

基于遗传算法的肝脏 CT 图像分割算法研究

孔晓荣¹, 史延新², 刘鹏¹

(1.内蒙古医学院 计算机技术教研室, 内蒙古 呼和浩特 010059; 2.西安工业大学 数理系, 陕西 西安 710032)

摘要:遗传算法是一种基于生物选择与遗传机制所形成的一种全局优化、随机搜索算法, 对处理一些传统搜索算法解决有难度的复杂问题比较适合, 具有巨大发展潜力。论文首先介绍了遗传算法的基本原理以及它的主要特点和性质, 重点叙述了基于遗传算法的图像分割方法, 并通过应用遗传算法选取合适的阈值, 进而采用最大熵原则对人体肝脏 CT 图像进行了分割算法处理, 得到图像分割处理的实验结果, 并对实验结果进行了分析。

关键词:遗传算法; 肝脏 CT 图像; 图像分割; 阈值

中图分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1009-3044(2011)04-0864-02

Research on Liver CT Image Segmentation Based on Genetic Algorithm

KONG Xiao-rong¹, SHI Yan-xin², LIU Peng¹

(1.Department of Computer Technology, Inner Mongolia Medical College, Huhhot 010059; 2.Department of Mathematics and Physics, Xi'an Technology University, Xi'an 710032, China)

Abstract: Genetic Algorithm (GA) is a global optimization and random search algorithm based on natural selection and genetic mechanism. It is suited to dealing with the tradition searching algorithms which cannot solve difficult and complicated problem. And it have great potentialities. First, this paper discusses fundamental principle and primary features of Genetic Algorithm. And it emphases on image segmentation based on GA. Then applying genetic algorithm to select the proper threshold, and it uses maximum entropy method to process liver CT images by segmentation methods. It obtains the results by segmentation experimentation and analyses the results.

Key words: genetic algorithm; liver CT images; image segmentation; threshold value

遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 的基本思想来源于 Darwin 的生物进化论和 Mendel 的群体遗传学, 该算法最早是由美国 Michigan 大学的 John Holland 教授于 20 世纪 70 年代创建, 之后, 遗传算法的研究引起了国际组织及学者的关注。遗传算法通过模拟生物的遗传进化过程形成一种全局优化概率搜索算法, 提供了一种求解复杂系统优化问题的通用框架, 可以不依赖于问题的具体领域^[1]。近年来, 遗传算法已被广泛应用于函数优化、组合优化、生产调度、自动控制、人工智能、人工生命、机器学习、图像处理和模式识别等多个领域, 具有巨大的发展潜力。本文主要介绍遗传算法在医学图像处理方面的应用。

1 遗传算法的基本原理

遗传算法是模拟生物进化和遗传机制发展起来的一种全局优化、随机、自适应搜索算法。它模拟了自然界遗传过程中的繁殖、交配和变异现象, 依据适者生存、优胜劣汰的进化原则, 利用遗传算子 (即选择、交叉和变异) 逐代产生优选个体 (候选解), 最终搜索到适合的个体。

遗传算法的运算对象是由 N 个个体所组成的集合, 称为群体。遗传算法的运算过程是一个群体反复迭代的过程, 这个群体不断地经过遗传和进化操作, 每次按照优胜劣汰的进化原则将适应度较高的个体以更高的概率遗传到下一代, 这样最终在群体中将会得到一个优良的个体, 它将达到或接近于问题的最优解^[2]。

遗传算法的求解步骤如下:

- 1) 编码: 定义搜索空间解的表示到遗传空间解的表示的映射, 两个空间的解需一一对应且编码尽量简明。遗传算法把问题的解也称为个体或染色体, 个体通常由字符串表示, 字符串的每一位称为遗传因子, 多个个体形成一个种群。
- 2) 初始化种群 随机产生 N 个个体组成一个种群, 此种群代表一些可能解的集合。GA 的任务是从这些群体出发, 模拟进化过程进行优胜劣汰, 最后得出优秀的种群和个体, 满足优化的要求。
- 3) 设计适应度函数: 将种群中的每个个体解码成适合于计算机适应度函数的形式, 并计算其适应度。
- 4) 选择: 按一定概率从当前群体中选出优良个体, 作为双亲用于繁殖后代, 一些优良的个体遗传到下一代群体中, 适应度越高, 则选择概率越大。进行选择的原则是适应性强的优良个体将有更多繁殖后代的机会, 从而使优良特性得以遗传。选择是遗传算法的关键, 它体现了适者生存原则。
- 5) 交叉: 交叉操作是遗传算法中最主要的遗传操作。对于选中的用于繁殖的每一对个体, 随机选择两个用于繁殖下一代的个体的相同位置, 在选中的位置实行交换。交叉体现了信息交换的思想。
- 6) 变异: 从群体中选择一个个体, 对于选中的个体按一定的概率随机选择改变串结构数据中某个串的值, 即对某个串中的基因按突变概率进行翻转。变异模拟了生物进化过程中的偶然基因突变现象, 遗传算法中变异发生的概率很低。对产生的新一代群体进

收稿日期: 2010-12-25

作者简介: 孔晓荣 (1968-), 女, 河北人, 副教授, 硕士, 研究方向为医学计算机技术及应用。

行重新评价、选择、杂交和变异。

7) 终止准则: 如此循环往复, 使群体中最优个体的适应度和平均适应度不断提高, 直至最优个体的适应度满足某一性能指标或规定的遗传代数, 迭代过程收敛, 算法结束。

