

【技术与方法】

示踪因子凝胶图像边缘识别算法研究

宋德瑞, 许自舟, 张云, 许道艳

(国家海洋环境监测中心, 辽宁大连 116023)

摘要: 对海上污染来源进行解析, 是监督污染源排放的有效手段之一。通过图像灰度处理原理, 提出以边缘检测方法来分析示踪凝胶电泳图像的思路, 并对 Sobel 算子和 Gauss-Laplace 算子进行了详细分析, 使用 VC++ 编程实现, 给出部分关键软件代码。最终得出 Gauss-Laplace 算子对于检测凝胶图像边缘效果较佳的结论, 为示踪因子凝胶图像分析提供更简易方法。

关键词: 凝胶电泳图像; 边缘识别; Sobel; Gauss-Laplace

中图分类号: X55 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-6336(2010)06-0911-03

Study on edge recognition algorithm of gel image of trace factor

SONG De-rui, XU Zi-zhou, ZHANG Yun, XU Dao-yan

(National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

Abstract: The analysis of the marine pollution sources is an effective means for the instruction of monitoring of the pollution sources. Through the image process, the idea of the gel electrophoresis images was analyzed by the edge detection. The Sobel operator and the Gauss-Laplace operator were analyzed and the part of the software code was given out. The actual results showed that the Gauss-Laplace operator had a better effect on detecting the edge of the gel images. It provided the easy way for the analysis of the tracing gel image.

Key words: gel electrophoresis images; edge recognition; Sobel; Gauss-Laplace

1 引言

了解污染物排放入海后的扩散结果, 定性和定量地解析海上污染物的来源, 这对于保障海洋资源的可持续开发利用、沿海社会经济的可持续发展, 都有着非常重要的现实意义和深远的历史意义。利用示踪因子追溯污染源在国内海洋环境监测方面尚处于研究阶段, “海洋污染物被动示踪监测技术”课题采用粪大肠菌群作为示踪因子, 利用凝胶电泳图像方法来确定污染物排放源已成功通过专家评审组验收, 但是解析凝胶电泳图像的软件及方法一直依赖仪器设备自带软件, 可移植性不强。

图像处理的任务是将原图像的灰度分布做某种变换, 使得图像中的某部分信息更加突出, 以使其适应于某种特殊的需求^[1]。图像处理的方法研究源于两个主要应用领域: 其一是为了便于人们分析而对图像信息进行改进; 其二是为使机器自动理解而对图像数据进行存储、传

输及显示^[2]。本文的研究同时针对了上述两个应用领域, 尝试使用数字图像处理中常用的两种边缘识别算法对电泳图像进行分析处理, 以期达到直观显示图像显著特征, 辅助科研人员进行分析识别的目的。

2 实现方法

边缘(edge)是图像最基本也是最重要的特征之一, 在图像中表现为局部范围灰度的突变^[3], 它指的是周围像素灰度有阶跃变化或屋顶变化的那些像素的集合。边缘作为提取目标和背景的分界线能大大减少所要处理的信息, 同时又保留图像物体中的形状信息, 因而边界检测具有重要的应用意义。并且图像边缘检测技术是图像分割^[4], 目标区域的识别, 区域形状提取等图像分析领域中十分重要的基础。本文采用两种边缘检测算子对凝胶电泳图像进行边缘特征提取。

一幅图像可以定义为一个二维函数 $f(x, y)$, 这里 x

收稿日期: 2009-06-04, 修订日期: 2009-12-03

基金项目: 国家海洋局青年海洋科学基金资助项目(2005505)

作者简介: 宋德瑞(1978-), 男, 黑龙江省通河县人, 工程师, 主要研究方向为海洋环境监测业务信息化, E-mail: drsong@nmemc.gov.cn

