

基于 RGB 彩色空间的图像分割研究

莫 玲

(广东工业大学机电工程学院 广州 510006)

摘 要 图像分割是图像处理中的主要问题,图像分割效果的好坏直接影响图像分析的结果。彩色图像分割是指将彩色图像分割成各具特性的区域并提取出其中感兴趣的目标,为后续图像处理工作奠定基础。针对彩色图像梯度图进行分水岭分割会造成过分割的问题,比较阈值分割、最大类间方差分割和最大熵分割等图像分割方法,提出一种基于遗传算法改进最大熵的彩色图像分割方法。实验结果表明,该图像分割算法灵活性强,可以有效地分割彩色图像。

关键词 彩色图像分割,最大熵,遗传算法

中图法分类号 TP391 文献标识码 A

Study on Image Segmentation Based on RGB Color Image

MO Ling

(School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract Image segmentation is a major problem in image processing, the effect of image segmentation directly affects the results of image analysis. Color image segmentation is to segment the color image into regions with different characteristics and to extract the target of interest, which lays the foundation for the subsequent image processing. For color image gradient map of watershed segmentation, it will cause the over segmentation problem, through comparing with various image segmentation methods (threshold segmentation, Ostu segmentation, maximum entropy segmentation), a color image segmentation method of maximum entropy based on genetic algorithm was proposed. The test results show that the image segmentation algorithm can effectively segment the color image.

Keywords Color image segmentation, Maximum entropy, Genetic algorithm

1 序言

图像分割技术是一种基本的计算机视觉技术,是从图像处理到图像分析的关键环节^[1]。图像分割技术的好坏直接影响图像分析的结果。图像分割的主要目的是将图像划分成各具特性的区域,这些区域互不相交且每个区域应满足特定区域的一致性条件。通常,图像数据伴随着一定的信息噪声,而图像数据的不确定性是分割的主要问题之一。图像分割方法根据图像的主要特征可分为 3 种^[2-4]: 1) 基于图像特征的直方图分割; 2) 基于图像边缘的分割; 3) 基于图像区域的分割。本文比较分水岭图像分割和各种阈值分割效果,研究基于遗传算法的最大熵阈值图像分割。

2 彩色梯度及分水岭分割

分水岭算法是由 Beucher 等人最先提出的,比较经典的计算方法由 Vincent 和 Soille 于 1991 年提出。分水岭分割算法把图像看作一幅“地形图”,其中亮度比较强的区域像素值较大,而比较暗的区域像素值较小,区域边缘对应于高的分水岭线,低梯度区域内部对应于集水盆地,通过寻找集水盆地和分水岭界限,对图像进行分割^[5]。图 1(a) 为一幅彩色图像,图 1(b) 为分水岭算法直接用于图像分割的结果,分割效果不

佳,图 1(c) 为彩色图像梯度图,图 1(d) 为分水岭算法在彩色图像梯度图基础上的分割结果,由于图像中存在一些噪声污染和暗纹理,分水岭分割的结果出现了过分割现象。

