

文章编号: 2095-4980(2017)03-0475-05

基于万有引力搜索算法图像分割的实现

戚 娜¹, 马占文²

(1.陕西工业职业技术学院 信息工程学院, 陕西 咸阳 712000; 2.陕西师范大学 计算机科学学院, 陕西 西安 710062)

摘 要: 图像分割是计算机视觉中研究的热点和难点之一, 原始图像只有在分割之后才能被分析与理解。为了更快更准确地分割图像, 本文将万有引力搜索算法和最大类间方差法的双阈值法相结合, 提出了一种新的图像分割方法。该方法首先把图像分割的阈值看成引力搜索算法中空间的粒子; 其次利用最大类间方差法的双阈值法设计适应度函数; 最后, 通过粒子在空间中相互的万有引力作用, 逐渐逼近最优阈值。实验表明, 基于万有引力搜索算法(GSA)的图像分割在运行速度、运行时间等方面要优于传统的图像分割算法, 该方法分割后的目标图像更加适合后续的分析 and 处理。

关键词: 图像分割; 万有引力搜索算法; 阈值分割; 最大类间方差法

中图分类号: TN911.73; TP391 **文献标志码:** A **doi:** 10.11805/TKYDA201703.0475

Image segmentation based on the universal gravitation search algorithm

QI Na¹, MA Zhanwen²

(1.Department of Information Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang Shaanxi 712000, China;

2.School of Computer Science, Shaanxi Normal University, Xi'an Shaanxi 710062, China)

Abstract: Image segmentation is a hot and difficult problem in computer vision research, and the original image can be analyzed and understood only after the image segmentation. In order to segment images faster and more accurately, a new image segmentation method is proposed by combining dual threshold algorithm and Otsu gravitational search. Firstly, the image segmentation threshold is taken as the particle in space in Gravitational Search Algorithm(GSA). Secondly, the fitness function is designed by using dual threshold method of the Otsu. Finally, the optimal threshold is gradually approached through gravitational interaction between the particles in space. Experimental results show that GSA is superior to the traditional image segmentation methods at the segmentation speed and the running time; the image segmented by the proposed method is more suitable for the analysis and subsequent processing.

Keywords: image segmentation; Gravitational Search Algorithm; threshold segmentation; maximum inter class variance method

随着计算机技术的不断发展, 到目前为止, 已经提出了许多种图像分割的算法。图像分割是根据图像本身所具有的特性(如颜色、灰度、形状, 等等), 把图像分成若干个特定的、不相交的、具有独特性质的区域, 便于计算机视觉的后续处理, 如用于目标检测和特征提取。目标检测与特征提取都以图像分割作为基础, 图像分割结果的好坏将直接影响到后续的特征提取与目标检测^[1]。但这些算法都存在分割阈值不稳定的问题, 对于同一图像, 每次分割都有不同的分割结果^[2]。为了解决该问题, 本文提出了基于万有引力搜索算法图像分割。

1 传统图像分割方法的介绍

根据图像分割时采用的数据处理方法、驱动策略及方式的不同, 图像分割算法主要有: 基于阈值分割、基于区域生长分割、基于边缘的分割和基于统计学的分割^[3]。目前, 遗传算法(Genetic Algorithm, GA)^[4]、粒子群优化算法(Particle Swarm Optimization, PSO)^[5]、蚁群优化(Ant Colony Optimization, ACO)算法^[6]等多种仿生学

收稿日期: 2015-12-18; 修回日期: 2016-01-24

基金项目: 陕西工业职业技术学院院级科研课题资助项目(ZK14-02)

算法都成功地应用于图像多阈值分割中的阈值求解问题。

1.1 阈值分割

阈值分割法是一种传统的图像分割方法,因其实现简单、计算量小、性能较稳定而成为图像分割中最基本和应用最广泛的分割技术^[7-8]。阈值分割法的基本原理是:通过设定不同的特征阈值,把图像像素点分为若干类。特别适用于目标和背景处于不同灰度级范围内的图像。常用的特征包括:直接来自原始图像的灰度或彩色特征;由原始灰度或彩色值变换得到的特征。

