

基于图像序列期望特征的阈值分割方法^{*}

尹沧涛¹, 何 平², 戴 鹏², 张洪健²

(1. 延边职工大学 计算机系, 吉林 延吉 133001; 2. 哈尔滨工业大学 控制科学与工程系, 哈尔滨 150001)

摘 要: 针对单幅图像自适应阈值分割算法复杂度高、实时性不足的问题,提出了一种基于图像序列期望特征的阈值分割方法。以图像期望背景区域面积特征为例阐述了方法原理和实现流程。通过与传统(Ostu)算法对比,论述了方法在处理具有强一致性特征样本序列时所具有的易调试性、实时性优势。结合列车车厢钩尾螺栓图像特征提取实例进行定量分析,验证了方法的有效性。

关键词: 阈值分割; 序列; 期望特征; 背景区域面积

中图分类号: U216.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)01-0376-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.01.104

Threshold segmentation method based on expected characteristic of image queue

YIN Cang-tao¹, HE Ping², DAI Peng², ZHANG Hong-jian²

(1. Dept. of Computer, Yanji Staff & Workers University, Yanji Jilin 133001, China; 2. Dept. of Control Science & Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: In order to overcome the high complexity and poor efficiency of the conventional self-adaption threshold segmentation method, this paper proposed a fast segmentaiton method based on the expected characteristic of image queue. The principle and process of the method was explained by taking the expected area of image background as an example. Comparing with the Ostu algorithm, it discussed the practicabilty and efficiency of the method. Demonstrated by the application of segmentation of screw bolt image of carriage, the validity of the method was acknowledged.

Key words: threshold segmentation; queue; expected characteristic; area of image background

图像分割是图像低级层次视觉处理的关键环节,其基本原理为:利用图像的灰度变化及灰度跃变形成的边缘特征作为图像分割的依据。根据分割目的,图像分割可分为特征分割和区域分割。按照图像分割方法分类,可划分为阈值分割法、区域生长法、聚类分割法、基于小波变换的方法、基于统计学的方法、基于数学形态学的方法、基于分形分割方法、基于遗传算法的方法、Kohonen 聚类神经网络算法等^[1]。阈值分割是图像分割中最为常用的区域分割方法,其分割目标是将图像分割为大于和小于阈值的两部分,其关键步骤在于阈值的确定方法。

早期的阈值选取方法大多基于图像的一维直方图来分析图像的灰度分布特征,最大类间方差法^[2](也称 Otsu 法)、最大熵法^[3]、最小误差阈值法^[4]是三类最常用的分割方法,并在二维直方图领域^[5~7]获得了很好的推广。近年来还有很多学者提出了一些新的阈值分割思路,如根据梯度的边缘强度确定阈值^[8],将图像均匀分块后在各个局部进行阈值分割^[9]等。另外,对一幅图像引入约束算法和寻优算法进行分析处理后进行初步分割,然后得到多个阈值对图像的不同区域进行再次分割^[10,11]。

阈值分割算法近年来的研究成果主要体现在针对单幅图像运算的复杂度和特征维数来获取更好的图像分割效果。但随着复杂度的提高,算法在实际应用中对于实时性要求难以满足。针对以上问题,本文提出了一种针对图像序列统计期望特

征的阈值分割算法。

1 方法原理和实现

在图像识别系统工程应用中,针对某类对象(如机械零件、轧钢、轨道)进行连续图像拍摄时,获得的图像序列会表现出某种较强的一致性特征,该类特征多可通过对序列进行连续观测获得。在图像分析过程中,可将该类特征定义为期望特征,并可转换为先验信息加以利用。本文研究对象围绕图像的阈值分割方法展开,在此选取图像序列的背景面积为期望特征论述阈值分割算法。以下详细论述该方法的数学原理和实现流程。不失一般性,定义任一图像序列,如式(1)所示:

$$Q(I): \{I_n = f(x,y)\}$$
 (1)

其中: I_n 代表图像序列中的任一样本。针对图像序列的期望特征定义先验信息,记为 ExpA 。

在传统的灰度直方图的定义中,对具有 K 阶灰度级(本文 $K=256$)的图像而言,单一灰度阶 k 对应的图像像素统计和 $N(k)$ 可由式(2)描述:

$$N(k) = \sum (f(x,y) = k)$$
 (2)

阈值分割原理主要利用图像中目标区域与其背景在灰度特性上的差异,并且将灰度级较小的区域定义为背景区域。本文提出的阈值分割方法以存在较强的一致性背景分布的图像序列为对象,通过对序列中共性特征进行确定行描述,然后独