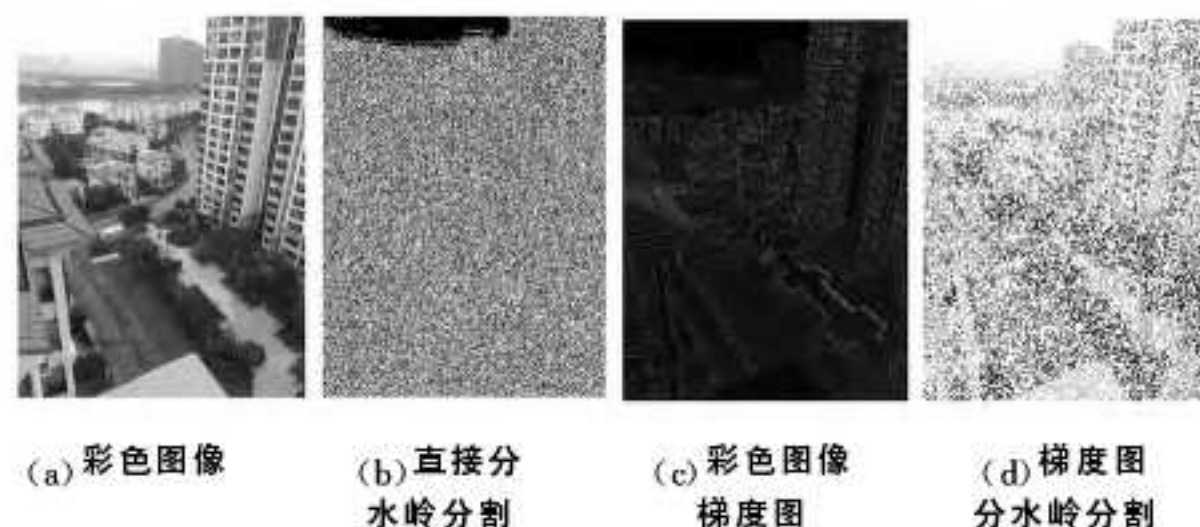


图 1 彩色图像及分水岭分割

3 彩色图像阈值分割

灰度阈值法是图像分割的最简单的处理方法。很多物体或者图像特征区域表征为不变的反射率或其表面光的吸收率,可以考虑选择一个亮度作为阈值进行物体和背景的分割。图 2 给出了图 1(a) 的灰度直方图。从图中可以看到,彩色图像的灰度直方图呈现多峰值,而不是像一般的二模态直方图,如果图像由有别于背景灰度值的具有近似相同灰度的物体组成,其产生的灰度图是双峰的,即物体要素构成其中一个峰,

背景像素构成另一个峰值,那么阈值的选取必须满足最小分割错误的要求,选取两个峰值之间的具有最小直方图数值的灰度值作为阈值。当出现图 2(a) 中多模态的灰度直方图时,在任意两个极大值之间选择极小值作为阈值,每个阈值会得到不同的分割结果。图 2(b) 为全局阈值化结果,在整个彩色图像上采用单个阈值进行分割,分割后能隐约地分辨彩色图像中各物体的边缘,但是丢失了大量细节信息,其原因在于非均匀照明、非一致性的输入设备参数或其他一些因素造成。图 2(c) 为自适应阈值分割结果,即 $Ostu$ (最大类间方差法)分割,它是根据图像的灰度特性,将图像分成背景和目标两个部分。背景和目标之间的类间方差越大,说明构成图像的两部分差别越大。显然,自适应阈值分割可以快速、准确地将彩色图像进行分割。

熵是图像统计特性的一种表现形式,它可以反映图像包含信息的大小。对于绝大多数图像而言,不管采用何种分割算法,一般分割后图像熵值越大,说明分割后从原始图像中得到的信息量越大,分割图像的细节就越丰富,总体分割效果也就越好。图 2(d) 为基于最大熵的图像分割结果。其步骤为:首先计算图像的直方图,然后按照迭代算法求出所有的灰度谷值,并求取各个谷值作为阈值分别对图像进行分割,最后求出所有分割图像的信息熵,所求熵值最大的一个谷值即可作为图像的最佳分割阈值,完成图像分割。

