

NOAA 气象卫星 AV HRR 1A. 5 数据集的定位处理研究*

刘良明 廖明生 朱攀 刘继琳

(武汉测绘科技大学信息工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要 本文主要研究对异于 NOAA AV HRR 1B 数据集的 NOAA AV HRR 1A. 5 数据集的定位, 提出了非地标导航的定位处理方法。并在大量实验的基础上指出, 从原始数据图像到等经纬度投影图的纠正过程中不宜采用间接的多项式拟合法。

关键词 NOAA; AV HRR 1A. 5; 导航; 纠正; 采样; 投影

分类号 P 237. 3

自 1978 年 AV HRR (改进型甚高分辨率辐射仪) 装载到 TIROS-N 卫星以来, AV HRR 数据已在气象领域和非气象领域中得到极为广泛的应用。由于气象卫星原始数据受地球形状、地球曲率、地球自转、卫星运行轨道、卫星扫描方式、卫星姿态、卫星高度变化及接收站计算机时间不准确等综合因素的影响, 而导致了相当复杂的几何形变。在使用这些数据之前必须对原始数据进行精确的定位校准和几何纠正, 并纳入到一定的投影坐标系之中。

由于 AV HRR 数据具有不同的格式 (1A. 1A. 5 1B), 接收机处理系统也不尽相同, 在具体运行中, 不同的用户仍需结合自己的实际情况, 建立适合自己的定位和纠正流程。本研究是在武汉测绘科技大学气象卫星小型地面接收处理站进行的。该站接收系统采用的是中国气象局卫星气象中心的极轨卫星数据接收设备, 其接收计算机是

普通的微机, 该站的数据处理是在 HP 工作站上的 ERDAS 上进行。由于接收到的原始数据是微机的 1A. 5 数据集, 该数据并不能直接被工作站上 ERDAS 所接受。本文深入地分析和研究 1A. 5 数据集, 结合系统的特点, 进行了数据的定位和定标处理并使数据在 ERDAS 上完全可用。

1 1A. 5 数据集

气象卫星 AV HRR 资料根据接收设备不同常有 1A. 5 和 1B 数据之分, 两种格式之间有较大的差异^[1, 2]。这里我们使用的是 1A. 5 数据集。

1A. 5 数据集以定长记录方式存贮, 每个记录为 21 980 字节, 第一个记录为数据集头文件, 从第二个记录开始, 每一个记录包含有一条扫描线信息, 记录数由可接收到的扫描线决定。数据集头记录具有如下的结构:

| | |
|--|------------------------|
| struct mainheader { | |
| unsigned short sat- lab; | /* 星标号 (NOAA-12/14) */ |
| unsigned short begin- year; | /* 开始年 */ |
| unsigned long begin- msecound; | /* 开始毫秒数 */ |
| unsigned short begin- days; | /* 开始天数 */ |
| unsigned short end- year; | /* 结束年 */ |
| unsigned long end- msecound; | /* 结束毫秒数 */ |
| unsigned short end- day\$ | /* 结束天数 */ |
| unsigned short begin- scan- line- num; | /* 开始扫描线号 */ |
| unsigned short end- scan- line- num; | /* 结束扫描线号 */ |

收稿日期: 1997-05-27。刘良明, 男, 28 岁, 助教, 现从事遥感与 GIS 研究。

* 测绘遥感信息工程国家重点实验室开放研究基金资助项目, 编号 WKL (94) 0106

```

unsigned short sgnc_code_err;           /* 同步码错 */
unsigned short err_code_rate;          /* 误码率 */
unsigned short temp20;                 /* 备用 */
unsigned short time_sqp_err;           /* 时间序列错 */
unsigned short scanline_lose_num;       /* 扫描线丢失数 */
unsigned short slope_anal_result;      /* 斜坡分析结果 */
unsigned short temp21;                 /* 备用 */

float label_differ[20];                /* 备用 */

unsigned short temp22;                 /* 备用 */
unsigned short orbit_num;              /* 轨道号 */
unsigned short orbit_root[28];          /* 轨道根数 */
unsigned short aid;                   /* 升降轨标志 */
unsigned short resource_type;          /* 资源类型 */
unsigned short first_orbit_num[4];       /* 第一轨道数 */
unsigned short temp23[2];               /* 备用 */
float zitai[6];                      /* 卫星姿态 */
unsigned short temp24[4];               /* 备用 */
float tic_position[8];                /* 角点坐标 */
unsigned long begin_time_sec[2];        /* 开始时间毫秒数 */
unsigned long end_time_sec[2];          /* 结束时间毫秒数 */
}

}

