

遥感图像快速镶嵌并行算法研究

陈 晨^{1,2}, 谭毅华¹, 李海涛², 顾海燕²

(1 华中科技大学 多谱信息处理技术国家级重点实验室, 湖北 武汉 430074;

2 中国测绘科学研究院 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室, 北京 100830)

摘 要: 提出了基于 Flexible Image Blending 算法的遥感图像镶嵌并行算法, 该算法根据像素点到中心点的归一化距离计算出相应的羽化权值, 克服了现有镶嵌算法需要将图像拆分为两两镶嵌的缺点, 能够完全自动地对多幅遥感图像同时进行无缝并行镶嵌, 并行遥感图像镶嵌实验结果表明, 不仅在视觉效果上有了较大的改善, 而且大大提高了执行效率, 在大规模镶嵌时有着很大的性能优势。

关键词: 遥感图像; 无缝镶嵌; 并行处理; 羽化

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)03-0059-04

A Fast and Automatic Parallel Algorithm of Remote Sensing Image Mosaic

CHEN Chen^{1,2}, TAN Yi-hua¹, LI Hai-tao², GU Hai-yan²

(1 The State Key Laboratory for Multi-spectral Information Processing Technology,
Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China;

2 Key Laboratory of Geo-informatics of State Bureau of Surveying and Mapping,
Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830, China)

Abstract A novel parallel mosaic approach was proposed based on Flexible Image Blending algorithm. A weighting function is obtained using the normalized distance from current pixel to the center point of each image, by which the mosaiced image is feathered. This approach overcomes the problem that multi-images must be divided into one-to-one's mosaics and can be used for parallel seamless mosaicing with great superiority. Experiments show that the new approach can improve both the visual quality and increase the computing efficiency.

Key words: remote sensing image; seamless mosaic; parallel processing; feathering

1 引言

遥感图像镶嵌技术是将多幅航空或卫星图像拼接成一幅无缝的图像的过程。遥感图像镶嵌是图像处理中非常重要的内容, 没有遥感图像镶嵌技术, 我们所使用的数据将被图像的实际地理范围所限制^[1]。遥感图像镶嵌是遥感图像经过配准以后的关键处理技术。传统的串行方法或因自动化程度不高,

或因计算过程过于复杂, 难以并行化, 无法满足数据量大, 吞吐量大的大规模遥感图像镶嵌需求^[2-3]。

针对以上特点, 文献[4]提出了一种并行图像镶嵌算法, 但是该算法并不能解决多幅影像同时镶嵌的问题, 图像只能两两镶嵌, 因此增加了计算时间。综合以上特点, 本文将一种用于视频图像镶嵌的算法[5]加以改进, 使之适用于遥感图像, 并对改进的算法进行并行设计且实现了该并行算法。

收稿日期: 2010-05-08; 修回日期: 2010-07-22

基金项目: 国家高技术研究发展计划(“八六三”计划)(2007AA12Z153, 2009AA12Z101-2); 国家科技支撑计划(2008BA C34B07-04)

2 用于并行的遥感图像镶嵌算法

2.1 二维 K 插值并行镶嵌算法

文献[4]中提出了一种并行的镶嵌算法: 二维 K 插值算法. 该算法将多幅图像镶嵌拆分成两两进行. 该算法的主要思想是, 对重叠区的灰度值采用二维 K 插值计算, 非重叠区域取各自图像数据. 以 I_1 , I_2 分别表示两幅输入的图像, 输出图像 I 可以表示为

$$I = w \circ I_1 + (1 - w) \circ I_2 \tag{1}$$

式中, w 为第 1 幅图像的权重函数, 对应的 $(1 - w)$ 为第 2 幅图像的权重函数. 二维 K 插值镶嵌算法的权重函数计算如下: 定义 K_1 , K_2 , K_3 和 K_4 分别为点 P 到 I_2 的 4 个边界的距离与过渡带宽的比值, 则

$$w = \min(K_1, K_2, K_3, K_4) \tag{2}$$

该方法能够有效避免直接覆盖时产生的拼接缝.

