

基于混沌遗传算法与小波多分辨率分析的岩心图像匹配

杨超, 王正勇, 吴晓红

(四川大学电子信息学院图像信息研究所, 成都 610064)

摘要: 针对岩心图像尺寸大, 特征信息不明显的特点, 充分利用混沌遗传算法的随机性大大减少了传统搜索算法消耗的大量运算时间。利用小波多分辨率分析的方法在小波变换子图像上进行粗匹配, 再在原始图像上精匹配, 浓缩了岩心图像的特征信息在保证匹配准确度的同时提升了运算速度。将混沌遗传算法与小波变换多分辨率分析相结合, 将其应用于大幅岩心图像的配准。实验表明, 该方法能够快速而有效地进行图像配准, 兼顾了匹配效果和匹配速度。

关键词: 岩心图像; 图像配准; 混沌遗传算法; 小波变换; 多分辨率分析

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

引言

由于岩心扫描仪的 CCD 摄像头的局限性, 扫描仪不能够一次性录入岩心的全景图像, 工程上采取分段扫描再拼接的方式来解决此问题。而对于图像拼接, 最关键的一步就是图像配准。由于岩心图像的尺寸一般都很大, 而且特征信息不明显, 给岩心图像的配准带来一定的难度。

文中提出一种结合混沌遗传算法和基于小波变换的多分辨率分析的方法, 用混沌遗传算法来搜索图像的匹配点, 从而有效改进全搜索大幅图像速度较慢的问题。采用小波变换多分辨率分析的方法, 采用了由粗到精的匹配过程, 充分利用岩心图像的纹理信息, 从而进一步提高岩心图像的匹配速度。实验表明, 该方法在岩心图像配准时表现理想。

1 混沌遗传算法

遗传算法 (Genetic Algorithm, 简称 GA) 是一种基于达尔文进化论和遗传学机理, 模拟物种在自然环境中“适者生存, 优胜劣汰”的遗传和进化过程而形成的一种全局搜索最优解的算法。它具有群体搜索、启发式搜索、自适应性、自学习性等优点, 但是遗传算法的一个主

要缺陷是它容易陷入收敛早熟的问题, 在遗传算法中引入混沌能较好地克服此问题^[1]。

混沌 (Chaos) 具有“随机性”、“遍历性”和“规律性”^[2]等特点, 在一定的范围能按其自身的“规律”不重复地遍历所有状态。

混沌序列常由 Logistic 迭代方程定义, 如下:

$$x_{n+1} = 4x_n(1 - x_n), 0 < x_n < 1 \quad (1)$$

由式 (1) 所确定的序列具有遍历性, 并且它产生序列的概率密度分布函数与初始值无关。若要得到多个轨迹相异的混沌序列, 可以将初值设定为 (0, 1) 区间内的多个不同的值。

在实际应用中, 常常使用固定的值或某一固定函数产生的值来作为初始值, 这样得到的混沌序列的轨迹也一样。为了解决这个问题, 可以将程序运行时的时间来作为产生随机初始值的因子, 但是要注意剔除方程 (1) 的三个不动点 0.25, 0.5 和 0.75。

混沌遗传算法即是在遗传算法初始化其种群基因或在基因变异的过程中通过混沌序列来增强种群基因的多样性, 从而改善了遗传算法本身易陷入局部最优的缺陷。

2 基于小波变换的多分辨率分析

图像的多分辨率分析即是对图像的由粗到精的多

尺度分析。小波变换系数由于其特有的聚零性和稀疏性^[3], 极有利于模板匹配。而基于小波变换域的多分辨率模板匹配是从其最根本的数据表征上来排除背景因素的, 从而有效地解决了背景对匹配的影响问题。