和 y 是空间坐标,而在任何一对空间坐标 (x, y) 上的幅值 f 称为该点图像的强度或灰度。当 (x, y) 和幅值 f 为有限的、离散的数值时,称该图像为数字图像。2 个灰度值不同的区域之间的界限即是边缘,换句话说,边缘就是灰度值不连续的结果^[2]。这种不连续性通常利用求导数的方法检测,一般常用一阶导数和二阶导数来检测边缘。为了能够让边缘检测效果得到最好,在检测前对实验室产生的数字图像做了旋转矫正和锐化处理,在本文中这步操作使用了现有的成熟软件,这里只做以简要介绍。

2.1 锐化

图像锐化 (sharpening) 处理的目的是使边缘和轮廓线模糊的图像变得清晰,并使其细节清晰。因为锐化操作会导致噪声增强,所以在使用时只能根据实际图像的清晰程度酌情处理,一般在图像具有较高信噪比的情况下才进行锐化。

2.2 边缘检测算子

经典的边缘提取思路是考虑图像在某个领域灰度的变化,定义像素“边缘强度”,利用边缘邻近一阶或二阶方向导数变化规律,设置阈值提取边缘点集。但是由于噪声和图像模糊的原因,检测到的边界可能会有间断的情况发生,所以边缘检测包含 2 个内容:(1)用边缘算子提取边缘点集。(2)在边缘点集合众去除某些边缘点并填充一些边缘点,将得到的边缘点集连接为线。

针对凝胶电泳图像特点和算法特点,本文将尝试使用 Sobel 算子和 Gauss-Laplace 算子,通过编程实现算法,比对两种算子对示踪因子凝胶图像边缘识别的效果。

2.2.1 Sobel 算子

Sobel 算子是边缘检测中能够最常用的算子之一。Sobel 算子是先做加权平均,然后在微分,公式如下:

$$\Delta_x f(x, y) = [f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1)] - [f(x-1, y-1) + 2f(x, y-1) + f(x+1, y-1)],$$

$$\Delta_y f(x, y) = [f(x-1, y-1) + 2f(x-1, y) + f(x-1, y+1)] - [f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1)].$$

一个是检测水平边缘的 $\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$,另一个是检测

垂直边缘的 $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 。与其他梯度算子相比, Sobel 算

子对于像素的位置的影响作了加权,理论效果会更好。

算法部分代码:

```

BOOL WINAPI SobelDIB ( LPSTR lpDIBBits, LONG
IWidth, LONG IHeight)
//拷贝源图像到缓存图像中
lpDst1 = (char *) lpNewDIBBits1;
memcpy ( lpNewDIBBits1, lpDIBBits, IWidth * IHeight );
lpDst2 = (char *) lpNewDIBBits2;
memcpy ( lpNewDIBBits2, lpDIBBits, IWidth * IHeight );

```

//设置 Sobel 模板参数

iTempW = 3;

iTempH = 3;

fTempC = 1.0;

iTempMX = 1;

iTempMY = 1;

aTemplate[0] = -1.0;

aTemplate[1] = -2.0;

aTemplate[2] = -1.0;

//求两幅缓存图像的最大值

for (j=0; j<IHeight; j++)

{for (i=0; i<IWidth-1; i++)}

//指向缓存图像 1 倒数第 j 行,第 i 个象素的指针

lpDst1 = (char *) lpNewDIBBits1 + IWidth * j + i;

//指向缓存图像 2 倒数第 j 行,第 i 个象素的指针

lpDst2 = (char *) lpNewDIBBits2 + IWidth * j + i;

if (*lpDst2 > *lpDst1)

*lpDst1 = *lpDst2;

}}

//复制经过模板运算后的图像到源图像

memcpy (lpDIBBits, lpNewDIBBits1, IWidth * IHeight)。

2.2.2 高斯拉普拉斯 (Gauss-Laplace) 算子

Marr 和 Hildreth 将高斯滤波和拉普拉斯边缘检测结合在一起,形成 Gauss-Laplace 算子,它把高斯平滑滤波器和拉普拉斯锐化滤波器结合起来,先平滑到噪声,再进行边缘检测。它的基本特征^[5]为:(1)平滑滤波器是高斯滤波器;(2)增强步骤采用二阶导数(二维拉普拉斯函数);(3)边缘检测判据是二阶导数零交叉点并对应一阶导数的较大峰值;(4)使用线性内插方法在子像素分辨率水平上估计边缘的位置。