收稿日期: 2011-05-23; 修回日期: 2011-07-19 基金项目: 哈尔滨科技攻关项目(2009AA1AG064); 广东省产学研结合项目

作者简介: 尹沧涛(1972-),男,吉林延吉人,讲师,硕士,主要研究方向为数字信号处理及应用;何平(1964-),男,教授,博导,博士,主要研究方向为信号检测及自动化装置;戴鹏(1982-),男,助理研究员,博士,主要研究方向为图像处理、模式识别(daipeng_john@163.com);张洪健(1984-),男,博士研究生,主要研究方向为信号检测及自动化装置。

立分析单幅图像样本,自适应获取单幅样本的分割阈值。

方法具体实现可概括为:对灰度直方图的各阶统计进行积分运算处理,并引入截止条件建立期望特征与分割阈值之间的变换关系。其数学原理如下:

- a) 基于灰度直方图的统计意义和阈值分割中背景区域的定义,以直方图零阶为起点作积分运算,则在 M 级灰度阶的积分结果可定义为图像在该灰度阶下的背景区域像素面积。
- b) 当图像序列样本表现为具有较为一致的背景区域分布时,则可用定义 $\text{Exp}A = \text{const}$ 来近似描述特征一致性。
- c) 基于该定性描述确定积分运算的截止条件,其具体关系如式(3)所示。当积分运算满足该不等式时,运算在灰度阶 T 停止。此时的灰度级 T 值即为该样本的分割阈值。

$$\text{const} \leq \sum_{k=0}^{k=T} N(k)$$

(3)

以上原理描述中,a)为阈值分割方法的立论原则,b)为期望特征的确定性描述提供了建模参照,c)则阐述了序列共性特征描述和单一样本分析的精确关系。

基于以上数学原理,以 cameraman 图像(图 1)为实例阐述当背景面积取不同的期望特征值时,图像阈值分割结果的演化规律。这里选取的 cameraman 图像的像素面积为 65 536。通过分别设定四级不同的特征常数来进行分析。



图1 Cameraman图像

从变换结果可以看出,随着期望面积的增大,图像分割阈值逐渐增大,该趋势符合方法的数学原理。从视觉结果分析,图像的细节信息逐渐丰富,图中目标的前景轮廓也逐渐趋于完整。Cameraman 图像的阈值分割结果比较如图 2 所示。

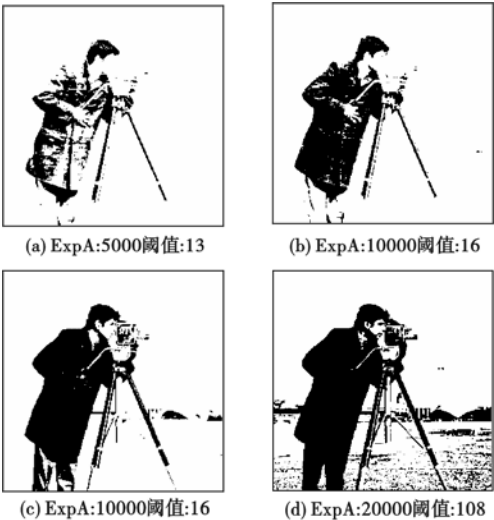


图2 Cameraman图像的阈值分割结果比较

由此可以看出,通过期望特征值的变化能反映出分析样本的特征变化。以下将背景面积预估的阈值分割算法和类间最大方差阈值分割(Ostu)算法进行对比。通过运算结果、运算时

间(记为 T)的比较以及算法结果的评估,验证本文方法的可靠性及优越性。

2 与 Ostu 算法对比和分析

Ostu 分割算法的理念在于^[2]通过分析单幅图像的前景方差和背景之间统计参数的分析对所有阈值进行遍历寻优,选择前景和背景之间方差最大的灰度值作为对前景和背景最优区分的分割阈值。该阈值分割方法被认为是数学最优的,但后续研究成果证明并非视觉效果是最优的。

图 3 为本文方法与类间最大方差阈值分割的结果对比图。

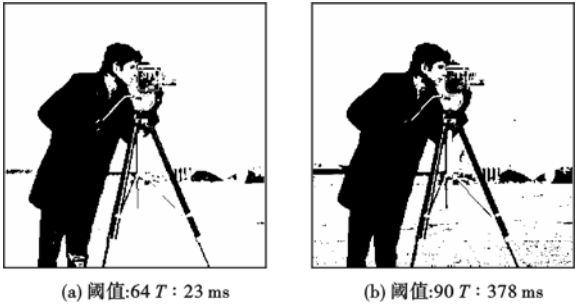


图3 本文方法与Ostu算法对比

图 3(a)为期望面积常值取 16 000 时的阈值分割结果,分割阈值为 64;(b)为 Ostu 算法的分割结果,分割阈值为 90。

对运算结果作如下对比分析:

