

结合 Canny 算子的图像二值化

陈 强 朱立新 夏德深

(南京理工大学计算机系 南京 210094)

(chen2qiang@163.com)

摘 要 对经典的二值化方法 Ostu 算法和 Bernsen 算法中存在的缺点进行了分析,提出一种结合 Canny 算子的图像二值化方法.该方法综合考虑了边缘信息和灰度信息,通过边缘附近种子点在高阈值二值化图像中的填充和低阈值图像对它的修补而得到二值化结果图像,较好地解决了经典二值化方法中存在的抗噪能力差、边缘粗糙、伪影现象等缺点.实验结果证明,该方法能够较好地解决低对比度图像和目标像素灰度不均匀图像的二值化问题.

关键词 二值化;Canny;边缘检测;种子填充

中图法分类号 TP391.4

Image Binarization Based on Canny's Operator

Chen Qiang Zhu Lixin Xia Deshen

(The Computer Department, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094)

Abstract We propose a binarization algorithm based on Canny's operator after an investigation to the drawbacks of the classic binarization algorithms, Ostu algorithm and Bernsen algorithm. The algorithm uses both edge and intensity information, and generates the binarization image by filling the image, which was binarized using a high threshold, with seeds near edges of the Canny edge image, and remedying it with the image binarized using a low threshold. This method overcomes the drawbacks in the classic binarization algorithms: noise sensitivity, edge coarseness, fake shadow etc. The experimental results show that the method is effective on the binarization of low contrast images and the images in which object intensity is not uniform.

Key words binarization; Canny; edge detection; seed filling

1 引 言

二值化是模式识别、支票字符分割识别^[1]、指纹识别^[2]等应用的重要预处理技术.目前图像二值化方法主要有以下几种:(1)全局阈值法;(2)局部阈值法;(3)动态阈值法.全局阈值化方法实现简单,对于具有明显双峰直方图的图像效果明显,但对于低对比度和光照不均匀的图像效果不佳,抗噪能力差,因而应用范围受到极大限制.如 Ostu^[3]算法是一种经典的整体阈值方法,它反映了整个图像灰度

分布情况,但它单一阈值的特性决定了它的抗噪能力较差.局部阈值法能处理较为复杂的情况,但往往忽略了图像的边缘特征,容易出现伪影现象.如经典的局部阈值化算法, Bernsen 算法^[4],其阈值由考察点邻域的灰度确定,算法中不存在预定阈值,适应性较整体阈值法广,但是当窗口的宽度较小时,容易出现伪影现象和目标的丢失;而当窗口宽度增大时,算法的速度将受到很大影响.动态阈值法充分考虑了像元的邻域特征,能够根据图像的不同背景情况自适应地改变阈值,可较精确地提取出二值图像,但它过渡地夸大了像元的邻域灰度的变化,会

把不均匀灰度分布的背景分割到目标中去,带来许多不应出现的假目标。

文献[5]提出了一种综合全局二值化与边缘检测的图像分割方法,但它只是简单地将边缘信息和全局阈值相结合,仅在一定程度的弥补了全局阈值法的不足,对于字体本身灰度不均匀的情况考虑不够,得到的字体边缘也不够光滑。文献[6]提出了一种与文献[5]类似的二值化方法,它也是对边缘附近的像素做了特别处理,但如果目标内部的灰度较低时,则在二值化结果中就不能反映出来,因为它远离边界,同时灰度低于全局阈值。

本文结合由 Canny 算子得到的边缘图和基于 Canny 算法中的高低阈值连接原理,提出了一种新的图像二值化方法:先用 Canny 算子对原图做边缘检测得到边缘图像,然后依据边缘图像自适应地得到高、低阈值。将边缘附近的非孤立低灰度点作为种子点,在由高阈值得到的二值图像中做种子填充,同时以边缘线和边缘线附近的高灰度点作为种子生长的屏障。另外,依据当前种子填充区域边缘点中种子点所占比重,判断此区域是否为目标区域。将种子填充后图像中灰度值低于低阈值的点置黑,最后将一些小连通区域作为噪声去除,从而得到最终的二值化图像。

