

一种自适应模糊阈值区间的图像分割方法

宋淑娜¹, 李金霞¹, 胡学坤¹, 高 尚²

(1. 江苏科技大学 计算机科学与工程学院, 江苏 镇江 212003;

2. 苏州大学 江苏省计算机信息处理技术重点实验室, 江苏 苏州 215006)

摘 要:针对图像分割边缘不准确的问题,研究了一种基于模糊理论的阈值区间的图像分割方法。在首先介绍的模糊阈值分割的基本原理上,提出了一种分层分割图像的思想。根据图像具有模糊的性质,利用模糊阈值法得到一个图像分割的调和阈值,再将每一层根据像素统计直方图信息得到一个本层次的阈值区域,最后用模糊阈值法得到的阈值调和阈值区域,使最终的分割阈值区间更精确。最后,根据相邻层相连背景像素相似的原则,逐层分割图像。实验结果表明该方法具有较好的分割效果。

关键词:像素统计; 图像分割; 阈值区域; 调和阈值; 自适应

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)05-0121-03

A Method of Adaptive Fuzzy Threshold Region for Image Segmentation

SONG Shu-na¹, LI Jin-xia¹, HU Xue-kun¹, GAO Shang²

(1. School of Computer Science and Engineering, Jiangsu University of Science and Technology,

Zhenjiang 212003, China;

2. Provincial Key Laboratory of Computer Information Processing Technology, Soochow University,
Suzhou 215006, China)

Abstract: Aimed at the problem that image segmentation is not accurate, research a method of image segmentation is based on fuzzy of the thresholding region. At first introduce the basic principles of fuzzy thresholding on segmentation. A hierarchical image segmentation idea is presented. According to the fuzzy nature of images obtain an attempter thresholding of image segmentation. Histogram to expose the pixels distributing in every layer, with the information of pixel statistic to figure out every layer's background pixel region. Finally, using the fuzzy thresholding attempter the thresholding region. By the relationship between adjoin layers of similar background pixels, segment layers. The experimental results demonstrate this kind of algorithm is effective and preferable.

Key words: pixel statistic; image segmentation; threshold region; attempter threshold; adaptive

0 引 言

图像分割是图像分析和模式识别的第一步,是图像处理中难度最大的部分之一,决定了最终分析结果的质量。由Zadeh于1965年提出的模糊集合理论能够很好地表述和处理不确定性问题,一般认为图像天生具有模糊性(受光照、纹理、边缘等的影响),故模糊测度、模糊集合理论、模糊推理^[1]等已在图像分割领域

获得广泛应用。基于模糊技术的分割方法主要可以分为模糊阈值分割法^[2,3]、模糊聚类分割法^[4]和模糊连接度分割法^[5]。1983年Pal等人提出模糊阈值法^[6],它将灰度图像用模糊数学描述,通过计算模糊率和模糊熵来选取图像分割的阈值,并定性的讨论了隶属函数窗宽对阈值选取的影响。其后,Murthy等人在这领域又作了进一步研究^[7,8],指出阈值不仅与隶属函数窗宽有关,还与隶属函数的分布特性有关。

图像分割的一个经典方法是基于像素直方图的阈值分割方法,该方法理论简单,运算速度快,是图像分割中一种常用的分割方法。但是单阈值不能很好地处理包含多个前景的图像,多阈值方法也有对于某些像素不能准确判断的缺点,文中在克服以上理论缺点继承其优点的基础上,提出了一种分层次的自适应模糊

收稿日期:2009-09-18;修回日期:2009-12-11

基金项目:江苏省计算机信息处理技术重点实验室开放课题项目(08KJB520003)

作者简介:宋淑娜(1983-),女,山东临沂人,硕士研究生,研究方向为计算智能;高尚,博士,硕士生导师,主要从事人工智能领域的研究。

阈值区间的图像分割方法。

1 模糊阈值法基本原理

设图像 X 大小为 $M \times N$, 有 $L+1$ 级灰度 $\{0, 1, \dots, L\}$, $\mu(x)$ 是定义在 $L+1$ 级灰度上的隶属函数, 若像素 (m, n) 灰度为 x_{mn} , 则隶属度为 $\mu(x_{mn})$ ($m = 1, 2, \dots, M, n = 1, 2, \dots, N$), 表示像素 (m, n) 具有的明亮程度。图像 X 模糊率 $\gamma(x)$ 的定义如下:

