

基于鱼群算法的图像阈值分割^{*}

张 涛¹, 肖永豪², 余卫宇^{2,3†}

(1. 贵阳大学 物理与电子信息科学系, 贵阳 550001; 2. 华南理工大学 电子与信息学院, 广州 510640; 3. 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: 提出了一种基于鱼群算法的二维阈值图像分割的新方法。传统的二维 Otsu 方法考虑了图像的灰度信息和像素间的空间邻域信息, 是一种有效的图像分割方法。但是由于二维 Otsu 方法的计算量大、运行时间长的缺陷, 采用鱼群算法来搜索最优二维阈值向量, 通过鱼群追尾行为获得最优阈值。实验结果表明, 所提出的方法不仅能得到理想的分割结果, 而且分割速度快。

关键词: 人工鱼群算法; 图像分割; 二维 Otsu 方法

中图分类号: TP18; TP391

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2011)03-1168-02

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2011.03.106

Image thresholding segmentation with Otsu based fish colony algorithm

ZHANG Tao¹, XIAO Yong-hao², YU Wei-yu^{2,3†}

(1. Dept. of Physical & Electrical Information Science, Guiyang University, Guiyang 550001, China; 2. School of Electronic & Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 3. Provincial Key Laboratory for Computer Information Processing Technology, Soochow University, Suzhou Jiangsu 215006, China)

Abstract: This paper proposed a two dimensional thresholding image segmentation based on fish colony algorithm. Otsu thresholding which features a good performance, is one of the main image threshold segmentation methods. But the application of the two dimensional Otsu threshold algorithm has been restricted for the long paying computation. In order to overcome the disadvantages and get better results. Simulation result has demonstrated that the computational time of the FCO based Otsu is far less than other algorithm.

Key words: fish colony algorithm; image segmentation; two dimensional Otsu algorithm

图像分割是图像分析和视觉系统的前期任务之一, 是将图像中不同区域区分开来, 这些区域互不相交, 且每个区域满足一定的相似性准则。阈值化^[1,2]是图像分割中一种简单而有效的方法。其中 Otsu 算法(类间方差法)因与物体和背景的像素分布模型无关, 整体分割效果较好, 适用范围较广而得到广泛应用。对 Otsu 算法而言, 由于图像的灰度仅仅反映了图像像素的自身灰度分布, 没有体现出图像像素之间的空间信息, 因而当图像含有较多噪声时, 反映不出物体与背景的明显区别, 这时如果仅根据一维灰度特征来进行图像分割, 则可能会产生误分割。

国内外学者从生物进化的角度提出了许多用于解决复杂优化问题的新方法, 因其高效的优化性能、无须特殊信息等优点, 受到各领域广泛的关注和应用。主要算法有模拟退火算法、遗传算法、蚁群算法和蜂群算法等。模拟退火算法是基于蒙特卡罗迭代求解的一种全局概率型搜索算法; 遗传算法是借鉴优胜劣汰的生物进化与遗传而提出的一种全局性并行搜索算法; M. Dorigo 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 TSP 的求解。人工鱼群算法^[3,4]是一种模拟鱼群觅食行为的随机搜索优化算法, 由鱼群中各个体的局部寻优达到全局最优的目的, 使全局最优凸显出来。

1 二维 OTSU 图像分割

日本学者 Yukio 首先提出了 Otsu 法, 也称做最大类间方差法。Otsu 算法是根据一维直方图, 以背景和目标的类间方差最大为阈值选取准则。由于灰度不能完全反映出图像的空间信息, 特别是当图像中含有噪声时, 不能区分出背景和前景, 会产生误分割。在此基础上, 文献[5]提出了二维阈值分割方法。在此基础上, 刘健庄等人^[6]提出了阈值自动分割算法。由于二维 Otsu 算法的速度慢, 郝颖明等人^[7]提出了快速算法。利用原图像与其邻域平滑图像联合直方图, 得到二维 Otsu 阈值分割方法, 使分割效果得到改善, 并且具有更好的抗噪声能力。