2 结合 Canny 算子的图像二值化

2.1 基本原理

图 1 所示为真实票据上的印章图像,图 2 所示为用 Canny 算子^[7]对图 1 做边缘检测得到的边缘图像。从图 2 可以看出:真实目标的边缘丢失少,虚假边缘少,边缘比较完整和光滑。我们设想:如果真实目标边缘完整而且封闭,然后在真实目标边缘内做种子填充,那么得到的二值化图像将接近理想情况(如图 3 所示)。为了达到或接近图 3 所示的二值化结果,我们需要对图 2 做如下操作:(1)去伪边缘;(2)封闭真实边缘;(3)在真实目标边缘内选取种子点做种子填充。



图 1 印章图像



图 2 边缘图像



图 3 人工二值化结果

为此,本文提出了一种结合 Canny 算子的图像二值化方法,该方法充分利用了 Canny 算子检测边缘的优良特性。Canny 算子的边缘检测最优性与以下标准有关^[8]:

(1) 检测标准. 不丢失重要的边缘,不应有虚假的边缘。

(2) 定位标准. 实际边缘与检测到的边缘位置之间的偏差最小。

(3) 单响应标准. 将多个响应降低为单个响应。

考虑到 Canny 算子的如上优点,本文从 Canny 算子的边缘图像中提取有用信息,如目标像素的灰度和背景像素的灰度,从而自动确定整幅图像的高、低阈值;真实目标内的种子点。提取的种子点应尽量在真实目标边缘内部,然后种子点在高阈值图像上做种子填充,填充时将边缘线和边缘线附近的较高灰度像素作为种子填充的屏障,达到封闭真实边缘的目的。另外,考虑到种子点可能在背景中生长,还需判断当前种子点填充的区域是否为目标区域。

2.2 算法实现

基于以上讨论,得到了如下的具体算法:

Step1. 对如图 4a 所示原图 I 做 Canny 边缘检测,得到如图 4b 所示边缘图像 eI ;

Step2. 去除 eI 中的孤立小边缘,然后对 eI 中的每一点进行判断。如果为边缘点,则将它四邻域中的非边缘点存入临时矩阵 T 中。如果 T 中点的数目大于 1,则将其对应于 I 中灰度值最低的点存放在矩阵 IE 中,其余点存放在矩阵 hE 中。

Step3. 求得低阈值 $LT = \frac{1}{m} \sum_{(i,j) \in IE} I(i,j)$, m 为 IE 中点

的个数;高阈值 $HT = \frac{1}{n} \sum_{(i,j) \in hE} I(i,j)$, n 为 hE 中点的个数.

Step4. 将 IE 中的点作为种子点存入矩阵 S 中.

Step5. 用 HT 二值化 I 得到如图 4c 所示高阈值二值化图像 hbl , 然后将 $hbl(i,j) | (i,j) \in hE \text{ or } (i,j) \in eI$ 中的边缘点置为背景点, 得到如图 4d 所示种子生长屏障图像 $hbl2$.

Step6. 用 S 中的点作为种子点在 $hbl2$ 中进行如图 4e 所示的种子填充, 判断当前种子点填充区域的边缘点中种子点所占的比重, 如果此比重大于某一阈值(如 0.1), 则将此填充区域内的点置为目标点, 那些没有种子点的区域和种子点在区域边缘点中占的比重较小的区域都置为背景点, 从而得到如图 4f 所示初步的二值化图像 sbl .

Step7. 用 LT 二值化 I 得到如图 4g 所示的图像 lbi , 然后将 $sbl(i,j) | (i,j) \in lbi$ 中的目标点置为目标点, 得到如图 4h 所示的高、低阈值的联合图像 hli .