2.2 基于 Flexible Image Blending 的并行镶嵌算法

虽然二维 K 插值算法从某种程度上对镶嵌进行了并行处理, 由于该算法的并行实现时必需将多幅图像拆分为两两镶嵌, 实际 N 幅图像的计算量为 $(N + 2) \circ (N - 1)/2$ 幅图像, 而并不是将所有图像同时进行镶嵌. Flexible Image Blending^[5] (本文简称 FIB) 是一种应用于视频序列图像镶嵌的快速算法, 本文将该算法加以变换, 应用于遥感数据, 实际计算数据为 N 幅图像(图 1). 因此, 改进的 FIB 算法随着输入图像数量的增大, 计算效率将远远超过二维 K 插值算法. 类似式(1), N 幅图像的 FIB 镶嵌算

法的计算可以描述为

$$I = \sum_{i=1}^{i=N} w_i \circ I_i / \sum_{i=1}^{i=N} w_i \tag{3}$$

式中, w_i 为第 i 幅图像的权重函数 (weight function). w_i 可由下式计算:

$$w_i(x, y) = \cos(\theta_i)(1 - d_i(x, y))^r \tag{4}$$

式中, θ_i 为第 i 幅图像的仰角, $d_i(x, y)$ 为点 (x, y) 到第 i 幅图像中心的归一化距离, r 为幂.

区别于普通视频图像, 遥感影像往往受天气, 相等影像, 即使相邻两幅影像其色彩差异依然较大. 为了使重叠区域过渡自然, r 的取值应小于等于 1, 本文取 1. 由于本文实验数据均为经过几何纠正后的正射影像.

因此, 本文将权重函数改为

$$w_i(x, y) = \begin{cases} 1 - \frac{d_i(x, y)}{d_{i \max}} & d_i(x, y) < d_{i \max} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \tag{5}$$

式中, $d_i(x, y)$ 为从点 (x, y) 到第 i 幅图像中心点的距离, 为第幅图像上像素值不为零的点到中心点的最大距离, 而非图像边界的最大值.

在镶嵌之前应尽可能的将所有影像分别进行灰度调整, 使影像之间的灰度差异尽可能的小, 通常我们称这个过程为匀色处理^[6]. 本文所采用的匀色方法为直方图匹配. 将改进后的 FIB 算法应用于遥感图像镶嵌, 拼接缝已经明显的消除了. 图 2 中对比二维 K 插值算法和改进以后 FIB 算法实验效果, 在细节处理上, 改进以后的 FIB 算法比二维 K 插值算法更加完善.

3 并行设计及实现

本文接下来对改进后的 FIB 算法进行并行设计实验. 常用的并行编程模式主要有: 任务并行, 流水线并行和数据并行三类. 本文所采用的算法具有良好的并行特性, 每个像素的计算不依赖周围像素, 并且数据量大, 任务简单, 十分适合于数据并行.

其基本思想是“划分图像, 复制参数”. 具体过程如下: 将规模为 M 的图像均匀地分为 N 块, 多个进程分块读取数据. 本文采用跳跃式数据读取, 即多个进程轮流按顺序读取数据. 如图 3 所示, 跳跃式数据读取可以使多个进程读取的数据计算量最均匀, 使整体性能得到最大的发挥. 理论上, 分块越小, 各个进程负载更均匀, 但是分块过小, 又使得循环的效率降低. 本文取块大小 64×64 为比较合适的大小.