1.2 区域生长分割

区域生长是一种古老的图像分割方法,最早的区域生长图像分割^[9]方法是由 Levine 等人提出的,是根据事先定义好的准则将像素或子区域聚合成更大区域的过程。基本方法是以一组“种子”点开始,将与种子点性质相似(如灰度级或颜色的范围)的相邻像素附加到生长区域的每个种子上,而新的像素继续作为种子向四周生长,直到再没有满足条件的像素可以聚合进来,这样一个区域的生长就结束了。

1.3 基于边缘的分割

基于边缘检测的图像分割是利用图像中目标边缘灰度变换较剧烈的属性,利用图像处理中边缘检测方法,检测出图像的灰度、纹理、颜色等分布位置,进而将目标对象所在的区域提取出来的分割方法。但是边缘检测的结果不能作为图像分割的依据,可能由于噪声、不均匀照明等原因引起边缘间断,因此,必须紧接着使用连接过程,把边缘点沿着图像轮廓连起来,将边缘像素组合成有意义的边缘。

1.4 基于统计学的分割

统计方法是近年来医学图像分割比较流行的分割方法。从统计学出发的图像分割方法是把图像中各个像素点的灰度值看作是具有一定概率分布的随机变量,观察到的图像是对实际物体做了某种变换并加入噪声的结果。从统计学的角度来看,就是要找出以最大的概率得到该图像的物体组合。例如, Otsu 提出了一种用最大化类间方差确定分割阈值的方法^[10]。此方法分割后的目标和背景大小几乎相等。在 Otsu 算法的基础上, Ramesh 等提出近似直方图来确定分割阈值的方法^[11]。Kittler 和 Illingworth 根据正态分布的混合模型提出通过最小化误分类概率来获得分割阈值^[12]。Pun 提出了一种通过把目标类和背景类的后验熵最大化来确定分割的阈值的方法,即最大熵法^[9]。

2 GSA 算法原理的介绍

万有引力搜索算法(GSA)是 2009 年伊朗克曼大学的 Esmat Rashedi 等人所提出的一种智能优化算法,具有较好的全局搜索能力和较快的收敛速度,计算简单,易实现^[13]。引力搜索算法的原理是将所有粒子当作有质量的物体作无阻力运动的过程中,每个粒子会受到群空间中其他粒子的引力的影响,并产生加速度,向质量更大的粒子运动^[10]。由于粒子的质量与粒子的适应度值关联,适应度值大的粒子,其质量也会更大,因此,质量小的粒子在朝质量大粒子靠近的过程中逐渐接近优化问题中的最优解。

GSA 与蚁群算法等其他群体智能算法不同之处在于,粒子不需要通过环境因素来改变自身运动的情况^[14],而是通过个体之间的引力的相互作用来实现最优解的产生的共享。因此,在没有环境因素的影响下,粒子也能从全局的情况,对群体展开搜索。具体流程如图 1 所示。

步骤 1 在解空间内随机构建 $n \in N$ 个可行解。其中第 i 个粒子在第 d 维空间上的位置下: $X_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n)$, 同时,初始化算法中所有粒子的位置与加速度,设置迭代次数与参数;

步骤 2 计算该粒子 x_i 的适应度值,利用式(1)更新重力常数,其中 G 表示粒子 x_i 在 t 时刻的万有引力, G_0 表示宇宙在最初 t_0 时刻的万有引力常数,其值为 100, T 是最大迭代次数, α 是一个常数,取值 20;

$$G(t) = G_0 e^{-\frac{\alpha}{T}} \quad (1)$$

步骤 3 以得出的适应度值计算粒子的质量,利用式(2)和式(3)计算粒子的质量;

