

图像二值化时图像特征的保留

746-750

王 强

马利庄

TN911.73

(浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室 杭州 310027)

(浙江大学计算机系 杭州 310027)

摘 要 讨论了在进行图像二值化时如何保留图像的边界特征. 基于图像的边界信息和微分算子, 提出了一个局部阈值和整体阈值相结合的新的自动选择阈值算法. 实验表明, 这个基于边界特征检测算子的算法能很好地保留原图的边界特征, 并能处理低质量的图像.

关键词 二值化, 局部阈值, 整体阈值, 自适应, 边界特征

中图法分类号 TP391

图像二值化

图像特征

图像处理

Binary-Conversion of Image with Feature Preserving

WANG Qiang MA Li-Zhuang

(State Key Laboratory of CAD & CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

(Department of Computer Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract Based on operators for edge feature detection, a new method of adaptive threshold selection is proposed which combines the local threshold with global threshold selection. Our experiments show that the new algorithm keeps the original edge features well and is efficient for processing low-quality images.

Key words binary conversion, local threshold, global threshold, adaptive, edge detection

1 引 言

图像二值化是图像处理的一项基本技术, 也是很多图像处理技术的预处理技术. 在模式识别技术^[1]、光学字符识别(OCR)^[4]、医学数据可视化中的切片配准^[6]、及在如银行验印系统等工程应用中, 图像二值化是它们进行数据预处理的重要技术. 在很多图像处理技术中, 图像特征对于最终的识别结果起着关键作用. 如在医学数据可视化中的切片配准中, 切片图像的边界轮廓特征对于配准是至关重要的. 因此在进行二值化预处理过程中, 能否保留原图的主要特征是很关键的.

在上述各系统中, 图像来源各不相同, 有手写纸

张、印刷纸张、医学图像、银行支票等, 获取图像的途径也各不相同, 如 CCD、数字相机、扫描仪、X 光、CT、MRI、显微镜等, 扫描到计算机里的图像质量也参差不齐, 其中 CCD 和数字相机受环境光的影响很大. 同时, 图像来源如纸张、支票也可能质量很差. 因此, 我们需要一种能处理低质量、甚至单峰直方图的图像的二值化方法, 以尽可能地保留我们所需要的信息, 特别是原图的特征信息.

在已知的图像二值化算法中, 局部阈值法对处理低质量图像较为有效, 但是时间开销大, 而且在某些情况下会产生一些失真. 因此, 需要一种不产生失真、且时间开销又不大的方法来处理低质量图像, 并保留足够的特征信息.

在上述应用中, 图像二值化时的阈值的选择必

原稿收到日期: 1999-06-21; 修改稿收到日期: 1999-10-14. 本课题得到国家杰出青年基金(69625304)资助. 王 强, 男, 1968 年生, 博士研究生, 主要研究方向为图像处理、计算机图形、科学计算可视化. 马利庄, 男, 1963 年生, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为 CAGD、计算机图形学、图像处理、科学计算可视化.

须是由计算机自动选取的,因此,自动阈值的选取方法就非常值得研究.好的阈值自动选取方法既能较好地保留原图中有用的信息,又能减小时间上的开销.

本文对图像二值化方法进行了讨论,并特别讨论了图像二值化阈值的自动选择.在此基础上,提出了一个新的图像二值化算法.该算法着重于在图像二值化时保留原图的边界特征,且无须人工干预.

2 已有的二值化方法

二值化可以看作是一种图像的压缩,压缩后的图像每像素只占 1-bit.在多数情况下,这种压缩是有损压缩,许多图像的细节丢失了.因此,在二值化的过程中,我们应尽量保持图像中与应用有关的细节.

二值化的阈值选取已有很多方法,主要分为 3 类^[1-3]:

- (1) 整体阈值法;
- (2) 局部阈值法;
- (3) 动态阈值法.

整体阈值二值化方法是指在二值化过程中只使用一个阈值 α 的方法;局部阈值法则由像素灰度值和像素周围点局部灰度特性来确定像素的阈值的;动态阈值法的阈值选择不仅取决于该像素灰度值以及它周围像素的灰度值,而且还和该像素的坐标位置有关.一般来说,整体阈值法对质量较好的图像较为有效(这些图像的直方图有两个峰值),而局部阈值法则能适应较为复杂的情况.

