

一种基于多阈值的灰度图像去噪算法

王树梅, 张 晨

(徐州师范大学 计算机科学与技术学院, 江苏 徐州 221116)

摘 要:对灰度图像的去噪是图像处理技术中的重要组成部分,能够将图像中目标部分的主题信息凸显出来是一项具有重要意义的工作。提出一种灰度图像的去噪算法。本算法首先利用区域增长技术将图像分为不同的区域,这些区域里的像素之间存在一定的相似性,满足一定的相似规则;然后,根据每个区域的像素,计算出各自的适合区域特征的阈值;最后,根据每个阈值分别对每个区域二值化,得到一二值化图像。本算法区别于全局阈值法和局部阈值法,实验结果证明,本算法在提取灰度图像主题信息具有较为明显的效果。

关键词:灰度图像;二值化;阈值;自适应

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)11-0073-04

A Removing Noise Algorithm of Gray Image Based on Multi-Threshold

WANG Shu-mei, ZHANG Chen

(Department of Computer Science and Technology, Xuzhou Normal University, Xuzhou 221116, China)

Abstract: Denoising in the grayscale image is an important part of image processing technology, and showing the prominent theme of an image is an important work. In this paper, a denoising algorithm of grayscale image is present. Firstly, the growing technique is used to divide the image into different regions, the pixels in these regions have some similarities, and meet a certain similarity rule; Then, the threshold of each region is calculated on the base of the pixels in respective region; Finally, the image is changed into a binary one by threshold. This algorithm is different from the global threshold method and the local threshold method, the experimental results are proved that the algorithm is effective in extracting information on gray image.

Key words: gray image; binary; threshold value; self-adaption

0 引言

在数字图像处理中,二值图像占有非常重要的地位,特别是在实用的图像处理中,以二值图像处理实现而构成的系统是很多的,要进行二值图像的处理与分析,首先要把灰度图像二值化,得到二值化图像,这样子有利于再对图像做进一步处理时,图像的集合性质只与像素的值为0或255的点的位置有关,不再涉及像素的多级值,使处理变得简单,而且数据的处理和压缩量小。

二值图像在图像分析中应用非常广泛,二值图像就是指只有两个灰度级的图像,二值图像具有存储空间小,处理速度快,可以方便地对图像进行布尔逻辑运算等特点。更重要的是,在二值图像的基础上,还可以

进一步对图像处理,获得该图像的一些几何特征或者其他更多特征。

图像二值化是图像处理中的一项基本技术,也是很多图像处理技术的预处理过程。在颗粒分析、模式识别技术^[1]、光学字符识别(OCR)^[2]、医学数据可视化中的切片配准^[3]等应用中,图像二值化是它们进行数据预处理的重要技术。由于图像二值化过程将会损失原图像的许多有用信息,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非常关键。

目前,国内外学者在这方面已经做了大量的工作,常用的二值化方法有全局阈值法^[1]、局部阈值法^[4]、自适应阈值法^[5]等。大津法^[6]、最大熵方法^[7]是目前常见的图像二值化方法,这两种方法都属于全局阈值法,这类二值化算法相对比较简单,能够将图像中的目标元素和背景元素较大程度地分离,且限于直方图特征比较明显的图像。对于直方图特征分布区分程度较小的图像,这种全局阈值算法的二值化效果就变得较弱。因此,研究二值化图像的专家和学者开始将

收稿日期:2011-04-18;修回日期:2011-07-25

基金项目:江苏省教育厅大学生实践创新项目(10SSJXC22);徐州师范大学自然科学基金项目(09XLR26)

作者简介:王树梅(1972-),女,山东单县人,博士,副教授,研究方向为图像处理等。

目光转向局部阈值法,较早使用局部阈值法有 Bernsen 算法^[8],这类算法的阈值计算取决于像素本身的灰度值以及其周围像素的局部特性^[9],排除了由于光照条件局限引起的影响,使得局部阈值法有更广泛的应用。但在算法效率方面,局部阈值法较慢,甚至出现背景区域被二值化的现象,这对于图像主体的突出是非常不利的^[10]。所以,在图像二值化过程中,如何解决由光照和噪声两大因素带来的干扰,是一项值得研究的课题。