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)} \quad (2)$$

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^N m_j(t)} \quad (3)$$

式(2)和式(3)中, $fit_i(t)$ 代表在 t 时刻第 i 个粒子的适应度值的大小。对于求最优解问题和求最差解问题, $worst(t)$ 和 $best(t)$ 的定义为:

$$best(t) = \max_{i \in \{1,2,\dots,N\}} fit_i(t) \quad (4)$$

$$worst(t) = \min_{i \in \{1,2,\dots,N\}} fit_i(t) \quad (5)$$

步骤 4 根据式(6)计算粒子 i 在 d 维空间上受来自其他所有粒子作用力的总和 $F_i^d(t)$;

$$F_i^d(t) = \sum_{j=1, j \neq i}^N rand_j F_{ij}^d(t) \quad (6)$$

式中: $rand_i$ 是范围在 $[0,1]$ 之间的随机数, $F_i^d(t)$ 是第 j 个粒子作用在第 i 个粒子上在 d 维空间上的引力;

步骤 5 以得出粒子的质量和作用力, 根据式(5)计算粒子 x_i 的加速度 a_i , 其中 $M_i^d(t)$ 是粒子 i 的惯性质量;

$$a_i^d = \frac{F_i^d(t)}{M_i^d(t)} \quad (7)$$

步骤 6 以得出粒子 x_i 的加速度 a_i 根据式(8)和式(9)进行移动, 然后更新位置, 式中的 $v_i^d(t)$ 表示粒子 i 在 t 时刻的速度, $a_i^d(t)$ 表示粒子 i 在 t 时刻的加速度;

