

文章编号: 1007-4619 (2004)02-0158-07

# MODIS 1B 影像几何纠正方法研究及软件实现

蒋耿明<sup>1,2</sup>, 刘荣高<sup>3</sup>, 牛 铮<sup>1</sup>, 庄大方<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 遥感信息科学开放实验室, 北京 100101;

2. 上海市测绘院 基础地理信息中心, 上海 200063;

3. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 资源环境数据中心, 北京 100101)

**摘 要:** MODIS 影像是一种新型和重要的数据。对 MODIS 1B 影像几何畸变原因进行了深入分析, 选择了一种合适的纠正方法。对于 1km 分辨率 MODIS 1B 影像, 直接采用 1km 分辨率的空间坐标进行几何纠正; 对于 250m 和 500m 分辨率的 MODIS 1B 影像, 先用三次样条曲线对坐标进行插值生成同分辨率的坐标, 然后利用坐标插值结果对其进行几何纠正。由于 MODIS 影像在空间分布上的特殊性, 采用前向和后向映射相结合的方式确定纠正后某一像素点在原始影像中的位置。根据该位置的条带重叠度, 可以确定参与计算像素个数、搜索窗口的大小以及窗口的精确位置; 采用归一化反距离加权插值法计算纠正后像素点的属性值。上述优化算法不仅保证了纠正后影像的质量, 而且提高了数据处理速度。作者在 Visual C++ 6.0 环境下开发实现了上述算法。从坐标插值和几何纠正结果分析, 无论是数据处理速度还是纠正后的影像质量和精度均达到要求。

**关键词:** MODIS 1B 影像; 几何纠正; 三次样条曲线插值; 重采样; 软件开发

**中图分类号:** TP751.1      **文献标识码:** A

## 1 引 言

中分辨率成像光谱仪(MODIS)是由 NASA 联合美国和国际多个科研机构历时 8 年、耗资 13 亿美元研制。研制 MODIS 的目标是建立全球大气、海洋和陆地的动力学模型, 并能在地球发生变化之前做出准确的预测。

MODIS 是一种综合型探测器, 它的成功研制和应用把全球变化研究推进到一个新的阶段。它共有 36 个观测通道, 波谱从 0.4 $\mu$ m 到 14 $\mu$ m, 覆盖了可见光和近红外; 其星下点空间分辨率分 250m、500m 和 1000m 3 种; 搭载在 Terra 和 Aqua 两颗卫星上的 MODIS 可以实现一天覆盖全球一次<sup>[1]</sup>。MODIS 的综合性能超越了包括 AVHRR 在内的陆地观测系统。随着地球科学从简单定性制图向精确定量监测的转变, MODIS 已成为观测和提供陆地生物圈发展变化数据的最基本探测器<sup>[2]</sup>。

MODIS 共有 44 种标准产品, 按研究对象可分为陆地、海洋和大气 3 种, 而按接收和处理过程又可分为

为 1A, 1B, L2, L2G 和 L3 等产品。对 MODIS 数据的处理是一个复杂的过程, 其中几何纠正是进一步处理和定量研究 MODIS 数据的重要基础之一。

MODIS 1B 影像的几何畸变与 MODIS 探测器的成像特点密切相关。MODIS 探测器是一种被动式摆动扫描探测器, 其横向扫描角为  $\pm 55^\circ$ 。每条扫描线由 1354 个 1km 的像素或 2708 个 500m 像素或 5416 个 250m 像素组成。由于地球曲率的影响, 扫描线的实际跨度大约为 2340km。每完成一次扫描, MODIS 探测器沿轨道前进了 10km, 这 10km 的区域就是一个扫描条带。扫描条带的宽度分别为 10 个像素(1km 分辨率)、20 个像素(500m 分辨率)、40 个像素(250m 分辨率)<sup>[3]</sup>。由于 MODIS 探测器对地球观测的视野几何特性、地球表面的曲率、地形起伏和 MODIS 探测器运动中的抖动等因素的共同影响, MODIS 1B 数据存在几何畸变, 特别是 MODIS 1B 数据的扫描条带之间的错位现象十分严重, 俗称“双眼皮”。“双眼皮”现象随着观测角度的增大而日趋严重, 计算表明, 在视角为  $24^\circ$  时, 条带之间的重叠度为

