

文章编号:1001-9081(2010)05-1344-03

基于局部蚁群算法的图像分割

余卫宇¹, 邹若冰¹, 禹之鼎², 田菁³

(1. 华南理工大学 电子与信息学院, 广州 510640; 2. 香港理工学院 电子与计算机工程系, 香港;

3. 南洋理工大学 电机与电子工程学院, 新加坡 639798)

(yuweiyu@scut.edu.cn)

摘要:为了解决光照不均匀、有噪声,或者背景灰度变化较大时,采用单一阈值不能兼顾图像各个像素的实际情况,提出一种利用局部蚁群算法对图像进行阈值分割的改进算法。对图像进行分块,在每块内分别设定阈值进行分割,可以有效减少像素错误归类的现象。该算法对图像的不同区域设置不同的迭代次数和蚂蚁走的步数,获得了更好的分割效果。实验表明该算法可以提高分割的精度,缩短程序运行的时间。

关键词:图像分割;蚁群算法;K-均值

中图分类号:TP391.41 **文献标志码:**A

Image segmentation based on local ant colony optimization

YU Wei-yu¹, ZOU Ruo-bing², YU Zhi-ding², TIAN Jing³

(1. School of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong 510640, China;

2. Department of Electronic and Computer Engineering, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, China;

3. School of Electrical and Electronic Engineering, Nanyang Technological University, Singapore 639798, Singapore)

Abstract: To solve the problem that single threshold cannot take care of the situation of each pixel when illumination varies, noise exists or background image gray changes dramatically, an improved image binary segmentation based on local ant colony algorithm was proposed. Within different image areas, different iteration numbers and steps were set for ants to achieve superior image segmentation results. The experimental results indicate the proposed method can enhance segmentation accuracy and reduce running time.

Key words: image segmentation; Ant Colony Optimization (ACO); K-means

0 引言

在图像处理中,图像分割是图像高层理解和分析的前期工作之一。图像分割是把图像分成不同的区域,提取图像基本特征如灰度、颜色和纹理等。目前有很多图像分割算法^[1-3],其中基于阈值的分割是最基本的方法。在灰度图像中,根据设置阈值的数目可以把图像分割成几个区域。它的主要思想是采用不同的阈值将图像的灰度直方图分成几类,同一个灰度类内的像素集合属于同一个区域或物体。Otsu^[4]提出了最大类间方差法;Papamarkos等人^[5]提出利用有理多项式的极小值决定阈值的大小;Doyle等人^[6]提出了基于灰度直方图的自动阈值选择P-tile法;Dunn等人^[7]提出了均匀化误差阈值选取方法;L. K. Huang提出通过极小化图像的某种模糊测度来决定灰度阈值的方法。

阈值方法分为全局阈值和局部阈值两种。采用阈值确定图像边缘的最简单方法就是在整个图像中将灰度阈值的值设置为常数,此时每个像素所使用的阈值都相等,称为全局阈值方法^[8]。但是对于一般的图像,当光照不均匀、有突发噪声,或者背景灰度变化比较大时,如果采用单一的阈值则不能兼顾图像各个像素的实际情况。本文提出了一种改进算法,对图像进行分块,在每块内分别设定阈值进行分割,可以有效减少像素错误归类的现象。

1 蚁群算法

Dorigo等人^[9-10]从蚂蚁觅食行为得到启发,提出了蚁群算法的基本数学模型并成功应用于旅行商问题(Traveling Salesman Problem, TSP)的求解。蚂蚁在觅食的过程中,经过一段时间后会选择一条最短的路径。研究发现,蚂蚁在找食物的过程中,会释放一种叫作信息素的物质,其他蚂蚁会走信息素较高的路径。经过一定时间后,信息素多集中在较短较优的路径上。

