

边缘检测算子在铁路图像中的研究

李佳奇¹, 党建武²

(1. 河西学院 物理与机电工程学院, 甘肃 张掖 734000;

2. 兰州交通大学, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 边缘检测是数字图像处理与分析的基础内容之一, 在图像处理中占有很重要的地位, 其算法的优劣直接影响着所研制系统的性能。介绍了边缘检测技术的基本原理, 描述了几种边缘检测方法并将其应用到铁路图像中, 研究了这几种方法处理图像的优缺点。

关键词: 边缘检测; 数字图像处理; Roberts 算子; 铁路图像

中图分类号: TP391.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)18-0029-03

Research based on several kind of marginal check operator in railroad image

Li Jiaqi¹, Dang Jianwu²

(1. College of Physics & Electromechanical Engineering, Hexi University, Zhangye 734000, China;

2. Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The marginal check is one of digital image processing and analysis foundation contents, and has the very important status in the imagery processing. Its algorithm fit and unfit quality immediate influence development system's performance. The paper introduces the basic principle of marginal check technology, describes several marginal check methods, and applies them in the railroad image, studies of the good and bad points using them to process the image.

Key words: marginal check; digital image processing; Roberts operator; railroad image

图像最基本的特征是边缘, 所谓边缘是指图像中像素灰度有阶跃变化或屋顶变化的像素集合, 它存在于目标与背景、目标与目标、区域与区域之间, 并与图像亮度或图像亮度的一阶导数的不连续性有关, 从而表现为阶跃边缘和线条边缘^[1-2]。

阶跃边缘表现为图像亮度在不连续处的两边的像素灰度值有着明显的差异, 这种差异从视觉上表现为图像从亮场景过渡到暗背景, 或从亮背景过渡到暗场景。所以图像亮度的一阶导数的幅度在阶跃边缘上非常大, 而在非边缘上为零。实际图像中, 由于图像传感器的特性和光学衍射效应等影响^[3], 阶跃边缘成斜坡形边缘。线条边缘表现为图像亮度从一个灰度变化到另一个灰度, 之后又很快返回到原来或接近原来的灰度。线条边缘从视觉上位于灰度值从增加到减小或从减小到增加的变化的转折点。与阶跃边缘相同, 在图像传感器的特性和光学衍射效应等影响下, 线条边缘变为屋顶形边缘。

一幅数字图像就是一个信息系统, 大量的信息是由图像的边缘提供的。在图像处理问题中, 边缘作为图像

的一种基本特征, 为人们描述或识别目标以及解释图像提供了一个重要的特征参数^[4-5]。

1 几种边缘检测算子

1.1 Roberts 边缘算子

Roberts 边缘算子^[6-7]是一种利用局部差分算子寻找边缘的算子, 为计算梯度幅值提供了一种简单的近似方法。计算公式为:

$$\nabla f[i, j] = |f[i, j] - f[i+1, j+1]| + |f[i, j+1] - f[i+1, j]| \quad (1)$$

式(1)用卷积模版形式可表示为:

$$\nabla f[i, j] = |G_x| + |G_y| \quad (2)$$

其中, 卷积模版 G_x 和 G_y 如下:

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

1.2 Sobel 边缘算子

Sobel 边缘算子也是一种计算梯度值的近似方法。与 Roberts 边缘算子不同, Sobel 边缘算子是在 3×3 领域内计算梯度值, 这样可以避免在像素之间内插点上计算梯度。计算公式为:

$$M = \sqrt{\nabla f_x^2 + \nabla f_y^2} \quad (3)$$

《微型机与应用》2011 年 第 30 卷 第 18 期

图形、图像与多媒体

其中,点 $[i,j]$ 的偏导数用式(4)计算:

$$\begin{cases} \nabla f_x = (a_2 + ca_3 + a_4) - (a_0 + ca_7 + a_6) \\ \nabla f_y = (a_0 + ca_1 + a_2) - (a_6 + ca_5 + a_4) \end{cases} \quad (4)$$

其中, $c=2$ 。

与其他的梯度算子一样, ∇f_x 和 ∇f_y 可用卷积模版 G_x 和 G_y 来实现。

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Sobel 边缘算子引入了加权局部平均,不仅能检测图像边缘,而且能进一步抑制噪声影响,Sobel 边缘算子是边缘检测中最常用的算法之一。

1.3 Prewitt 边缘算子

Prewitt 边缘算子与 Sobel 边缘算子的偏导数形式完全一样,只是 $c=1$,所以:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