- a) Ostu 法基于前景和背景的统计方差相差最大的原则确定整体分割阈值,因此是一类完全自适应的阈值分割算法。本文方法则需基于图像样本序列确定统计期望,因此仅对具备一定一致性特征的图像样本序列具有较强的适应性,属于半自适应算法。
- b) 从结果的对比可以看出,Ostu 法的分割结果是统计最优的,但并非视觉最优的,对后续处理分析存在一定噪声影响。本文方法可通过修正样本期望特征对分割效果进行筛选和调试,降低毛细噪声的干扰。
- c) 运算效率对比。基于序列统计特征确定阈值的分割方法运算消耗时间极短,而 Ostu 方法则消耗时间较长。因此,本文分割算法在实时性要求较高的场合具有突出优势。

以下结合应用实例验证以上分析的正确性。

3 应用案例及定量分析

以货车车厢钩尾扁销螺栓图像的特征区域分割为应用实例验证本文方法。图 4 是研究背景中钩尾扁销螺栓丢失故障的一组特征样本。图像的分割任务是提取出前景区域的轮廓,以分析螺栓是否存在丢失或断裂现象。图 4 (e) 为螺栓丢失后形成的视觉特征。

同样以背景区域的面积常值为期望特征,选取图像样本集合简历图像序列,统计所得期望面积的常值 $\text{Exp}A$ 为 100。图 4 同时给出了样本的分割阈值及分割结果。

从阈值和变换结果可以看出,尽管阈值之间相差较大,但主要背景区域都被正确提取出来。方法体现出了良好的自适应性。从结果可以看出,在背景区域面积相近但形态特征分布不同的图像背景和前景特征的分析中,利用背景区域面积计算图像的整体分割阈值,方法具备一定的适应性。

算法的定量分析仍基于解决货车车厢钩尾扁销螺栓丢失

的问题展开。通过从钩尾扁销螺栓的图像样本集合(与图 4 样本相似)中随机抽取 10 000 张样本,应用本文方法处理并统计相关特征结果。表 1 中给出了阈值的最大、最小值以及阈值中值。

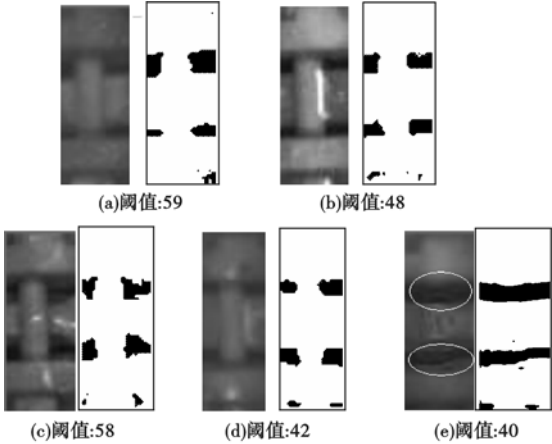


图4 列车车厢钩尾扁销螺栓图像分割结果

表 1 阈值分割方法定量分析统计结果

样本	最小	阈值	最大	单幅平均
总数	阈值	中值	阈值	时间/ms
10 000	35	48	76	2.1

从序列定量分析统计结果可以看出,基于期望特征所确定的图像分割阈值的变化范围,反映了图像样本序列中不同样本个体亮度和对比度的变化情况,单幅图像的平均运算时间仅为 2 ms。由此可见,本文方法在分割阈值确定的自适应性及运算的实效性上有着较为突出的优势。

4 结束语

本文提出了一种有效、快速的针对图像序列的阈值分割方

法。基于图像序列中具备较强一致性的特征期望,确定图像的分割阈值,回避了传统的针对单幅图像进行特征分析来确定分割阈值所带来的预算复杂度。分割方法对具备一定一致性特征的图像样本序列具有很高的可行性和实时性。经实例应用分析验证,分割方法切实可行,在阈值选取的自适应性和运算实效性上有着突出的优势。

参考文献:

[1] PAL N, PAL S. A review of image segmentation techniques[J]. *Pattern Recognition*,1993,26(8):1277-1294.