Step8. 去除 hli 中的连通个数小于某一阈值的目标点, 得到如图 4i 所示最终的二值化图像 rl .

图 4j 所示为图 4e 的局部放大, 其中符号“+”为种子点. 由本文算法的结果图 4i 所示与图 3 比较可知: 真实目标基本上都检测到了, 只是图 4i 所示的目标不如图 3 的饱满.

Step2 中, 去除孤立小边缘是为了去除伪边缘; Step5 中, 将高阈值图像中的边缘点和高灰度像素点置为背景, 是为了达到封闭真实边缘的目的; Step6 中, 判断当前种子点填充区域的边缘点中种子点所占的比重, 是为了进一步判断当前区域是否为目标区域. 因为目标区域中种子点在区域边缘点中占的比重较大, 而背景区域中种子点在区域边缘点中占的比重较小, 据此可以去除伪影.

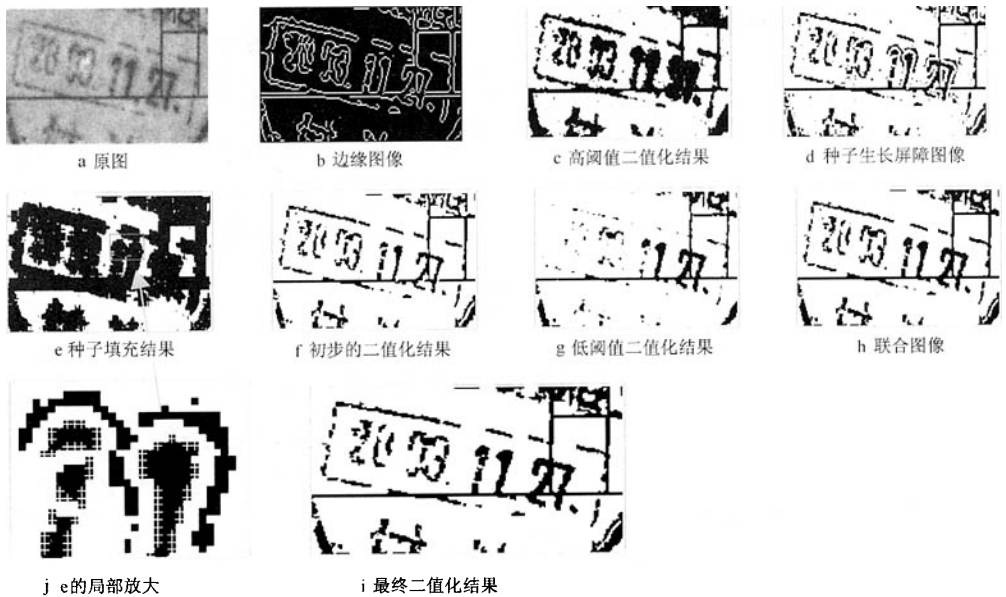


图 4 本文方法实现过程

本文方法与经典的图像二值化方法相比具有如下区别: (1) 充分利用了 Canny 算子边缘光滑特性; (2) 种子点在高阈值图像的目标内生长, 从而解决了目标内灰度不一致性的问题; (3) 对得到的可能区域进一步判断, 去除伪目标区域; (4) 高、低阈值相结合, 较好地解决了细节丢失和噪声增多两者间的平衡问题. 如果取阈值 $0.5 \times (LT + HT)$, 则得到简化的二值化结果图像, 对于要求不是很高的情况, 它是一种合理的二值化方法. 但是, 本文方法也存在一些缺点: 如边缘的不封闭性可能导致部分噪声的引入.