在图像分割中,图像的每个像素都被看作一只蚂蚁 x_i ($1 \leq i \leq N$, N 是像素总数)。式(1)表示了点 i 到点 j 的距离,当距离小于预先设置的距离时,概率为1,否则为0,如式(2)。每只蚂蚁在走过的路径 (i, j) 上留下信息素 ph_{ij} 。每只蚂蚁根据概率 p_{ij} 选择最短的路径, p_{ij} 由式(4)定义。

$$d_{ij} = \|x_i - x_j\| \quad (1)$$

$$ph_{ij} = \begin{cases} 1 & d_{ij} \leq r \\ 0 & d_{ij} > r \end{cases} \quad (2)$$

$$\eta_{ij}(t) = r/d_{ij} \quad (3)$$

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{ph_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{s \in S} ph_{is}^\alpha(t)\eta_{is}^\beta(t)}, & j \in S \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

概率 $ph_{ij}(t)$ 表示 t 时刻路径 (i, j) 上的信息素浓度; $\eta_{ij}(t)$ 表

收稿日期:2009-10-30;修回日期:2010-01-04。 基金项目:国家自然科学基金资助项目(60872123;60972133;U0835001)。

作者简介:余卫宇(1972-),男,广东广州人,讲师,博士,主要研究方向:图像处理、模式识别;邹若冰(1987-),女,辽宁沈阳人,主要研究方向:图像处理;禹之鼎(1987-),男,广东广州人,硕士研究生,主要研究方向:机器视觉、图像处理;田菁(1981-),男,山东人,博士,主要研究方向:图像处理、模式识别。

示从点 i 运动到点 j 时的启发式信息; $S = \{X_s | d_{ij} \leq r, S = 1, 2, \dots, N\}$ 是可选择路径的集合; 式(4)中的 α 和 β 是控制信息素浓度和启发式信息权重的两个参数。

每经过一次循环, 路径 (i, j) 上的信息素浓度进行更新, 如式(5):

$$ph_{ij}(t') = \rho ph_{ij}(t) + \Delta ph_{ij}^k \quad (5)$$

其中: ρ 代表信息素随时间变化的蒸发率; Δph_{ij} 是经过一个循环后路径 (i, j) 上信息素的浓度增量。

$$\Delta ph_{ij}^k = \frac{1}{A + B\mu_g^k} \quad (6)$$

其中: Δph_{ij}^k 是第 k 只蚂蚁留在路径 (i, j) 上的信息素; μ_g^k 为第 k 只蚂蚁走过路径上的灰度平均值; A, B 为系数。

2 改进的蚁群算法及步骤

本文所提出的算法共分为两个步骤。

步骤1 将图像分为 $n \times n$ 个窗口, 用蚁群算法分别生成每个窗口的信息素矩阵。具体过程为: 首先给每个窗口设定蚁群算法参数, 即迭代次数和蚂蚁每次迭代的步数。在每次迭代中, 每只蚂蚁可以沿 8-邻域的方向运动, 通过计算蚂蚁到 8-邻域的最大概率选择下一步的位置和步数。蚂蚁在走过的每一个像素上留下信息素并将走过的像素加入禁忌表。当走完 $step$ 步时, 信息素矩阵按式(5)、(6)更新, 并清空禁忌表。