这里采用了 Daubechies(N = 2)的方式, 对岩心图像进行了二维离散小波变换。其公式可表示为:

$$\begin{aligned}
 S_{m,n}^{(j+1)} &= \sum_l \sum_k p_{k-2n}^* p_{l-2n}^* S_{k,l}^{(j)} \\
 W_{m,n}^{(j+1,h)} &= \sum_l \sum_k p_{k-2n}^* q_{l-2n}^* S_{k,l}^{(j)} \\
 W_{m,n}^{(j+1,v)} &= \sum_l \sum_k q_{k-2n}^* p_{l-2n}^* S_{k,l}^{(j)} \\
 W_{m,n}^{(j+1,d)} &= \sum_l \sum_k q_{k-2n}^* q_{l-2n}^* S_{k,l}^{(j)} \quad (2)
 \end{aligned}$$

其中, p_k 表示该小波尺度函数的序列, p_k (N = 2) 为 0.48296291314453, 0.83651630373780, 0.22414386804201, -0.12940952255126 而 q_k 是将 p_k 在时间轴方向上翻转后, 再将其系数符号反转得到的。其中, $S^{(j)}$ 表示小波变换的上一级图像, $S^{(j+1)}$ 表现为对 $S^{(j)}$ 平均化的低频成分, $W^{(j+1,v)}$ 表现垂直方向上的高频成分, $W^{(j+1,h)}$ 表现水平方向上的高频成分, $W^{(j+1,d)}$ 表现对角方向上的高频成分。可见, 在图像分解的过程中, 总的的数据量不变。但是, 一个图像经过小波变换后, 得到一系列不同分辨率的子图像, 即表示低频成分的子图像及表现不同方向上高频成分的子图像, 每层变换得到的子图像的数据量为源图像的 1/4。高频成分的子图像上大部分数值都接近于 0, 越是高频这种现象越明显。所以, 对于一幅图像来说, 包含图像主要信息的是低频成分, 而高频成分仅包含细节信息。所以, 这里选取小波变换后的低频子图像进行初级匹配, 既可以保证匹配搜索的准确性, 又减少了搜索过程中的数据计算量。

3 基于混沌遗传算法与小波变换相结合的岩心图像匹配

由于岩心图像尺度很大, 而且特征很不明显, 给图像匹配的速度和准确性造成了一定的困难。所以, 在该方法中先采用一层小波变换将待匹配的两幅原图像进行分解, 在分解后的低频图像中用混沌遗传算法搜索出几个粗匹配的解。此过程“浓缩”了图像的特征密度, 从而使模板包含了更多的特征信息, 为模板匹配提供了更多的图像信息。获得这几个初级解后, 再在原始图像中的这几个初级解上的 5×5 邻域内进行全搜索得到最佳匹配解。这一过程减少了图像的搜索与相关性评估的运算次数, 进一步提高了匹配速度。

本文算法具体步骤如下:

Step 1 将两幅原始待匹配图像进行一层小波变换, 保留其低频部分的图像, 此时低频图像的像素数是原图像的 1/4 且含有比较丰富的特征信息。

Step 2 在低频图像上, 采用模板匹配法和混沌遗传算法做图像匹配, 搜索几个初级最优解。

其中, 相关性评判准则采用了互相关相似性测度, 假设有模板 T 和搜索图 S 表示模板覆盖下的那块搜索图, 其中将 i, j 表示位置。归一化的互相关相似性测度公式为:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n) \times T(m, n)]}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [T(m, n)]^2}} \quad (3)$$

为了能够进一步解决信息图像特征信息不明显给图像匹配带来的问题, 采用了一种十字形模板。相对于传统的矩形模板, 该模板在保留计算简单的优势的技术上能涵盖更多的特征信息。图 1 为十字型模板的示例, 图 2 为矩形模板的示例, 图 2 中的模板含有 2500 个像素, 而图 1 中的模板含有 2300 个像素, 图 1 中的十字型模板却包含了更多的特征信息。

