

基于改进遗传算法的阈值图像分割方法

李茂民, 邹臣嵩

(广东松山职业技术学院电气工程学院, 广东 韶关 512126)
✉1056171963@qq.com; 190352915@qq.com



摘要: 本文提出一种新的基于改进遗传算法和阈值图像分割相结合的人像图像分割方法。这种新的改进方法以遗传算法为基础, 利用遗传算法具有较高的搜索效率、明显的搜索精度, 提升了图像分割阈值的精度获取, 提高了图像分割的抗噪能力, 在提升阈值稳定的同时, 提升了阈值的获取速度及获取精度, 解决了传统算法应用于人像图像分割时分割效果不理想、分割精度较低的缺点。经过实验验证, 利用本文改进算法能达到较好分割效果, 具有较好的抗噪能力, 从而缩短分割图像时间。

关键词: 人像; 图像分割; 遗传算法
中图分类号: TP311 **文献标识码:** A

Research on Threshold Image Segmentation Method based on Improved Genetic Algorithm

LI Maomin, ZOU Chensong

(Department of Electrical Engineering, Guangdong Songshan Polytechnic, Shaoguan 512126, China)
✉1056171963@qq.com; 190352915qq.com

Abstract: This paper proposes a new portrait image segmentation method based on a combination of improved genetic algorithm and threshold image segmentation. Genetic algorithm, which has higher search efficiency and obvious search accuracy, is used as a basis in the new improved method to improve the accuracy acquisition and the anti-noise ability of image segmentation. While increasing the stability of the threshold value, it improves the speed and accuracy of the threshold value acquisition, so to overcome the shortcomings of unsatisfactory segmentation effect and low segmentation accuracy when traditional algorithms are applied to portrait image segmentation. Experiments verify that the improved algorithm in this paper achieves a better segmentation effect and has better anti-noise ability, thereby shortening the image segmentation time.

Keywords: portrait; image segmentation; genetic algorithm

1 引言(Introduction)

随着信息技术的不断发展, 图像处理的应用普遍存在于我们的生活和工作中。在图像处理过程中, 我们往往会对图像的特定区域^[1-2]、局部区域感兴趣, 这就要求将一幅完整图像分解成不同性质的区域, 而图像分割是能完美完成该项工

作的图像处理技术。图像分割是图像处理的关键技术^[3-4], 其中阈值分割^[5-6]是计算简单、实用性较强的图像分割方法, 基于阈值的分割主要是利用灰度阈值分割^[7-8], 阈值分割的核心是确定最佳阈值分割^[9]。

本文提出的新改进遗传算法应用图像阈值确定, 通过遗

传算法的选择、交叉、变异概率变化来获得图像分割最佳阈值,进而获得相当稳定、准确的图像。

2 Otsu算法的多阈值分割 (Multi-threshold segmentation of Otsu algorithm)

Otsu算法分割算法^[10-11]是把图像分离成背景、目标、计算目标、背景平均灰度值和类间方差^[12-13],遍历后求解得到最大类间方差值,进而得出求解最佳阈值。

先演算双阈值分割流程。设有两个阈值 t_1 和 t_2 ,将图像分为三类: C_0 、 C_1 和 C_2 。其中:

$$C_0 = \{1, 2, 3, \dots, t_1\}$$

$$C_1 = \{t_1 + 1, t_1 + 2, \dots, t_2\}$$

$$C_2 = \{t_2 + 1, t_2 + 2, \dots, L\}$$

出现概率分别为:

$$\omega_0 = P_Y(C_0) = \sum_{i=1}^{t_1} P_i = \omega_0(t_1) \quad (1)$$

$$\omega_1 = P_Y(C_1) = \sum_{i=t_1+1}^{t_2} P_i = \omega_1(t_1, t_2) \quad (2)$$

$$\omega_2 = P_Y(C_2) = \sum_{i=t_2+1}^L P_i = \omega_2(t_2) \quad (3)$$

条件概率灰度均值为:

$$\mu_0 = \sum_{i=1}^{t_1} i \times P_Y(i|C_0) = \sum_{i=1}^{t_1} \frac{iP_i}{\omega_0} \quad (4)$$

$$\mu_1 = \sum_{i=t_1+1}^{t_2} i \times P_Y(i|C_1) = \sum_{i=t_1+1}^{t_2} \frac{iP_i}{\omega_1} \quad (5)$$

$$\mu_2 = \sum_{i=t_2+1}^L i \times P_Y(i|C_2) = \sum_{i=t_2+1}^L \frac{iP_i}{\omega_2} \quad (6)$$