3 实验结果及分析

下面以对比度较差的扫描票据图像为例, 比较以上几种方法的性能. 图 5 所示为加噪的扫描图像二值化结果比较图. 对于这种含高斯噪声的扫描图像, Ostu 算法二值化的效果较好, 但它还是会丢掉一些灰度较低的目标点, 如图 5b 所示, Ostu 算法基本上能得到较完整的目标图像, 但却丢失了线框中的灰度较低点, 这是单一阈值不可避免的问题. Bernsen 算法二值化(如图 5a 所示)的效果不理想, 由于窗口的宽度取得不够大, 导致伪影的出现和目

标点的丢失,如图5c所示;而如果窗口宽度取得太大,又会失去局部阈值的意义,同时导致速度很慢,所以窗口大小的选择对于 Bernsen 算法来说也是个问题.将本文方法作用于图5a取得了很好的效果(如图5d所示),它不会出现图5c中的伪影现象,也较好地解决了图5b,5c中低灰度目标点丢失的现象.

图6所示为印章扫描图像的二值化结果比较图,可以看出印章图像的目标灰度不均匀,且目标边缘存在伪影.单一阈值的 Ostu 算法不能解决细节丢失与噪声增多的矛盾,它只能寻求两者间的较好平衡,如图6b所示. Bernsen 算法对于像图6a所示细节丰富的印章图像效果较 Ostu 算法好,它能得到更多的细节信息,但它的抗噪能力较差,得到的目标边缘比较粗糙,如图6c所示.从图6d可以看出,本文方法对于低对比度的印章图像效果较好,它具有细节信息丢失较少、抗噪能力强、边缘光滑的优点,特别是很好地解决了印章图像中经常出现的伪影现象.

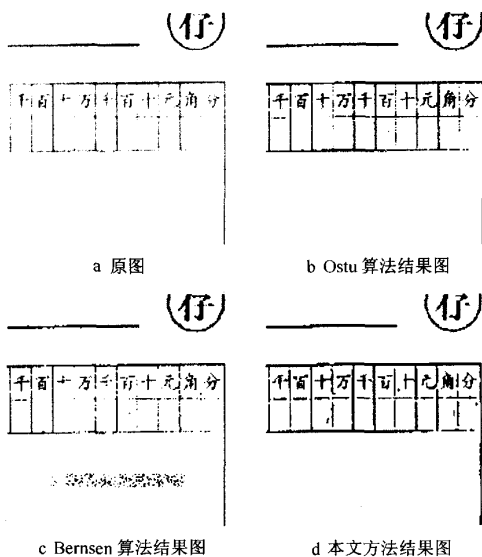


图5 加噪图像的二值化结果比较

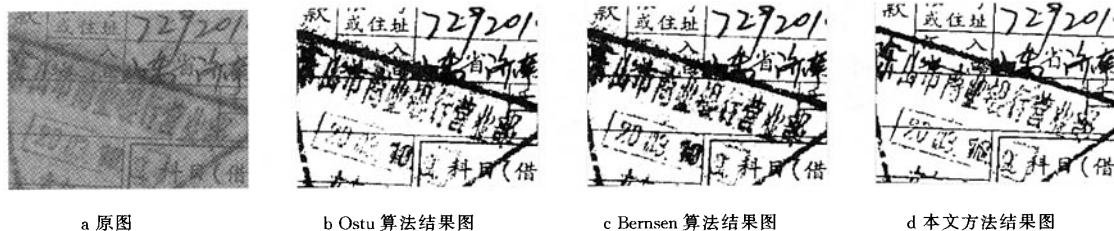


图6 印章扫描图像的二值化结果比较

4 结 论

针对一些经典二值化方法(如 Ostu 算法和 Bernsen 算法)中存在的抗噪能力差,低灰度目标信息的丢失,边缘粗糙等不足,本文提出了一种切实可行的二值化方法——结合 Canny 算子的图像二值化.它充分利用了 Canny 边缘信息,使得该方法具有如下优点:(1)利用高、低阈值和边缘信息相结合的方法进行二值化,可以弥补单一阈值所不能解决的细节丢失和噪声增多两者间的平衡问题.(2)Canny 算子的边缘光滑性使得二值图像的边缘也能保持较好的光滑性.(3)整个二值化过程完全自动化,不需要人工干预.本文方法对于低对比度图像和目标灰度不均匀的图像(如印章图像)适用,特别适合低对比度图像和灰度不均匀的图像,如印章图像.将本文方法应用于银行票据的预处理取得了很好的效果,从而为后续的模板匹配、分割识别提供了良好的条件.