$$v_i^d(t+1) = rand_i \times v_i^d(t) + a_i^d(t) \quad (8)$$

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + v_i^d(t+1) \quad (9)$$

步骤 7 若达到规定最大迭代次数或当前最优解符合期望, 算法完成。否则, 执行步骤 2。

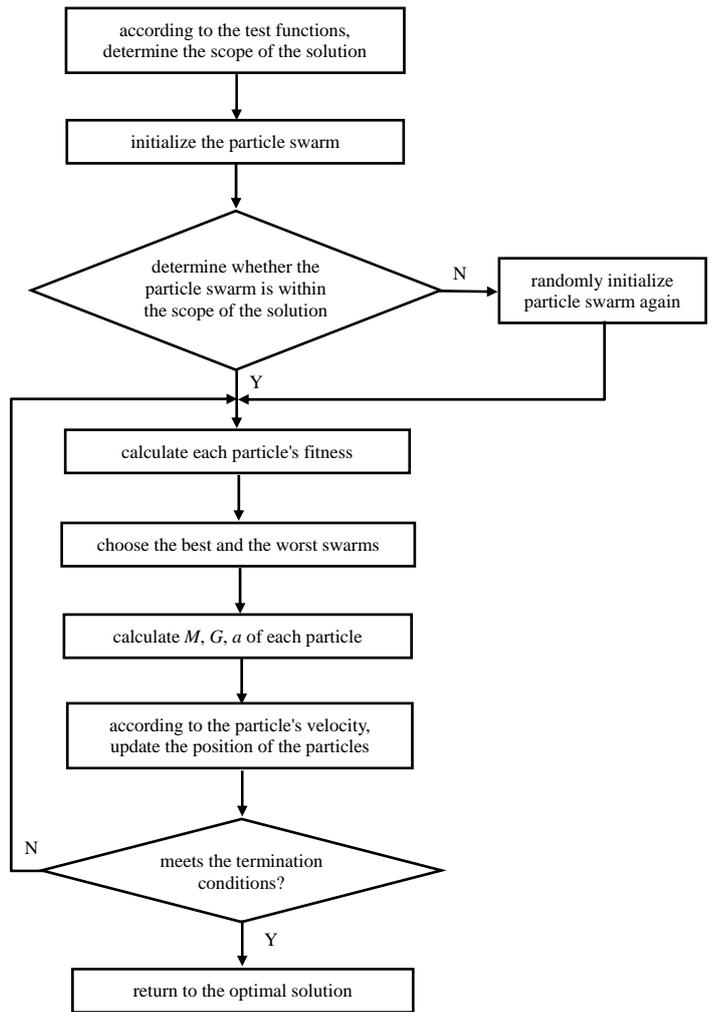


Fig.1 Flow chart of gravitational search algorithm
图 1 引力搜索算法流程图

3 基于引力搜索算法的双阈值图像分割的实现

3.1 基于引力搜索算法的图像分割方法的设计

基于引力搜索算法的图像分割方法的设计思路是, 通过该算法实现快速全局搜索, 获得最优的分割阈值, 对图像进行分割。基于引力搜索算法的双阈值图像分割的基本过程如图 2 所示。

主要步骤如下:

- 第 1 步 选取最大类间方差双阈值的比值作为适应度函数;
- 第 2 步 读入待分割图像, 适应度函数为 GSA 算法的测试函数, 计算适应度值;
- 第 3 步 利用 GSA 算法从适应度值中寻找最优值, 求解待分割图像的最优分割阈值;
- 第 4 步 利用最优分割阈值分割图像。

3.2 实验结果与性能分析

本小节讨论 GSA、基于人工鱼群(Artificial Fish Swarm, AFS)和基于人工蜂群(Artificial Bee Colony, ABC) 3 种群体智能优化算法, 在 Matlab 平台上, 针对图像库中的 2 幅标准图像 Coins 和 Cameraman 进行对比实验(如图 3 所示)。在实验中, 3 种方法所用到的参数相同, 种群规模为 50, 迭代次数为 30。

分别用 GSA, AFS 和 ABC 这 3 种群体智能算法对 Coins 和 Cameraman 这 2 幅图像进行仿真实验时, 寻找到的最优阈值、最优适应度、运行时间统计如表 1 所示。

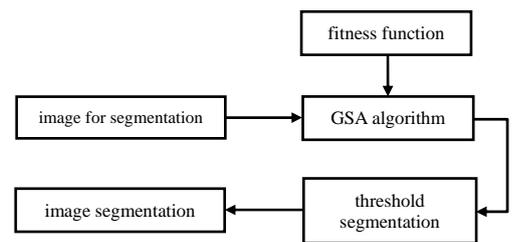


Fig.2 Double threshold image segmentation based on gravitational search algorithm
图 2 基于引力搜索算法的双阈值图像分割