设图像 $f(x, y)$ 的灰度级为 L , 像素灰度值为 i , 且邻域平均灰度值的像素点数为 j , 图像总像素为 M , 则二维联合概率密度为

$$p_{ij} = f_{ij} / M (i, j = 0, 1, 2, \dots, L-1) \quad (1)$$

且 p_{ij} 满足 $\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p_{ij} = 1$ 。

背景与物体对应的概率分别为 p_0 和 p_1 , 当阈值为 (s, t) 时, 其值分别为

$$p_0 = \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t p_{ij} \quad p_1 = \sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} p_{ij} \quad (2)$$

则 C_0 与 C_1 对应的灰度均值为

收稿日期: 2010-07-05; **修回日期:** 2010-10-11 **基金项目:** 国家自然科学基金联合项目资助(#U085001); 苏州大学计算机信息处理技术重点实验室资助项目

作者简介: 张涛(1976-), 男, 贵州贵阳人, 硕士研究生, 主要研究方向为信号与信息处理; 肖永豪(1971-), 男, 江西赣州人, 博士研究生, 主要研究方向为图像和视频处理; 余卫宇(1972-), 男(通信作者), 广州人, 副教授, 博士, 主要研究方向为图像和视频处理、模式识别等(yuweiyu@scut.edu.cn)。

$$\mu_0 = (\mu_{0i}, \mu_{0j})^T = (\sum_{i=0}^s ip(i/C_0), \sum_{j=0}^t jp(j/C_0))^T$$
$$\mu_1 = (\mu_{1i}, \mu_{1j})^T = (\sum_{i=s+1}^{L-1} ip(i/C_1), \sum_{j=t+1}^{L-1} jp(j/C_1))^T \quad (3)$$

图像总的灰度均值为

$$\mu_T = (\mu_{Ti}, \mu_{Tj})^T = (\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ip_{ij}, \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} jp_{ij})^T \quad (4)$$

定义离散度矩阵为

$$S_{(s,t)} = \sum_{k=0}^1 p_k [(\mu_k - \mu_T)(\mu_k - \mu_T)^T] \quad (5)$$

当选取最大值时,其对应的分割阈值就是最优阈值。

2 鱼群行为

鱼群算法的基本思想是在一片水域中,鱼群数量最多的地方一般就是该水域中富含营养物质最多的地方,依据这一特点来模仿鱼群的觅食等行为,从而实现全局寻优。鱼类的活动有觅食行为、聚群行为、追尾行为和随机行为。如何利用简便有效的方式来构造并实现这些行为将是算法实施的主要问题。

通常鱼类主要有以下行为:

- a) 觅食行为。这是鱼群的一种最基本的行为,一般可以认为它是通过视觉或味觉来判断水中的食物量度来选择趋向的。
- b) 聚群行为。这是鱼类较常见的一种现象,水域的鱼都能聚集成群,可以进行集体觅食和躲避敌害。
- c) 追尾行为。当鱼群中鱼发现食物时,附近区域的鱼会尾随其后快速游过来,进而导致更远处的鱼也尾随过来。
- d) 随机行为。鱼在水中自由游动基本上是随机的,其实它们也是为了更大范围地寻觅食物或同伴。

人工鱼模型是通过模拟鱼群的觅食活动,实现在空间中寻求全局最优的一种模型。它是一种模仿鱼群行为方式的随机搜索优化算法。首先构造人工鱼的个体模型,然后群集现象作为整体模式从个体的局部的相互作用中突现出来。人工鱼模型利用鱼的觅食、聚群和追尾行为,通过鱼群中各个体的局部寻优,从而达到使全局最优值在群体中突现出来的目的。算法具有快速跟踪极值点、克服局部极值并获得全局极值的能力,而且对初值和参数要求不高。

3 基于人工鱼群算法的二维阈值图像分割

人工鱼群算法在对群聚行为和追尾行为进行评价后,自动选择合适的行为,从而形成了一种高效快速的寻优策略。人工鱼群算法具有较好的鲁棒性,控制的参数也比较少,这个优点正好弥补了二维 Otsu 算法运算量庞大的缺陷。