```

剩下的 $21980 - \text{sizeof}(\text{mainheader})$ 个字节备用。每一条扫描线记录具有如下的格式:

```

struct line_recorder {
    unsigned short seq_num;               /* 线序号 */
    unsigned short year;                 /* 年号 */
    unsigned long mescond;              /* 毫秒数 */
    unsigned short days;                /* 天数 */
    unsigned short temp1;                /* 备用 */
    unsigned short quatity;              /* 质量 */
    unsigned short temp2;                /* 备用 */
    float slope_offset[10];              /* 5个通道的定标系数 */
    float sun_angle[51];                /* 51个控制点的太阳高度角 */
    float position[102];                /* 51个控制点的纬 经度 */
    unsigned short hrpt_header[103];      /* HRPT头信息 */
    unsigned short temp3[313];             /* 备用 */
    unsigned short data[10240];           /* 整条线的原始数据 */
}

}

```

其中, `line_recorder->position[102]` 域内存放的是当前扫描线的 51 个带经度、纬度坐标的数据。其采样方式是从第 25 点开始每隔 40 个像素点取一点 (25, 65, …, 1985, 2025), 这些信息是定位纠正的基础。

2 原始数据几何畸变的研究

气象卫星 1A.5 数据由于多种因素的影响, 发生相当大的几何形变。为了更好地了解这些形变的特征, 我们利用了遥感图像纠正方法中传统的几何纠正方法, 在图像行列号坐标和经纬度坐

标之间建立多项式的投影方程:

$$\begin{aligned} x' &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + \\ &\quad a_4xy + a_5y^2 + \dots \\ y' &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + \\ &\quad b_4xy + b_5y^2 + \dots \end{aligned} \quad (1)$$

式中, (x', y') 为输出图像坐标; (x, y) 为输入图像坐标; a_i, b_i ($i = 0, 1, 2, \dots$) 为多项式系数。

为此,在 1A.5 数据集中有选择地(间距为 192 列、120 行)选取了一些控制点,控制点的数据结构为:

GCI# 行号 列号 纬度 经度

利用这些控制点的数据,采用最小二乘法平差算法,分别对整幅图、不同的分块图进行了误差估计,结果见表 1

表 1 平差后的中误差 RMS(像元数)

Tab. 1 RMS after Adjustment (Pixels)