收稿日期: 2002-10-30; 修订日期: 2003-01-10

基金项目: 国家自然科学基金(40271086)和中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-01, KZCX2-312)

作者简介: 蒋耿明(1975—), 男, 湖南人, 中国科学院遥感应用研究所硕士研究生, 1997 年获武汉测绘科技大学摄影测量与遥感专

业学士学位, 现主要从事遥感和地理信息系统研究。发表论文 2 篇。Email: jianggengming@hotmail.com

10%,而在条带的两端重叠度达到50%<sup>[3]</sup>。我们利用MODIS 1km分辨率的经纬度坐标对“双眼皮”现象进行验证,如图1(a)所示,相邻观测之间存在重叠。

Jose F. Moreno 等人对 NOAA AVHRR 数据的几何纠正中考虑到了相邻观测存在重叠的情况,提出和改进了纠正 AVHRR 影像的最优算法<sup>[4]</sup>; Robert E. Wolf 等人从宏观上阐述了 MODIS 成像规律、几何畸变和处理的基本方法,但没有提出具体的有效的几何纠正措施<sup>[3]</sup>。Research Systems Inc. 用 IDL 语言开发了利用 MOD02 的经纬度坐标对 MODIS 1B 数据进行几何纠正的程序 Georef\_MODIS, 该程序先把经纬度坐标转化成 ENVI 的 GCPs, 然后对影像数据进行几何纠正(详见 Research Systems Inc. 网站)。由于 MODIS 有自己独特的成像规律, 其影像与 AVHRR 影像存在很大的区别, 本文不能完全采用 AVHRR 的重采样算法; Georef\_MODIS 程序用少于经纬度坐标对的有限个 GCPs 去纠正 MODIS 1B 影像, 纠正后的影像质量难免不受影响, 而且该程序对 ENVI 环境的依赖也限制了其广泛运用。由于 MODIS 可以获取比较精确的空间坐标信息, MODIS 数据的几何纠正可以分成两个步骤: (1) MODIS 探测器对观测的空间定位; (2) 根据同时相的空间定位坐标对 MODIS 数据进行几何变换<sup>[3]</sup>。对 MODIS 1B 数据的几何纠正, 还必须解决两个问题: (1) 如何用 1km 分辨率的空间坐标数据实现对 250m 和 500m 分辨率数据的几何纠正; (2) 由于 MODIS 数据空间分布的特殊性, 如何在保证纠正后影像质量的同时, 提高纠正的效率。在综合前人成果的基础上, 本文仍然采用经纬度坐标对 MODIS 1B 影像进行几何纠正, 但对经纬度坐标的利用上将有所区别: 先利用三次样条曲线对经纬度坐标插值, 生成与影像一一对应的坐标点, 然后利用插值生成的坐标点对 MODIS 影像进行几何纠正, 并采用与 MODIS 影像特点相适应的反距离加权重采样方式和用 C++ 语言实现了该算法。

## 2 MODIS 1B 影像几何纠正方法

### 2.1 三次样条曲线插值

坐标插值可以解决 250m 和 500m MODIS 1B 影像几何纠正中存在的问题。坐标插值函数的选择一般应遵循下面 3 个条件: (1) 函数曲线光滑; (2) 能满足实际问题的要求; (3) 计算简单。由于三次样条曲线具有上述特性<sup>[5]</sup>, 我们选择它作为坐标插值函数。

