

快速 TM 图像大地校正和数字镶嵌*

王新民 盛志昂 纪佩娟 戴自忻 狄苏陵

(中国科学院遥感卫星地面站)

1989年12月6日收稿

摘 要

本文根据我地面站 TM 系统校正产品保真度的特点,提出了刚性平移的快速精处理方法和一次多项式的镶嵌配准变换算法,并用以完成了北京市和海南岛全境 TM 镶嵌图。

一、引 言

数字遥感图像的大地精密校正和数字镶嵌拼接是遥感应用工作中常用的关键技术,是提供特殊遥感产品必需具有的重要手段。但是,常规的处理方法涉及繁杂的运算,特别是需要多次进行重采样,化费大量机时。我们在传统处理技术的基础上,根据本站 TM 系统校正产品质量的特点,提出了一种具有一定特色和实用价值的处理方法,简化了处理步骤,提高了处理速度。该方法已先后在不同程度上应用于制作北京市全区和海南岛全境 TM 数字镶嵌影像图(图版 1),大兴安岭森林火灾过火区全境数字镶嵌影像图以及遥感用户委托加工的一些产品,取得较好的效果。

二、快速 TM 图像的大地校正

遥感图像大地精密校正的传统处理方法是利用地面控制点的信息,或是用卡尔曼滤波方法测算精化卫星姿态与卫星星历,对图像每一像元重新定位;或是采用较为简便但稍为粗糙地拟合方法,确定变换多项式,对图像像元重新定位。这些运算一般都较为复杂。特别是对每一像元都需进行运算量非常庞大的重采样,都需在较大的计算设施上化费大量机时。

但是,根据对我站 TM 系统校正产品的内部保真度分析, TM 产品内部几何畸变已基本上得到纠正,而数据大地定位误差主要是卫星星历不准所引起的^[1]。据此,我们提出了用刚性平移对 TM 系统校正产品进行精密几何校正的处理方法。该方法处理步骤简单,而且有可能不需重采样。下面以一幅北京的 TM 图像为例进行处理说明。

选用的 TM 数据是 1987 年 9 月 26 日接收的 123/32 的一幅经系统校正的产品,它是我们制作北京市全区 TM 镶嵌图工作中选定的主要参考标准景。从地图上我们选择了

* 邵贝恩曾参与部分工作及讨论,特此致谢。

10 余个控制点, 在 TM 图像中找到其相应的同名点。计算可得各控制点连线与其相应的同名点连线线长差的均方根值为 0.64 个像元。这说明 TM 图像的内部精度是很高的。表 1 给出了控制点与其相应的同名点之间的偏离, 也就是大地绝对精度的均方根值为 5.80 像元。可是假使我们计算出两者之间沿行向和沿列向偏离量的平均值, 并将 TM 图像刚性平移这个量。那么平移后控制点与同名点的偏离量的均方根值是 0.60 个像元。这说明经此平移之后, 大地绝对定位误差为 0.60 个像元, 可以获得精度很好的产品。显然, 其内部保真度仍为 0.64 个像元。

表 1 点点大地偏距量
Table 1 RESULTS OF POINT POINT COMPARISON¹

序 号	地图控制点		图像同名点		行列向偏距		偏离长度
					x	y	
1	824.09	3 262.50	821.50	3 268.00	2.59	-5.50	6.08
2	4 391.03	1 318.72	4 388.50	1 324.50	2.53	-5.78	6.31
3	1 952.93	3 635.54	1 951.50	3 641.50	1.43	-5.96	6.13
4	3 585.54	2 345.24	3 584.00	2 351.00	1.54	-5.76	5.96
5	3 587.17	2 323.29	3 585.00	2 328.50	2.17	-5.21	5.64
6	2 486.03	4 680.92	2 484.00	4 686.00	2.03	-5.08	5.47
7	2 542.55	4 678.93	2 540.00	4 684.50	2.55	-5.57	6.13
8	2 739.51	4 766.97	2 737.00	4 772.50	2.51	-5.53	6.07
9	2 725.36	4 856.21	2 724.00	4 861.50	1.36	-5.29	5.46
10	2 654.20	4 786.87	2 652.00	4 792.50	2.20	-5.63	6.04
11	2 594.47	4 867.80	2 592.50	4 873.50	1.97	-5.70	6.03
12	1 472.92	2 592.27	1 470.50	2 597.00	2.42	-4.73	5.31
13	1 409.39	2 402.04	1 407.00	2 406.50	2.39	-4.46	5.06
14	4 162.03	4 565.34	4 160.50	4 570.50	1.53	-5.16	5.38