步骤2 计算图像的阈值并采用 K-均值算法对图像进行二值化处理。在 K-均值算法中利用了两个特征: 归一化后的信息素矩阵和图像灰度矩阵。

算法流程如图1所示。

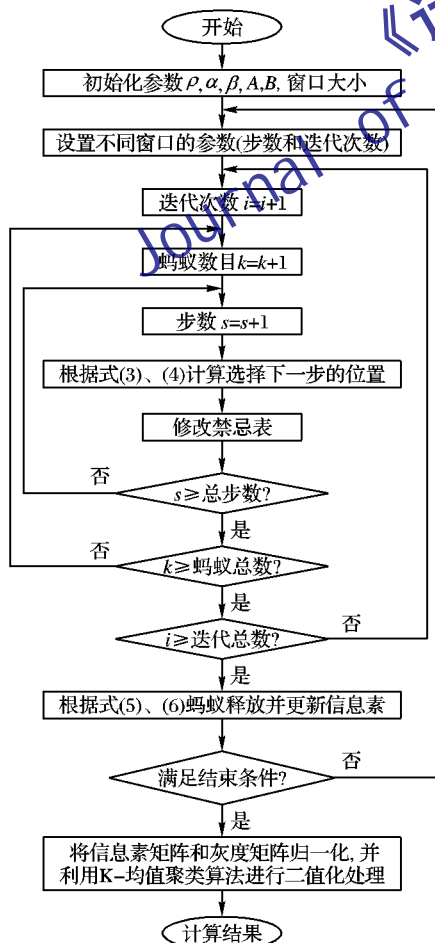


图1 图像分割流程

3 实验结果与分析

实验环境为: Windows XP Professional SP2 操作系统; 程序运行软件 Matlab 7.1; 处理器 Genuine Intel CPU, T2130 1.86 GHz。实验取了不同的测试图像如图2所示, 结果如图3~6所示。实验中, 蚁群算法的起始信息素浓度设为 $const = 20$ 。通过实验, 选出了每个窗口中最佳的步数、迭代次数和聚类中心数目。

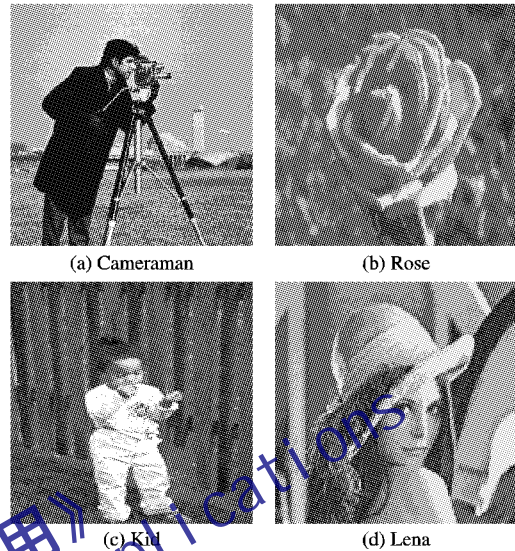


图2 原始测试图像

图3中: (a) 为第1、2窗口步数=15, 迭代次数=5, 其余窗口步数=2, 迭代次数=1的信息素矩阵; (b) 为第1、2窗口步数=15, 迭代次数=5, 其余窗口步数=5, 迭代次数=5的信息素矩阵; (c) 为第1、2窗口步数=20, 迭代次数=5, 其余窗口步数=5, 迭代次数=5的信息素矩阵; (d)~(f) 分别为(a)~(c)的分割结果; 其中图像分为 2×2 窗口, 聚类中心数目10。

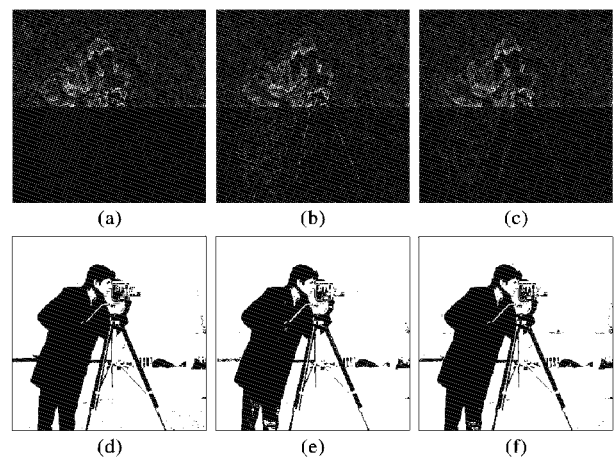


图3 Cameraman 分割结果

图4中: (a) 为第2、4窗口步数=2, 迭代次数=1, 其余窗口步数=5, 迭代次数=5的信息素矩阵; (b) 为第2、4窗口步数=5, 迭代次数=1, 其余窗口步数=20, 迭代次数=5的信息素矩阵; (c) 为第2窗口步数=15, 迭代次数=5, 其余窗口步数=20, 迭代次数=5的信息素矩阵; (d)~(f) 分别为(a)~(c)的分割结果; 其中图像分为 2×2 窗口, 聚类中心数目10。