三次样条曲线在第  $i$  点和  $i+1$  点之间的函数表达式如下:

$$S(x) = \begin{cases} 1 + 2 \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \left( \frac{x - x_{i+1}}{x_i - x_{i+1}} \right)^2 y_i + \\ 1 + 2 \frac{x - x_{i+1}}{x_i - x_{i+1}} \left( \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \right)^2 y_{i+1} + (x - x_i) \\ \times \left( \frac{x - x_{i+1}}{x_i - x_{i+1}} \right)^2 m_i + (x - x_{i+1}) \left( \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \right)^2 m_{i+1} \end{cases} \quad (1)$$

其中  $(x_i, y_i)$  和  $(x_{i+1}, y_{i+1})$ , 分别为第  $i$  点和第  $i+1$  点的坐标;  $m_i$  和  $m_{i+1}$  分别是曲线在第  $i$  点和第  $i+1$  点的切线斜率。

只要我们知道  $m_i$  和  $m_{i+1}$ , 函数(1)的表达式就唯一确定了。由于三次样条曲线在除端点外的任意点的二阶微分函数连续, 我们根据其在某点的左导数等于右导数就可以解得  $m_i$  和  $m_{i+1}$ , 即:

$$S''(x_i^+) = S''(x_i^-) \quad (2)$$

在曲线的两个端点,  $m_i$  和  $m_{i+1}$  的值是不确定的。为了使三次样条曲线有惟一解, 我们必须加入一个边界条件。边界条件通常有如下 3 种<sup>[4]</sup>:

- (1) 曲线两端点的切线斜率已知, 即  $m_1$  和  $m_N$  已知 ( $N$  为端点个数);
- (2) 曲线在两个端点的二阶导数值等于 0;
- (3) 曲线是周期函数, 即相邻曲线段公共端点的二阶导数值相等。

在实际运用中, 特别是影像插值, 考虑到影像的连续性, 我们一般采用(2)或(3)边界条件。

### 2.2 重采样

建立了纠正前后影像的变换关系后, 就可以对图像进行重采样。重采样分为空间位置和像素属性值的确定两个步骤<sup>[6]</sup>。

空间位置的确定一般分为两种: 前向映射和后向映射<sup>[7,8]</sup>。

前向映射是把纠正前影像的像素逐一对应到纠正后的影像中去, 在这一过程中会出现一对多和对应空缺现象, 造成纠正后的影像不连续。目前, 前向映射方法用得很少。

后向映射是把纠正后影像的像素逐一映射到纠正前的影像中去。纠正后影像的每一个像素都能在纠正前的影像中找到对应像素, 避免了前向映射所造成的影像不连续性。该方法在影像处理中用得最为广泛。

由于 MODIS 影像在空间分布上的特殊性, 像素

在空间上的分布是不均匀的,而且彼此重叠,传统的后向映射法在寻找映射点方面产生了无法克服的困难。当处理非重叠区时,此时只存在一个后向映射点,而当处理重叠区时,就存在两个后向映射点。另外,参与插值的像素点可能位于一个条带之内,也可能分别位于两个条带上,还可能跨三个条带(当重叠度为 50%时),能否高效地找到参与插值的像素点关系到该方法对 MODIS 1B 数据的几何纠正是否具有实际意义。本文采用前向映射和后向映射相结合的方法解决了这一问题。虽然该方法在空间复杂度和时间复杂度上均大于传统方法,但是如果我们在算法上进行合理的优化,时间复杂度是可以大大降低的。下面具体地阐述了优化后的前向-后向综合算法。

(1) 计算纠正前某一像素点  $(i, j)$  在纠正后影像中的映射点  $(i', j')$ ;

(2) 根据  $(i', j')$  的邻近点的后向映射点也是  $(i, j)$  的邻近点,我们可以通过搜索  $(i, j)$  的某个邻近区域来确定  $(i', j')$  的邻近点  $(i'', j'')$  的后向映射点:(a)计算搜索窗口所在大概位置的条带重叠度,确定窗口位于哪几个条带上;(b)根据影像分辨率和重叠度的大小,确定搜索窗口的边长  $N$ ;(c)计算确定各相关条带的搜索子窗口的中心和大小。当窗口位于重叠区时,最大搜索区域为  $2 \times N \times N$ 。