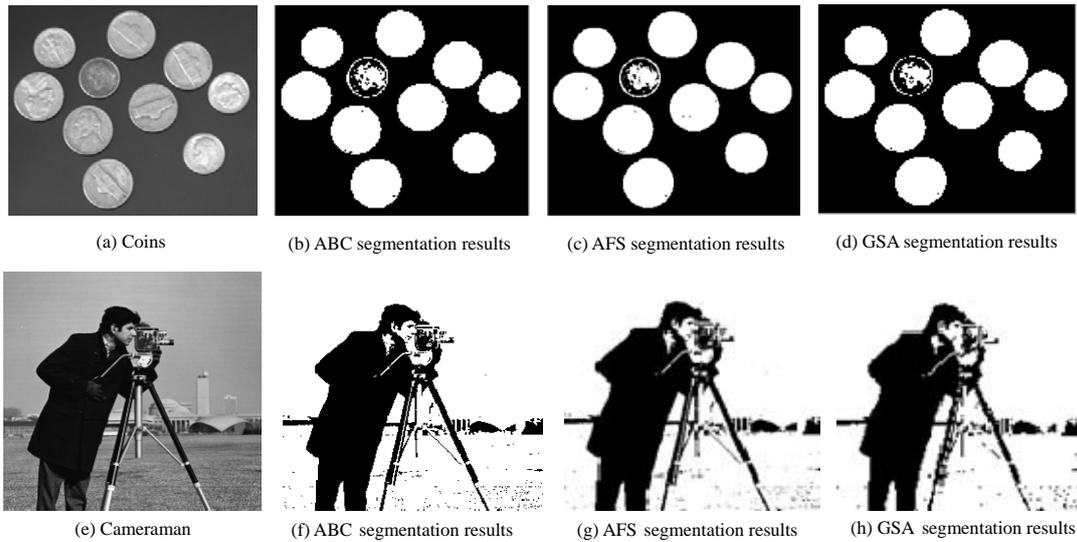


Fig.3 Contrast of the image segmentation
图 3 图像分割对比试验

表 1 四种智能优化算法实验结果

Table1 Results of four kinds of intelligent optimization algorithms

Image	algorithm	optimal threshold	optimal fitness	elapsed time/s
Coins	AFS	126,131	5 576.3	1.039 0
	ABC	126,131	5 576.3	0.410 2
	GSA	128,131	5 576.1	0.194 2
Cameraman	AFS	89,103	6 218.8	0.788 1
	ABC	88,102	6 218.8	0.354 7
	GSA	86,99	6 215.0	0.223 8

为了查验 GSA 分割法的收敛情况，结合最大类间方差双阈值法，对图像库中的 4 种标准图进行分割测试和分析比较，收敛曲线如图 4、图 5 所示。

由图 3~图 5 和表 1 可知，3 种群体智能算法的分割阈值相差不大，均能正确分割；进一步对比 3 种算法的收敛曲线发现，3 种算法均正确收敛。以上 2 组实验结果表明，经与其他智能算法的实验仿真对比，可知 GSA 算法在分割速度上明显高于 ABC 和 AFS 两种智能搜索算法。

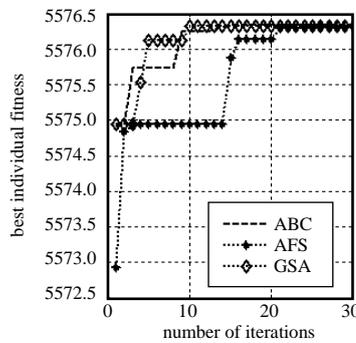


Fig.4 Comparison of convergence curves of three algorithms for segmentation of Coins image

图 4 分割 Coins 图像 3 种算法的收敛曲线比较

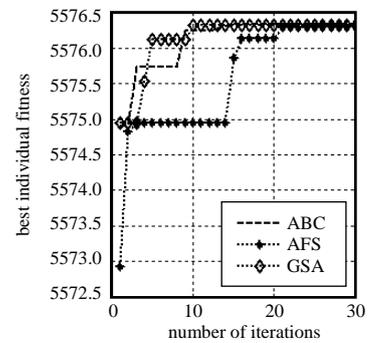


Fig.5 Comparison of convergence curves of three algorithms for segmentation of Cameraman image

图 5 分割 Cameraman 图像 3 种算法的收敛曲线比较

4 结论

图像分割的难点在于阈值的选取，因此本文根据基于万有引力搜索算法的全局寻优能力强和收敛速度快的优点，将其应用于图像分割的多阈值选取，同时结合最大类间方差法双阈值，以实现较短时间内获得最优的分割阈值，以此来分割图像。

参考文献：

[1] 章毓晋. 图像分割[M]. 北京:科学出版社, 2001. (ZHANG Yujin. Image Segmentation[M]. Beijing:Science Press, 2001.)
 [2] 邓上宏,邓文,何小海,等. 基于 HEA 算法的二维最大相关准则图像分割[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2013, 11(6):424-428. (DENG Shanghong,DENG Wen,HE Xiaohai,et al. Image segmentation based on two-dimensional MCC and HEA[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2013,11(6):424-428.)

[3] 范炜锋. 万有引力搜索算法的分析与改进[D]. 广州:广东工业大学, 2014. (FAN Weifeng. Analysis and improvement of gravitational search algorithm[D]. Guangzhou,China:Guangdong University of Technology, 2014.)