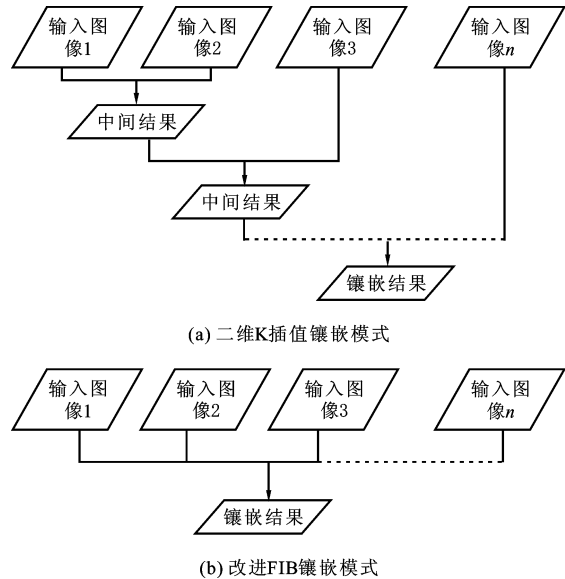


图 1 镶嵌模式比较

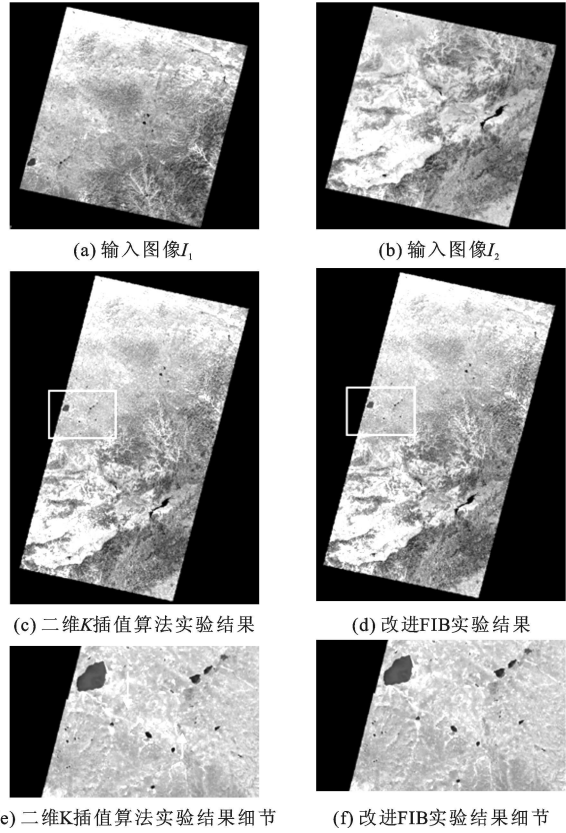


图 2 TM 图像并行镶嵌算法结果比较

根据遥感图像数据的特点, 为了充分发挥并行计算的高效性, 本文将处理过程中的计算部分和读写部分分开, 采用并行处理中的主从模式. 用多个从进程并行计算数据, 然后将计算完的数据汇聚到主进程输出.

图 4 中给出了本文镶嵌算法的并行流程. 图中

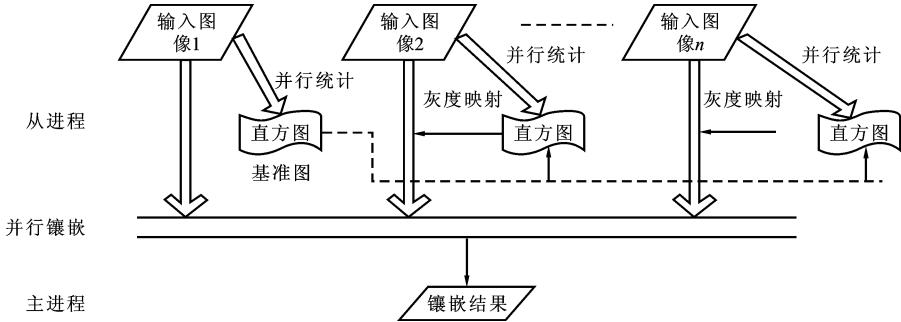


图 4 改进 FIB 算法并行模式

由图 5(a)可以看出, 总的镶嵌时间随着节点的增加, 总的镶嵌时间不断减小, 但在 14 个节点以后趋于平稳不再减小. 同时可以看出, 节点数对 IO 时间几乎没有影响. 而且随着节点数的增加, 达到一定数量时, 总的镶嵌时间基本等于 IO 开销. 图 5(b)表明, 加速比在 2—10 阶段成线性增长, 随后加速比趋于一个极限值. 图 6 为镶嵌结果图.

直方图匹配基准图为第 1 幅输入图像. 图中宽箭头表示并行执行部分, 单箭头表示串行部分. 多个从进程按块并行统计出每个输入图像的直方图, 第 2 至第 n 幅图像的直方图与第 1 幅匹配, 产生灰度映射. 匹配后的图像按式(3)、(5)并行输出数据至主进程, 主进程由获取的数据写入输出文件. 除 IO 读写部分, 整个流程高度并行化.

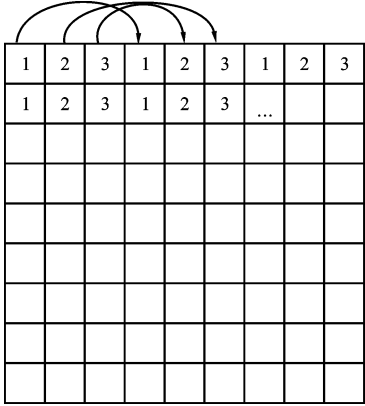
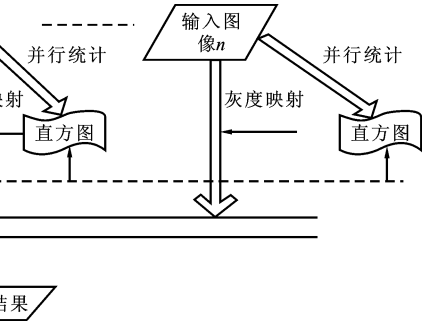


图 3 以 3 进程为例的跳跃式分块

4 实验结果及分析

本文并行实验的硬件环境为 4 台电脑组成的集群, 配置为: CPU Q9400 2.66 GHz, 内存为 3 GB, 通过 100 Mb/s 交换以太网耦合, 软件环境为操作系统 Windows XP, 和 MPI 版本为 MPICH2—1.0.7.