平移后的偏距均方根值 $RMS = 0.60$, 行向平均偏距 $xv = 2.09$ 列向平均偏距 $yv = 5.38$, 偏距均方根值 $xydd = 5.80$

上述刚性平移的量是(2.09, -5.38)个像元。平移后的图像需要重采样。但是倘使我们把此量取整, 即(2, -5), 那么图像只是移动整数行与整数列。此时就不需要重采样, 省去大量繁杂的运算。经此平移后, 在这些控制点上大地定位绝对误差的均方根值为 0.71 个像元。这虽比未取整平移结果较差, 但它省去了重采样。这肯定是值得的。

图 1 是经取整平移与原图像中控制点上绝对误差的示意图。刚性平移效果极为明显。

应该指出, 上述刚性平移精校正是基于 TM 系统校正产品内部精度得到保证这个先决条件之上的。我们曾对一些 TM 系统校正产品进行精度分析, 结果表明这个前提是成立的。另外, 在进行精校正时都需控制点, 对它们进行简单分析即可知有关 TM 图像的内部精度。在精度及先决条件成立得到证实后, 使用刚性平移快速处理, 无疑是有价值的。

还需说明, 陆地卫星产品有 A 级(辐射校正产品)、PS 级(系统校正级)与 PG (精校正级)。PS 与 PG 级都是经几何与辐射校正的, PS 级只用星上下传的 PCD 数据进行

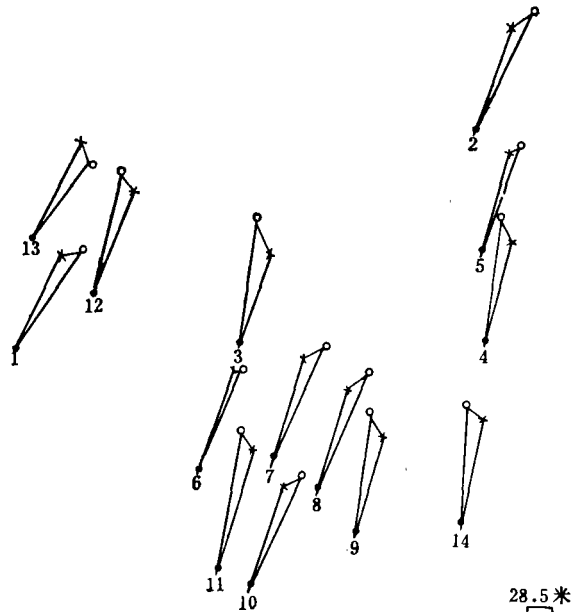


图 1 刚性平移处理前后的大地绝对误差

Fig. 1 Error vector at control points before and after rigid shift correction

○为地形图上的控制点，●为 TM 原始影像的同名点，×为经刚性平移后的同名点

校正,而 PG 级还要用控制点校正。它们都不考虑高程的影响。本文的精处理是对陆地卫星 PG 产品而言的。制图或其它应用需要时可另对高程影响进行修正。

三、TM 快速数字镶嵌

传统的数字镶嵌需在镶嵌景的重叠区内寻求同名点,获取拼接变换多项式,对图像元定位及重采样。同名点处在很窄的重叠区内,而镶嵌处理涉及全景,因此同名点要有一定数量和精度,拟合多项式阶次也要适当,以免产生较大的镶嵌几何误差。

另外,参与镶嵌的各景都需经过大地精校正,需要进行重采样。连同镶嵌变换后的重采样,总共需要两次重采样。这是传统数字镶嵌特别费机时的根本原因所在。

由于我站 TM 系统校正产品可经刚性平移来进行精处理,这就可把精处理与配准镶嵌变换结合起来一并进行。这样,即使刚性平移量不取整数也丝毫不增添重采样这一麻烦。事实上只需在配准镶嵌变换多项式中变更常数项即可把两者一并解决,这是快速镶嵌处理技术的一个长处。

TM 系统校正产品内部精度较高,显示坐标也较稳定^[1],使我们可以考虑用近似于刚性平移加旋转的方法实现 TM 图像的数字镶嵌拼接。因此,我们采用一次多项式作为镶嵌变换用的多项式,从而可以在同名点不多的情况下,进行数字镶嵌的变换运算。这就好像海南岛那样的地面地物特征不明显、同名点不易找到的图像进行拼接创造了条件。下面我们以南海南岛 TM 镶嵌图制作工作为例,说明快速处理镶嵌的具体方法。

我们选用 1987 年 9 月 10 日接收到的 123/46 与 123/47 和 1986 年 11 月 1 日接收到的 124/46 与 124/47 四景进行海南岛全境图像的镶嵌。同一轨道的上下两景是同一天接收到的, 它们的镶嵌极为简单。我们需进行的实际上是 123 和 124 两轨道的几景 TM 图像的镶嵌拼接。