文中针对签字图像提出了一种新的有效去噪算法,在充分分析图像本身特点将图像分块,每块构造出不同的阈值进行二值化,从而实现签字图像的去噪目的。实验结果证实了该算法的有效性。

1 阈值法

对于图像的二值化,对图像本身的特点有一些特殊的要求,必须适合利用一个阈值将图像的像素分为两大部分,一部分是图像主题信息,一部分是图像背景信息。在图像的直方图里,体现出的特点是直方图具有两个明显的峰,代表像素值的分布比较有规律。具有这类特征的图像适合于用取阈值法进行较好的二值化^[11]。

利用阈值法对灰度图像二值化步骤如下:

Step1 对一幅灰度图像 $f(x,y)$,在其像素最小值 g_{\min} 和最大值 g_{\max} 之前确定一个灰度阈值 T ;

Step2 将图像中的每个像素的灰度值与阈值 T 比较,并改变像素值,规则如下:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & f(x,y) > T \\ 0 & f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

经过上述处理后,得到二值图像 $g(x,y)$,标注为 1 的像素对应于目标对象,而标注为 0 的像素对应于背景。这种二值化图像的方法称为单阈值法。如果使图像二值化过程中保留更多的有意义信息,可以通过选择一系列的阈值将具有不同特点的像素二值化,这种方法称为多阈值法。文中就是采用这种多阈值的方法实现签字图像的二值化,实验结果证明本算法具有良好的有效性。

由上述讨论可知利用阈值法对灰度图像进行二值化的关键问题是选取合适的阈值,阈值一般可以写成如下形式^[11]:

$$T = T[x,y,f(x,y),q(x,y)] \quad (2)$$

其中 $f(x,y)$ 是像素点 (x,y) 的像素值, $q(x,y)$ 是像素点 (x,y) 邻域的某种局域性质。依据上式,可将阈值法分为三类:

(1) 若仅依据 $f(x,y)$ 来确定阈值,所得的阈值仅与图像像素本身的性质相关,这种方法称为全局阈值

法。

(2) 如果阈值是根据 $f(x,y)$ 和 $q(x,y)$ 来确定的,阈值与图像局部区域特性相关,这种方法称为局部阈值法。

(3) 在(2)的基础上,阈值还与 x,y 有关,阈值随着像素位置的变化而变化,这种方法称为动态阈值法,又叫自适应阈值法。

这里所提出的算法属于第二类,由于全局阈值法二值化后的图像会丢失一些客观需要的信息,而动态阈值法操作性不强,较为繁琐。

2 多阈值法模型

图像二值化与图像分割在某种意义上存在一定的相似性,都需要确定阈值。在一般的多阈值情况下,首先要对图像进行不重叠分割,分割的好坏将直接影响后续的处理^[12]。图像分割的实质是根据一定的属性进行划分,使得具有相同属性的像素属于同一区域。若将图像 F 依据邻域的方差不同划分为不重叠的区域集合: $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$,针对某一属性准则 P, F_i 满足下述 4 个条件:

- (1) $F = \bigcup_{i=1}^n F_i$;
- (2) $F_i \cap F_j = \emptyset, \forall i \neq j$;
- (3) $P(F_i) = 1, \forall i$;
- (4) $P(F_i \cap F_j) = 0, \forall i \neq j, F_i$ 和 F_j 相邻。

对于每一区域 F_i 都对应于 $f(x,y)$,确定一阈值 T_i ,二值化操作如下:

$$g_i(x,y) = \begin{cases} 1 & f_i(x,y) > T_i \\ 0 & f_i(x,y) \leq T_i \end{cases} \quad (3)$$