与 Sobel 边缘算子不同,Prewitt 边缘算子没有把重点放在接近于模版中心的像素点(Prewitt 1970)。

1.4 Laplace 算子

Laplace 算子是二维图像中常用的二阶微分边缘检测算子。对于一个连续函数 $f(x,y)$,它在位置 (x,y) 的 Laplace 值定义为:

$$\nabla^2 f(x,y) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} f(x,y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} f(x,y) \quad (5)$$

在数字图像中,Laplace 算子可借助各种模版来实现^[8]。这里对模版的基本要求是对应中心像素的系数应是负的,而对应中心像素临近像素的系数应是正的,且它们的和为零。图 1 所示为两种常用的模版,其中图 1(b)模版使得邻域中心点具有更大的权值。

$$\begin{array}{ccc} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 \\ 4 & -20 & 4 \\ 1 & 4 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{(a) 模版一} & \text{(b) 模版二} \end{array}$$

图 1 Laplace 算子常用的两种模版

Laplace 算子对细线和孤立点的检测效果较好。

1.5 Log 算子

Log 算子又称为马尔算子^[9-11],是在拉普拉斯算子的基础上实现的,它得益于对人的视觉机理的研究,有一定的生物学和生理学意义。

设 $f(x,y)$ 为原图像, $h(x,y)$ 为高斯平滑函数,平滑滤波后的图像可以表示为原图像与平滑函数的卷积:

$$g(x,y) = f(x,y) \otimes h(x,y) \quad (6)$$

然后对图像 $g(x,y)$ 采用拉普拉斯算子进行检测,得:

$$\nabla^2 g(x,y) = \nabla^2 [f(x,y) \otimes h(x,y)] = f(x,y) \otimes \nabla^2 h(x,y) \quad (7)$$

$$\text{其中, } \nabla^2 h(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^4} \left(\frac{x^2+y^2}{\sigma^2} - 2 \right) e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

$\nabla^2 h(x,y)$ 称为拉普拉斯高斯算子 Log (Laplacian of Gaussian)。Log 算子的边缘检测就是要检测满足的点。

1.6 Canny 检测算子

Canny 检测算子^[12-13]是高斯函数的一阶微分,能在噪声抑制和边缘检测之间取得较好的平衡,它有 3 个最佳边缘检测准则:

(1) 最优检测:不漏检真实存在的边缘,也不把非边缘点检出,这样使得输出的信噪比最大;

(2) 最优检测精度:检测到的边缘点的位置与实际边缘点的位置最近;

(3) 检测点与边缘点对应:每一个实际存在的边缘点与检测到的边缘点是一一对应的关系。

设原始输入图像为 $f(x,y)$,平滑滤波脉冲相应为 $h(x,y)$,则平滑滤波后的图像^[14]可由 $g(x,y) = f(x,y) \otimes h(x,y)$ 给出,然后再计算平滑后图像的梯度:

$$\nabla g(x,y) = \begin{bmatrix} g_x' \\ g_y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial g}{\partial x} \\ \frac{\partial g}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (8)$$

由卷积运算特性,有:

$$\nabla g(x,y) = \nabla f(x,y) \otimes h(x,y) = f(x,y) \otimes \nabla h(x,y) \quad (9)$$