| x | y | n | | | |
|-----------|--------|-------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1~500 | 1~N | 23.96 | 4.20 | 0.37 | 0.11 |
| | 1~1500 | 19.23 | 4.31 | 0.18 | 0.01 |
| | 1500~N | 17.70 | 1.22 | 0.12 | 0.04 |
| 500~1000 | 1~N | 20.36 | 1.42 | 0.28 | 0.12 |
| | 1~1500 | 10.69 | 0.64 | 0.10 | 0.03 |
| | 1500~N | 5.65 | 0.45 | 0.11 | 0.04 |
| 1000~1500 | 1~N | 19.60 | 2.30 | 0.20 | 0.11 |
| | 1~1500 | 9.47 | 0.86 | 0.08 | 0.10 |
| | 1500~N | 4.93 | 0.54 | 0.10 | 0.04 |
| 1500~2000 | 1~N | 19.57 | 3.04 | 0.32 | 0.11 |
| | 1~1500 | 17.61 | 1.95 | 0.12 | 0.04 |
| | 1500~N | 15.90 | 1.01 | 0.12 | 0.04 |
| 2000~2500 | 1~N | 55.51 | 8.71 | 1.61 | 0.68 |
| | 1~1500 | 51.56 | 5.68 | 1.52 | 0.47 |
| | 1500~N | 50.03 | 2.98 | 1.50 | 0.76 |
| 2500~3000 | 1~N | 50.23 | 8.33 | 1.60 | 0.95 |
| | 1~1500 | 47.44 | 5.36 | 1.49 | 0.62 |
| | 1500~N | 44.80 | 2.61 | 1.48 | 0.44 |
| 3000~3500 | 1~N | 26.78 | 6.30 | 1.72 | 0.20 |
| | 1~1500 | 17.32 | 5.78 | 1.03 | 0.14 |
| | 1500~N | 8.86 | 5.74 | 0.45 | 0.15 |
| 3500~4000 | 1~N | 21.99 | 3.00 | 0.77 | 0.12 |
| | 1~1500 | 12.93 | 2.19 | 0.41 | 0.10 |
| | 1500~N | 5.50 | 2.15 | 0.19 | 0.05 |
| 4000~4500 | 1~N | 20.62 | 1.96 | 0.49 | 0.12 |
| | 1~1500 | 11.40 | 1.14 | 0.23 | 0.34 |
| | 1500~N | 4.92 | 1.11 | 0.14 | 0.05 |
| 4500~5000 | 1~N | 18.24 | 1.68 | 0.27 | 0.11 |
| | 1~1500 | 9.49 | 0.57 | 0.11 | 0.38 |
| | 1500~N | 3.57 | 0.52 | 0.11 | 0.10 |
| 5000~5500 | 1~N | 15.32 | 1.15 | 0.12 | 0.10 |
| | 1~1500 | 6.80 | 0.19 | 0.01 | 0.00 |
| | 1500~N | 2.33 | 0.20 | 0.11 | 0.10 |

表 1 中, n 为多项式次数; RMS 为平差后中误差(单位为像元); x 为块在列方向的像素取值范围; y 为块在行方向的取值范围; N 为总行数。从表中我们可以发现,在绝大多数情况下,只有当 $n > 2$ 之后块的中误差才会达到一个像素以内。同时,根据所取块的范围可知,图像边缘畸变较图像中间的畸变大。为了使整幅图的 RMS 均在一个像素以内,若取 $n = 3$,则需分成多块分别计算多项式系数;若取 $n = 2$,则分成的块数会更多,不同的块要计算不同的多项式系数,这会增加相当大的处理工作量。对于原始图像,星下点附近的分辨率远远高于图像边缘的分辨率,即使可以采用多项式拟合,也会造成高分辨率像素降低分辨率,这是不合算的。因此,对气象卫星数据,不宜直接采用间接的多项式拟合法纠正。

3 1A.5 数据集精确定位和几何纠正的途径

1A.5 数据集的精确定位和几何纠正通常有两种方法。一种方法是利用卫星导航技术,使用高精度的精轨根数和少量的地面控制点,通过卫星运动的轨迹方程纠正由于接收计算机时间不准和卫星姿态的变化造成的 1A.5 数据集内部控制点的误差,然后再利用这些经过精确计算的内部控制点,通过直接线性插值的方法对原始图像进行重采样,或是选取适当的投影坐标系将图像纳入其中。这种方法已经取得了很大进展并且有了较为满意的结果,在理论上也较为成熟和完善^[3]。然而这种方法要求用户必须有可用的精轨根数、精确的轨道方程、相应的专用图像处理软件等,这在很大程度上限制了它的使用。另一种方法是直接利用 1A.5 数据集中的不够精确的控制点(主要是由于时间不准造成的漂移误差,但控制点的内部精度仍然可以满足要求)对数据进行直接的线性插值纠正,纠正图像的内部变形误差,然后再用适当的地面控制点纠正图像因时间不准造成的漂移误差。这种方法要求在纠正漂移误差时需人工交互进行,比较费时,但较为简单和易于实现。我们已经将第二种方法用于实际,且证明是可行的。

4 1A.5 数据纠正和定位处理

4.1 数据预处理

1A.5 数据集是微机格式,而我们的处理软件是 HP 工作站版的 ERDAS。为了提高纠正处理速度,在工作站上完成了图像数据的纠正。微机与工

作站在数据存储方式上完全不同,它们的高低字节刚好反过来。因此在处理 1A.5 数据时,必须将整个文件按照其相应的格式进行高低字节交换。

数据预处理还包括原始数据的定标, ch1 ch2 的太阳高度角订正, ch3 ch4 ch5 的临边变暗订正和亮温计算。相应的公式这里不再列出, 可参阅文献 [3]。