这里关键技术是如何划分出合适的区域,每个区域的阈值又该如何确定是文中重点讨论的内容。

3 区域分割

在所有图像处理技术里,图像分割的地位较为重要,也越来越引起图像研究专家的兴趣并重点研究较成熟的图像分割技术。目前,已经存在很多图像分割的算法,在实际图像处理中发挥着重要的作用。有的分割算法适用于普通的像素分布区分明显的图像。而对于一些比较特殊的图像,由于采集技术和光照强度因素导致目标像素的分布较难区别于背景像素,需要有另外一个分割算法去完成。常见的图像分割算法有两大类:基于区域的分割方法和基于边界的分割方法。若把图像里的所有像素看作一个集合,现利用集合对图像的分割定义如下:

设 R 为一幅图像里的所有像素集合,对图像的图像分割行为可以理解为将 R 分成 n 个满足以下条件的

非空子集 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$:

(1) 在分割结果中, 每个区域的像素有着相同的特性;

(2) 在分割结果中, 不同子区域具有不同的特性, 并且它们没有公共特性;

(3) 分割的所有子区域的并集就是原来的图像;

(4) 各个子集是连通的区域。

文中采用区域增长技术将待处理图像分成不同的块, 其基本思想是聚集具有相似特点的像素并将其分到同一部分里。首先, 在需要分割的区域里确定一个称为种子的像素, 并以此作为生长点, 寻找种子周围与其有相似特点的像素合并到种子所在的区域。然后再以加进来的像素作为新的种子继续增长操作, 结果是不断有相似特点的像素加进来, 直到找不到满足相似条件的像素为止, 这个区域就可以确定下来。

区域划分技术首先要做的是先确定一个判断像素之间相似的规则, 然后选择种子进行区域增长。

图 1 显示出是将一幅图划分为 8 个区域, 是 8 个不同性质的种子区域增长的结果。判断像素相似的准则是: 确定一个阈值 T , 计算种子周围像素值与种子的差的绝对值, 是否小于阈值 T , 若小于 T , 则将这个像素增加进入种子所在的区域, 否则不进去。

图 2 中的 (a) 图为需要分割的图像, 当 T 的值确定为 3 时, 对 (a) 图进行分割得到 (b) 图; 如果改变 T 的值, 假设分割结果如 (c) 所示; 当 T 的值选择为 7 时, 对 (a) 图进行分割得到 (d) 图, 所有的像素都被划分到一个区域里。

由此可见, 在利用区域增长技术进行图像分割时, 阈值 T 的选择较为关键。

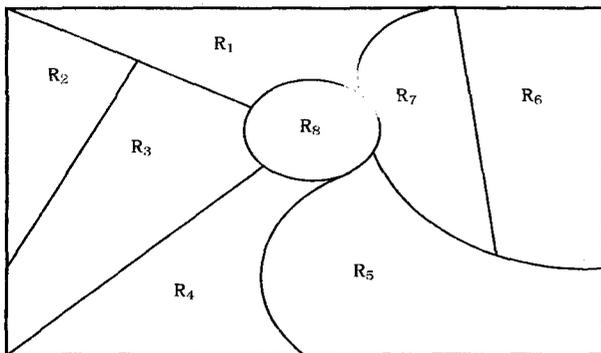
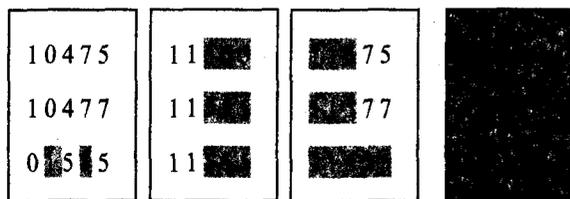


图 1 区域划分技术



(a) 原图 (b) $T=3$ (c) $T=2$ (d) $T=7$

图 2 区域生长示例 (已知种子点)