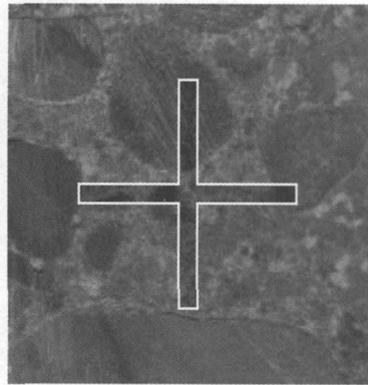


图 1 十字形模板示例

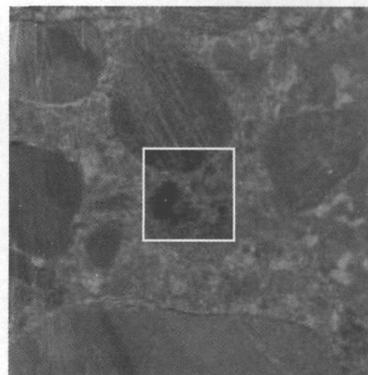


图 2 矩形模板示例

在低频图像上, 用混沌遗传算法进行粗匹配, 求得 5

个初级解。混沌遗传算法的程序流程如图 3 所示:

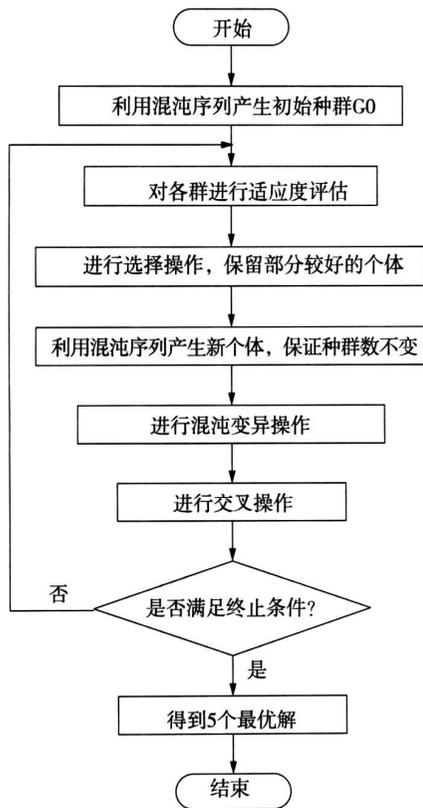


图 3 遗传算法流程图

Step 3 将 Step2 中求得初级解映射到原始图像中, 得到原始图像中的 5 个初级解, 然后在这 5 个解的 5×5 的邻域上进行全搜索得到原始图像上的最佳匹配解。

4 实验结果及分析

在 Microsoft visual studio 2005 下用 C++ 编写本算法程序, 进行岩心图像的匹配实验。将多组不同尺寸的岩心图像, 选取 50×50 的十字形模板进行匹配试验, 初匹配时混沌遗传算法的参数设置如下: 种群规模 P_s 为 50, 交叉概率 $P_x = 0.5$, 变异概率为 $P_m = 0.2$ 。实验计算机 CPU 为 Intel Celeron 主频 2.93GHz 内存 1.49GB。将本文算法与传统的模板匹配全搜索算法进行了比较, 可以看到本算法大大提高了匹配的速度。而且, 随着图像尺寸的增加, 这种优势表现得越明显。实验数据对比如表 1 所示:

表 1 两种算法匹配结果比较

岩心图像尺寸 (pixel)	本文算法平均 匹配时间 (ms)	全搜索算法平均 匹配时间 (ms)
256 × 256	331.4	503.3
500 × 500	455.4	979.3