上述算法比较精确地定位了搜索窗口,大幅度地降低了前向-后向综合算法在搜索映射点时的时间复杂度。

在重采样中,确定影像素属性值的方法通常有最邻近点法、双线性插值法和双三次卷积,它们各有优缺点,并且均没有考虑到不同观测之间空间距离的变化和重叠的情况<sup>[4,6]</sup>。从前面的分析中,我们知道 MODIS 像素在空间上不仅分布不均而且还存在重叠。随着 MODIS 探测器扫描角度的增大,扫描条带的重叠度越来越大,相邻像素的空间距离也逐渐在增大。所以确定像素属性值的传统方法也不适合用于 MODIS 影像的处理。在反距离加权插值方法中,原始影像中某点的光谱贡献与其到内插点的空间距离成反比,克服传统方法的缺陷;另外,考虑到纠正前后影像灰度值变化尽可能小,我们对权重进行了归一化。归一化反距离加权插值公式如下:

$$SUM = \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} \quad (3)$$

$$V_i = \frac{V_i}{d_i \times SUM} \quad (4)$$

其中,  $n$  为参与计算的像素数,  $d_i$  为第  $i$  点到当前点的距离,  $V_i$  为第  $i$  点的属性值,  $V$  为计算所得当前点的属性值。

纠正后影像质量与参与插值的像素点的个数也有一定的关系。参与插值的点越多,纠正后的图像就会越模糊;但参与计算点个数太少,又会使纠正后的影像产生不连续。双线性插值采用  $2 \times 2$  的窗口,双三次卷积采用  $3 \times 3$  的窗口,而三次样条曲线插值采用  $4 \times 4$  的窗口<sup>[6]</sup>。Jose F. Moreno 在对 AVHRR 影像重采样中考虑到了相邻观测的重叠而采用  $6 \times 6$  的窗口,新像素值由该点在原始图像中的映射点周围的 36 个像素值线性合成,其中权重系数用每个 AVHRR 像元的空间响应函数的地面投影来计算,同时考虑到了视场角和该像元在地表的几何形状<sup>[4]</sup>。虽然 AVHRR 与 MODIS 有相似之处,但是采用  $6 \times 6$  窗口不仅不能完全处理 MODIS 影像重叠区的情况,例如:当 250m 分辨率 MODIS 1B 影像的条带重叠度大于 3 个像素时,而且还会比较严重地平滑了 MODIS 影像非重叠区。综合各方面因素,本文采用的是自适应选择参与的像素数和反距离加权插值方法。实际上归一化反距离加权插值与双线性插值非常相似,而且能很好地处理空间分布不均的情况。当参与插值的点位于非扫描带重叠区时,此时只存在唯一的后向映射点,选择  $2 \times 2$  的窗口计算纠正后图像的属性值是合理的;当后向映射点落入扫描带重叠区时,此时存在两个后向映射点,对每个后向映射点都可以单独采用  $2 \times 2$  的窗口对其进行插值;实际上,两个窗口都应该参与插值计算,所以采用两个  $2 \times 2$  窗口共 8 个点进行归一化反距离加权插值。

### 3 几何纠正精度

1km 分辨率 MODIS 1B 影像的几何纠正精度主要取决于 MODIS 探测器对空间定位的精度,而 250m 和 500m MODIS 1B 影像的几何纠正精度不仅取决于 MODIS 探测器的空间定位精度,而且还取决于对坐标插值的精度。MODIS 探测器空间定位采用的是 WGS 84 经纬度坐标系统,对 1km 坐标其设计空间定位误差为 15%,通过地面控制点改正,其实际空间定位误差为 5%。如果采用固定偏移量计算,则 500m 和 250m MODIS 影像的空间定位误差分别为 10%和 20%<sup>[3]</sup>。如果采用三次样条曲线对坐标插值,500m 和 250m MODIS 1B 影像的几何纠正误差