参 考 文 献

- [1] Simon J C, Baret O, Gorski N. A system for the recognition of handwritten literal amounts of checks [A]. In: Proceedings of the Conference on Document Analysis System, Kaiserslautern, 1994. 135~155
- [2] Li Jianhua, Ma Xiaomei, Guo Cheng'an. Binarization method of fingerprint images based on orientation and dynamic threshold [J]. Journal of Dalian University of Technology, 2002, 42(5): 626~628 (in Chinese)
(李建华, 马小妹, 郭成安. 基于方向图的动态阈值指纹图像二值化方法[J]. 大连理工大学学报, 2002, 42(5): 626~628)
- [3] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62~66
- [4] Bernsen J. Dynamic thresholding of gray-level images [A]. In: Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition [C]. Paris: IEEE Computer Society Press, 1986. 1251~1255

- [5] Zhao Xuesong, Chen Shuzhen. Image segmentation based on global binarization and edge detection [J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2001, 13(2): 118~121 (in Chinese)

(赵雪松, 陈淑珍. 综合全局二值化与边缘检测的图像分割方法[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2001, 13(2): 118~121)

- [6] Wang Qiang, Ma Lizhuang. Binary-conversion of image with feature preserving [J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2000, 12(10): 746~750 (in Chinese)

(王强, 马利庄. 图像二值化时图像特征的保留[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2000, 12(10): 746~750)

- [7] Canny John. A computational approach to edge detection [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1986, 8(6): 679~698

- [8] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. *Image Processing, Analysis, and Machine Vision* [M]. 2nd ed. Beijing: People's Posts & Telecommunications Publishing House, 2003 (in Chinese)

([美]Milan Sonka, [捷克]Vaclav Hlavac, [英]Roger Boyle. 艾海舟, 武勃, 等译. *图像处理、分析与机器视觉*[M]. 第2版. 北京: 人民邮电出版社, 2003)



陈强 男, 1979 年生, 博士研究生, 主要研究方向为图像分析与理解、模式识别与人工智能.



朱立新 男, 1979 年生, 博士研究生, 主要研究方向为图像处理、计算机视觉.



夏德深 男, 1941 年生, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为图像处理、卫星遥感、模式识别.

作者：[陈强](#), [朱立新](#), [夏德深](#), [Chen Qiang](#), [Zhu Lixin](#), [Xia Deshen](#)
作者单位：[南京理工大学计算机系, 南京, 210094](#)
刊名：[计算机辅助设计与图形学学报](#) **ISTIC EI PKU**
英文刊名：[JOURNAL OF COMPUTER-AIDED DESIGN & COMPUTER GRAPHICS](#)
年, 卷(期): 2005, 17 (6)
被引用次数: 22次

参考文献(8条)

1. [Simon J C;Baret O;Gorski N](#) [A system for the recognition of handwritten literal amounts of checks](#) 1994
2. [李建华;马小妹;郭成安](#) [基于方向图的动态阈值指纹图像二值化方法](#)[期刊论文]-[大连理工大学学报](#) 2002(05)
3. [Otsu N](#) [A threshold selection method from gray-level histograms](#) 1979
4. [Bernsen J](#) [Dynamic thresholding of gray-level images](#) 1986
5. [赵雪松;陈淑珍](#) [综合全局二值化与边缘检测的图像分割方法](#)[期刊论文]-[计算机辅助设计与图形学学报](#) 2001(02)
6. [王强;马利庄](#) [图像二值化时图像特征的保留](#)[期刊论文]-[计算机辅助设计与图形学学报](#) 2000(10)
7. [Canny John](#) [A computational approach to edge detection](#) 1986(06)
8. [Vaclav Hlavac;Roger Boyle;艾海舟;武勃](#) [图像处理、分析与机器视觉](#) 2003