处理时,对以 $f(x, y)$ 为中心的 3×3 区域施以 3×3 加权屏蔽窗口,计算出此窗口的相关值,求得拉普拉斯算子图像 $G(x, y)$,其数学公式如(1)所示。

$$G[f(x, y)] = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)]; \quad (1)$$

其中 $G[f(x, y)]$ 表示处理后 (x, y) 点的灰度值; $f(x, y)$ 表示处理前 (x, y) 点的灰度值。

通常使用的拉普拉斯算子是 3×3 算子,如图 1。

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

图 1 Gauss-Laplace 3×3 算子

Fig. 1 Gauss-Laplace 3×3 operator

通常使用的高斯拉普拉斯算子是 5×5 的模版,如图 2 所示。

$$\begin{bmatrix} -2 & -4 & -4 & -4 & -2 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -4 & 8 & 2 & 4 & 8 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -2 & -4 & -4 & -4 & -2 \end{bmatrix}$$

图2 Gauss-Laplace 5×5 算子

Fig. 2 Gauss-Laplace 5×5 operator

变成实现算法部分代码:

```

BOOL WINAPI GaussDIB ( LPSTR lpDIBBits, LONG
lWidth, LONG lHeight)
// 拷贝源图像到缓存图像中
lpDst1 = (char *)lpNewDIBBits1;
memcpy ( lpNewDIBBits1, lpDIBBits, lWidth *
lHeight);
lpDst2 = (char *)lpNewDIBBits2;
memcpy ( lpNewDIBBits2, lpDIBBits, lWidth *
lHeight);
// 设置 Gauss 模板参数
iTempW = 5;
iTempH = 5;
fTempC = 1.0;
iTempMX = 3;
iTempMY = 3;
aTemplate[0] = -2.0;
aTemplate[1] = -4.0;
aTemplate[2] = -4.0;
aTemplate[3] = -4.0;
aTemplate[4] = -2.0;
aTemplate[5] = -4.0;
    
```

```

aTemplate[6] = 0.0;
aTemplate[7] = 8.0;
aTemplate[8] = 0.0;
aTemplate[9] = -4.0;
aTemplate[10] = -4.0;
aTemplate[11] = 8.0;
aTemplate[12] = 24.0;
aTemplate[13] = 8.0;
aTemplate[14] = -4.0;
aTemplate[15] = -4.0;
aTemplate[16] = 0.0;
aTemplate[17] = 8.0;
aTemplate[18] = 0.0;
aTemplate[19] = -4.0;
aTemplate[20] = -2.0;
aTemplate[21] = -4.0;
aTemplate[22] = -4.0;
aTemplate[23] = -4.0;
aTemplate[24] = -2.0;
//调用 Template() 函数
if (! Template (lpNewDIBBits1, lWidth, lHeight,
iTempH, iTempW, iTempMX, iTempMY, aTemplate,
fTempC))
{ return FALSE; }
//复制经过模板运算后的图像到源图像
memcpy ( lpDIBBits, lpNewDIBBits1, lWidth *
lHeight);
    
```