$$\gamma(x) = \frac{2}{MN} \sum_{l=x-c}^{x+c} T(l)h(l) \quad (1)$$

式中 $0 < x < L$, $T(l) = \min\{\mu(l), 1 - \mu(l)\}$, $h(l)$ 为图像 X 中灰度取 l 的像素个数, $2c+1$ 为隶属函数的窗宽。确定图像 X 的模糊率 $\gamma(x)$ 取决于隶属函数。从上面的参考文献来看, 选定满足约束条件的隶属函数后理论上总能找到直方图分布使用的窗宽, 但是针对不同的图像或是图像变化的图像进行分割时, 预选窗宽就可能失效。其次, 利用模糊理论进行图像分割重点在选取隶属函数上, 很多研究人员在此方面做了很多的努力, 隶属函数的确定也加入了研究人员主观认识的成分, 若事先掺入了主观因素, 必然会给分割阈值的选取带来一定误差。再次, 隶属函数取定后, 阈值的选取完全取决于窗宽的选择, 目前有关文献介绍的隶属函数窗宽的选择, 是通过观察直方图峰值的分布情况人为给定的。文中的一个特点是没有考虑在隶属函数上做过多的改进, 用的是简单的模型, 如公式 (2) 所示。

$$\mu(x) = \begin{cases} 2\left(\frac{l_{mn}}{L}\right)^2 & 0 \leq \frac{l_{mn}}{L} \leq 0.5 \\ 1 - 2\left(1 - \frac{l_{mn}}{L}\right)^2 & 0.5 < \frac{l_{mn}}{L} \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

图像的分割阈值为模糊率 $\gamma(x)$ 取最小值时对应的灰度值。根据形态数学的观点, (1) 式中的运算具有保峰性, 显然阈值将产生于灰度直方图目标峰和背景峰之间的谷点, 可见适用于图像分割的模糊阈值应在双峰之间。模糊图像分割的阈值不仅与隶属函数有关, 还与窗宽的设置有关, 经过仿真, 文献 [2] 推荐窗宽为峰间距的 0.3 ~ 0.8 倍。文中采用的窗宽为峰间距的 0.5 倍。

由于利用模糊理论进行图像分割时没有过多考虑隶属函数分布和窗宽对图像分割的影响, 在获得调和阈值的计算时, 文中加了一个平滑技术, 这也是文中的又一个优点。图像的灰度信息从 0 到 255 之间, 在此范围内的波峰、波谷很多, 若每个相邻波峰处都统计计算模糊率会浪费不必要的时间, 在采用平滑技术后, 过滤掉小的波峰, 在寻找相邻波峰时用平滑后的像素信

息直方图, 在具体统计计算时, 还是运用原图像的像素统计信息直方图。这样, 提高了时间效率而不会影响寻找最小模糊率的结果。注意点: 对整幅图像进行像素统计得到调和阈值, 没有用到下文的分层像素信息的统计方法, 原理如图 1 和图 2 所示 (图中横坐标表示的是图像的灰度值, 纵坐标表示的是某一灰度值处像素的个数)。

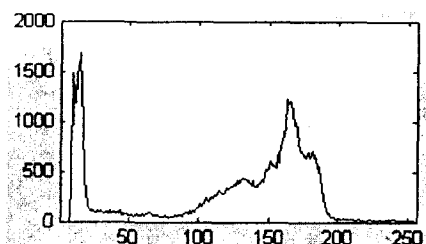


图 1 图像像素统计信息图

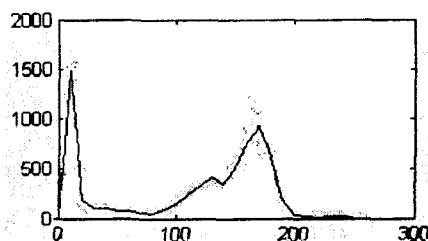


图 2 平滑后的统计信息图

2 图像像素信息的统计方法

文中提出一种分层统计像素分布信息的思想, 单阈值法图像分割不具有普遍性, 仅适合简单图像, 采用阈值区域自适应的思想, 能够适用普遍图像分割, 使分割效果清晰, 边缘分割准确。基于大部分图像 (或图像的部分) 背景像素区域比前景像素区域多的常理, 把各层直方图像素出现次数最多的像素作为各层的背景像素。由于图像分层统计, 统计信息的曲线是离散的, 文中通过区域合并因子 $scope$ 把直方图中的背景像素划分为多个聚集区。在合并范围内的将其合并, 不在范围内的将像素信息忽略不计, 以便找出背景像素的聚集区。若本层统计出的前景区域比背景区域的范围大, 则根据相邻层的背景区域相似的原则取消该层前景区域作为背景区域的机会。

