

【基础研究】

B 样条小波边缘检测改进算法^{*}张志红¹, 任 杰²

(1. 中国移动通信集团河北有限公司 石家庄分公司, 石家庄 050021; 2. 71192 部队, 山东 文登 264400)

摘要:提出了一种改进的 B 样条小波边缘检测算法,并在抑制噪声干扰和锐化图像弱边缘的基础上,采用自适应平滑滤波和 B 样条小波多尺度阈值方法进行了边缘检测.实验结果表明,改进的 B 样条小波边缘检测算法在除噪和提取弱边缘上可获得更好的效果.

关键词:边缘检测; B 样条; 小波变换

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2010)02-0136-03

图像边缘是描述图像最基本、最有意义的特征,故边缘检测是计算机视觉和图像处理领域最经典的研究课题之一^[1].边缘检测的主要目的是对图像灰度变化进行度量、检测和定位.目前,已经研究和发展的许多有效的边缘检测算子,包括梯度算子、Robert 算子和拉普拉斯算子,这 3 种微分算子虽然运算简单,但抗干扰性差.此后,人们又提出了 Sobel 算子、Prewitt 算子和 Krish 算子等,这些微分算子通常采用很小的模板进行计算,故对噪声比较敏感;同时,这些微分算子在边缘提取时还会引入噪声.此外,还有采用较大模板以获得较好边缘检测效果的低通滤波拉普拉斯-高斯算子,该算子虽然抗噪能力强,但边缘细节丢失较多.更为重要的是,上述几种方法不能对信号进行局部化分析,在噪声抑制和图像边缘细节提取精度之间存在矛盾^[2].为了有效地对图像进行去噪和边缘提取处理,本文中采用了二维小波变换作为边缘检测算法,可以获得较高的频域分辨率和空域分辨率^[3];同时,提出了 1 种改进的 B 样条小波边缘检测算法,并采用自适应滤波算法对图像进行迭代,以增强微弱边缘信息.

1 2 类边缘检测算子及相应 B 样条小波边缘检测算子^[4]

信号 $f(x)$ 在任意尺度 s 和位置 x 处的小波变换定义为

$$W_s f(x) = f * \psi_s(x) = \int f(t) \psi_s(x-t) dt \quad (1)$$

其中: $\psi_s(x) = \frac{1}{s} \psi(\frac{x}{s})$ 称作小波,是母小波 $\psi(x)$ 经伸缩尺度因子 s 而得到的,他要求满足附加的消失矩条件

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x^k \psi(x) dx = 0 \quad (2)$$

式中: $k \geq 0$,即要求有至少 0 阶的消失矩.

消失矩条件等价于 $\psi(x)$ 可表示成 1 个光滑函数 $\theta(x)$ 的 k 次导数.显然,可选取小波为 $\theta(x)$ 的一阶或二阶导数,则 2 类 B 样条小波为

$$\begin{cases} \psi^1(x) = \frac{d\theta}{dx} \\ \psi^2(x) = \frac{d^2\theta}{dx^2} \end{cases} \quad (3)$$

式中: $\theta(x)$ 为主值函数,其积分值为 1,且在无穷远处趋于 0,显然他是 1 个低通滤波算子.例如,可取 $\theta(x)$ 为 Gaussian 函数

$$\theta(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

在选取小波为第 1 类小波或第 2 类小波时可得到

$$\begin{cases} W_s f(x) = f * (s \frac{d\theta_s}{dx})(x) = s \frac{d}{dx}(f * \theta_s)(x) \\ W_s f(x) = f * (s^2 \frac{d^2\theta}{dx^2})(x) = s^2 \frac{d^2}{dx^2}(f * \theta_s)(x) \end{cases} \quad (5)$$

他们分别是信号在尺度 s 被平滑后的一阶或二阶导数.第 1 类小波变换的局部极值检测对应着第 2 类小波的零交叉检测.若取 $\theta(x)$ 为 Gaussian 函数,则局部极值检测对应着 Canny 边缘检测算子,零交叉检测对应的就是 Marr-Hildreth 边缘检测;若取 $\theta(x)$ 为 m 阶 B 样条函数,则分别对应着 2 类 B 样条小波边缘检测算子.

