

基于时间序列的 MODIS 遥感数据的辐射定标

丁琨, 王艳霞, 张健, 周汝良

(西南林学院, 昆明 650224)

摘要: 针对基于统计量的辐射相对定标的不足之处, 提出了一种基于小波提升分解的小波变换算法, 以解决时间序列上的 MODIS 遥感图像的辐射定标问题。该方法使用不同年限获取的 MODIS 卫星影像分别进行提升小波分解, 对低频信号进行灰度辐射定标后再与高频信号重构, 通过提升小波逆变换得到结果图像, 实验结果表明效果较好。

关键词: 辐射定标; 小波提升变换; 相对辐射校正

doi: 10.3969/j.issn.1000-3177.2010.02

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2010)107-

1 前言

地面地物均有发射、吸收和反射电磁波的辐射能力。由于不同季节、不同时相、不同轨道、不同传感器所受的大气条件、光照影响、地形影响、植被状况等不同, 同一地区所获取的卫星遥感影像具有较大的辐射亮度变化差异^[1]。为了使不同时间序列上的数据具有一致性和可比性, 使其能应用于地物辐射变化的检测或监测, 如农业估产、森林覆盖变化监测、森林病虫害发生检测、地物热红外辐射异常检测、森林火灾预警及火灾发生监测等, 一项需要做的基础工作就是时间序列上的遥感数据的定标, 即进行辐射亮度差异的校正, 将其规范到某个度量辐射度量空间中, 使其度量空间的原点、单位具有统一性, 从而使不同空间、不同时间上的对地观测数据具有可比性, 达到反射率及数据彩色图像的颜色一致。

引起遥感影像辐射误差的因素有很多, 如传感器的灵敏度, 光照条件的差异, 大气的散射、吸收作用等, 它们使同一类别的地物进入传感器的辐射强度在时相、多传感器影像上的度量起点、度量单位产生差异。由于传感器系统工作时产生的误差应该在数据生产过程中, 由生产单位根据传感器参数进行校正, 不需要用户自行校正^[2]。本文主要针对大气影响所引起的基于时间序列的 MODIS 数据的畸

变做出辐射定标。常用的定标方法有绝对定标和相对定标两种。

2 原理和方法

2.1 绝对定标

使用地面实况数据进行定标, 使用从地面上实际测得的具体的反射率与传感器输出的图像数据进行比较, 进而消除大气的影 响。绝对定标要求把各个光谱度量的起点、刻度值与地面的光谱测量值对应起来。这就要求使用的光谱度量的物理意义非常明显。例如, 利用反映地面温度测量数值, 对 6 波段的数据进行原点、刻度的重新定义, 所得到的光谱数据就是地面温度的真实指示值。基本步骤是将地面固定标准地测量结果建立栅格地图层, 确定标准地像点的标准灰度数据, 作为灰度纠正的刻度标准。利用标准地像元灰度图像与经过精确纠正、融合的图像分别取样本点分波段绘制样点的散点图, 依据其走向, 进行回归分析, 确定定标模型。

绝对定标可以实现不同轨道、不同时间、不同数据源、不同分辨率的卫星遥感数据的定标。从实际工作出发, 由于获得与遥感同步的地面测量数据存在非常大的困难, 所以一般采用相对定标的方法。绝对定标的方法仅适用于包含地面实况数据的图像。

收稿日期: 2009-02-23 **修订日期:** 2009-06-24

基金项目: 云南省省院省校科技合作项目(2005YX27); 云南省教育厅项目(07C10429)。

作者简介: 丁琨(1965~), 女, 副教授, 主要从事数学教学与统计分析工作。

E-mail: dingkun18@tom.com。

通讯作者: 周汝良教授

E-mail: zhou-ruliang@163.com。

2.2 相对定标

相对定标的常用方法有非线性定标法,如直方图匹配、线性回归法,如图像回归法、基于伪不变特征(PIF)法、暗集-亮集法、未变化集辐射归一法^[3]。其中,直方图匹配能够自动快速地完成图像辐射校正,但这一非线性操作在一定程度上破坏了原图像中地物的辐射特性。基于伪不变特征的辐射定标能够不受地物变化的影响,而且不会削弱图像之间的地物变化;但是需要人工选取伪不变特征点,且校正结果依赖于特征点(它们的反射系数独立于成像季节或生物气候条件,并有固定的空间位置,例如建筑物、道路和较深的水域等。),而且并非所有的图像上都存在明显的特征点。线性回归法的4种方法由于其选择样本点集合的方法不同,其定标的结果也不同。

