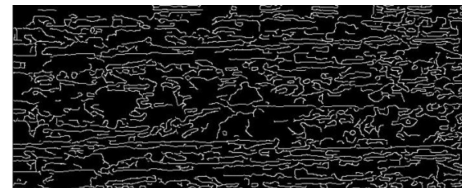
分别应用Sobel算子、LoG算子和Canny算子进行边缘检测,如图3所示。



(a)



(b)



(c)

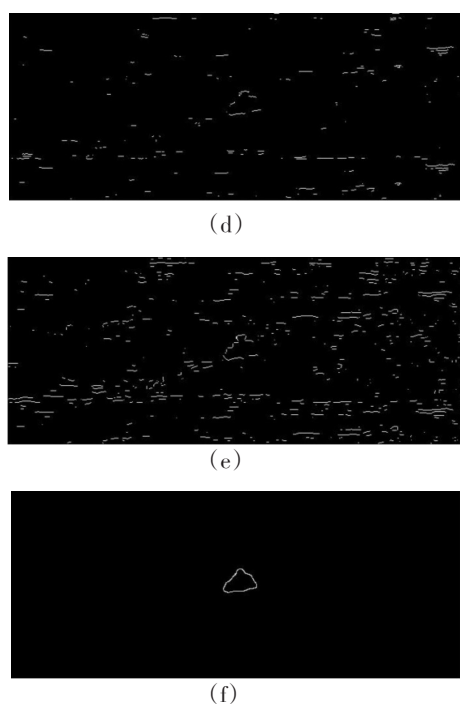


图3 分别使用 Sobel,LoG 和 Canny 算子的边缘检测图

图3a~图3c分别给出了使用 Sobel、LoG 和 Canny 算子边缘检测默认选项得到的边缘图像,输出参量如表1所示。图3e、图3f分别对阈值和标准差进行调整后应用上述三种算法得到的边缘检测图像,调整值如表1后两列所示。表2给出了在酷睿双核处理器应用 Matlab 运行三种不同算法在调整前和调整后的运行时间。

表1 不同算法的阈值与标准差

算法	默认阈值 $T$	默认标准差 $\sigma$	调整阈值 $T$	调整标准差 $\sigma$
Sobel	0.015 4		0.02	
LoG	0.086 3	2	0.001	2.5
Canny	[0.043 8, 0.109 4]	1	[0.2, 0.55]	3

表2 不同算法的运行时间

	Sobel	LoG	Canny
默认值用时/s	0.029 322	0.078 07	0.203 417
调整后用时/s	0.029 976	0.074 743	0.183 478

从表2可以看到,Sobel算法用时最少,Canny算法用时最多;对于不同的算法,阈值和标准差调整前后运行时间相差很小。

比较检测图3采用的三种算法,LoG算法给出了最差的检测结果,这是因为LoG算法对噪声最为敏感,地面背景复杂,同时目标边缘比较模糊,各种噪声影响了LoG算法的检测效果。当使用默认值进行检测时,Sobel算法检测效果要优于使用LoG算法和Canny算法。对阈值和标准差进行调整后,检测效果均有所提高,Canny算法给出了理想的边缘检测结果,不仅消除了无关的噪声和细节,其检测出的图像边缘的细度和连续性也很好。

## 4 结 论

介绍了边缘检测的基本原理和常用的边缘检测算法,重点介绍了LoG算法和Canny算法,并针对地面射击靶标图像分别应用Sobel算法、LoG算法和Canny算法进行了边缘检测。实验结果表明,Canny算法能消除无关的细节和噪声,成功检测复杂背景下靶标的边缘,为后续研究提供了有益的参考。

## 参考文献

- [1] 段军,高翔.基于统计滤波的自适应双阈值改进canny算子边缘检测算法[J].激光杂志,2015,36(1):10-12.
- [2] 夏清,张振鑫,王婷婷,等.基于改进Sobel算子的红外图像边缘提取算法[J].激光与红外,2013,(10).
- [3] 张志强,宋海生.应用Otsu改进Canny算子的图像边缘检测方法[J].计算机与数字工程,2014,42(1):122-128.
- [4] 贾迪,孟祥福,孟球,等.结合高斯加权距离图的图像边缘提取[J].中国图像图形学报,2014,(1).
- [5] 刘桥,方茜,程欢,等.改进的Canny算子与SIFT算法相结合的医学图像特征提取[J].工业控制计算机,2012,(12).
- [6] 王纪刚,陈家新.基于改进滤波的Canny医学图像边缘检测算法[J].计算机测量与控制,2013(6).
- [7] 龙清.基于Sobel和Canny算子的电视字幕检测[J].电视技术,2011(13).
- [8] 李俊山,马颖,赵方舟,等.改进的Canny图像边缘检测算法[J].光子学报,2011(S1).
- [9] 聂其贵,马惠珠.基于目标提取的红外与可见光图像融合新算法[J].应用科技,2014(5).
- [10] 高晶,吴育峰,孙伟,等.基于感兴趣区域的图像目标提取方法[J].微电子学与计算机,2013(12).
- [11] 冈萨雷斯.数字图像处理[M].北京:电子工业出版社,2011:450-467.