从上述的分析可知, 不管用模糊理论还是像素统计信息分割图像, 其难点和重点都是阈值的选取, 文中根据图像模糊的性质将图像分 I 层, 利用模糊理论的优点得到阈值分割的一个调和阈值 R , 调和阈值的获得没有过多地考虑隶属函数分布和窗宽对其阈值的影响。然后根据直方图法得到每一层的一个阈值区间 $[R_l, R_r]$, 若 R 在背景区域 $[R_l, R_r]$ 内, 则得到该层的分割阈值区间 $[R, R_r]$ 或 $[R_l, R]$, 若 R 不在背景区域

$[R_l, R_r]$ 内,则分割的背景区域不变。在图像分割时,若本层的像素信息在本层被分割成背景像素,而在上一层的相邻区域是前景像素,则说明本层的背景区域判断有误,而将其舍去,按照上一层的背景分割区域分割图像。基于上述理论,文中提出了一种自适应模糊阈值区域的图像分割方法。

3 算法实现及流程

设图像 X 由 I 层组成,将每一层作为统计单元,统计各层像素分布直方图。基于大部分图像背景像素区域比前景像素区域多的常理,文中把各层出现次数最多的像素区域作为该层的背景像素区域。若 R 在每一层的背景像素在区间 $[R_l, R_r]$ 之间,则本层的背景像素分割区间为 $[R, R_r]$ 或 $[R_l, R]$, 否则分割区间为 $[R_l, R_r]$ 。由于将图像分层,某一层中出现次数最多的像素区域也可能是前景像素,即该层的像素在本层为背景而在上一层为前景,则该层的背景像素分割区间为 $[R_{l(i-1)}, R_{r(i-1)}]$ 。具体流程如下:

(1) 按 1 节中的方法计算出图像的调和阈值 R 。

(2) 设置 $scope$ 的值,将图像分 row 层,统计各层像素直方图 $hist(1:row;1:257)$,并将每一层中出现次数最多的像素保存在 $hist(1:row;257)$ 内。

(3) 合并 $1:k$ 行图像统计背景区域 $[R_l, R_r]$,若在区域 $[R_l, R_r]$ 内,则按背景区域 $[R, R_r]$ 分割第一层,否则分割区间为 $[R, R_r]$ 或 $[R_l, R]$ 。

For $(0:row-1)$

(4) 若 R 在区间 $[R_l, R_r]$ 内,则按背景区域 $[R, R_r]$ 或 $[R_l, R]$ 分割该层。若该区域不在上一层背景区域内或是没有交叉,则按上一层的背景区域分割该层。

(5) 输出以白色为背景的图像 X 的分割结果。

4 试验结果

该算法采用 matlab 语言实现,软件环境用 matlab7.0。图 3 为 matlab7.0 图库里自带的图像。图 3 利用上述模糊理论得到的调和阈值为 75,图 4 为 $row =$



图 3 原图



图 4 文中分割结果



图 5 文献[3]的分割结果

3, $scope = 10$, $k = 1/8$ 图像处得到的分割效果图,图 5 为文献[3]的分割结果,从分割的效果上看分割阈值偏小,使得边缘处的弱边缘也被分割成了背景,而且边缘出现了锯齿状,对前景的边缘分割不够准确。

文中涉及两个参数 $scope$ 和 k ,根据参数不同分割时间有一定的差异。 k 值越大使得根据像素信息统计的背景区域越接近整幅图像信息,但也会使得一些特殊的图像出现背景区域误分割的情况。 $scope$ 的值也不应过大,否则失去了合并区间的作用,若过小则得不到一个合理的分割区间,在层与层背景相似性判断上会有一定的误差。通过实验结果表明该种算法实现简单,运行效率高,分割效果清晰,是一种较好的图像分割方法。

5 结束语

文中运用了模糊理论的原理和图像像素直方图统计信息各自的优点分割图像,运用模糊理论但没有考虑基于模糊理论进行图像分割的难点。根据图像像素的直方图信息分割图像是一种简单的方法,但是往往难于识别背景和前景像素,所以提出一种分层分割的思想。分层分割并根据 $scope$ 的值和调和阈值 R 构成分割的区间,在实际的图像分割中取得了较好的结果。试验表明,该方法是一种简单、实用的图像分割方法。

参考文献:

[1] Cheng H D, Li J. Fuzzy homogeneity and scale-space ap-

(下转第 127 页)

使丢包率较高,图像恢复的效果都较好。因此在图像数据传输过程中,适当控制每个数据包的大小,有助于提高图像传输的质量。

表 1 实验结果比较

序号	丢包率 (%)	连续丢包数据	效果
1	21	512 像素	较好
2	8	1536 像素	差

4 结束语

文中在分析图像传输数据丢失的原因和特点的基础上,参照传统的图像复原技术,借鉴灰色预测的思想,提出了对残缺图像按列进行恢复的灰色预测方法。该算法的主要优点是数据可信度好、算法复杂度低、计算量不大。

该算法基本满足了基于 UDP 的图像传输数据丢失的图像恢复的要求及算法的适用条件,获得较好的修复结果。

参考文献:

[1] 丁 雯.一类非线性扩散问题及其在图像修复中的应用[J].上海交通大学学报,2004,38(1):153-156.