4 计算阈值

通过区域分割得到若干区域, 每个区域用一个集合表示为:

$$R_i = \{(x_{1i}, y_{1i}, f_{1i}), (x_{2i}, y_{2i}, f_{2i}), \dots, (x_{ki}, y_{ki}, f_{ki})\} \quad (4)$$

其中 k 为 R_i 区域中的像素的数目。

按照如下方法计算阈值:

$$T_i = \frac{\sum_{x_i} \sum_{y_i} e(x_i, y_i) f(x_i, y_i)}{\sum_{x_i} \sum_{y_i} f(x_i, y_i)} \quad (5)$$

其中:

$$e(x_i, y_i) = \max(|e_x|, |e_y|)$$

$$e_x = f(x_i - 1, y_i) - f(x_i + 1, y_i)$$

$$e_y = f(x_i, y_i - 1) - f(x_i, y_i + 1)$$

$f(x_i, y_i)$ 为文本图像相应区域的灰度值。

利用本方法计算出的阈值 T_i , 按照 (2) 式对本局部图像进行二值化。

算法的具体描述如下:

Step1 读入文本图像文件 $f(x, y)$;

Step2 对 $f(x, y)$ 按照 (5) 式作平滑处理, 目的是去除一些噪声, 得到 $f_1(x, y)$;

$$f_1(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{(m, n) \in S} f(m, n) \quad (6)$$

其中, S 是 (x, y) 点领域中心点的坐标集合, 但不包括 (x, y) 点; M 是集合内坐标点的总数。

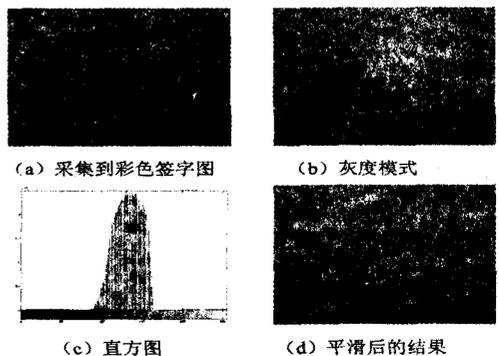
Step3 根据区域增长技术将图像分为互不重叠的区域 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$;

Step4 对每一区域求出各自的阈值 $T_i, i = 1, 2, \dots, n$;

Step5 根据 (2) 式对每一区域进行二值化。

5 实验结果

本实验采用实时采集到的一幅有部分噪声的文本签字图像作为本算法的实验对象, 如图 3 (a) 所示。本图像完全可以代表其他工程中的实时采集图像, 因此, 以它作为研究对象具有一定的代表性。



(a) 采集到彩色签字图 (b) 灰度模式 (c) 直方图 (d) 平滑后的结果

图 3 图像对象预处理

由于采集的图像是 RGB 图像,为了处理方便,首先将其转化为灰度模式,如图(b)所示。图(c)为其相应的直方图,可以看出直方图只有一个峰,显然利用直方图特点计算阈值进而对其二值化是不可行的。

下面利用不同的二值化算法对实验对象进行二值化处理,图 4(a)是平滑前采用 ostu 算法对处理对象进行二值化,虽然大部分主题信息都已经显示出来,但最后一个字比较模糊。图 4(b)是平滑后仍然采用 ostu 算法处理对象,噪声较图 4(a)有所下降,但最后一个字仍未全部显示。图 4(c)是利用最佳阈值法对平滑前的对象进行处理的结果,能够看出,主题信息已经比较清楚地凸显出来,噪音还是大量地存在。图 4(d)里的结果是平滑后采用最佳阈值法二值化的结果,与前面三个结果图比较,这个结果距离目标较近,但随着噪声的减少,主题信息量也随之减少了,这不是所希望的。图 4(e)是对图像进行区域划分,可以看出根据区域特点的不同,划分出若干个区域。按照中文算法对图像作进一步处理,结果如图 4(f)所示,相比于其他算法结果,噪声少了很多,主题信息基本全部显示,达