灰度均值为:

$$\mu(t_1) = \sum_{i=1}^{t_1} iP_i \quad (7)$$

$$\mu(t_1, t_2) = \sum_{i=t_1+1}^{t_2} iP_i \quad (8)$$

$$\mu(t_2, L) = \sum_{i=t_2+1}^L iP_i \quad (9)$$

$$\mu_T = \sum_{i=1}^L iP_i \quad (10)$$

由式(1)一式(10)可知, Otsu阈值分割将一幅灰度图分为多类,各类出现的概率和等于1,如式(11)所示;各类的条件概率灰度均值与各类的出现概率之积的和即为灰度均值,如式(12)所示。

$$\omega_0 + \omega_1 + \omega_2 = 1 \quad (11)$$

$$\omega_0\mu_0 + \omega_1\mu_1 + \omega_2\mu_2 = \mu_T \quad (12)$$

类间方差 $\sigma_B^2(t_1, t_2)$ 的表达式为:

$$\begin{aligned} \sigma_B^2(t_1, t_2) &= \sum_{k=0}^2 \omega_k (\mu_k - \mu_T)^2 \\ &= \omega_0 (\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1 (\mu_1 - \mu_T)^2 + \omega_2 (\mu_2 - \mu_T)^2 \\ &= \omega_0 \omega_1 (\mu_0 - \mu_1)^2 + \omega_1 \omega_2 (\mu_1 - \mu_2)^2 + \omega_2 \omega_0 (\mu_2 - \mu_0)^2 \\ &= \omega_0 \mu_0^2 + \omega_1 \mu_1^2 + \omega_2 \mu_2^2 - \mu_T^2 \end{aligned} \quad (13)$$

可将上面的等式化简为:

$$\begin{aligned} \sigma_B^2(t_1, t_2) &= \frac{[\mu(t_1)]^2}{\omega_0} + \frac{[\mu(t_2)]^2}{\omega_1} + \frac{[\mu_T - \mu(t_1) - \mu(t_2)]^2}{1 - \omega_0 - \omega_1} - \mu_T^2 \\ &= \frac{\omega_1 [\omega_0 \mu_T - \mu(t_1)]^2 + \omega_0 [\omega_1 \mu_T - \mu(t_2)]^2 - [\mu_T - \mu(t_1) - \mu(t_2)]^2}{\omega_0 \omega_1 (1 - \omega_0 - \omega_1)} \end{aligned}$$

$$\text{其中: } \mu(t_1) = \sum_{i=1}^{t_1} iP_i;$$

$$\mu(t_2) = \sum_{i=t_1+1}^{t_2} iP_i;$$

$$\mu_T = \sum_{i=1}^L iP_i.$$

最优阈值 (t_1^*, t_2^*) 为:

$$\begin{aligned} \sigma_B^2(t_1^*, t_2^*) &= \max\{\sigma_B^2(t_1, t_2)\} \\ 1 &\leq t_1 < t_2 \leq L \end{aligned} \quad (14)$$

在推算出双阈值后,进一步推算出阈值分割,可以进一步将图像分割成多类,从而计算出多个不同阈值的公式,表示如下:

$$\begin{aligned} \sigma_B^2(t_1, t_2, \dots, t_k) &= \sum_{i=0}^k \omega_i (\mu_i - \mu_T)^2 \\ &= \omega_0 (\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1 (\mu_1 - \mu_T)^2 + \dots + \omega_k (\mu_k - \mu_T)^2 \\ &= (\sum_{i=0}^k \omega_i \mu_i^2) - \mu_T^2 \end{aligned} \quad (15)$$

最优阈值 $(t_1^*, t_2^*, \dots, t_k^*)$ 为:

$$\begin{aligned} \sigma_B^2(t_1^*, t_2^*, \dots, t_k^*) &= \max\{\sigma_B^2(t_1, t_2, \dots, t_k)\} \\ 1 &\leq t_1 < t_2 < \dots < t_k \leq L \end{aligned} \quad (16)$$

3 改进遗传算法在人像分割中的应用 (Application of improved genetic algorithm in portrait segmentation)

一般而言,遗传算法^[14]的流程如下:

第一步:确定编码。本文采用二进制编码的方式,因为图像灰度值为0—255,所以将16位二进制串进行阈值编码,前面8位二进制数值为阈值,阈值用后面8位二进制数值表示;当进行解码时则是将16位二进制串分别解码为两个0—255的数,最后求出所需适应度值。

第二步:初始化种群。遗传算法最终的效率和良好结果是由初始群体的适当规模所决定的。如果规模太小,造成搜索空间不够,达不到所需最优解;反之如果规模太大,就会影响计算的复杂性。