海南岛内地面植被茂盛。除沿海地区稍好一些外, 其内地地表特征或标志很不明显, 很难找到控制点与同名点。上述 123 与 124 轨道的几景 TM 图像中只找到 6 对同名点, 其中包括没能在地图上找到相应地点的不少点。我们用此 6 对同名点, 拟合确定如下的一次变换多项式:

$$x' = 1.016651x + 0.006771124y - 87.89378$$

和

$$y' = 1.000047y - 853.0576,$$

其中 (x, y) 和 (x', y') 是 123 轨道的两景拼接到 124 轨道两景时在拼接前和拼接后的坐标。以此获得的各新坐标像元点, 需用三次卷积重新采样, 赋以灰度值。表 2 是经过镶嵌处理后的海南岛 20 个点的大地定位误差数值, 其均方根值为 1.41 个像元。图 2 是这些点上大地绝对定位误差的示意图。对这些点线长度比较, 其误差为 1.16 个像元。镶嵌精度也比较高。

表 2 海南岛镶嵌图大地绝对误差分析

Table 2 Results of Point-point comparison for mosaic of Hainan

序 号	地图控制点		图像同名点		行列向偏距		偏距
1	6113.72	782.49	6114.50	782.00	-0.78	0.49	0.92
2	7998.39	2290.31	7997.50	2288.50	0.89	1.81	2.02
3	8292.43	1339.40	8291.50	1337.50	0.93	1.90	2.12
4	7807.45	1939.71	7806.50	1938.50	0.95	1.21	1.54
5	6922.76	3040.80	6921.50	3039.50	1.26	1.30	1.81
6	7062.38	5389.38	7063.00	5387.00	-0.62	2.38	2.46
7	4831.52	7727.07	4831.00	7727.00	0.52	0.07	0.52
8	4878.67	1861.25	4879.50	1861.50	-0.83	-0.25	0.87
9	4978.12	1984.84	4977.50	1984.00	0.62	0.84	1.04
10	3801.03	1734.57	3801.00	1754.50	0.03	0.07	0.08
11	5667.52	2008.56	5667.00	2007.50	0.52	1.06	1.18
12	5560.61	1897.03	5558.50	1895.50	2.11	1.53	2.61
13	4012.41	3280.84	4014.00	3281.00	-1.59	-0.16	1.60
14	3620.35	3061.22	3620.00	3060.50	0.35	0.72	0.80
15	5432.76	1168.98	5433.00	1169.00	-0.24	-0.02	0.24
16	2862.51	2423.38	2863.00	2422.50	-0.49	0.88	1.01
17	2613.86	2711.80	2615.50	2712.00	-1.64	-0.20	1.65
18	7472.28	4130.57	7472.00	4131.00	0.28	-0.43	0.51
19	2812.95	6388.06	2812.50	6387.50	0.45	0.56	0.72
20	1285.52	7307.16	1286.00	7357.50	-0.48	-0.34	0.59