2 遗传算法在图像分割处理中的应用

在图像处理中, 图像分割是图像三维重建的基础, 常用的分割方法包括阈值法、边缘检测法和区域跟踪法, 其中阈值法是最常用的方法^[1]。图像阈值分割算法是利用图像中目标物体与背景灰度上的差异, 根据图像灰度值的分布特性把图像分为不同灰度级的目标区域和背景区域, 目前已有模糊集法、共生矩阵法、四元树法、最大类间方差法、最佳直方图熵法、最小误差阈值法等多种阈值分割方法。

遗传算法在图像分割中的作用是: 帮助现存的图像分割算法在参数空间内搜索参数, 或者在候选的分隔空间内搜索最优的分隔方案^[2]。在参数空间内搜索参数主要是指利用遗传算法的全局搜索特性优化现有的阈值分割算法, 用于帮助确定最佳分割阈值。

3 基于遗传算法的肝脏 CT 图像分割

本文基于遗传算法选取阈值, 采用最大熵原则对肝脏 CT 图像进行分割。目的是将图像的灰度直方图分成两个或多个独立的类, 使得各类熵的总量最大, 根据信息论, 这样选择的阈值能获得的信息量最大^[3]。在图像的灰度直方图中设定一个灰度阈值, 可以把图像分成背景和物体两类区域, 这是一般的单阈值选择的情况, 而设定 N 个阈值, 可以把图像分成 $N+1$ 类区域^[4]。

最大熵分割方法步骤为:

用 p_0, p_1, \dots, p_n 表示灰度级的概率分布, 如果把阈值设置在灰度级 s , 将获得两个概率分布, 一个包含 1 到 s 间的灰度级, 另一个包含 $s+1$ 到 n 间的灰度级, 这两个分布如下:

$$A: \frac{p_0}{P_s}, \frac{p_1}{P_s}, \dots, \frac{p_s}{P_s} \quad B: \frac{p_{s+1}}{1-P_s}, \frac{p_{s+2}}{1-P_s}, \dots, \frac{p_n}{1-P_s} \quad (1)$$

其中 $P_s = \sum_{i=0}^s p_i$, 与每一个分布相关的熵为:

$$H(A) = -\sum_{i=0}^s \frac{p_i}{P_s} \log \frac{p_i}{P_s} = \log P_s + \frac{H_s}{P_s} \quad (2)$$

$$H(B) = -\sum_{i=s+1}^n \frac{p_i}{1-P_s} \log \frac{p_i}{1-P_s} = \log(1-P_s) + \frac{H_n - H_s}{1-P_s} \quad (3)$$

令:

$$H(s) = H(A) + H(B) = \log P_s(1-P_s) + \frac{H_s}{P_s} + \frac{H_n - H_s}{1-P_s} \quad (4)$$

当该函数取最大值时即为图像的最佳分割, 用此函数作为遗传算法中的适应度函数。通过遗传算法的设计步骤, 取得最佳阈值, 既而对人体肝脏中有病灶组织的 CT 图像进行分割, 得到下面分割处理实验结果。

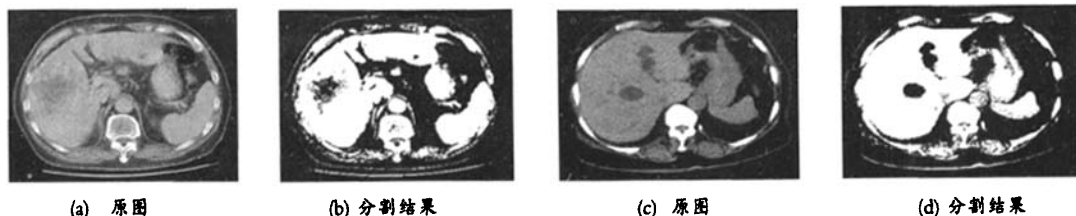


图1 对有病灶肝脏图像进行分割

通过实验结果可以看到, 基于遗传算法采用最大熵原则, 对人体肝脏 CT 图像进行分割, 能够使选取的阈值获得的信息量比较大, 从而原始图像和分割图像之间的信息量差异最小。因此分割后的图像效果明显, 具有一定的优势^[5]。

但由于医学图像的复杂性和人体的差异性, 对人体同一器官不同状况的图像, 无法找出一种最为适合的分割方法处理, 必须根据具体情况具体分析, 针对图像的特点来选取相应的分割算法, 才能较好地解决问题。

参考文献:

- [1] 田莹, 苑玮琦. 遗传算法在图像处理中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(3): 389-396.
- [2] Hsieh J. Computed Tomography Principle, Design, Artifacts and Recent Advances (中文翻译版)[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [3] 徐丹霞, 郭圣文, 吴效明, 等. 肝脏 CT 图像分割技术研究进展[J]. 医疗卫生装备, 2009, 30(3): 34-36.
- [4] Ashburner J, Karl J. Friston. Unified segmentation[J]. NeuroImage, 2005(26): 839-851.
- [5] 董育宁, 陈唏, 杜超. 智能肝肿瘤 CT 图像分割[J]. 中国生物医学工程学报, 2007, 26(4): 541-550.