会超过 10%和 20%。

### 4 软件实现和影像处理

基于上述算法,作者在 Visual C++6.0 环境下开发实现了 MODIS 1B 影像几何纠正软件 GeoMODIS。该软件能直接读取 HDF 格式数据,把处理结果保存为 HDF, GRID, GeoTiff 或 BIL 等数据格式,并且能够处理上午星和下午星的 MODIS 1B 影像,而且支持

对海量数据的批处理。软件 GeoMODIS 的性能是比较好的,以对一幅中国西部 5min 250m 分辨率 MODIS 1B 影像 MOD02QKM.A2002258.0425.003.2002258062249.HDF 处理为例,表 1 列举了软件 GeoMODIS 与程序 Georef\_MODIS 的对比。从表 1 可以看出,软件 GeoMODIS 在内存消耗和处理时间两方面均比程序 Georef\_MODIS 小。

图 1 是对 1km 坐标插值生成 250m 分辨率空间

表 1 GeoMODIS 和 Georef\_MODIS 的性能比较

Table 1 The capability compare between GeoMODIS and Georef\_MODIS

程序	重采样方式	投影方式	CV	内存开销	处理时间
GeoMODIS	反距离加权	Albers 等面积圆锥	±55°	125M	4min45s
Georef_MODIS	双线性	Albers 等面积圆锥	±55°	231M	22min

计算机基本配置:CPU P4 2.0a;512M DDR 内存

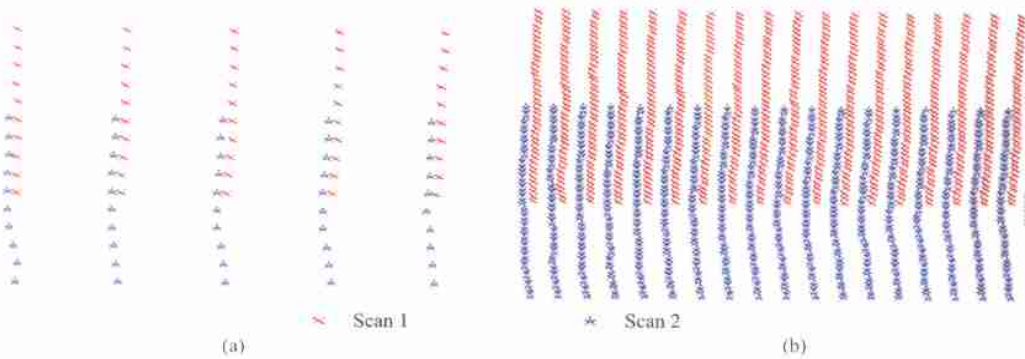


图 1 坐标插值前后对比图(其中,(a)是 1km 坐标点的空间分布;(b)是经三次样条曲线插值后生成的 250m 坐标点的空间分布。三次样条曲线插值边界条件:相邻曲线段公共端点的二阶导数值相等)

Fig.1 The partial compare between the sensed coordinates (a) and the interpolated 250m coordinates (b).