设人工鱼模型的状态 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 。其中, $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 为欲寻优的变量。人工鱼当前的食物浓度表示为 $Y = f(X)$, 其中, Y 为目标函数值;人工鱼个体之间的距离表示为 $d_{i,j} = \|X_i - X_j\|$ 。

主要步骤如下:a) 初定鱼群的数量 k ; b) 人工鱼的初始位置在 $0 \sim 255$ 随机产生; c) 设置适应度函数,采用式(5)计算其最佳阈值; d) 依据聚群行为把图像分割成两类。

4 实验结果与分析

为了验证本文方法的有效性,对不同图像进行分割实验,图像分别采用了 Rice、Cameraman 和 Lena。实验结果如图 1 ~ 3 所示。同时与其他算法进行了比较,其结果如表 1 所示。

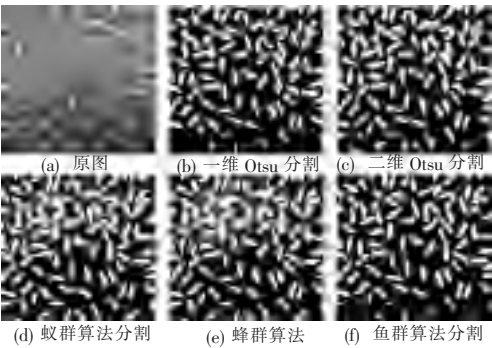


图 1 Rice 阈值分割图



图 2 Cameraman 阈值分割图

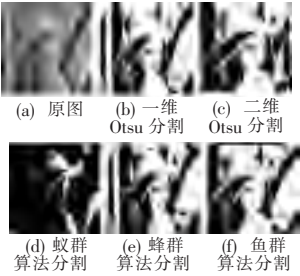


图 3 Lena 阈值分割图

表 1 不同算法的阈值选取和运行时间

图像	一维阈值	二维阈值	蚁群算法	蜂群算法	鱼群算法
Rice	133	(92,122)/28.515s	128/0.281s	81/24.320s	133/0.234s
Cameraman	90	(133,136)/17.781s	116/1.359s	121/24.320s	90/0.375s
Lena	116	(114,117)/19.094s	103/0.835s	133/24.290s	116/1.359s

由图 1 ~ 3(f) 效果可见,经过人工鱼群算法优化后的二维阈值分割要比其他算法分割的效果好。这主要是因为通过人工鱼群算法的追尾行为,可以较为准确地寻找到最佳阈值,再通过聚群行为进行准确分类,获得更好的分割效果。

对于二维阈值分割和鱼群优化的二维阈值分割所得到的最优阈值向量和计算时间从表 1 可以看出,在相同条件下,通过鱼群优化后的二维阈值分割计算的时间显然比二维阈值要快很多,说明了鱼群优化算法在计算速度方面的优势,显然这种优势还会随着阈值维数的增多而加大。

5 结束语

本文介绍了二维阈值图像分割的原理,应用人工鱼群算法对二维阈值图像分割进行了优化,并进行了实验仿真,对其结果进行相应的分析。结果表明,通过鱼群算法优化后的二维阈值分割不仅能有效地搜索到全局最优二维阈值,而且计算量大大减少,也要优于二维阈值算法,这也为二维 Otsu 方法的实时应用提供了一个新的途径。

参考文献:

[1] 韩思奇,王蕾. 图像分割的阈值法综述[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 4(6): 91-102.

[2] ZHANG Y J. A survey on evaluation methods for image segmentation [J]. Pattern Recognition, 1996, 29(8): 1335-1346.

[3] 李晓磊. 一种新型的智能优化方法——人工鱼群算法[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.

[4] 何登旭,曲良东. 人工鱼群聚类分析算法[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(10): 3666-3668.

[5] 王永波,陈继荣. 二维 Otsu 阈值分割算法的改进及应用[J]. 计算机仿真, 2008, 25(4): 263-264.

[6] 刘健庄,栗文清. 灰度图像的二维 Otsu 自动阈值分割法[J]. 自动化学报, 1993, 19(1): 101-105.

[7] 郝颖明,朱枫. 二维 Otsu 自适应阈值的快速算法[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(4): 484-488.