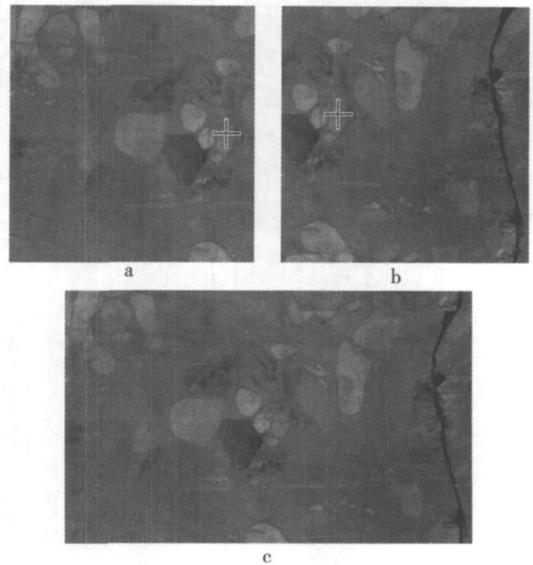


图 4 图像匹配示意图

其中, 图 4a 中标记处为模板选取位置, 图 4b 为待匹配图像, 图 4b 中标记处为搜索结果, 图 4c 为拼接后的图像。

参考文献

- [1] 岳承君, 郑秀萍, 井元伟. 基于混沌遗传算法的 QoS 组播路由 [J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2007, 28 (10): 1446-1449
- [2] 郭明山, 刘秉瀚. 基于混沌遗传算法的二维最大熵图像分割 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(8): 101-104
- [3] 朱瑞辉, 范国滨, 万敏. 一种基于多分辨率分析的图像融合方法 [J]. 2007, 5(5): 82-84
- [4] 陈俊, 杜扬, 曹晓龙. 基于小波变换的人脸特征定位 [J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2006, 19(1): 21-24
- [5] 毋小省, 孙君顶. 基于多分辨率分析和相关反馈技术的图像检索 [J]. 2008, 25(9): 109-111
- [6] 求实科技. Visual C++ 数字图像处理典型算法及实现 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006
- [7] 陈兵旗, 孙明. Visual C++ 实用图像处理专业教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004
- [8] Gottlieb J, Paulmann L. Genetic algorithms for the fixed charge transportation problem [C] // Proc of the 1998 IEEE International Conf on Evolutionary Computation. IEEE Press, 1998, 330-335
- [9] Pendhakar P C. A comparison of gradient ascent gradient descent and genetic algorithm based artificial neural networks for the binary classification problem [J]. Expert Systems, 2007, 24: 65-86

匹配结果图如图 4 所示:

(下转第 711 页)

- [2] 朱述龙, 张占睦. 遥感图像获取与分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [3] 李长伟, 彭嘉雄. 多源遥感图像的分层融合研究 [J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2002, 30(5): 25-27.
- [4] 王旭, 王宏. 人工神经网络与应用 [M]. 沈阳: 东北工业大学出版社, 2000
- [5] Zhang Y. A New Merging Method and Its Spectral and Spatial Effects [J]. *NT Remote Sensing* 1999, 20(10): 2003-2014
- [6] Zhang Z, Blum R S. A categorization of multiscale-decomposition-based image fusion schemes with a Performance study for a digital camera application [J]. *Proceedings of the IEEE*, 1999, 87(8): 1315-1326

Application Research of BP Neural Network in the Multi-source Image Fusion

XU Jin-long, PANG Shang-zhen

(School of Automation and Electronic Information, Sichuan University of Science & Engineering
Zigong 643000, China)

Abstract The method which unified the BP neural network and the SVR fusion law to realize the pixel-level multiple source image fusion is used in this paper. The advanced version SVR method was used to carry on the panchromatic wave band and the multispectrum wave band fusion. First asks each multispectrum wave band and the panchromatic wave band to calculate the regression coefficient, then simulates the high spatial resolution panchromatic wave band using the regression coefficient with the multispectrum wave band synthesis, finally completes various wave bands using the ratio transformation. The fusion is proved through the simulation that the BPNN-SVR fusion method surpasses the SVR fusion method.

Keywords pixel-level image fusion; BP neural network; SVR method

(上接第 706 页)

A Core Image Matching Algorithm Based on Chaos Genetic Algorithm and Wavelet Multi-resolution Analysis

YANG Chao, WANG Zheng-yong, WU Xiao-hong

(Image Information Institute, College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University
Chengdu 610064, China)

Abstract To solve the problem in image matching resulting from core image's large scale and inconspicuous characteristic information, the chaos genetic algorithm to shorten the time consumed in traditional search algorithm is used in the paper. Use multi-resolution analysis to do rough match on wavelet transformed sub-images, then do fine match on original images, the method condenses characteristic information of core image, results in improved accuracy and swifter speed. The method combine chaos genetic algorithm with wavelet multi-resolution analysis is applied, apply it to large scale image's matching. The experiment shows that method performs is effective and fast in image matching, and it meets the needs of matching effect and speed.

Keywords core image; image matching; chaos genetic algorithm; wavelet transform; multi-resolution analysis