上述提到的应用中,阈值的选择必须由计算机来自行进行.在已有的算法中,有很多是必须由人工进行干预的,不适合上述应用.下面列举一些自动阈值的选择算法.

- (1) 非零元素取 1 法^[5].
- (2) 平均灰度值法.该方法以图像中所有像素的灰度值的平均值为阈值.
- (3) 最大方差法^[5].该方法取阈值 α ,它把双峰直方图一分为二,并使被分开的两部分之间方差最大.

以上 3 种方法都是整体阈值法,是较为常用的方法.下面的方法则需要人工干预.

- (4) P 块法^[5].阈值 θ 满足条件:灰度值大于或

等于 θ 的像素占全体像素的 $100t$ ($0 \leq t \leq 1$),其中 t 由用户给定.

以上算法都没有考虑在二值化过程中保留原有图像的特征.比如一幅在不均匀光照明下的图像中物体轮廓的灰度是变化的,也许是模糊的,但是边界线仍然可以识别出来,用图像的特征检测算法也可以检测出来^[1].从下面实验可以看出,现有的算法在很多情况下,二值化结果图会失去原图的许多丰富的细节.

本文提出的新的图像二值化算法是一种局部阈值法.

3 基于边界特征的二值化算法

在文字识别、银行印章识别等系统的二值化处理中,最理想的结果是以字体轮廓为边界,将在边界内的像素变换为黑像素,边界外的像素变换为白像素.这也是本文提出的新算法的目的.

在此,我们提出一种结合图像边界特征来进行二值化的方法.边界特征在文字识别、印章识别等应用中是非常重要的特征,是识别成功与否的关键.因此,在这些应用中的二值化预处理过程中,我们希望能较好地保留原图的边界特征,并不增加新的边界特征.

我们已知有很多差分算子:

- (1) $\Delta_x f(i, j) = f(i, j) - f(i+1, j)$,
 $\Delta_y f(i, j) = f(i, j) - f(i, j+1)$.
- (2) 中心差分算子
 $\Delta_{xx} f(i, j) = f(i+1, j) - f(i-1, j)$,
 $\Delta_{yy} f(i, j) = f(i, j+1) - f(i, j-1)$.
- (3) Roberts 算子
 $\Delta_+ f(i, j) = f(i+1, j+1) - f(i, j)$,
 $\Delta_- f(i, j) = f(i, j+1) - f(i+1, j)$.

以下是一些以 3×3 掩膜表示的算子:

- (4) Prewitt 算子

$$\begin{array}{ccc|ccc} -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ \hline & \Delta_x & & & \Delta_y & \end{array}$$

- (5) Sobel 算子

$$\begin{array}{ccc|ccc} -1 & 0 & 1 & 1 & 2 & 1 \\ -2 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & -1 & -2 & -1 \\ \hline & \Delta_x & & & \Delta_y & \end{array}$$

还有一些其它的差分算子,如 Kirsch 算子、Robinson 算子、Laplacian 算子等.在以下的实验中我们发现,并不是所有的算子都适合二值化的阈值选取,选择算子的标准是二值化结果不出现失真或变形.

算法思想的关键是:用差分算子检测到图像的灰度变化较为剧烈的地方,在这些像素上进行二值化阈值的自适应选择;对于其它边界像素点则采取常规方法进行二值化处理.该算法描述如下:

```
// 输入: 灰度或彩色图像  $f$ 
// 输出: 二值图像  $g$ 
Step1. 对  $f$  进行去噪声等预处理工作;
Step2. 对  $f$  进行抽取边界特征,得到边界图像  $e$ ;
Step3. 对  $e$  进行常规二值化处理,得到二值图像  $b$ ;
Step4. 用整体阈值法确定一个  $f$  的整体阈值  $T_0$ ;
Step5. // 确定  $f$  的每个像素  $f(i,j)$  对应的阈值  $T(i,j)$ 
    for 每个像素  $f(i,j)$  do
        if  $b(i,j)=1$  then // 边界像素
            begin
                 $A$  = 与求  $e(i,j)$  相关的像素的平均灰度
                for 每个与求  $e(i,j)$  相关的像素  $f(u,v)$ 
                     $T(u,v) = A$ 
            end
        else if  $T(i,j)$  is not set then
             $T(i,j) = T_0$ 
```

Step6. 根据求出的阈值 $T(i,j)$ 输出二值图像 g .