图5中: (a) 为第1、2窗口步数=15, 迭代次数=5, 其余窗口步数=2, 迭代次数=1的信息素矩阵; (b) 为第1、2窗口

步数=20,迭代次数=5,其余窗口步数=2,迭代次数=1的信息素矩阵;(c)为第1,2窗口步数=20,迭代次数=5,其余窗口步数=5,迭代次数=5的信息素矩阵;(d)~(f)分别为(a)~(c)的分割结果;其中图像分为 2×2 窗口,聚类中心数目10。

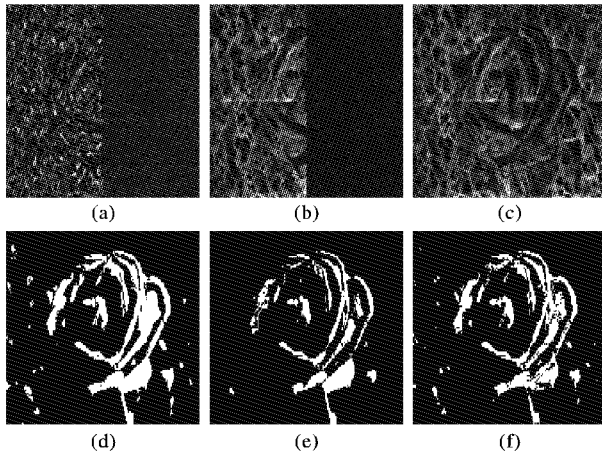


图4 Rose 分割结果

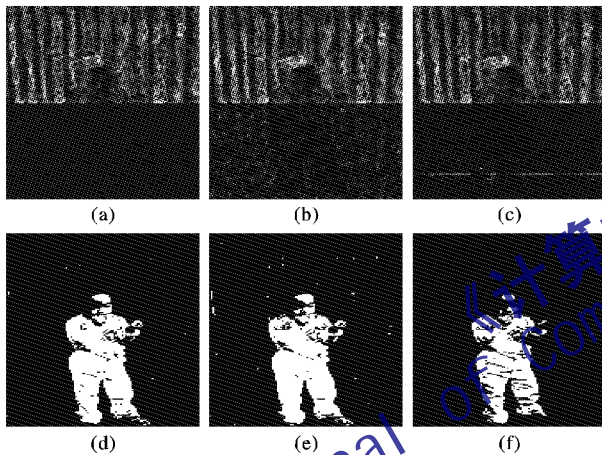


图5 Kid 分割结果

图6中:(a)为第1窗口步数=2,迭代次数=2,其余窗口步数=15,迭代次数=5的信息素矩阵;(b)为第1窗口步数=5,迭代次数=2,其余窗口步数=15,迭代次数=5的信息素矩阵;(c)为第1,4窗口步数=5,迭代次数=2,其余窗口步数=15,迭代次数=5的信息素矩阵;(d)~(f)分别为(a)~(c)的分割结果;其中图像分为 3×3 窗口,聚类中心数目10。