选取其中一个受大气影响最小的图像作为基础遥感影像,利用基础数据与其他时间获得的图像的重叠部分像素的灰度值建立回归模型。将待定标图像重叠部分的灰度值计算为该图像重叠部分的灰度,依据此计算方法进而计算待定标图像中的其他像素区的灰度值,从而达到图像定标的目的。在此方法中,对于数据重叠性和数据统计规律的研究仍然是定标的基础依据。

2.3 方法

MODIS 遥感器的实际扫描宽度为 2330km,而其理论扫描宽度为 1354km×10km,实际跨度与理论上的差别导致了有 50%的数据是对地面同一区域进行重复扫描。通常,相邻轨道的卫星图像有 10%左右的面积重合。本文所采用的相对定标方法就是利用不同时间的 MODIS 卫星图像的面积重叠性进行定标。此种基于重叠区域选取样本点集的相对定标方法,由于直接从图像中获取所需要的参数,不需要额外的输入,比绝对定标方法更具有适用性。从同一地区的不同时间序列的遥感影像获得辐射定标目标集,改进了传统的将整个图像作为辐射定标目标集合所带来的误差,避免了校正结果过度依赖人为因素的缺点,补充了某些图像不含有特定的不变特征的缺陷,能够快速地完成图像的辐射定标。这种基于统计量的相对定标方法,假设图像灰度之间满足线性关系,利用最小二乘法求解回归模型的参数^[5],虽然能快速地完成图像辐射校正,但是不适用于存在大量地物变化的图像。

通过研究分析,基于时间序列的 MODIS 遥感数据的辐射亮度整体差异主要体现在低频成分中,如背景信息、云雾信息;地物发生的变化多体现在高

频成分中,如景物信息^[6]。传统的回归分析定标,使用最小二乘法求解回归模型中的参数,不能很好的定标包含大量地物变化的图像。克服传统相对定标的缺点,小波分析将遥感影像信号分为高频和低频部分,并分别对高频和低频部分进行操作,最后重新组成信号,获得定标结果。对目标图像和待纠正的图像分离高频成分和低频成分,保持高频成分图像信号不变,对低频成分进行回归分析校正的相对定标,能够较好的保留源图像中由于地物变化引起的辐射差异。而在小波分析变换中,由于传统的小波分解变换是从傅里叶分析的基础上发展起来的,在一定程度上受到傅里叶分析的限制。小波提升变换较传统的小波变换具有既可以保持原有的小波特性的,克服平移伸缩不变性的局限性,又可以在当前位置上进行变换而快速、节约内存空间的特点^[4]。所以本文使用小波提升分解算法来对图像进行分解低频信号和高频信号。

小波提升分解经过分裂、预测、更新三个过程。分裂将图像信息分为高频信息和低频信息,一般分别设置为偶数序列和奇数序列;预测将偶数序列经过滤波器作用以后的值作为奇数序列的预测值,实际中用这两个数值的差值作为奇数序列值,以便得到更少的高频细节信号。通过多步得到理想的高频和低频数据集合。使用更新算子对上述步骤的低频结果分析数据集进行计算产生对原始数据更具有代表性的子数据集。

3 结果与分析

本文选用位于云南省境内的某地 2005 年和 2006 年获得的 MODIS 遥感图像,并配准将其在同一坐标系统下能显示同一地物。使用基于小波提升算法分别对两幅 MODIS 图像进行提升小波分解,得到反映低频信号和高频信号的子图像序列,共 4 幅图像;再对不同时间获取的 MODIS 图像的低频信号图像进行基于统计分析的相对辐射定标,最后将校正后的低频子图像和原待定标图像的高频子图像进行提升小波逆变换,得到最后的辐射定标图像。

过程如下:

(1)对源图像分别进行二维提升小波分解。

首先在 MATLAB 7.0 中使用 `lwt2` 函数对源图像作小波提升变换,得到近似细节系数矩阵和水平、垂直、对角细节系数矩阵。使用 `wcodemat` 函数对各系数矩阵进行编码与 `imshow` 函数联合使用查看各系数矩阵所对应的图像。

(2)对低频图像进行基于统计分析的辐射定标。

将步骤(1)得到的子图像导入到 ArcInfo 中,先对两子图像进行图像灰度均值过滤,尽可能的消除由于坐标不匹配所导致的差异;使用 sample 函数采取样点得到含同一坐标参数时两图像的灰度值。对灰度值统计数据进行分析,得到统计模型;在 ArcInfo 中对待校正的图像使用统计模型进行灰度变换,得到低频信号图的辐射定标结果;使用 describe 函数可以查看各图像的统计信息,从而判断校正的理想程度。

(3)对低频图像的辐射定标结果进行二维提升小波逆变换,重构定标结果图。

将步骤(2)所得的定标结果图导入到 MAT-

LAB7.0 中,和对小波分解中的高频分量所对应的系数矩阵使用 ilwt2 函数做逆变换重构得到辐射定标结果图像。

由于是在不同时间获取的图像,所受大气条件等因素的影响,表现出同一种地物不同灰度信息的特点。如图 1,从目视角度选用灰度效果较好 2005 年获取的 MODIS 数据作为目标图像,大气影响较严重的 2006 年获取的 MODIS 数据作为待定标图像。对待定标图像分别以目标图像为标准,进行基于统计量的相对定标和基于小波提升分解的辐射校正操作。从两种定标方法的定标结果图像和其直方图可以看出,基于小波提升分解的辐射定标效果与目标图像较接近。从目视解译角度来讲,该方法定标结果更理想。