2 改进的 B 样条边缘检测算法

上述 B 样条边缘检测算法的实质是先对图像进行低

* 收稿日期: 2009-11-28

作者简介: 张志红(1974—),男,硕士,工程师,主要从事光通信与光网络技术研究.

通滤波,然后再求其导数,最后检测导数模的极大值点.该算法虽然可避免噪声的干扰,但同时会损失一些弱边缘.而采用自适应平滑滤波方法对图像进行边缘锐化则可有效避免弱边缘的损失,提取到模糊的边缘^[5].

2.1 自适应平滑滤波

常用的图像平滑处理滤波器是高斯滤波器,其基本思想是将高斯核函数 $G_s(m, n, \sigma)$ 与原始图像 $f_0(m, n)$ 进行卷积,得到一个平滑的图像 $f_1(x, y)$

$$f_1(m, n) = f_0(m, n) \cdot G_s(m, n, \sigma) \quad (6)$$

式中: $G_s(m, n, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp[-\frac{1}{2\sigma^2}(m^2 + n^2)]$; σ 为高斯标准方差; m 为原始图像点的横坐标变量; n 为原始图像点的纵坐标变量.

高斯滤波器的平滑作用可通过 σ 来控制.为了更好地保留图像边缘,在像元灰度值发生突变的位置,将滤波器的权值由 1 设置为 0,这样就能避免对突变处的像元点进行平滑.由于滤波窗的长度是有限的,所以可通过选择合适的滤波窗长度,使由突变处隔开的 2 个不同区域不被平均.对于突变处的像元点,平滑过程将会把他们归于邻近区域,因此,经过平滑滤波后,将增强图像的边缘.

但在实际应用中,实时判断图像像元灰度值的突变发生位置非常困难,且发生突变的陡峭程度也不一样,因此不能简单的用硬判决(0,1)来决定任意点的权值.为此,可采用对原始图像中各像元点灰度值不连续性的计算来自适应调整滤波器的权系数,即

$$w^{(k)}(m) = O(d^{(k)}(m)) \quad (7)$$

式中: $d^{(k)}(m)$ 是对像元灰度值不连续的度量; $O(d^{(k)}(m))$ 为单调递减函数.令 $O(0) = 1$,且随着 $O^{(k)}(m)$ 的增大, $O(d^{(k)}(m)) \rightarrow 0$.这里取像元灰度值的梯度作为 $d^{(k)}(m)$ 的估值.

当图像灰度值用二维信号 $f^{(k)}(m, n)$ 表示时, $d^{(k)}(m, n)$ 定义为 $f^{(k)}(m, n)$ 的梯度(为便于计算,令滤波窗尺寸为 3×3)

$$\left(\frac{\partial f^{(k)}(m, n)}{\partial m}, \frac{\partial f^{(k)}(m, n)}{\partial n} \right) = (G_m, G_n) \quad (8)$$

因此,反映图像像元灰度值连续性的权函数 $w^{(k)}(m, n)$ 可表示为

$$w^{(k)}(m, n) = D[w^{(k)}(m, n)] = \exp\left[-\frac{(d^{(k)}(m, n))^2}{2h^2}\right] \quad (9)$$

式中: $d^{(k)}(m, n) = \sqrt{G_m^2 + G_n^2}$.

于是,在点 (m, n) 处的平滑信号 $f^{(k)}(m, n)$ 定义为

$$f^{(k+1)}(m, n) = \frac{1}{N^{(k)}} \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f^{(k)}(m+i, n+j) \cdot w^{(k)}(m+j, n+j) \quad (10)$$

式中: $N^{(k)} = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 w^{(k)}(m+i, n+j)$.

自适应平滑滤波器的计算步骤如下.