The extra condition of Spline function is  $m_1 = m_n$

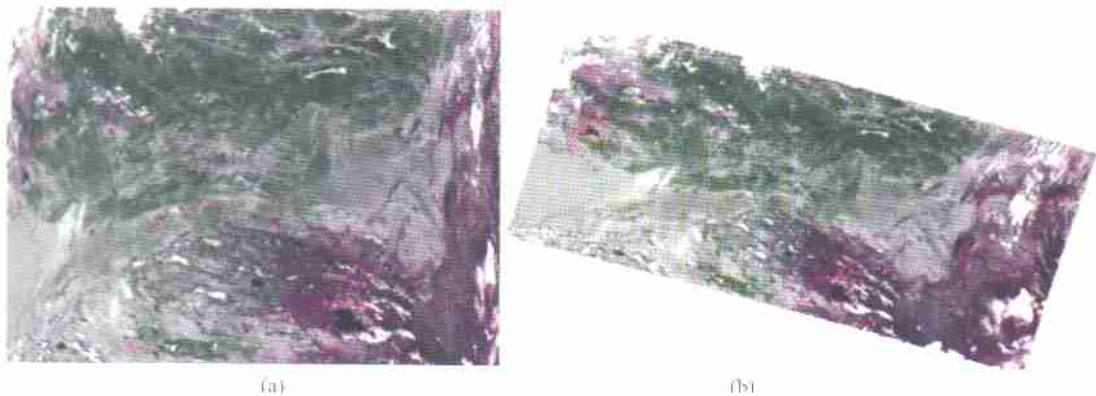


图 2 250m MODIS 1B 影像几何纠正前后对比图

(其中,(a)是纠正前影像图,图像大小:4040×5416;(b)是几何纠正后的影像图,投影方式为 ALBERS 等面积圆锥投影(第一标准纬线圈:25°;第二标准纬线圈:47°;中央经线:105°;中央纬线:0°;X 和 Y 偏移量:0))图像大小:(6254×10706)

Fig.2 The compare between the 250m sensed observations ((a), sizes: 4040×5416) and the geometrically corrected image ((b), Albers projection, sizes: 6254×10706). R: Band 2, G: Band 1, B: Band 2

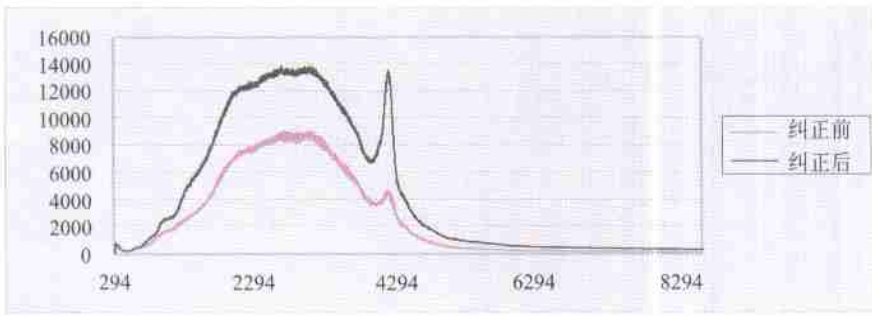


图 3 纠正前后直方图对比(Band 1)

Fig. 3 The histogram compare between the sensed observations and the corrected image (Band 1)

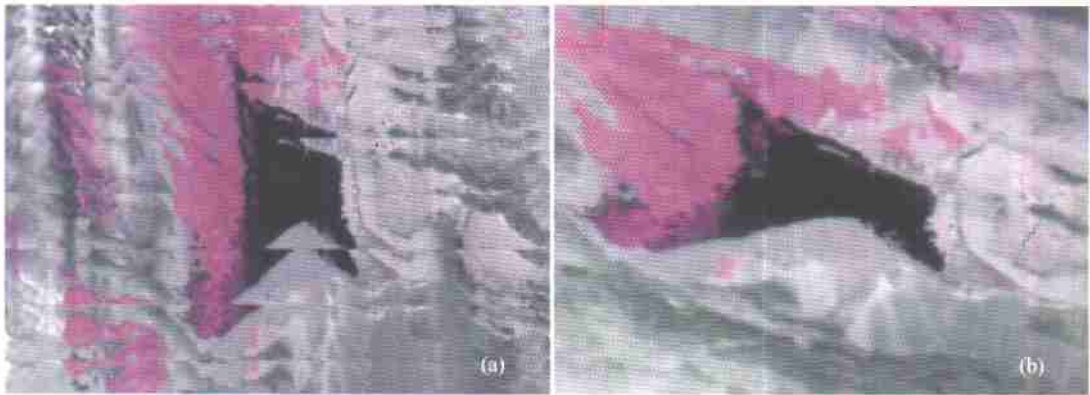


图 4 纠正前后局部对比((a)为几何纠正前的影像图,(b)为几何纠正后的影像图)