[4] PAINTON L,CAMPBELL J. Genetic algorithms in optimization of system reliability[J]. IEEE Transactions on Reliability, 1995,44(2):172-178.

[5] AKHILESH C,AMITAVA C,PATRICK S. A new social and momentum component adaptive PSO algorithm for image segmentation[J]. Expert Systems with Applications, 2011,38(5):4998-5004.

[6] SCHOONDERWOERD R,HOLLAND O,BRUTEN J,et al. Ant-based load balancing in telecommunications networks[J]. Adaptive Behavior, 1996,5(2):169-207.

[7] 张维平. 改进的万有引力搜索算法在函数优化中的应用[J]. 计算机应用, 2013(5):1317-1320. (ZHANG Weiping. Improved gravitation search algorithm and its application to function optimization[J]. Journal of Computer Applications, 2013(5):1317-1320.)

[8] 柳新妮. 基于群体智能的图像阈值分割方法研究[D]. 西安:陕西师范大学, 2012. (LIU Xinni. Research of image threshold segmentation method based on swarm intelligence[D]. Xi'an,China:Shaanxi Normal University, 2012.)

[9] 磨少清. 边缘检测及其评价方法的研究[D]. 天津:天津大学, 2011. (MO Shaoqing. Research on edge detection and its evaluation[D]. Tianjin,China:Tianjin University, 2011.)

[10] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histogram[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979,9(1):62-66.

[11] 张秀玲,臧佳音,樊红敏,等. 改进的万有引力搜索算法[J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 2014(6):468-472. (ZHANG Xiuling,ZANG Jiayin,FAN Hongmin,et al. Journal of Shenyang University(Natural Science), 2014(6):468-472.)

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

[13] ESMAT Rashedi,HOSSEIN Nezamabadi-pour,SAEID Saryazdi. GSA: a gravitational search algorithm[J]. Information Sciences, 2009,179(13):2232-2248.

[14] 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.

作者简介:



戚 娜(1981-), 女, 陕西省户县人, 硕士, 副教授, 主要研究方向为数据信息安全、图像处理.email:43508617@qq.com.

马占文(1992-), 男, 宁夏回族自治区海原县人, 学士, 助教, 主要研究方向为图像处理.

关于举办 2017 全国信号处理技术应用大会暨 2017 中国信号处理技术工程师年会的通知

自 2014 以来的几年间, 中国电子学会成功地举办了“全国信号处理技术应用大会暨中国信号处理工程师年会”, 会议受到广大参会代表的好评。为此, 中国电子学会拟于 2017 年 7 月 28-30 日在北京南粤苑宾馆继续举办“2017 年全国信号处理技术应用大会暨 2017 中国信号处理工程师年会”, 本次会议就雷达、导航和通信专业内容进行报告, 内容、热点更加集中, 旨在进一步加强信号处理技术应用领域中企业之间、高校与企业之间、研发工程师与应用工程师之间的交流和沟通, 有力推动信号处理技术的进步与应用水平的提高, 以满足各个行业的发展需求。

一、大会主题: 拓宽研发思路 提高应用能力

二、主办单位: 中国电子学会

承办单位: 中国电子学会学术交流中心 中国电子学会信号处理分会

媒体支持: 《中国图像图形学报》、《太赫兹科学与电子信息学报》、《雷达学报》

三、大会交流形式: 特邀演讲、宣传展示、大会发表的新成果、新产品、新技术及研究报告

本次大会具体内容可参见中国电子学会网站(www.cie-info.org.cn)或《太赫兹科学与电子信息学报》网站(www.iaeej.com)。

会议报名及招商合作咨询: 中国电子学会 骆阳 010-83687508 手机: 13521652196 (同微信)
email: ly_job@163.com QQ:419304516

中国电子学会
2017 年 2 月 26 日