图 5 中给出了 7 幅 3 波段的 TM 图像进行并行实验结果, 每幅图像的大小约为 $8\,000 \times 8\,000$, 分块大小为 64×64 .



通过分析可以得知, 本文所用到的算法具有极好的并行性, 加速比高. 在集群环境下, 节点数目的增多可以大大减小总的镶嵌时间. 并且, 该算法在节点数目足够多时, 能够达到理想速度 (IO 速度).

5 结束语

本文将 Flexible Image Blending 算法加以改

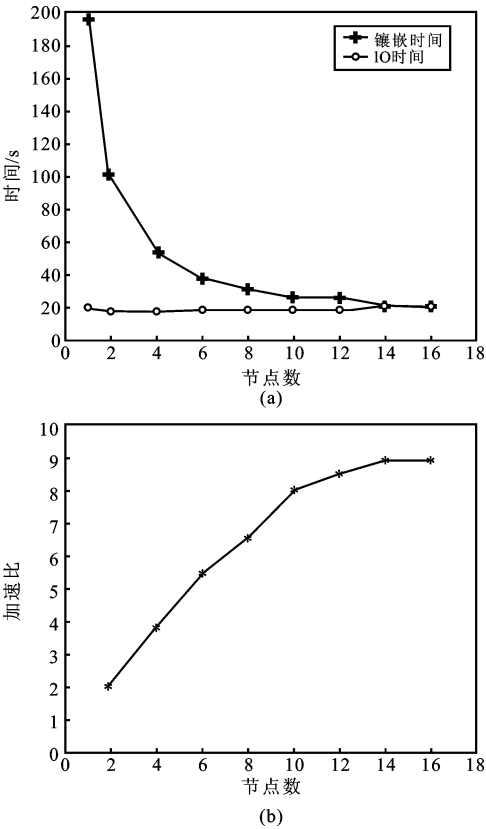


图5 7幅 TM 3 波段图像镶嵌的时耗和加速比

进,使之适用于遥感图像.该算法根据像素点到中心点的归一化距离计算出相应的羽化权值,克服了现有镶嵌算法需要将图像拆分为两两镶嵌的缺点,在大规模镶嵌时有着很好的性能优势,能够完全自动地对多幅遥感图像同时进行并行的无缝镶嵌.实验结果表明,该算法比以往并行算法在视觉效果上有了较好的提高.同时在集群机上测试表明,该算法具有较高的加速比,完全满足实用要求.该算法凭借速度的高效性和视觉效果的整体优良性,已应用于环境卫星全国影像的镶嵌产品生产.同时,从测试结果可以看出,并行算法的速度瓶颈在于 IO,若想进一步提高并行的速度,需要研究集群系统的并行 IO.

参考文献:

[1] Stephen S, Michael R, Nicholas L. et al. Radiometric normalization and image mosaic generation of ASTER thermal infrared data: An application to extensive sand sheets and dune fields[J] . Remote Sensing of Environment, 2008 112(3): 920—933.

[2] Afek Y, Brand A. Mosaicing of orthorectified aerial images[J] . Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1998, 64(2): 115—125.

[3] 朱述龙, 钱曾波. 遥感影像镶嵌时拼接缝的消除方法[J] . 遥感学报, 2002, 6(3): 183—187.

[4] 安兴华, 王小鸽, 都志辉, 等. 一种适用于机群系统的细粒度遥感图像镶嵌并行算法[J] . 清华大学学报, 2002, 42(10): 29—36.

[5] Zhao W. Flexible image blending for image mosaicing with reduced artifacts[J] . International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2006, 20(4): 609—628.

[6] 杨文久, 刘心季. 不同时相的遥感图像镶嵌技术[J] . 国土资源遥感, 1994, 20(2): 46—51.

作者简介:

陈 晨 男, (1987—), 硕士研究生. 研究方向为遥感图像处理, 模式识别.

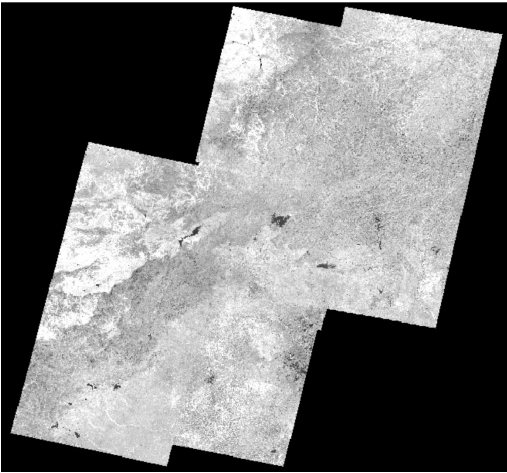


图6 镶嵌结果图