均方根值为 1.41

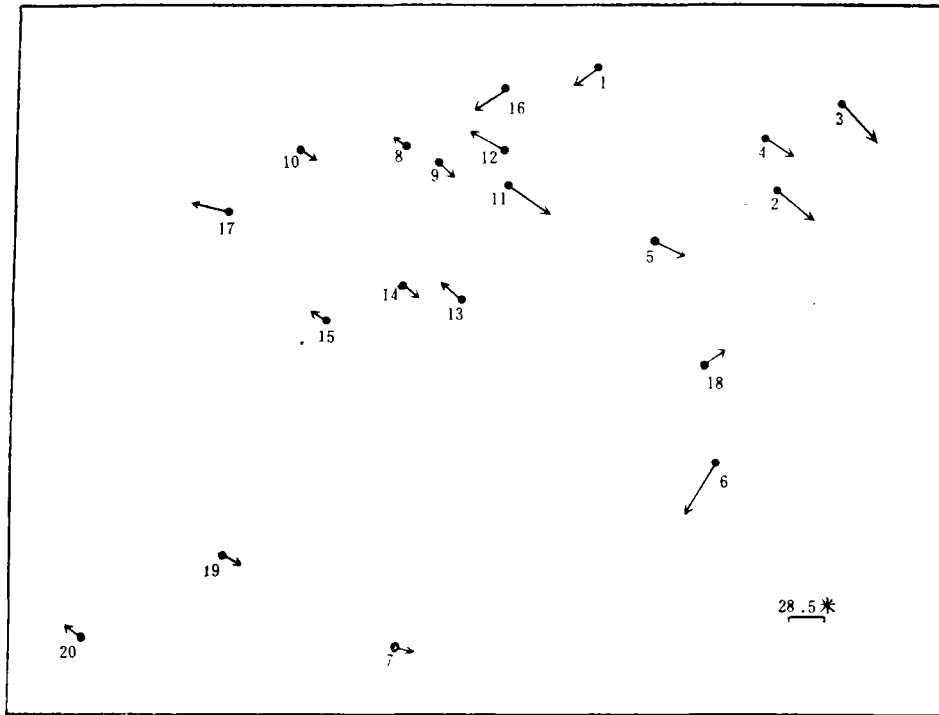


图 2 海南岛镶嵌图影像点与地形图点的偏离图

Fig. 2 Error vectors at control points of mosaic image of Hainan

四、结 语

根据我站 TM 系统校正产品内部精度较高的特点提出的刚性平移的快速 TM 精处理方法和类似刚性平移加旋转的一次多项式镶嵌配准变换算法,简化了处理,节省了机时,精度高,效果好,有一定的实用价值。我们可用类似的处理方法,挖除 TM 图像中大块云区,填以没有云的另一时相的数据。在海南全岛镶嵌图制作中就使用了这一方法,取得了较好的效果。数字镶嵌处理尚需进行辐射灰度拉伸、色调调整、接缝消除等其它一些专门处理,我们将另文叙述。

参 考 文 献

- [1] 王新民、章蕾,陆地卫星五号 TM 图像系统校正产品的几何精度分析,环境遥感, 4(4),1989.

FAST METHOD OF GEODETIC CORRECTION AND DIGITAL MOSAICKING OF TM IMAGERY

Wang Xinmin Sheg Zhiang Ji Peijuan

Dai Zixin Di Suling

(Remote Sensing Satellite Ground Station Chinese Academy of Sciences)

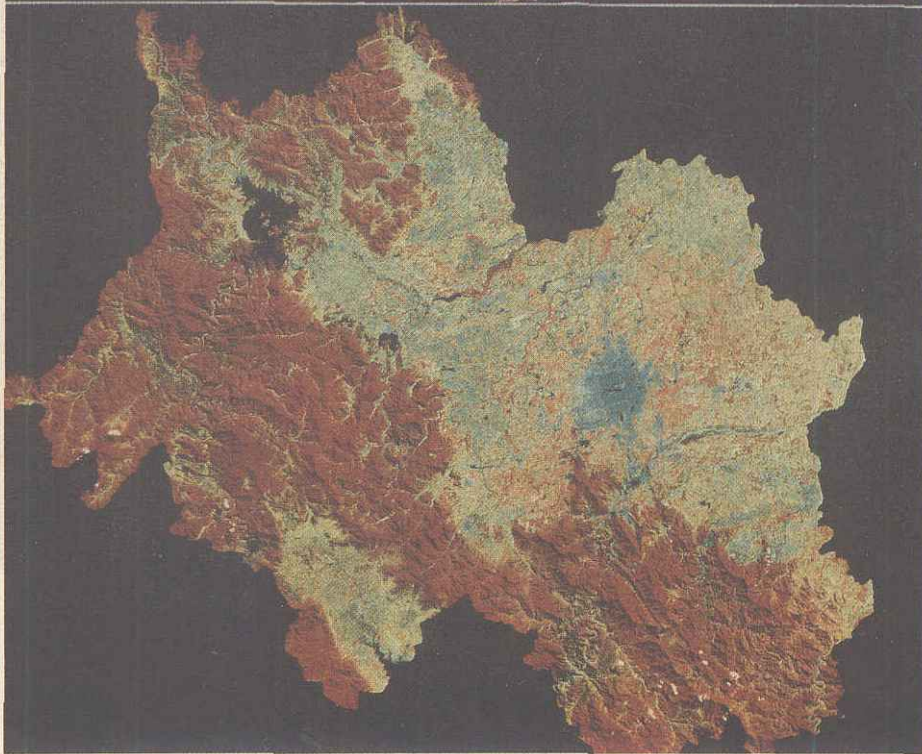
Abstract

Based upon the high fidelity of our system-corrected TM product, fast rigid shift precision correction method and first order polynomial of transformation for mosaic registration are suggested. These methods are used for making mosaics of whole Beijing and Hainan Island.

王新民等：快速TM图像大地校正和数字镶嵌

Wang Xinmin et al : Fast Method of Geodefiic Correction and Digital Mosaicking of TM Imagery

图版 I
Plate I



北京市全区TM镶嵌图



海南岛全境TM镶嵌图