本文给出的算法在 VC++ 环境下编写、调试。两种算子识别电泳图像结果如图 3。

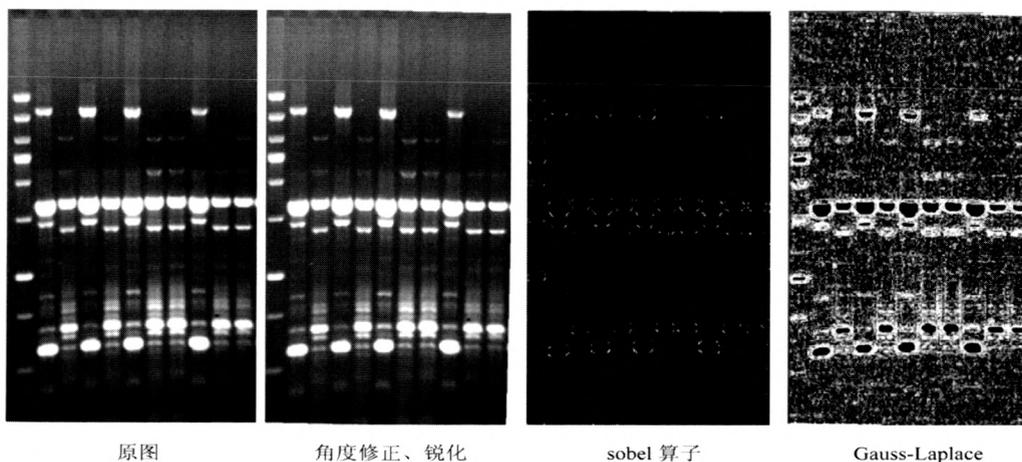


图3 算法比对过程

Fig. 3 Process of algorithms comparison

(上接第913页)

3 结论

Sobel算子利用像素点上下、左右邻点的灰度加权算法,根据在边缘点处达到极值这一现象进行边缘的检测。这种算子对灰度渐变和噪声较多的图像处理效果较好,能够产生较好的检测效果,而且对噪声有平滑作用,所以能提供较为精确的边缘方向信息,且具有一定的噪声抑制能力,但计算量大,在检测阶跃边缘时得到的边缘宽度至少为二像素,容易检测出伪边缘,定位精度不高。从实验使用实际效果来看凝胶电泳图像的显著特征表达不突出。

Gauss-Laplace算子中拉普拉斯算子是一个二阶导数,它在图像边缘产生一个陡峭的零交叉,由于噪声点对边缘检测有一定影响,所以高斯拉普拉斯算子是效果较好的边缘检测器。它把高斯平滑滤波器和拉普拉斯锐化滤波器结合起来,先平滑掉噪声,再进行边缘检测,所以效果较好。从实验使用实际效果来看凝胶电泳图像的显著特征表达较为明显,对凝胶图像的显著特征边缘识别效果较好,但同时也看到由于图片噪声较高而导致识别的非显著特征变得模糊。

针对本文的应用需求来看,由于实验室分析人员主

要是想得到电泳图像的显著特征,而非细节特征,所以 Gauss-Laplace算子更适合本文的实际应用。同时我们也在实验过程中发现凝胶图像仪器成像质量、操作人员采用实验方法及标准物质不尽一致,所产生的图像质量往往良莠不齐,而图像的质量将直接影响边缘算子对图像特征的准确处理。本文完成对凝胶图像的初步分析处理,编程实现了两种分析算法,读者可据此思路开发更深入的图像分析系统,最终实现对凝胶图像的自动匹配识别。

参考文献:

- [1] 孙家广. 计算机图形学[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [2] RAFAEL C GONZALEZ, RICHARD E WOODS 著. 秋琦, 阮宇智等译. Digital Image Processing Second Edition[M]. 北京:电子工业出版社,2007. 1-4.
- [3] WILLIAN K PRATT 著. 鲁华, 张延恒等译. Digital Image Processing[M]. 北京:机械工业出版社,2005. 463-467.
- [4] PAUL C, GEOFFERY H, IAN R, et al. A novel approach to spot detection for two-dimensional gel electrophoresis images using pixel value collection[J]. Proteomics, 2003, 3:392-401.
- [5] 胡小峰, 赵辉. Visual C++/Matlab 图像处理与识别实用案例精选[M]. 北京:人民邮电出版社,2004. 90-91.