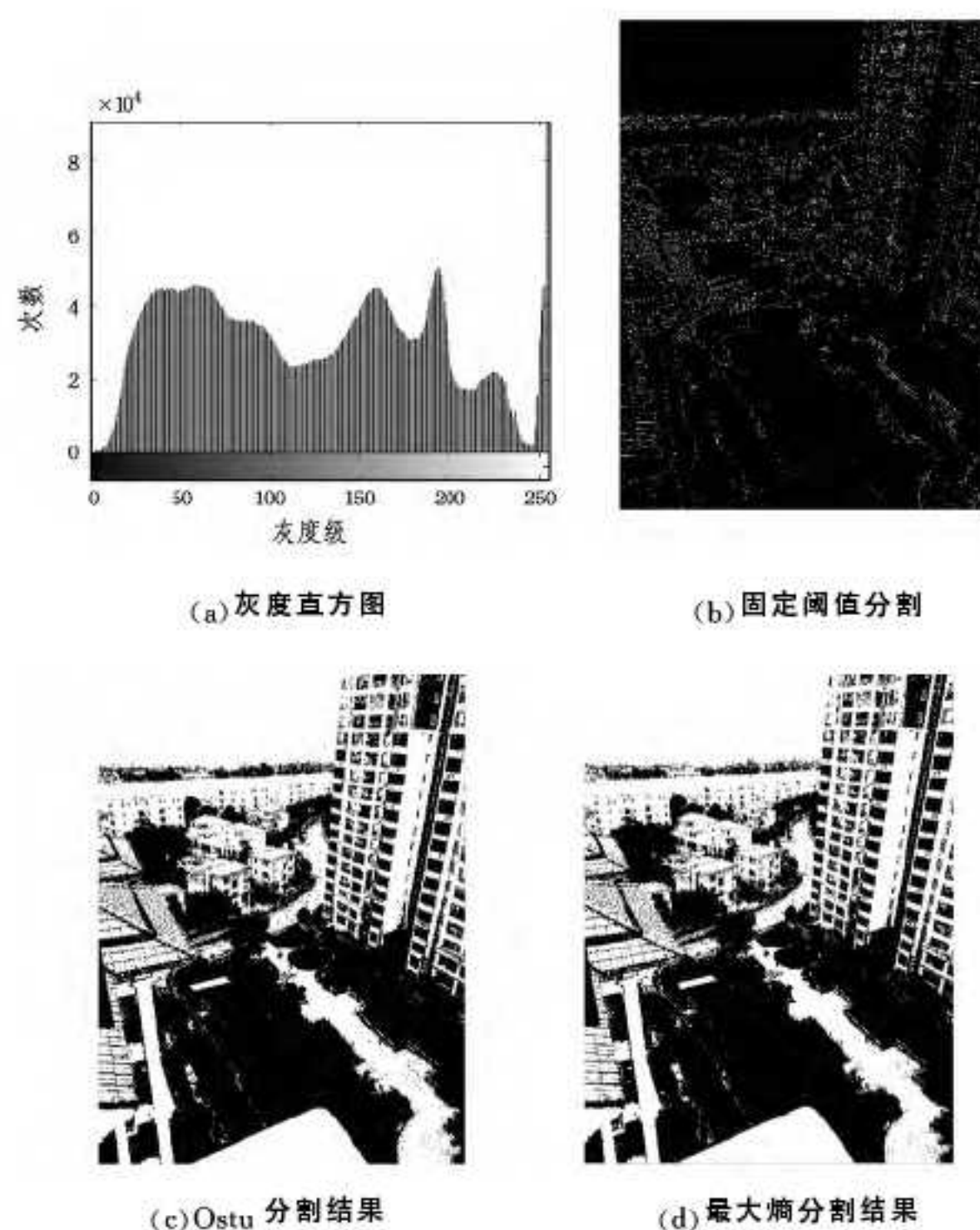


图 2 灰度直方图及阈值分割结果

4 基于遗传算法的最大熵图像分割

遗传算法(Genetic Algorithm)是一种借鉴生物界的进化规律演化而来的随机化搜索算法。生物种群的生存过程普遍遵循达尔文的进化准则,群体中的个体依据其对环境的适应能力而被大自然选择或淘汰。进化过程的结果反映在个体的结构上,通过个体之间的交叉、变异来适应大自然的环境。

1975 年, J. Holland 受到生物进化论的启发提出了遗传算法(GA)。GA 是基于“适者生存”的一种高度并行、随机和自适应的优化算法,它将问题的解采用染色体进行描述,通过染色体模拟自然界的进化过程,最终找到最适应个体,求得问题的最优解或近似最优解^[6]。GA 的提出在一定程度上解决了传统基于符号处理机制的人工智能方法在知识表示、信息处理和解决组合爆炸等方面所遇到的困难,其自组织、自适应、自学习和群体进化能力使其适合于大规模复杂的优化问题。GA 是一类随机的优化算法,它的特点在于通过对染色体的评价和遗传操作,有效地利用已有的信息指导搜索有希望改善优化质量的状态。GA 的编码和遗传操作比较简单,优化不受限制性条件的约束,并且具有隐含并行性和全局解空间搜索两大优点。

利用 GA 的全局搜索性加速或优化现有的阈值分割算法,可以确定分割的最佳阈值。基于 GA 的最大熵分割步骤如下。

4.1 编码

通常遗传算法采用二进制编码。由于一幅图像的灰度值在 $0 \sim 255$ 范围内,可对应一个 8 位二进制,即一个字节,因此,基于遗传算法的图像分割也采用二进制编码,各个染色体编码为 8 位二进制。每个染色体代表了一个分割阈值,即采用 $00000000 \sim 11111111$ 之间的一个 8 位二进制代码代表分割阈值。以二进制编码便于后期的交叉变异算子。例如,分割阈值为 57 时,则染色体为 01010111。