- 1) 令 $k=0$, 设置迭代次数 K , 并设置参数 h .
- 2) 计算梯度

$$\begin{cases} G_m(m, n) = \frac{1}{2} [f(m+1, n) - f(m-1, n)] \\ G_n(m, n) = \frac{1}{2} [f(m, n+1) - f(m, n-1)] \end{cases} \quad (11)$$

3) 计算连续权系数

$$w(m, n) = \exp\left[-\frac{G_m^2(m, n) + G_n^2(m, n)}{2h^2}\right] \quad (12)$$

4) 对迭代图像进行加权平均

$$f^{k+1}(m, n) = \frac{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f^k(m+i, n+j) w^k(m+i, n+j)}{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 w^k(m+i, n+j)} \quad (13)$$

5) 判断 k 是否等于 K . 如果 $k=K$, 则结束迭代; 否则, 令 $k=K+1$, 转步骤 2).

经过多次迭代后,滤波器的输出图像就变为由若干均匀强度区域所组成的图像,且这些区域间存在很好的边缘.自适应平滑具有 2 个明显的作用:一是锐化了区域边缘;二是使区域内部得到了平滑.自适应滤波器的平滑作用是缓慢和渐进的,而边缘锐化则只需经过少数几次迭代就能实现,因此自适应平滑滤波具有良好的抑制噪声的性能.

2.2 使用自适应平滑滤波改进 B 样条边缘检测算法

改进的 B 样条边缘检测方法采用自适应平滑滤波算法对图像进行滤波,然后用 B 样条小波多尺度阈值方法进行边缘检测.在每一尺度,通过检测沿相角方向的小波变换模的局部极大值点得到可能的边缘图像 $P_{2^j}f(x, y)$.为了去除由噪声引起的虚假边缘,需设置一阈值.但是,若对整幅图像采用同一阈值,则在去除噪声的同时,也会去除图像中的微弱边缘被,影响检测效果.

因此,可按如下方法确定阈值:采用 32×32 的窗口,对可能的边缘图像 $P_{2^j}f(x, y)$ 进行扫描,由窗口内的小波变换系数求出阈值,计算公式为

$$T = T_0 + a_0 \times \sum_{i,j} c_{i,j} \quad (14)$$

式中: T 是阈值; T_0 是初始值; $c_{i,j}$ 是与当前窗口相对应的小波系数; a_0 是一比例系数,用以决定与当前窗口相对应的小波系数对阈值的影响程度. T_0, a_0 的值可根据实际情况进行调整.

采用 B 样条小波边缘检测算法和改进算法,对图 1 所示的原始图进行了计算机仿真^[6].尺度为 2^j ($j=1, 2$) 的检测结果分别如图 2、图 3 所示.