到去噪目的。

6 结束语

文中采用区域增长技术将待处理图像划分互不重叠的区域,针对每一个区域计算出对应的阈值对其进行二值化操作,最后得到清晰显示主题信息的结果图像,达到了提取目标有意义信息的目的。

参考文献:

- [1] Rosenfeld A, Kak A C. Digital Picture Processing [M]. Beijing: Science Press, 1983.
- [2] 张忻中. 汉字识别技术 [M]. 北京: 清华大学出版社; 南宁: 广西科学技术出版社, 1992.
- [3] 郭红晖. 医学体数据可视化基础算法研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 1997.
- [4] 荆仁杰. 计算机图像处理 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1990.
- [5] Weszka J S. A survey of threshold selection techniques [J]. Computer Graphics and Image Processing, 1978, 7(2): 259-265.
- [6] 王积分, 张新荣. 计算机图像识别 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998: 75-77.
- [7] Wong A K C, Sahoc P K. A gray-level threshold selection method based on maximum entropy principle [J]. IEEE Trans, 1989, 19(4): 866-871.
- [8] Bernsen J. Dynamic thresholding of gray-level images [C] // Proc of 8th Intel Conf on Patt Recon. Paris, France: IEEE Computer Society Press, 1986: 1251-1255.
- [9] 王 强, 马利庄. 图像二值化时图像信息的保留 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(10): 746-750.
- [10] 王 庆. 文本图像的一种混合二值化方法 [J]. 西北工业大学学报, 2002, 20(3): 396-399.
- [11] 章毓晋. 图像工程(中册)图像分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [12] 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.

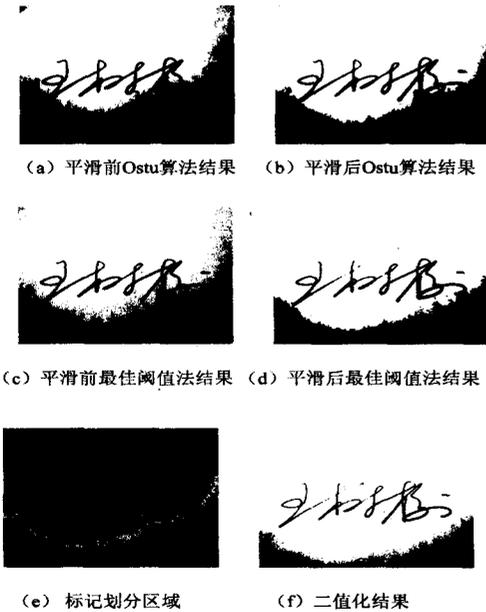


图 4 图像二值化

(上接第 72 页)

- [4] 谢可夫, 罗 安. 量子启发数学形态学的研究 [J]. 电子学报, 2005, 33(2): 284-287.
- [5] 刘志敏, 杨 杰. 基于数学形态学的图像形态滤波 [J]. 红外与激光工程, 1999, 28(4): 1-16.
- [6] 杨蓓姝, 黄 昶, 范毅君. 用多结构元素实现医学图像边缘检测 [J]. 光电工程, 2008, 35(3): 112-116.
- [7] 胡媛媛, 蔡光程. 基于多结构元多尺度的形态学边缘检测 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(11): 97-99.
- [8] 刚 铁, 王东华. 基于自适应形态学滤波的 X 射线图像的缺陷提取 [J]. 机械工程学报, 2001, 37(5): 85-89.
- [9] 张小萍, 朱志松, 王君泽. 基于 CT 医学图像的边缘提取研究 [J]. 生物医学工程研究, 2009, 28(1): 31-34.
- [10] 王允强, 吴 涛, 张方方. 基于数学形态学的实用车牌定位算法及实现 [J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(11): 166-169.
- [11] 杨智勇, 周定康, 周琪云. 形态学运算在字符识别中的应用 [J]. 计算机应用研究, 2004, 21(6): 99-103.
- [12] 于子翊, 李晓娟. 基于数学形态学的显微图像边缘检测技术分析 [J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(2): 100-102.