引证文献(22条)

1. [王涛;徐娅萍;亢海龙](#) [结合Canny算子的图像二值化方法](#)[期刊论文]-[微型电脑应用](#) 2010(2)
2. [孟兆新;张绍群;张嘉振](#) [基于边缘检测的微小疲劳裂纹图像数据提取](#)[期刊论文]-[东北林业大学学报](#) 2006(3)
3. [董星宏;李西京;张创军;张国强;刘春](#) [地磁记录图的数字化识别结果与人工量图结果对比分析](#)[期刊论文]-[高原地震](#) 2009(3)
4. [李学勇;路长厚;李国平](#) [基于二阶梯度图的Canny检测边缘修补方法](#)[期刊论文]-[光电子·激光](#) 2007(3)
5. [明安龙;马华东;赵庆鹏](#) [散焦模糊的畸变QR barcode图像复原技术](#)[期刊论文]-[计算机辅助设计与图形学学报](#) 2007(8)
6. [苏波](#) [基于形态梯度运算的遥感图像边缘检测](#)[期刊论文]-[微计算机信息](#) 2007(21)
7. [王伟;何卫平;雷蕾;林清松;李夏霜](#) [标刻在金属零件上的二维条码数据提取方法](#)[期刊论文]-[计算机辅助设计与图形学学报](#) 2012(5)
8. [李国平;路长厚;李健美](#) [基于Canny算子字符边缘检测与分割方法研究](#)[期刊论文]-[机床与液压](#) 2007(12)
9. [刘鲲鹏;王滨海;陈西广;金立军](#) [基于Freeman改进准则的输电线断股识别](#)[期刊论文]-[机电工程](#) 2012(2)
10. [杨硕;尚振宏](#) [一种新的二维条码图像二值化算法](#)[期刊论文]-[昆明理工大学学报\(理工版\)](#) 2008(1)
11. [李博;李仕奇;谭振豪](#) [基于机器视觉的封印产品防伪条码在线检测系统](#)[期刊论文]-[制造业自动化](#) 2013(13)
12. [肖锋;王和顺](#) [基于0型密封圈尺寸的检测方法](#)[期刊论文]-[电脑与信息技术](#) 2013(2)
13. [肖锋;王和顺](#) [基于0型密封圈尺寸的检测方法](#)[期刊论文]-[工具技术](#) 2013(4)
14. [丛露微;沈星星](#) [一种基于笔画特征的车牌前景背景分割新方法](#)[期刊论文]-[电子测试](#) 2011(5)
15. [严传鹏](#) [基于图像处理的边坡表面状态检测方法研究](#)[期刊论文]-[农业网络信息](#) 2011(8)
16. [胡将胜;侯建华](#) [基于区域标注的车牌提取算法研究](#)[期刊论文]-[科学技术与工程](#) 2011(2)
17. [彭召意;周玉;吴志辉](#) [彩色人体图像的二值化方法](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2010(6)

18. [闫子飞](#), [于淼](#), [王宽全](#), [李乃民](#) [近红外舌下图像的舌下静脉分割方法](#)[期刊论文]•[计算机辅助设计与图形学学报](#) 2008(12)
19. [王荣华](#), [杜平安](#), [黄明镜](#), [聂宝林](#) [基于等温线温度识别的示温漆温度自动识别算法](#)[期刊论文]•[电子测量与仪器学报](#) 2010(6)
20. [孔繁健](#) [基于高分辨率卫星图像的电厂目标的识别](#)[学位论文]硕士 2006
21. [吴梦麟](#) [图像式水表读数识别方法研究](#)[学位论文]硕士 2006
22. [姚磊](#) [基于Hough变换和不变矩的图像模式识别技术研究](#)[学位论文]硕士 2006

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjfzsjytxxb200506029.aspx