4.2 空间线性内插

首先, 根据一条轨道的最大、最小经纬度范围和选定的采样间距计算输出影像的总行列数:

$$\begin{aligned} n_{\text{row}} &= (B_{\max} - B_{\min}) / P_b + 0.5 \\ n_{\text{col}} &= (L_{\max} - L_{\min}) / P_l + 0.5 \end{aligned} \quad (2)$$

式中, B_{\max} 为最大纬度; L_{\max} 为最大经度; B_{\min} 为最小纬度; L_{\min} 为最小经度; P_b 为纬度方向间距; P_l 为经度方向间距。

然后计算每个像素点在输出影像中的位置, 并将该像素点经定标处理后的灰度值赋给输出影像中相应的像素, 具体做法如下:

1) 对于扫描线的 1~24 号像素, 由如下的内插方程计算出相应的经纬度坐标:

$$\begin{aligned} L_i &= (L_2 - L_1)(i - 25) / 40 + L_1 \\ B_i &= (B_2 - B_1)(i - 25) / 40 + B_1 \end{aligned} \quad (3)$$

式中, $i = 1, 2, 3, \dots, 24$; (L_1, B_1) , (L_2, B_2) 为第一、二个控制点的经纬度坐标; (L_i, B_i) 为第 i 个像素坐标。

2) 对于扫描线的 25~2025 号像素, 由如下的内插方程计算相应的经纬度坐标:

$$\begin{aligned} L_i &= (L_{j+1} - L_j) \cdot \\ &\quad (i - j \cdot 40 - 25) / 40 + L_j \\ B_i &= (B_{j+1} - B_j) \cdot \\ &\quad (i - j \cdot 40 - 25) / 40 + B_j \end{aligned} \quad (4)$$

式中, $j = \text{mod}(i - 25, 40) + 1$, $i = 25, 26, \dots, 2025$; (L_j, B_j) , (L_{j+1}, B_{j+1}) 分别为第 j , $j+1$ 号控制点坐标; (L_i, B_i) 为第 i 个像素的经纬度坐标。

3) 对于 2026~2048 号像素, 则由如下方程计算:

$$\begin{aligned} L_i &= (L_{51} - L_{50})(i - 2026) / 40 + L_{50} \\ B_i &= (B_{51} - B_{50})(i - 2026) / 40 + B_{50} \end{aligned} \quad (5)$$

式中, (L_{50}, B_{50}) , (L_{51}, B_{51}) 分别为第 50, 51 号控制点的经纬度坐标; (L_i, B_i) 为第 i 个像素的经纬度坐标。

根据式 (3)~(5), 我们可以计算任意扫描线 2048 个像元的坐标值, 然后再由下式决定它在输出影像中的行列号:

$$\begin{aligned} \text{row}(i) &= (B_{\max} - B_i) / P_b + 0.5 \\ \text{col}(i) &= (L_i - L_{\min}) / P_l + 0.5 \end{aligned} \quad (6)$$

4.3 灰度内插

由于原始的 1A.5 数据集的几何畸变, 在原始影像与纠正后的影像之间不可能是点对点的关系, 对于远离星下点的像素会出现纠正的影像存在空像元的情况, 导致影像不连续。这种情况不宜采用传统的重采样恢复, 以免破坏影像质量, 最好还是采用线性插值的方法进行灰度内插, 具体做法如下:

每次对纠正后的影像进行扫描, 直到出现点对为非零零时, 记下非零点点位 i , 并置标志位为 0; 然后继续扫描, 直至出现点对为零非零时, 记下非零点点位, 并置标志位为 1, 且当标志位为 1 时, 按下式内插 i, j 之间的像元值:

$$g_k = [(g_i - g_j) / (j - i)](k - i) + g_i \quad (7)$$

式中, g_k 为第 k 号点的灰度值 ($i < k < j$); g_i 为第 i 号点的灰度值; g_j 为第 j 号点的灰度值。

当 i, j 之间的内插完成之后, 再继续扫描, 直至整幅影像扫描结束。

4.4 精确纠正

经过上述步骤, 完成了 1A.5 数据的几何纠正, 从根本上消去了文件坐标到经纬度坐标的几何畸变。然而, 因时间不准及其它因素引起的内部控制点不精确所造成的几何形变仍需作更进一步的精确纠正。