4.2 解码

由遗传算法解空间向问题空间的转换称为解码。染色体解码的过程是编码的逆过程,阈值为 $0 \sim 255$ 范围内的一个整数,利用该整数求每个染色体的适应度函数值。

4.3 群体的生成

若种群规模过大,则适应度评级次数增加,计算量增大;若种群规模过小,则可能导致未成熟收敛现象。因此,种族规模的设置应该合理。本文产生一个规模为 $N(N=20)$ 的染色体, N 个染色体按二进制进行编码,也称为初始种群,最大繁殖代数 100。

4.4 计算每个染色体的适应度函数值

对于灰度范围为 $\{0, 1, \dots, L-1\}$ 的图像,假设图中灰度级低于 t 的像素点构成目标区域(O),灰度级高于 t 的像素点构成背景区域(B),那么各概率在其本区域的分布分别为

$$O \text{ 区: } \frac{P_i}{P_t}, i=0, 1, \dots, t$$

$$B \text{ 区: } \frac{P_i}{(1-P_t)}, i=t+1, t+2, \dots, L-1$$

其中, $P_t = \sum_{i=0}^t P_i$ 。

对于数字图像,目标区域和背景区域的熵分别定义为:

$$H_O(t) = - \sum_i \frac{P_i}{P_t} \lg \frac{P_i}{P_t} \quad (1)$$

其中, $i=0, 1, \dots, t$ 。

$$H_B(t) = - \sum_i \frac{P_i}{1-P_t} \lg \frac{P_i}{1-P_t} \quad (2)$$

其中, $i=t+1, t+2, \dots, L-1$ 。

图像的熵函数定义为:

$$\phi(t) = H_O(t) + H_B(t) = \lg \frac{P_t}{1-P_t} + \frac{H_t}{P_t} + \frac{H_L - H_t}{1-P_t} \quad (3)$$

其中, $H_t = -\sum_i P_i \lg P_i, i=0, 1, \dots, t; H_L = -\sum_i P_i \lg P_i, i=0, 1, \dots, L-1$ 。

利用式(3)计算每个染色体的适应度函数值。在求解染色体的适应度函数时,先对种群里的每一染色体进行解码,再根据适应度函数进行计算。染色体的适应度函数越大,越有可能逼近最优解。

4.5 选择算子

选择适应性好的个体作为遗传运算的一组种子,其中,适应值大的被选择的概率大,而适应值小的被选择的可能性小,即自然选择中的“优胜劣汰”。被选中的个体作为遗传种子进行遗传运算,一代一代地进行,每一代所得到的适应值都不相同,新一代中的个体得到的适应值较高,因此,其解逼近于最大的值。

本文先是根据适应值对 N 个初始群体采取 10% 精英保留策略,即把当前代中适应度最好的 $10\% \times N$ 个体保留到下一代群体,保证最好的个体不被交叉变异操作破坏掉,从而保证遗传算法的全局收敛性,并且根据精英个体可能产生适应度更高的个体,然后对 90% 的群体进行轮盘赌选择,即模拟轮盘赌转盘,将群体中每个当前串按其适应值成比例地分配盘面区域,进行 $90\% \times N$ 次旋转产生 $90\% \times N$ 个下代种群个体,各个体的选择概率与其适应度值成比例。

