

文章编号: 1671-6906(2007)03-0064-04

# 数字图像处理的边缘检测技术研究

缙西梅, 贾晓辉

(中原工学院, 郑州 450007)

**摘要:** 主要分析几种应用于数字图像处理中的边缘检测算子, 根据它们在实际中的应用结果进行研究, 主要包括: Robert 边缘算子、Prewitt 边缘算子、Sobel 边缘算子、Kirsch 边缘算子以及 Laplacian 算子等, 根据实验处理结果讨论了几种检测方法的优劣。

**关键词:** 数字图像处理; 边缘检测; 算子

**中图分类号:** TP273.2      **文献标识码:** A

**边缘检测**是图像特征提取的重要技术之一, 边缘常常意味着一个区域的终结和另一个区域的开始。图像的边缘包含了物体形状的重要信息, 它不仅在分析图像时大幅度地减少了要处理的信息量, 而且还保护了目标的边界结构。因此, 边缘检测可以看做是处理许多复杂问题的关键。

**图像的边缘**是指图像局部亮度变化最显著的部分, 即在灰度级上发生急剧变化的区域。从空域角度看, 二维图像上的边缘相邻像素灰度从某一个值跳变到另一个差异较大的值; 其灰度变化曲线呈现奇异信号波形: 阶跃信号或屋脊形脉冲信号。阶跃型边缘两侧的灰度值有明显变化; 屋脊型边缘中间的灰度与边缘两侧的灰度有明显差异。在数学上常利用灰度变化曲线及其导数来描述边缘的变化。

对上述两种边缘分别求一阶、二阶导数<sup>[1]</sup>: 阶跃边缘的一阶导数在阶跃点 A 达到极大值, 而二阶导数在 A 点与零交叉; 屋脊边缘的一阶导数在屋脊点 B 上与零交叉, 二阶导数在 B 点达到极值。如图 1 所示。

## 1 边缘检测算法

**对于边缘的检测**常常借助于空域微分算子进行, 通过将其模板与图像卷积完成。两个具有不同灰度值

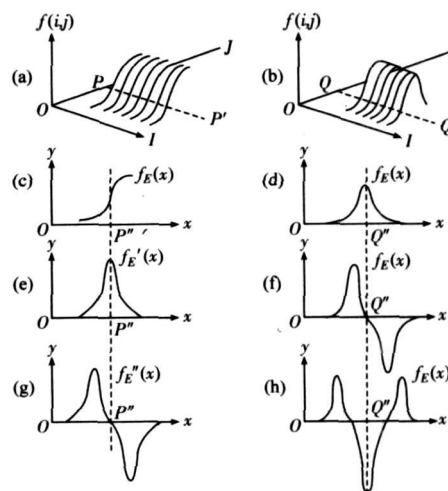


图 1 图像阶跃边缘和屋脊边缘及一阶二阶导数

的相邻区域之间总存在灰度边缘。灰度边缘是灰度值不连续(或突变)的结果, 这种不连续常可利用求一阶和二阶导数方便地检测到。已有的局部技术边缘检测方法, 主要有一次微分(Sobel 算子、Roberts 算子等)、二次微分(拉普拉斯算子等)和模板操作(Prewitt 算子、Kirsch 算子、Robinson 算子等)等。这些边缘检测器对边缘灰度值过渡比较尖锐且噪声较小等不太复杂的图像, 大多数提取算法均可以取得较好的效果<sup>[2]</sup>。但对于边缘复杂、采光不均匀的图像来说, 则效果不太理想。主要表现为边缘模糊、边缘非单像素宽、弱边缘丢

收稿日期: 2007-04-17

作者简介: 缙西梅(1970-), 女, 河南滑县人, 高级程序员, 讲师, 硕士。

失和整体边缘的不连续等方面。

数字图像处理的对象是二维数字信号。首先是邻域的概念: 对于任意像素  $(i, j)$ , 把包含该像素在内的一个集合称为  $(i, j)$  的邻域。从直观上看, 这是像素  $(i, j)$  及其邻近某些像素组成的一个小区域。在数字图像处理中, 最常用的是像素的 4 邻域和 8 邻域。

像素的 4 邻域(4-Neighbor): 对像素  $(i, j)$ , 以及其上  $(i-1, j)$ 、下  $(i+1, j)$ 、左  $(i, j-1)$ 、右  $(i, j+1)$  4 个点构成的集合, 称为像素  $(i, j)$  的 4-邻域。有时也称 4-近邻。如图 2 所示。