由于原图中会因为摄像机的扰动或其它干扰而含有噪声,所以在 Step1 要进行预处理,可采用 3×3 或 $N \times N$ 均值滤波器或中值滤波器,或者选择更为复杂一些的如自适应平滑化方法^[5],当然还可转换为灰度图像.图 1 是通过摄像机镜头获取的图像.图 2 是采用 3×3 均值滤波器,经过去噪声处理的结果图.



图 1 原图

对图像进行预处理后,进行 Step2: 边界特征抽



图 2 图 1 的预处理结果

取,这是二值化阈值自适应选取的基础.图 3 是图 2 的边界求取结果,这里采用如下的差分算子

$$\nabla f(i,j) = |f(i,j) - f(i+1,j)| + |f(i,j) - f(i,j+1)|.$$

Step3 是对边界特征图进行常规二值化,以确定哪些像素点是边界像素点.这时可采用平均灰度值或最大方差法等方法,这一步也可以与 Step5 结合进行. Step5 是算法的关键,根据 Step3 的结果进行二值化阈值的自适应选择,在灰度剧烈变化的地方进行局部阈值计算. Step6 根据计算出的阈值进行二值化输出.图 4 是图 1 的二值化结果图.

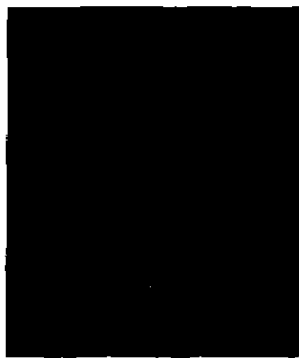


图 3 边界特征抽取结果



图 4 最终结果

在这个例子中,像素 (i, j) 到 $(i+1, j)$ 和 $(i, j+1)$ 的灰度变化对 (i, j) 处的阈值选择起作用.

总结以上过程,算法中可以调整的因素有:

- (1) 去噪声方法选择;
- (2) 微分算子选择;
- (3) 边界特征图二值化方法.

其中差分算子的选择对二值化效果影响较大,如果选择不适当的差分算子,就得不到预期的效果.

4 实例及其讨论和比较

在上节中提出了把图像边界特征与其它阈值选取结合起来的算法.图 5—图 8 是用该算法和其它几种自动选取阈值二值化方法对同一幅图像进行处理比较的结果.



图 5 原图



图 6 基于边界信息的二值化



图 7 以最大方差为阈值的二值化

比较以上几幅图可以看出,以最大方差为阈值的二值化比以平均灰度值为阈值的效果要好,但用



图 8 以平均灰度值为阈值的二值化

本文的方法得到的结果(如图 6 所示)的二值化效果最好,它较好地保持了原图的细节信息(包括眼睛等五官的轮廓和头发的细节).

表 1 是采用自适应选择阈值方法、最大方差法和平均灰度值法对图 5 进行处理所用的 CPU 时间比较.

表 1 用几种方法对图 5 进行二值化所用 CPU 时间比较
(P166, 32M 内存)

二值化方法	CPU 时间(s)
自适应选择阈值方法	0.041
最大方差法	0.013
平均灰度值法	0.013

从表中可以看出,从时间开销方面考虑,自适应选择阈值方法已可以实用化了.在实际编程中还可以将算法中 Step2—Step5 结合起来以提高效率.

5 结 论

本文提出了一种新的对图像二值化算法,该算法能使二值化图像保持原图像的边界特征,是一种自适应调整阈值的方法,因而能处理某些低质量或污染过的图像.

致 谢 感谢余正生博士的建议,同时也感谢万华根博士的鼓励.