所以,Canny 边缘检测的过程可以直接采用原始图像与平滑滤波脉冲相应一阶微分的卷积运算来实现。

2 各种边缘检测算子在铁路图像中的应用

图 2 所示是铁路图像以及应用各种边缘检测算子的检测结果。

3 实验结果分析

Roberts 算子检测方法对具有陡峭的低噪声的图像处理效果较好,但是利用 Roberts 算子提取的边缘比较粗,因此边缘的定位不是很准确。

Sobel 算子检测方法对灰度渐变和噪声较多的图像处理效果较好,Sobel 算子对边缘定位不是很准确,图像的边缘不止一个像素。

Prewitt 算子检测方法对灰度渐变和噪声较多的图像处理效果较好,但边缘较宽,而且间断点多。

Log 算子克服了 Laplacian 算子抗噪声能力比较差的缺点,但是在抑制噪声的同时也可能将原有的比较尖锐的边缘也平滑掉了,造成这些尖锐边缘无法被检测到。

Canny 算子不容易受噪声干扰,能够检测到真正的弱边缘。其优点在于使用两种不同的阈值分别检测强边

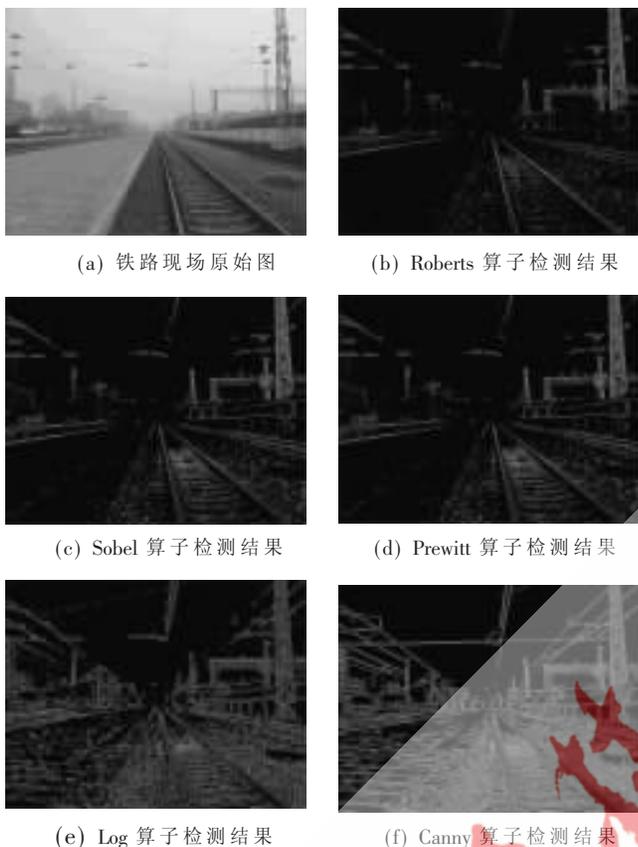


图2 各种边缘检测算子的检测结果

缘和弱边缘,并且当弱边缘和强边缘相连时,才将弱边缘包含在输出图像中。

Laplace 算子对噪声比较敏感,所以很少用该算子检测边缘,而是用该算子来判断边缘像素属于图像的明区还是暗区。

本文介绍了边缘检测技术的基本原理,描述了几种边缘检测方法,并将其应用到铁路图像中。从检测结果来看,这几种边缘检测算法处理图像各有优缺点,将其有机地结合起来实现铁路监控有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 李弼程.智能图像处理技术[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [2] 李文举.智能交通中图像处理技术应用的研究[D].大连:

大连海事大学,2004.

- [3] 汪德洋.智能视频监控关键技术研究[D].西安:西安电子科技大学,2005.
- [4] 王爱玲,叶明生,邓秋香.MATLAB R2007 图像处理技术与应用[M].北京:电子工业出版社,2008.
- [5] 李晗.基于机器视觉的高速车道标志线检测算法的研究[D].沈阳:东北大学,2006.
- [6] 任童.基于先验知识的铁轨识别[D].武汉:武汉理工大学,2007.
- [7] 朱强.移动机器人双目视觉系统的研究与应用[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2007.
- [8] BOSTELMAN R, HONG T, MADHAVAN R. Obstacle detection using a time-of-flight range camera for automated guided vehicle safety and navigation. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 2005(12):237-249.
- [9] SONKA M, HLAVAC V, BOYLE R. 图像处理分析与机器视觉(第2版)[M].艾海舟,武勃,译.北京:人民邮电出版社,2003.
- [10] 李东明.车载铁路路障智能图像检测技术研究[D].成都:西南交通大学,2007.
- [11] 余洪山,王耀南.一种改进型 Canny 边缘检测算法[J]. *计算机工程与应用*, 2004,20:27-29
- [12] STEFANO L D, MARCHIONNI M, MATTOCCIA S. A fast area-based stereo matching algorithm[J]. *Image and Vision Computing*, 2004(22):983-1005.
- [13] 李宝昭.基于匹配的图像识别算法的应用过研究[D].广东:广东工业大学,2007.
- [14] ANSARI M E, MASMOUDI L, BENSRAHAI A. A new regions matching for color stereo images. *Pattern Recognition Letters*, 2007,28:1679-1687.

(收稿日期:2011-07-25)

作者简介:

李佳奇,男,1978年生,硕士研究生,讲师,主要研究方向:信息智能化处理。

党建武,男,1963年生,博士,教授,主要研究方向:计算机应用、神经网络等。