像素的 8 邻域(8-Neighbor): 对像素  $(i, j)$ , 将它和上、下、左、右四个像素以及对角线的四个像素构成的集合, 称为像素  $(i, j)$  的 8-邻域。有时也称 8-近邻。如图 3 所示。

	$i-1, j$	
$i, j-1$	$i, j$	$i, j+1$
	$i+1, j$	

图2 像素的 4 邻域

$i-1, j-1$	$i-1, j$	$i-1, j+1$
$i, j-1$	$i, j$	$i, j+1$
$i+1, j-1$	$i+1, j$	$i+1, j+1$

图3 像素的 8 邻域

用算子检测图像边缘的方法是用小区域模板对图像进行处理, 即采用卷积核作为掩模模板在图像中依次移动, 完成图像中每个像素点同模板的卷积运算, 最终输出的边缘幅度结果可以检测出图像的边缘。卷积运算是一种邻域运算。图像处理认为: 某一点像素的结果不但和本像素灰度有关, 而且和其邻域点值有关。运用模板在图像上依此对每一个像素进行卷积, 即模板上每一个点的值与其在图像上当前位置对应的像素点值相乘后再相加, 得出的值就是该点处理后的新值。对于一个  $N \times N$  的图像, 要完成  $9(N-2)^2$  次乘法,  $8(N-2)^2$  次加法, 算法复杂度为  $O(N^2)$ 。

## 2 几种算子在边缘的检测应用中的对比

在实践中, 通过对汽车牌照的处理, 来检验几种算子对边缘检测的有效性。

### 2.1 Robert 边缘算子

Robert 边缘算子是一种局部差分算子。其采用两个  $2 \times 2$  的掩模模板对图像的边缘进行检测(如图 4 所示), 是一种较简单的算子。该模板的运算表达式为<sup>[3]</sup>:

$$g(x, y) = \left\{ \left[ \sqrt{f(x, y) - f(x+1, y+1)} \right]^2 + \left[ \sqrt{f(x+1, y) - f(x, y+1)} \right]^2 \right\}^{1/2}$$

实验结果如图 5 所示。

1	
	-1

	1
-1	

图4 Robert 边缘算子掩模模板

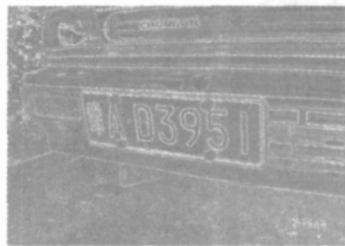


图5 Robert 算子处理的图像

### 2.2 Prewitt 边缘算子

Prewitt 边缘算子由两个卷积核组成(如图 6 所示)。图像中的每一个像素点都用这 2 个核做卷积, 一个核对通常的垂直边缘响应最大, 另一个对水平边缘响应最大。取两者的最大值为该点的输出, 实验结果如图 7 所示。

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

图6 Prewitt 边缘算子卷积核



图7 Prewitt 算子处理的图像

### 2.3 Sobel 边缘算子

Sobel 边缘算子的掩模模板是两个  $3 \times 3$  的卷积核(如图 8 所示)。Sobel 边缘算子强调中心像素的 4-邻域对其的影响, 而削弱 4 个对角近邻像素对其作用。它是有方向性的, 在水平方向和垂直方向上形成最强烈的边缘, 实验结果如图 9 所示。

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

图8 Sobel 卷积核

### 2.4 Kirsch 边缘算子

Kirsch 边缘算子是由一组 8 个  $3 \times 3$  的卷积核组成(如图 10 所示)。每两个卷积核之间的夹角为  $45^\circ$ 。对于图像  $T$ , 模块为  $Wk$  ( $k=1, 2, \dots, 8$ ), 则边缘强度在



图 9 Sobel 算子处理的图像

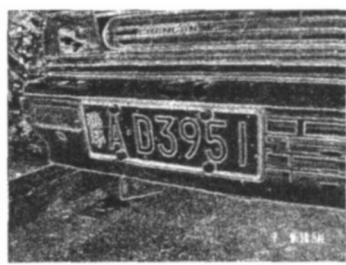


图 13 Laplacian 算子处理的图像

点 $(x, y)$ 处为:

$$E(x, y) = \max\{Wk \cdot T\} \quad (k = 1, 2, \dots, 8)$$

该算子照顾到图像的  $360^\circ$  的 8 个方向的边缘提取, 实验结果如图 11 所示.