第三步:计算出遗传算法中的适应值。

第四步:当算法满足条件停止后进入第九步,否则就进入第五步。

第五步:根据步骤三计算得出适应度值,算法进入下一代个体。

第六步:算法根据给定的交叉概率进行算法的杂交操作。

第七步:继续执行步骤六的杂交操作,这里初始化变异概率为10%。

第八步：转到步骤三。

第九步：根据前面步骤计算得出适应度值，从而得出最优解。

通过遗传算法得出最优解，即图像阈值。

通过遗传算法计算最佳阈值时，交叉率和变异率^[15-16]的选取是最重要的，对算法的收敛性影响非常大。SRINVIVAS等人提出的自适应基本遗传算法，可以根据适应度自动调整交叉概率和变异概率。在自适应基本遗传算法中， p_c 和 p_m 根据如公式(17)和公式(18)自行调整：

$$p_c = \begin{cases} \frac{k_1(f_{\max} - f')}{f_{\max} - f_{\text{avg}}} & f' \geq f_{\text{avg}} \\ k_2 & f' < f_{\text{avg}} \end{cases} \quad (17)$$

$$p_m = \begin{cases} \frac{k_3(f_{\max} - f)}{f_{\max} - f_{\text{avg}}} & f \geq f_{\text{avg}} \\ k_4 & f < f_{\text{avg}} \end{cases} \quad (18)$$

公式(17)和公式(18)中， f_{\max} 为群体中最大适应度值， f_{avg} 为每代群体的平均适应度值， f' 为待交叉的两个个体中较大的适应度值， f 为待变异个体的适应度值， k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 为(0,1)之间的调整系数。

从公式(17)、公式(18)可看出，当个体适应度值无限接近最大适应度值时，交叉概率、变异概率就较小；当个体适应度值等于最大值时，交叉概率、变异概率接近为零。这很容易导致局部最优化的进化趋势。因此，可以通过进一步改进算法，让算法跳出局部最优解，获得全局最优解。

$$p_c = \begin{cases} p_{c_1} \cdot e^{\frac{f' - f_{\text{avg}}}{f_{\max} - f_{\text{avg}}}} & f' \geq f_{\text{avg}} \\ p_{c_1} & f' < f_{\text{avg}} \end{cases} \quad (19)$$

$$p_m = \begin{cases} p_{m_1} \cdot e^{\frac{f - f_{\text{avg}}}{f_{\max} - f_{\text{avg}}}} & f \geq f_{\text{avg}} \\ p_{m_1} & f < f_{\text{avg}} \end{cases} \quad (20)$$

其中， f_{\max} 是群体中最大适应度值， f_{avg} 是每代群体的平均适应度值， f' 是待交叉两个个体中较大的适应度值， f 是待变异个体的适应度值， p_{c_1} 是最大交叉概率， p_{m_1} 是最大变异概率。

改进遗传算法能得到最优解，并得到最优的图像分割阈值。

4 仿真数据分析(Simulation data analysis)

本文选取丽娜标准图像来进行实验，分别采用阈值分割、改进遗传算法分割。通过实验，利用本文提出的算法能大大缩短图像分割时间，其中最大阈值为135，最小阈值为116，阈值的范围稳定在9个像素之内，时间却能大大缩短。实验结果如表1和表2所示，图1为原图，图2为阈值分割，图3是本文改进遗传算法分割的结果。

表1 各算法平均运行时间比较

Tab.1 Comparison of average running time of each algorithm

所用方法	40次分割处理平均时间/ms
传统分割方法	14.16
本文分割方法	10.60

表2 图像阈值及计算时间

Tab.2 Image threshold and calculation time

实验次数	图像阈值	时间/ms	图像阈值	时间/ms
1	116	27.359	134	10.125
2	116	27.583	135	10.069
3	116	27.021	134	10.204
4	116	27.309	135	10.170
5	116	27.280	135	10.184



图1 原图

Fig.1 Original drawing



图2 阈值分割结果

Fig.2 Threshold segmentation results



图3 改进遗传算法分割结果

Fig.3 Segmentation results of improved genetic algorithm

5 结论(Conclusion)

首先，针对现实生活中对特定的图像、特定图像的局部区域的需求，分析最常用最简单的获取局部图像的方式是图像分割，可以通过传统图像分割获取，效率不高。其次，本文结合传统图像分割方法、自适应遗传算法，提出新的改进

图像分割方法,本文算法主要利用改进自适应遗传算法能够进行全局搜索、自适应能力强,能在最短时间获得最佳阈值的特点,让算法在保持群体多样性的同时提高了收敛速度,从而达到图像的最佳分割。最后,通过对图像进行实时分割显示,改进之后的遗传算法能较好地处理遗传算法的群体多样性,能较大的缩短图像分割的时间,获得的目标图像相对清晰,质量较高,具有较好的分割效果。