[2] 梁 雯,刘松林.图像中心加权中值滤波的改进与应用[J].中国图像图形学报,1997(8):629-633.

[3] 邵肖伟,刘政凯,宋 璧.一种基于 TV 模型的自适应图像修复方法[J].电路与系统学报,2004,9(2):113-117.

[4] 曲大健.数学形态学在指纹图像处理中的应用及指纹比对算法[D].北京:清华大学,1989.

[5] 龚声蓉,刘纯平,王 强.数字图像处理与分析[M].北京:清华大学出版社,2006.

[6] 周廷方,汤 锋,王 进,等.基于径向基函数的图像修复技术[J].中国图像图形学报,2004,9(10):1190-1196.

[7] W3C HTML working group XHTMLTM1.0, the extensible hypertext markup language (Second Edition)[EB/OL]. 2000-01-26[2002-08-01]. <http://www.w3.org/TR/xhtml1/>.

[8] JTIty[CP/OL]. 1999-03-06. <http://jtidy.sourceforge.net/>.

[9] A vantGo[CP/OL]. 2000-07-02. <http://www.avantgo.com/>.

[10] OperaMini - Browser[CP/OL]. 2000-02-14. <http://www.opera.com/products/mobile/operamini/>.

[11] ucWEb - Browser[CP/OL]. 2001-09-21. <http://www.ucfly.com/product.shtml/>.

[12] Chang E. An image coding and reconstruct scheme for mobile-computing[C] //Proceedings of 5th IDMS. [s.l.]:Springer-Verlag,1998:5-10.

[13] 樊红丽,焦永和,程 颖.基于插值的残缺图像的修复算法[J].兵工学报,2005(1):86-89.

[14] 王学萌.灰色系统分析及实用计算程序[M].武汉:华中科技大学出版社,2001.

[15] 陶剑峰,陈伏虎,李方菊,等.基于灰色关联度的图像自适应加权均值滤波[J].声学电子工程,2006(2):15-17.

[16] 冯星奎.指纹图像的获取及其预处理后处理[D].西安:第二炮兵工程学院,1998.

[17] 冯星奎,肖兴明,尹洪君.方向加权中值滤波算法[J].中国图像图形学报,2000(7):609-611.

[18] 洪俊田,陶剑峰.基于灰色关联的数字图像去噪研究[J].武汉理工大学学报:交通与工程版,2006,30(4):639-641.

[19] 曹 奎,谭水木,冯玉才.基于灰色聚类的图像检索技术[J].计算机工程,2006,32(1):195-197.

[20] 曹 奎,冯玉才.一种图像检索中的灰色相关反馈算法[J].计算机工程,2004,30(6):18-20.

[21] 何仁贵,黄登山,陈金兵.基于灰色预测模型的图像边缘检测[J].西北工业大学学报,2005,23(1):15-18.

[22] 彭 春,吴国平.一种基于 GM 的无损图像压缩[J].现代计算机,2001(11):21-23.

(上接第 123 页)

proach to color image segmentation[J]. Pattern Recognition, 2003,36(7):1545-1562.

[2] 金立左,夏粮正,杨世周.图像分割的自适应模糊阈值法[J].中国图像图形学报,2000(5):390-392.

[3] 文 波,甄子洋,刘媛媛,等.改进的基于二维直方图的最大模糊熵分割方法[J].南京航空航天大学学报,2008,40(5):496-596.

[4] 周礼平,高新波.图像分割的快速模糊 C 均值聚类算法[J].计算机工程与应用,2004(8):68-70.

[5] 潘建江,杨勋年,汪国昭.基于模糊连接度的图像分割及算

法[J].软件学报,2005,16(1):67-76.

[6] Pal S K, King R A, Hashim A A. Automatic graylevel thresholding through index of fuzziness and entropy[J]. Pattern Recognition Letter, 1983(1):141-146.

[7] Murthy C A, Pal S K. Histogram thresholding by minimizing graylevel fuzziness[J]. Information Sciences, 1992(60):107-135.

[8] Murthy C A, Pal S K. Bound for membership function: A correlation-based approach[J]. Information Scieices, 1992(65):143-171.