[2] OSTU N. A thresholding selection method from gray-level histograms [J]. *IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics*, 1979, 9(1):62-66.

[3] KAPUR J N,SAHOO P K,WONG A K C. A New method for gray level picture thresholding using the entropy of the histogram[J]. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1985, 29(3):273-285.

[4] KITTLER J, ILLINGWORTH J. Minimum error thresholding[J]. *Pattern Recognition*,1986,19(1):41-47.

[5] 范九伦,雷博. 灰度图像最小误差阈值分割法的二维推广[J]. *自动化学报*,2009,35(4):386-393.

[6] 范九伦,赵凤. 灰度图像的二维 Otsu 曲线阈值分割法[J]. *电子学报*,2007,35(4):751-755.

[7] 吴一全,吴文怡,潘喆. 基于二维直方图斜分的最小类内方差阈值分割[J]. *仪器仪表学报*,2008,29(12):2651-2657.

[8] 唐英干,邱秋艳,赵立兴. 基于二维最小 Tsallis 交叉熵的图像阈值分割方法[J]. *物理学报*,2009,58(1):9-15.

[9] 贾允,丁艳,刘泽平. 改进图像阈值分割算法的研究[J]. *光学技术*,2005,31(1):155-157.

[10] 丁艳,金伟其,周海丰. 基于粒子群算法的多阈值图像分割方法[J]. *光学技术*,2008,34(4):636-638.

[11] 刘正东,徐涛,杨静宇. 具有规则度约束的红外图像多层阈值分割方法[J]. *计算机工程*,2005,31(14):13-15.

(上接第 375 页)

[2] ANEREA F A, MICHELE N, DANIEL R, *et al.* 2D and 3D face recognition: a survey [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2007, 28(14):1885-1906.

[3] PHILLIPS P, SCRUGGS W, O'TOOLE A, *et al.* FRVT 2006 and ICE 2006 large-scale results [R/OL]. (2007). <http://www.frvt.org/FRVT2006/docs/FRVT2006andICE2006LargeScaleReport.pdf>.

[4] LIU Yang. Survey of 3D face recognition algorithms [J]. *Journal of System Simulation*,2006,18(Z1):400-403.

[5] WANG Yue-ming, PAN Gang, WU Zhao-hui. Survey of 3D face recognition [J]. *Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics*,2008,20:819-829.

[6] CHRIS B, TAANYA P, PATRICK J F. 3D signatures for fast 3D face recognition [C]//*Lecture Notes in Computer Science*, vol 5558. 2009: 12-21.

[7] LEI Yun-qi, CHEN Dong-jie, YUAN Mei-ling. 3D face recognition by surface classification image and PCA [C]//*Proc of the 2nd International Conference on Machine Vision*. 2009:145-149.

[8] 3DCaMega 光学三维扫描系统 [EB/OL]. <http://www.3dcamera.com>.

[9] 王秀梅. 点云数据的三角剖分及模型简化[D]. 南京:南京理工大学,2009.

[10] VETTER T,BLANZ V. Estimating coloured 3D face models from single images: an example based approach [C]//*Proc of the 5th European Conference on Computer Vision*. 1998:499-513.

[11] BLANZ V, GROTHOR P, PHILLIPS P J, *et al.* Face recognition based on frontal views generated from non-frontal images [C]//*Proc of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2005:454-461.

[12] FRANCO A, MAIO D, MALTONI D. 2D face recognition based on supervised subspace learning from 3D models[J]. *Pattern Recognition*,2008,41(12):3822-3833.

[13] 胡永利. 真实感三维人脸建模及应用研究[D]. 北京:北京工业大学,2005.

[14] 毕田力,杨旭波,肖双九. 基于谐波图片的重光照技术研究[D]. 上海:上海交通大学,2010.

[15] VOGEL J, SCHWANINGER A, WALLRAVEN C, *et al.* Categorization of natural fszenes: local vs global information [C]//*Proc of Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization*. 2006.

[16] 常俊彦,达飞鹏,蔡亮. 基于特征融合的三维人脸识别[J]. *东南大学学报:自然科学版*,2011,41(1):47-51.

[17] 苏煜,山世光,陈照霖,等. 基于全局和局部特征集成的人脸识别[J]. *软件学报*,2010,21(8):1849-1862.

[18] 刘向铜,熊助国,曹秋香. 基于 3DMax 的虚拟现实的建立过程的探讨[J]. *西部探矿工程*,2009,2(1):78-82.