Fig. 4 The partial compare between the sensed observations (a) and the corrected image (b)

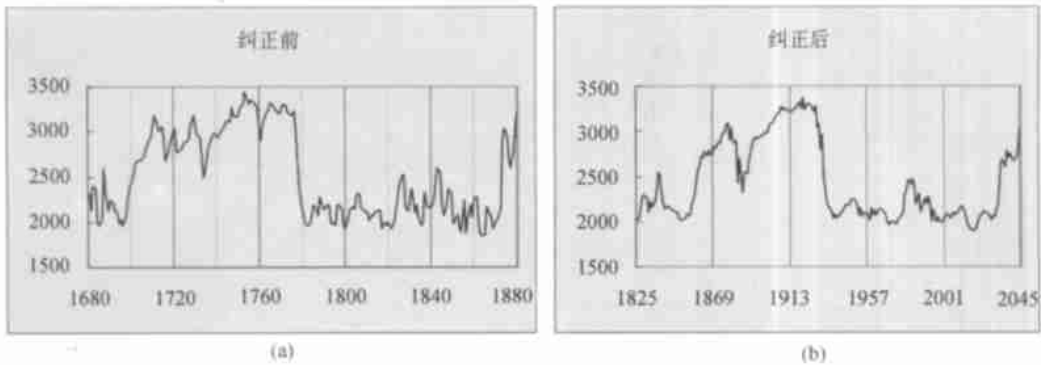


图 5 纠正前后剖面线对比图(Band 1)

Fig. 5 The profile compare between the original (a) and the corrected result (b)(Band 1)

坐标的边缘局部对比图,此时其条带重叠度约为 50%。从图 1 的对比可以看出,插值后的空间坐标点密度是插值前空间坐标点密度的 16 倍,插值前后扫描条带的形状和重叠度保持不变。

图 2 是整幅图纠正前后的对比,除了几何形状发生变化外,纠正后图像保持了很好的色调和清晰度。从纠正前后的直方图对比(图 3)可以看出,纠正后图像直方图曲线相对于原始曲线“放大”了但其形状是基本一致的,这也说明了纠正前后图像的

色调和清晰度基本上没有发生改变。这是采用归一化反距离加权、动态确定参与计算像素个数等优化措施的结果。

图 4 是纠正前后局部影像对比。从图 4 可以看出,纠正后的 MODIS 影像完全消除了几何畸变,特别是消除了“双眼皮”现象,清晰地重建了真实地貌。

为了进一步验证“双眼皮”消除的效果,我们在第一波段原始影像上沿直线(1680, 161)~(1880, 161)采集像素属性值(该处的条带重叠度约为 20 个

像素),把采集的属性值做成剖线图,如图5(a)所示。图5(a)平行于Y轴的实线为条带的分界线,平行于Y轴的虚线为条带中线。从图5(a)可以看出,实线两侧到虚线之间的曲线段在形状上非常相似,这是因为相邻条带之间存在重叠。纠正前剖线在纠正后的图像(Albers等面积圆锥投影)中的映射是一段近似于直线的曲线,其两个端点分别是(1825, 1684)和(2045, 1612)。为了便于绘成剖线图与纠正前的剖线图进行对比,我们仍然取行号做横坐标,如图5(b)。分析图5的两条剖线,我们不难看出:纠正后的剖线不存在重复曲线段;另外,如果我们去掉纠正前剖线的重复部分,其形状与纠正后的剖线极为相似。因此,经上述方法纠正后的MODIS图像完全地消除了“双眼皮”现象。

## 5 结论和讨论

在上面的陈述中,我们对MODIS 1B影像几何纠正方法进行了研究,并在Visual C++ 6.0环境下实现了该算法。综述如下:

(1) 对于1km分辨率MODIS 1B影像,我们直接利用MODIS探测器的1km分辨率的空间定位坐标对其进行几何纠正。

(2) 对250m和500m MODIS 1B影像,我们先用三次样条曲线对坐标插值生成同分辨率的空间坐标,然后利用插值生成的坐标对其进行几何纠正。计算表明,其插值精度是基本满足要求的。

(3) 由于MODIS 1B影像在空间分布上的特殊性,我们采用前向和后向映射相结合的方式确定纠正后某一像素点在原始影像中的映射位置;通过计算该位置的条带重叠度来确定参与插值的像素个数、搜索窗口的大小以及窗口的精确位置,不仅保证了纠正后影像的质量,而且提高了数据处理速度。

(4) 对数据处理结果分析,我们认为上述算法对MODIS 1B影像的几何纠正无论在数据处理速度还是在纠正后影像质量和精度方面均达到了要求。

目前,该软件的纠正方式只有无投影几何纠正和ALBERS等面积圆锥投影几何纠正两种,我们必须增加投影方式以满足用户的需求。另外,如何定量计算几何纠正的精确也是一个有待研究和探讨的问题。

## 参考文献 (References)

- [1] Liu Y J, Yang Z D. The Theories and Algorithms for MODIS Data Processing [M]. Beijing: Science Press, 2000. [刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2000.]
- [2] Running S W, et al. Terrestrial Remote Sensing Science and Algorithms Planned for EOS/MODIS [J]. INT. J. Remote Sensing, 1994, Vol. 15, No. 17, pp3587-3620.
- [3] Robert E Wolf, David P Roy, Eric Vermote. MODIS Land Data Storage, Gridding, and Compositing Methodology: Level 2 Grid[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1998, 36(4): 1324-1338.
- [4] Jose F. Moreno, IEEE, Member, Joaquin Melia. An Optimum Interpolation Method Applied to the Resampling of NOAA AVHRR Data [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1994, 32(1): 131-151.
- [5] Xu C W. Computing Methodology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1985. [徐萃薇. 计算方法引论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985.]
- [6] Zhang Z X, Zhang J Q. Digital Photogrammetry [M]. Press of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1996. [张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉测绘科技大学出版社, 1996.]
- [7] Konecny G. Methods and Possibilities for Digital Differential Rectification. [J] Photogramm. Eng. Remote Sensing, 1979, 45(6)727-734.
- [8] Castleman K R. Digital Image Processing [R]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1979.

## An Optimal Geometric Correction Method for MODIS 1B Data Collection and Its Software Development

JIANG Geng-ming<sup>1,2</sup>, LIU Rong-gao<sup>3</sup>, NIU Zheng<sup>1</sup>, ZHUANG Da-fang<sup>3</sup>

(1. ARSIS, Institute of Remote Sensing Applications CAS, Beijing 100101;

2. Geomatics Center, Shanghai Municipal Institute of Surveying and Mapping, Shanghai 200063, China)

3. Institute of Geographical Sciences and Natural Resource Research CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** MODIS image is a kind of new and important data for global change research. After analyzing in the depth causes of MODIS data distortion, an optimal method to remove the geometric distortion is developed. The longitude and latitude coordinates, obtained by MODIS sensor, are used to remove the distortion of the 1km resolution MODIS data; For 250m and 500m resolution MODIS data, the same resolution coordinates are calculated by the spline interpolation, then the geometric distortion is removed. Because of the spatial irregularity of MODIS 1B data, a method with forward gridding approach and the inverse gridding approach is utilized to allocate a pixel's position of the geometrically corrected data in the original image. By computing the overlap degree of the current position, the number of the pixels used to calculate the value of the output pixels, the search window sizes and the accurate position of the windows are decided. The value of output pixels is calculated by the distance inverse weight method. All optimal approaches above will improve the processed image's quality and the processing efficiency. The software based on the above approaches is developed in the Visual C++6.0 environment. From the result, the conclusion that the approaches are practical and reasonable can be made.

**Key words:** MODIS 1B data; geometric correction; spline interpolation; resampling; software development