5	5	5	-3	5	5
-3	0	-3	-3	0	5
-3	-3	-3	-3	-3	-3
-3	-3	5	-3	-3	-3
-3	0	5	-3	0	5
-3	-3	5	-3	5	5
-3	-3	-3	-3	-3	-3
-3	0	-3	5	0	-3
5	5	5	5	5	-3
5	-3	-3	5	5	-3
5	0	-3	-3	0	-3
5	-3	-3	-3	-3	-3

图 10 Kirsch 边缘算子



图 11 Kirsch 边缘算子处理的图像

## 2.5 Laplacian 算子

Laplacian 算子是无方向性算子, 用一个卷积核就可以对图像进行处理. Laplacian 算子考虑二阶差分, 其典型的卷积核如图 12 所示, 实验结果如图 13 所示.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

图 12 Laplacian 算子

## 3 几种边缘算子处理图像的比较和分析

经 Sobel 算子处理的图像几乎分辨不出边框, 这是因为原始图像的日光和阴影斑驳, 最亮点并不是牌照的边缘. 由于拍摄角度倾斜, 牌照边框也不呈现水平或垂直的方向.

经 Kirsch 边缘算子处理的图像比用 Sobel 卷积核处理的图像稍好一点, 但仍分辨不出边框. 因为要从 8 个不同的角度处理图像, Kirsch 边缘算子计算繁琐, 运算速度相对慢.

Laplacian 算子是一种二阶导数算子. 如前所述, 阶跃边缘的二阶导数会在边缘处产生一个陡峭的零交叉. 二阶导数算子过零点准确地位于图像的边缘, 而且其具有各向同性的特点, 其边缘检测结果是不包含边缘方向信息的双像素宽边缘. 经 Laplacian 算子处理的图像有较清晰的边缘, 是几种算法中最理想的.

## 4 结 语

几种边缘提取算法在边缘明显、噪声很低的情况下会得到很好的边缘效果. 但是对于实际采集的具有大量噪声的图像就会将噪声点作为边缘点, 从而无法突出我们想要的边缘纹理. 要想解决这一问题必须对图像进行去噪声滤波, 或者进行图像平滑. 但是由于图像本身的质量原因, 滤波或者平滑都会使信息丢失, 对于下面的定位来说反而是增加难度. 经实验证明: 如果原图像是在较好的环境和条件下获取的, 只有 Laplacian 算子和 Guass Laplacian 算子处理的结果可以接受. 考虑到现实应用中所面临的问题, 我们将寻求更加有效的图像处理方法.

(下转第 70 页)

### 3 结 语

基于 IPTV 的网上订烟系统, 具有网络计算机交易功能, 可实现安全、实时高效的网上交易、信息采集、统计分析等功能. 终端成本低、操作方便、维护简单, 特别易于在广大的烟草销售网点推广, 是目前互联网最

新的应用技术. 目前我国的 IPTV 还处于起步阶段, 快速增长的 IPTV 市场将为网络运营商、终端制造商、内容集成商、服务提供商、增值内容开发商和方案集成商等提供巨大的市场机会, 其应用市场前景非常乐观, 基于 IPTV 网站订烟系统商务模式, 此系统可扩展为 IPTV 电子商务平台.

### 参考文献:

- [1] 陶蒙华. IPTV 业务运营平台的接口及发展趋势[J]. 电信科学, 2006(3): 36—39.
- [2] 飞思科技产品研发中心. JSP 应用开发详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [3] 肖晴, 祁庆中, 吴志明. IPTV 增值业务及其实现技术探讨[J]. 电信科学, 2006(3): 32—35.

## Design and Implementation of Cigarette Booking System Based on IPTV

ZHAO Dong, WANG Hai-long, LI Ju

(Zhongyuan University of Technology Zhengzhou 450007, China)

**Abstract:** This paper introduces a new method of on-line cigarette booking based on IPTV, instead of using computer, which combines delivery to solve the problem of cigarette booking, to implement information-ization of cigarette sale.

**Key words:** IPTV; cigarette booking system; management of information system

(上接第 66 页)

### 参考文献:

- [1] 郎锐. 数字图像处理学 Visual C++ 实现[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2003.
- [2] 张宏林. Visual C++ 数字图像模式识别技术及工程实践经验[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [3] 田村秀行(日). 计算机图像处理[M]. 金喜子等译. 北京: 科学出版社, 2004.

## Researching of Edge Detecting in Digital Image Processing

GOU Xi-mei, JIA Xiao-hui

(Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

**Abstract:** This paper mainly researches edge detecting methods applied in the digital image processing. And based the results of experiment, it introduces several edge detecting operator as well, such as Robert edge detecting operator, Prewitt edge detecting operator, Sobel edge detecting operator, Kirsch and Laplacian edge detecting operator. And it also discusses the advantages and pitfalls for the several detecting methods regarding the processing results.

**Key words:** digital image processing; edge detecting; operator