4.6 交叉算子

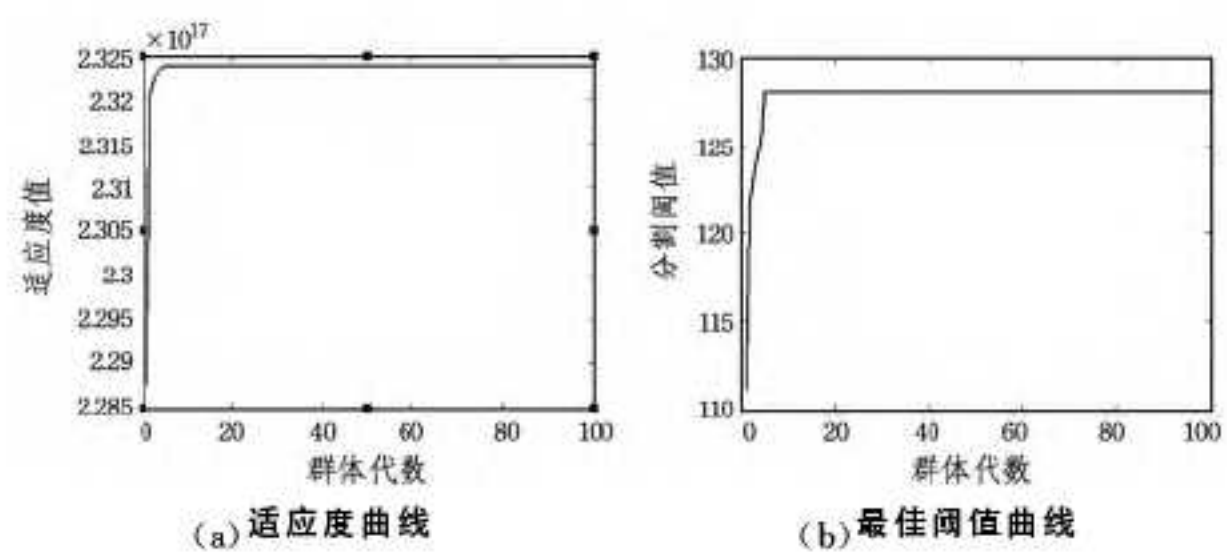
交叉运算就是对两个染色体中的某些相同的基因位进行交换,在此过程中为了控制交换的位数,必须给出一个交叉概率,交叉概率越大,其交换的基因越多,其值变化就越快,解的收敛速度就越快,但概率太大并不利于求得最优解。本文采用单点交叉,先在个体串随机设定一个交叉点,对随机匹配交叉的个体的部分串(在交叉点后)进行互换,根据迭代次数先在前期使用交叉概率为 $P_c = 0.7$ 进行交叉,这样解迅速向最优解收敛,当进化到后期时使用交叉概率 $P_c = 0.3$ 进行交叉,虽然解的收敛变慢,但求解平稳,较好地保证了最优解的稳定性。

4.7 变异算子

变异就是对种群的每一个个体中的某些位进行异位,其异位的多少由变异概率来决定,本文先是对前期种群使用 $P_m = 0.04$ 进行操作,当种群进化到末期时已经比较接近最优解,需要降低变异概率,所以使用 $P_m = 0.02$ 进行操作。

4.8 终止准则

当算法执行到最大迭代次数或群体中的最高适应度值变化不大时,算法停止运行,对具有最高适应度值的个体进行解码,即可求得最佳分割阈值。图 3 给出了遗传算法用于焊缝分割的结果。图 3(a) 示出适应度函数曲线。图 3(b) 示出最佳阈值曲线。图 3(c) 示出彩色图像基于 GA 最大熵分割结果。



(c) 基于遗传算法的最大熵图像分割结果

图 3 基于遗传算法的最大熵图像分割

5 实验结果与讨论

表 1 给出了不同图像分割方法的计算时间和最优阈值。GA 最大熵分割的最优阈值与 O_{stu} 阈值几乎一致, O_{stu} 法耗时短,但主要适用于双峰灰度直方图分布的图像。GA 最大熵分割的阈值较传统最大熵分割阈值准确,能够更有效地分割图像。

表 1 比较不同图像分割方法

焊缝分割方法	固定阈值	O_{stu}	最大熵	GA 最大熵
计算时间 T/s	4.182	1.141	37.71	41.84
阈值	125	126.99	124	127

结束语 基于遗传算法的最大熵分割方法能够比较理想地实现彩色图像分割,在速度上也较传统的最大熵分割有优势。

由于遗传算法对问题依赖性小,当采用其他分割准则或者改变分割阈值的个数时,只需要重新定义适应度函数或修改染色体长度即可,算法灵活性强。

参考文献

- [1] 魏宝刚,李向阳,鲁东明,等.彩色图像分割研究进展[J].计算机科学,1999,26(4):59-61
- [2] 胡琼,汪荣贵,胡伟伟,等.基于直方图分割的彩色图像增强算法[J].中国图象图形学报,2009,14(9):1776-1781
- [3] 黄艺,杜宇人.基于边缘信息的图像分割技术研究[J].现代电子技术,2005(5):116-120
- [4] 李小红,武敬飞,张国富,等.结合分水岭和区域合并的彩色图像分割[J].电子测量与仪器学报,2013,27(3):247-252
- [5] 张晓燕,刘振霞,朱子健.一种改进的分水岭图像分割算法[J].空军工程大学学报(自然科学版),2010,11(6):56-59
- [6] 宋家慧.基于遗传算法的最大熵阈值的图像分割[J].电子工程师,2005,31(2):60-63