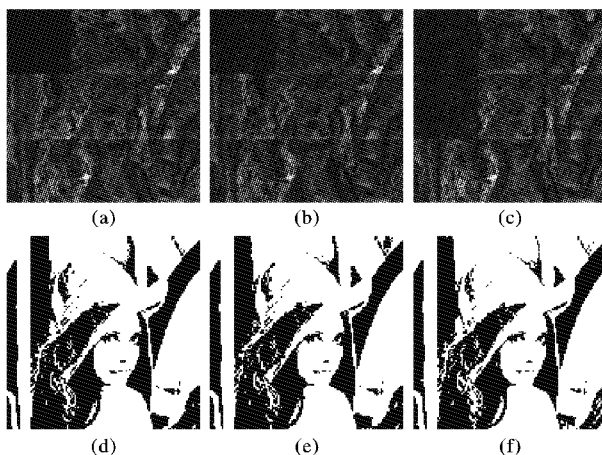


图6 Lena 分割结果

对于图3,当取第1,2窗口步数=15,迭代次数=5,其余窗口步数=5,迭代次数=5时,图像分割效果最佳。对于图

4,当取第2,4窗口步数=5,迭代次数=1,其余窗口步数=20,迭代次数=5时图像分割效果明显好于其他,背景噪声声明得以减少,同时玫瑰花瓣得以完整的分割。对于图5,当取第1,2窗口步数=20,迭代次数=5,其余窗口步数=5,迭代次数=5时图像分割取得最好的效果,此时,背景栅栏上的干扰最少,而且可以看出小孩裤子上的清晰纹路。对于图6,当取第1窗口步数=5,迭代次数=2,其余窗口步数=15,迭代次数=5时图像分割取得最好的效果。

从以上实验结果可以看出,当蚂蚁走的步数和迭代次数值增加时,归一化后的不同灰度的像素间信息素相差就越大。此时,信息素矩阵对于K-均值算法的影响就越大。

从图3~6可以看出,在其他参数不变的情况下,增加信息素矩阵生成过程中的迭代次数和步数,可以增加K-均值分割结果中的不连续区域,显示更多的细节出来。所以对于一幅图像中的对比度小的区域,可以适当增加步数步数和迭代次数以区分前景和背景;反之,减少步数和迭代次数可分割出大块的图像,更具完整性。由于各个窗口所设定的步数与迭代次数是不同的,避免了全局分割时所有蚂蚁走相同步数而造成的时间浪费,减少了程序运行时间。使用本文所述的算法,实验得到了完整并且准确的图像分割结果。

4 结语

本文利用局部蚁群算法对图像进行二值化分割,所提出的算法分为两个步骤:第一步首先将图像分为不同的窗口,用蚁群算法分别生成每个窗口的信息素矩阵;第二步计算图像的阈值并采用K-均值算法利用归一化后的信息素矩阵和图像灰度矩阵进行二值化处理。实验表明该算法可以提高分割的精度,缩短了算法的运行时间,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] SEZGIN M, SANKUR B. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation [J]. Journal of Electronic Imaging, 2004, 13(1): 146-168.
- [2] LUCCHESI L, MITRA S K. Color image segmentation: A state-of-the-art survey [EB/OL]. [2009-08-03]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.84.4896&rep=rep1&type=pdf>.
- [3] 罗西平, 田捷. 图像分割方法综述[J]. 模式识别与人工智能, 1999, 12(3): 300-312.
- [4] OTSU N. A threshold selection method from gray level histogram [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-66.
- [5] PAPAMARKOS N, GATOS B. A new approach for multilevel threshold selection [J]. Graphical Models and Image Processing, 1994, 56(5): 357-370.
- [6] KITTLER J, ILLINGWORTH J. Minimum error thresholding [J]. Pattern Recognition, 1986, 19(1): 41-47.
- [7] DUNN S M, HARWOOD D, DAVIS L S. Local estimation of the uniform error threshold [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1984, 6(6): 742-747.
- [8] MALISIA A R, TIZHOOSH H R. Applying ant colony optimization to binary thresholding [C]// ICIP 2006: International Conference on Image Processing. Atlanta, GA, USA: IEEE Signal Processing Society, 2006: 2409-2412.
- [9] DORIGO M, STUTZLE T. 蚁群优化[M]. 张军, 胡晓敏, 罗旭, 译. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [10] DORIGO M, BIRATTARI M, STUTZLE T. Ant colony optimization [J]. IEEE Computational Intelligence Magazine, 2006, 1(4): 28-39.