利用 GIS 的支持, 我们在纠正后的经纬度图像中选取适量的分布均匀的精确控制点, 采用二次多项式拟合的间接纠正方法, 通过最邻近采样可获得中误差在 0.01° 以内的精确纠正影像, 可以满足在其它应用中的精度要求。图 1 为经过定



(1997年4月17号收到的 NOAA-14 整条轨道图像)

图 1 已精确定位和纠正的图像

Fig. 1 The Positioned and Corrected Precisely Image

标、定位并增强了的 NOAA AV HRR 影像图

5 结 论

大量实验表明, AV HRR 1A. 5 数据集不宜直接采用间接法的多项式拟合纠正,除非分块多次进行,但分块纠正往往会引起块间的接边麻烦和计算的繁琐,不便于实际操作。本文提到的整轨线性内插纠正和 GIS 支持下的精确定位方法便于实现,且精度很高,可达到应用的要求。

参 考 文 献

1 葛成辉等. 气象卫星遥感原理. 北京: 清华大学出版

社, 1992.

- 2 Emery W J. AV HRR Image Navigation Summary & Review. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1989 (5, 8)
- 3 Lip Donald. A One-Step Algorithm for Correction and Calibration of AV HRR Level 1b Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1994.
- 4 ERDAS, Inc. IMAGINE Vista Tour Guides. USA, 1992.

Location Processing Research of NOAA-AVHRR 1A. 5 Data

Liu Liangming Liao Mingsheng Zhu Pan Liu Jilin

(School of Information Engineering, WUST, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

Abstract This paper deals with the location processing theory and method of NOAA-AV HRR 1A. 5 data and presents a non-navigation location processing method. It is unsuitable to directly adopt indirect polynomial correction method in the process from raw data to longitude-latitude projection image.

Key words NOAA; AV HRR 1A. 5; navigation; correction; resample; projection

《武汉测绘科技大学学报》征稿简则

《武汉测绘科技大学学报》是由武汉测绘科技大学主办,国内外公开发行的综合性学术期刊。为进一步提高刊登论文的代表性,发挥本刊在国内外测量界的学术辐射优势,特面向国内外公开征稿。

1. 稿件内容: 本刊主要刊登有关摄影测量、遥感、大地测量、工程测量、地图学、物理大地测量、地球动力学、图形图像学、地理信息系统、测绘仪器、计算机应用等测绘及相关学科的学术论文,稿件要求具有较高的学术水平或重大应用价值。所有来稿文责自负。

2. 稿件要求: 来稿应符合科技论

文著作要求,论点正确,论证严谨,数据可靠,方法科学,文字通达、简洁,字数一般在 8 000 字以内; 来稿应采用法定计量单位,采用国家有关出版标准,附 300 字以内的中文摘要和 300 ~ 1 000 字的英文摘要,并附有中英文关键词; 作者署名应符合著作权规定,并附第一作者简介。基金资助论文应附基金名称、项目编号。

3. 投稿要求: 所有来稿应书写工整, 交磁盘者同时附打印稿; 图表公式应清楚, 易混淆的字符应注明; 附照片者应符合制版要求; 参考文献著录内容齐全, 格式符合有关标准; 请勿一稿两投。一经投稿, 视为作者授权编辑部

可作不影响作者论点的必要文字加工。

4. 鉴于本刊已整体加入《中国学术期刊光盘版》, 所有投稿视为作者同意在本刊出版印刷版的同时授权出版光盘版。

5. 来稿经审查同意刊登后, 将酌收版面费。一经利用, 即付稿酬。来稿一般不退。对于投稿三个月后无答复的稿件, 作者可以查询。

6. 本刊编辑部地址: 武汉市珞喻路 129 号, 武汉测绘科技大学期刊社 (1 号楼 407 室), 邮编 430079, 电话 (027) 7885922 转 2465。