参考文献(References)

- [1] 赵玲,周桂红.基于ISODATA算法的草莓图像分割[J].湖北农业科学,2016,55(18):4812-4813,4852.
- [2] 殷文俊,张新伟,易克传.基于OTSU遗传算法的核桃表面裂纹检测[J].信阳农林学院学报,2020,30(04):117-120.
- [3] 王丹,周锦程.一种改进的遗传算法在图像分割中的应用[J].科技视界,2016(13):108-109,117.
- [4] 吴掬鸥,袁晓桂.基于阈值分割技术的图像分割法研究[J].现代电子技术,2016,39(16):105-107.
- [5] 王艳,祁萌.基于遗传算法和阈值分割的夜间苹果识别方法[J].机械设计与研究,2020,36(03):220-225,233.
- [6] 钱文秀,常青,向辉,等.基于深度监督显著目标检测的草莓图像分割[J].华东理工大学学报(自然科学版),2020,46(01):114-120.
- [7] 桂预凤,苏鹏.基于改进遗传算法的自动阈值图像分割方法[J].数学的实践与认识,2015,45(19):193-197.
- [8] 洪浩,霍春宝,王京,等.基于改进Otsu算法在前方目标车辆识别中的研究[J].计算机技术与发展,2016,26(06):78-81.
- [9] 李康顺,李茂民,张文生.一种基于改进遗传算法的图像分割方法[J].计算机应用研究,2009,26(11):4364-4367.
- [10] PERAFÁN-LÓPEZ J C, SIERRA-PÉREZ J. An unsupervised pattern recognition methodology based on factor analysis and a genetic-DBSCAN algorithm to infer operational conditions from strain measurements in structural applications[J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2021, 34(2):165-181.
- [11] 罗钧,刘建强,庞亚男.基于邻域搜索JADE的二维Otsu多阈值图像分割[J].系统工程与电子技术,2020,42(10):2164-2171.
- [12] 王春华,韩栋.自适应控制下图像分割及并行挖掘算法[J].沈阳工业大学学报,2020,42(2):197-202.
- [13] 吕鑫,慕晓冬,张钧.基于改进麻雀搜索算法的多阈值图像分割[J].系统工程与电子技术,2021,43(2):318-327.
- [14] 王微微,李奕超,赵瑞莲,等.Web应用前后端融合的遗传算法并行化测试用例生成[J].软件学报,2020,31(5):1314-1331.
- [15] 孙波,姜平,周根荣,等.基于改进遗传算法的AGV路径规划[J].计算机工程与设计,2020,41(2):550-556.
- [16] 夏春艳,张岩,万里,等.基于否定选择遗传算法的路径覆盖测试数据生成[J].电子学报,2019,47(12):2630-2638.

作者简介:

李茂民(1983-),男,硕士,讲师.研究领域:演化计算,计算机应用.本文通讯作者.

邹臣嵩(1980-),男,硕士,副教授.研究领域:数据挖掘与网络安全研究.

(上接第33页)

的高校,形成良好的“多”扶“少”局面,可以实现不同类高校之间的学科资源互补和资源的相互利用,同时保持各高校图书馆的相对独立^[8]。

参考文献(References)

- [1] AITTOLA M, RYHANEN T, OJALA T. Smart library—location-aware mobile library service[C]// CHITTARO L. Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services. Berlin: Springer, 2003:411-416.
- [2] 王世伟.未来图书馆的新模式——智慧图书馆[J].图书馆建设,2011(12):1-5.
- [3] 黎梅,郭广军.大数据背景下高校智慧图书馆建设路径研究[J].湖南文理学院学报(自然科学版),2020,32(02):34-39.
- [4] 何美琴,陈刚.区域高校图书馆一站式书目检索平台研究[J].情报科学,2011,29(04):560-562.
- [5] 杨伟超,刘阳,李淑霞.基于搜索引擎的一站式检索平台设计与实现[J].计算机与现代化,2012(11):220-222.
- [6] 唐光前.基于.NET Remoting的分布式异构数据库一站式检索系统模型研究[J].现代图书情报技术,2006(08):37-41.
- [7] 张卫华.图书馆数字资源一站式检索模型研究[J].河南图书馆学刊,2017,37(08):74-76.
- [8] 顾春燕.建立我国高校图书馆电子资源的互补机制[J].四川图书馆学报,2015(06):66-68.

作者简介:

顾春燕(1988-),女,硕士,馆员.研究领域:智慧图书馆.