参 考 文 献

- 1 A Rosenfeld, A C Kak. Digital Picture Processing. Beijing: Science Press, 1983. 57—190
- 2 Jing Ren-Jie, et al. Computer Image Processing. Hangzhou: Zhejiang University Press, 1990(in Chinese)
(荆仁杰,等编. 计算机图像处理. 杭州:浙江大学出版社,1990)
- 3 J S Weszka. A survey of threshold selection techniques. Computer Graphics and Image Processing, 1978, 7(2):259—265
- 4 Zheng Xin-Zhong. Chinese OCR Techniques. Beijing: Tsinghua

- University Press; Nanning; Guangxi Science & Technology Press, 1992(in Chinese)
- (张所中. 汉字识别技术. 北京: 清华大学出版社; 南宁: 广西科学技术出版社, 1992)
- 5 Wang Xu-Fa, Zhuang Zhen-Quan, Wang Dong-Sheng. Image Processing Programming in C. Hefei: Publishing House of University of Science & Technology of China, 1994(in Chinese)
- (王照法, 庄镇泉, 王东生. C 语言图像处理程序设计. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1994)
- 6 Guo Hong-Hui. Study of basic algorithms for medical visualization[Ph D Dissertation]. Hangzhou: Zhejiang University, 1997(in Chinese)
- (郭红辉. 医学体数据可视化基础算法研究[博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 1997)

中国图像图形学会第十届学术会议(CIG'2001)征文通知

中国图像图形学会第十届全国图像图形学术会议(CIG'2001)定于 2001 年 5 月 23—25 日在宁波召开. 由浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室和宁波大学联合承办. 会议将以“图像图形学科发展、理论与应用技术”为主题, 开展广泛的交流和讨论. 会议将特邀著名学者和专家就图像图形科学的最新动态和热点问题作专题讲演和报告. 欢迎从事科研、教学、工程、开发及推广应用的广大图像图形工作者积极投稿.

一、征文范围

- | | | |
|----------------------|----------------|------------------|
| 1. 图像图形技术发展 | 9. 图像图形数据库信息系统 | 18. 计算机辅助设计与制造 |
| 2. 图像图形获取、显示与输入/输出技术 | 10. 图像图形彩色印刷技术 | 19. 虚拟现实/虚拟环境(*) |
| 3. 图像图形压缩与编码技术 | 11. 网上图像图形技术 | 20. 多媒体技术 |
| 4. 图像图形存储技术 | 12. 可视化技术 | 21. 图像图形融合技术 |
| 5. 图像图形通讯技术 | 13. 非真实感绘制 | 22. 计算机游戏 |
| 6. 图像图形处理技术 | 14. 计算机动画 | 23. 遥感图像与地理信息系统 |
| 7. 图像图形识别与理解 | 15. 计算机艺术 | 24. 医学图像处理技术 |
| 8. 图像图形标准化 | 16. 计算机绘图 | 25. 工业图像处理技术 |
| | 17. 图像图形系统 | 26. 图像图形其它相关技术 |

*注: 在大会期间, 同期举办“虚拟现实”专题研讨会, 接受虚拟现实的各分支研究论文.

二、征文要求及有关事项

- 稿件应反映在图像图形科学及相关领域的理论、技术、产品或应用成果, 并未在其它会议及国内公开刊物上发表过.
- 经会议程序委员会评审录用的论文将收入大会论文集. 部分优秀论文将推荐到《International Journal of Image and Graphics》, 《计算机辅助设计与图形学学报》, 《计算机研究与发展》, 《中国图像图形学报》, 作为专题论文在 2001 年第 5 期正式发表.

3. 文稿请按 Word 格式排版, 接受电子投稿和正常打印投稿(附软盘), 凡经录用论文, 将按统一规格排版印刷.

4. 重要日期:

征文截止日期: 2001 年 1 月 30 日

录取通知日期: 2001 年 2 月 20 日

照相版论文截止日期: 2001 年 3 月 15 日

5. 来稿请寄:

(1) pzg@cad.zju.edu.cn (电子版)

(2) 杭州 310027, 浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室 潘志庚, 胡敏 收(打印文稿, 附软盘, 一式三份, 注明: CIG'2001 会议论文)

三、产品展示

会议期间将举办图像图形产品展示会、新产品发布会和专题报告会. 欢迎有关厂家、公司报名参展. 请参展单位来函来人联系.

参展报名截止日期: 2001 年 4 月 20 日

联系人: 潘志庚 浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室(杭州 310027)

电话: 0571-7951045, 7951780

传真: 0571-7951780

联系人: 徐铁峰 宁波大学信息科学和工程学院(宁波 315211)

电话: 0574-7600344 138-05892404

传真: 0574-7605303

会议网址: <http://www.chinagraph.net>

[相关消息也可见: <http://cad.zju.edu.cn>(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室)]