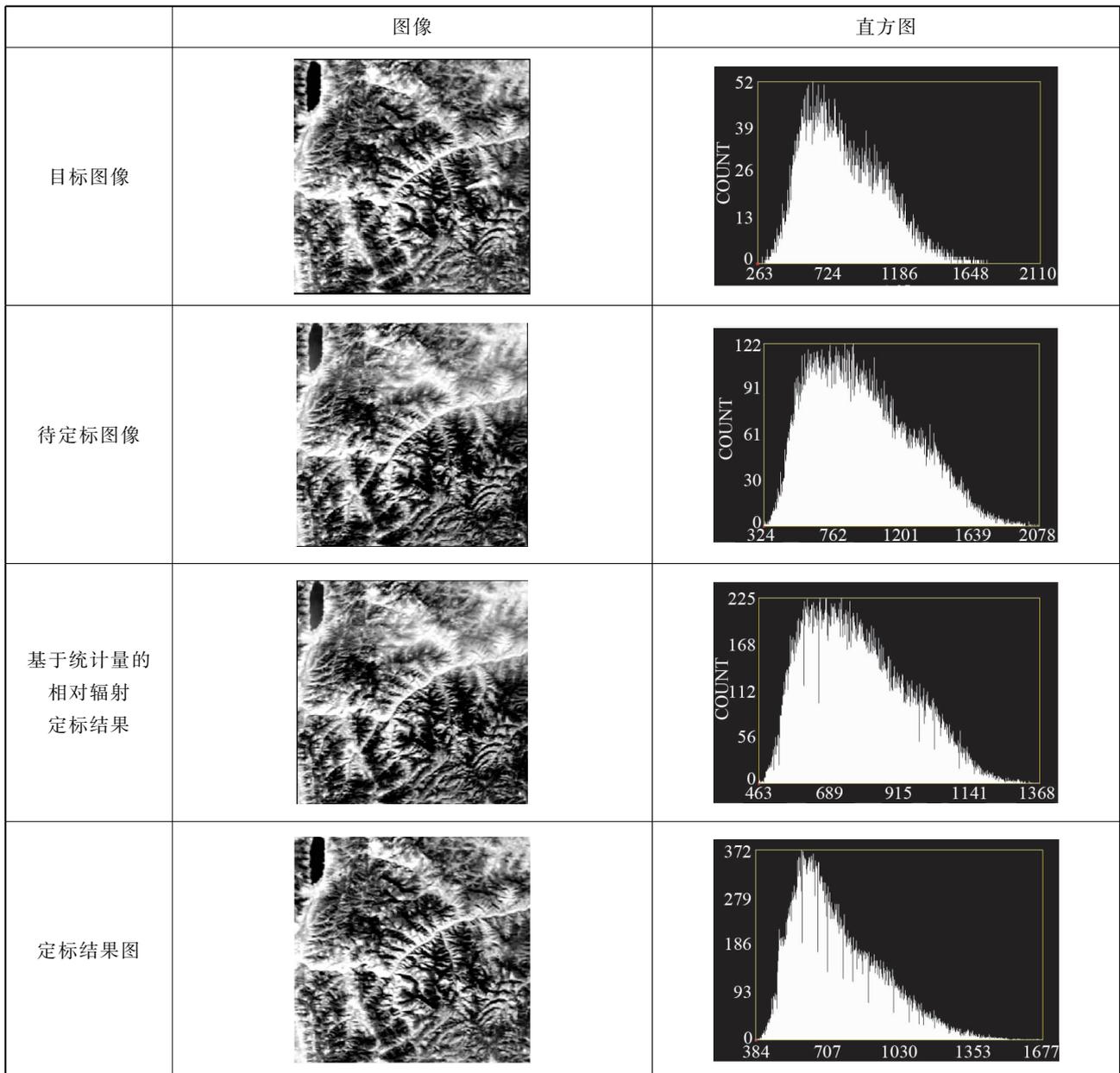


图 1 单波段图像及对应的直方图

实验表明,基于提升小波分解的图像辐射定标方法是可行的。本方法提取出图像中的低频信息,对低频信息选取样本点集合建立定标模型进行定标,避免了在高频信息上选取灰度样本点。当定标图像间存在地物变化时,弥补了基于统计量等方法把全部灰度信息列入定标数据范围内所引起的误差,较适合对存在地物变化的不同时间上获取的 MODIS 数据进行基于时间序列的辐射定标。

4 结束语

本文探讨了基于提升小波分解的不同时间获取的 MODIS 遥感图像的辐射定标算法。提升小波分解的特点是速度快,占用内存小,独立于傅里叶变换,避免了傅里叶局部化分析能力缺乏的特点。能够较好的辐射定标含有较大地物变化的遥感图像,但是从理论上讲,若在辐射定标之前能够很好的去除地形影响,所得到的辐射定标的结果会更好,这是下一步所要解决研究的问题。

参考文献

- 1 孙家柄. 遥感原理与应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.
- 2 梅安新,彭望球,秦其明. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版,2002.
- 3 丁丽霞,周斌,王人潮. 遥感监测中 5 种相对辐射校正方法研究[J]. 浙江大学学报,2005,31(3):269~271.
- 4 李卉. 一种基于提升小波变换的图像融合方法[J]. 山西电子技术,2007(2):48~49.
- 5 程彬,姜琦刚,王利花,等. 多时相 ASTER 遥感影像相对辐射校正研究[J]. 新疆地质,2007,25(3):323~326.
- 6 朱锡芳,等. 小波变换域图像融合方法在遥感图像处理中的应用[J]. 常州工学院学报,2006,19(4):1~4.

A Study on Radiometric Calibration of Multi-temporal MODIS Remote Sensing Data

DING Kun¹, WANG Yan-Xia, ZHANG Jian, ZHOU Ru-Liang*
(Southwest Forestry University, Kunming 650224, PRC)

Abstract: A wavelet transform algorithm is put forward in this paper based on wavelet lifting transform by comparing several kinds of relative radiometric calibration methods, and a gap of relative radiometric calibration method is supplied that is a traditional popular method based on statistical data. Multi-temporal MODIS remotely sensed data were decomposed, using wavelet lifting transform, to get low-frequency and high-frequency sub images. Reconstruction is carried out after radiometric calibration of low-frequency sub image. Finally, the composite image is obtained by reversing transform to work low-frequency sub image and original high-frequency sub image. Experimental results show that the above method is better than others.

Key words: radiometric calibration; wavelet lifting transform; relative radiometric correction