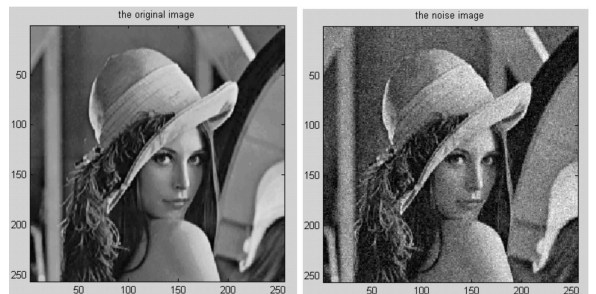


图 1 Lenna 原图与 Lenna 加噪图像

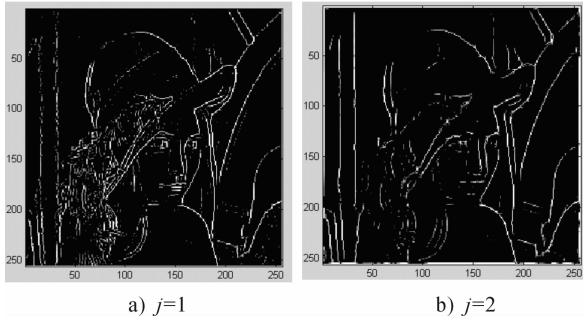


图2 第1类B样条小波边缘检测算子

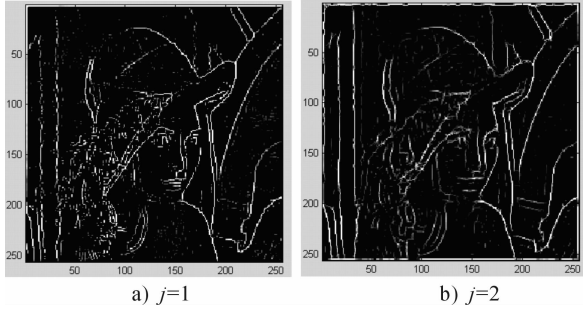


图3 改进B样条边缘检测算子

自适应滤波算法对图像进行了迭代,增强了微弱边缘信息.在阈值选取上,为了避免微弱边缘的丢失,选用了自适应阈值.实验结果表明,改进的B样条小波边缘检测算法能更好地提取图像边缘,在消除噪声和提取弱边缘上比一般的B样条小波边缘检测算法效果更好.

参考文献:

- [1] 徐建华. 图像处理与分析[M]. 北京:北京科学出版社,1992.
- [2] 张晖,吴斌. B样条小波在图像多尺度边缘检测中的应用研究[J]. 西南工学院学报, 2000(4): 30-35.
- [3] 张小琳. 图像边缘检测技术综述[J]. 高能量密度物理, 2007(1): 37-40.
- [4] 孙球. 小波变换在图像边缘检测中的应用[D]. 西安:西北工业大学, 2004.
- [5] 周晓明,马秋禾. 基于Canny算子的改进的图像边缘检测方法[J]. 影像技术, 2008(4): 17-20.
- [6] 贺兴华等. MATLAB7. X图像处理[M]. 北京:人民邮电出版社, 2006.

(责任编辑 周江川)

3 结论

介绍了1种改进的B样条小波边缘检测算法,并采用

(上接第121页)

5 结束语

基于校园一卡通的网络收费管理系统将校园网自助服务平台链接至校园信息门户平台中,教职工及学生通过信息门户便可进入网络自服平台,进行本人网费使用情况的查询及相关网络业务开通的申请.在长安大学原有网络认证计费系统基础上设计开发了一卡通缴费子系统,通过自助终端刷卡完成用户网络使用费用的缴纳及网络使用权限的开通,所收网费归入校园一卡通管理中心账户,与校计财处统一结算.这样不仅简化了用户缴费手续,而且更有利于学校财务的统一管理.

下一步计划在保证数据安全的前提下,着眼于学校跨流程应用业务的拓展研究工作,进一步依托校园门户系统,将计财处学生收费管理系统、教务处学籍管理系统、研究生管理系统、学工部学生工作管理系统、一卡通系统及图书馆管理系统连接贯通,创建跨流程的学生注册管理系统^[4],将学生从入校、缴费、注册、选课、考试、成绩获取、奖

励资助、图书借阅、上网、就业、离校等活动贯穿起来,依据学生缴费情况对学生的各项活动进行灵活控制,抑制学生的恶意欠费,从根本上消除高校部分学生拖欠学费的现象.

参考文献:

- [1] 李晓彤. 基于UML的学生网络收费系统的分析[J]. 怀化学院学报, 2007, 26(8): 48-50.
- [2] 段智敏,王如龙,孙美青. 基于一卡通的数字化校园资源整合研究与实现[J]. 计算机工程与科学, 2008, 30(1): 8-11.
- [3] 林葱,蔡秀珊. 校园一卡通系统的总体设计和实现[J]. 中国教育信息化, 2007(7): 49-52.
- [4] 段述明. 基于校园网的教学科研文献信息服务系统功能设计与实现[J]. 重庆工学院学报:自然科学版, 2008, 22(3): 174-176.

(责任编辑 刘 舸)