

一种基于 RFM 的卫星图像广义立体模型定位精度预估方法

明洋,陈楚江,张霄

(中交第二公路勘察设计研究院有限公司,湖北 武汉 430056)

摘要:针对多源、多时相卫星图像所构成的“广义立体模型”定位精度难以预估的实际难题,该文提出了一种通用的基于 RFM(有理函数模型)的预估计算方法。首先,介绍定位精度重要指标基高比与立体交会角的关系,然后基于 RFM 模型通过投影轨迹法建立同名光线在物方空间的直线方程,计算出同名光线的立体交会角,进而实现定位精度的预估。利用实际工程卫星图像资料进行了试验,验证了该文方法的有效性。

关键词:立体交会角;多源多时相;卫星图像;RFM 模型;定位精度

1 引言

近年来,随着对地观测技术的飞速发展,光学、星载合成孔径雷达(SAR)传感器大量涌现,且卫星遥感图像无论在时间分辨率、空间分辨率以及光谱分辨率方面均得到了显著提升,尤其是空间分辨率。高精度空间信息采集已从航空平台上升到航天平台,利用卫星图像获取工程所需的基础数据成为研究热点。

通常,采用专门的立体卫星图像进行数字高程模型(DEM)、数字正射影像图(DOM)和数字线划地形图(DLG)产品的生产。立体卫星图像,对拍摄方位、立体交会角度都有严格的要求,能够保证所构成的立体模型的定位精度。但是,在实际工程应用中,受云层覆盖等影响,有时无法及时获取高分辨率卫星立体图像,这将极大延误工期设计与建设周期。从技术角度上说,任何从不同视角拍摄的相互重叠的两景卫星图像均可构成立体模型,又称为“广义立体模型”。“广义立体模型”,其定位原理和数据处理方法与商业立体卫星图像基本相同,但在实际应用过程中,如何选择合适的单景卫星图像以保证所构成的“广义立体模型”的定位精度成为亟待解决的问题。

目前,在摄影测量领域,相关学者对多源多时相卫星图像定位及应用进行了深入研究,涵盖有理多项式系数(RPCs)的精确求解、有理多项式模型(RFM)的

优化、目标的三维定位等方面。但是,在卫星图像定位精度评价方面,主要利用地面控制点进行精度后评定。利用该方法用于选择合适的单景卫星图像建立“广义立体模型”,需要大量的地面控制点,现实情况往往无法满足。

针对上述问题,该文首先简单介绍卫星图像定位精度与立体交会角的几何关系,然后详细介绍一种通用的卫星图像立体交会角计算方法,可适用于多源、多时相的卫星图像。最后,通过实际工程数据,验证该方法的有效性和实用性。

2 卫星图像定位精度与立体交会角的关系

基高比,是指在航空摄影时,摄影基线 B 与相对航高 H 的比值。其中:摄影基线是两个摄影站之间的连线,其大小主要由影像幅宽和它们的重叠度决定;相对航高指航摄飞机相对于某一基准面的垂直距离。基高比,是影响航空摄影影像定位精度的重要因素之一。

对于航空摄影而言,大多数为框幅式中心投影,立体模型的基高比是个唯一值。对于卫星图像,一般为线阵推扫式,为多透视投影中心成像,所构成立体模型的基高比不再是唯一值。此外,很多商业卫星图像仅提供 RFM 模型参数信息,不再提供其严格成像几何模型信息,无法直接按其定义公式计算基高比。

收稿日期:2020-03-15(修改稿)

基金项目:中交第二公路勘察设计研究院有限公司科技项目(编号:KJFZ-2017-046,KJFZ-2018-043)

作者简介:明洋,男,博士,高级工程师.E-mail:ankelbreaker@163.com

卫星图像立体像对空间前方交会的几何关系如图1所示。图中 S_1 和 S_2 为投影中心; p_1 和 p_2 为立体像对影像平面; B 为摄影基线; H 为卫星图像拍摄高度; f 为影像主距; θ 为立体交会角; m_{xy} 为影像量测精度; m_{xy} 和 m_z 分别为空间点的平面和高程精度。

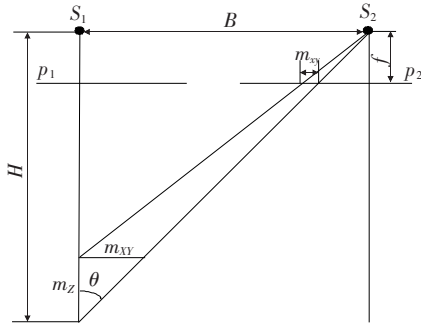


图1 立体像对空间前方交会

在仅考虑量测误差的情况下,空间点的平面和高程精度可按如下公式估算:

$$m_{xy} = m_{xy} \cdot H / f \quad (1)$$

$$m_z = m_{xy} / (B/H) = m_{xy} / \tan\theta$$

基高比与立体交会角存在如下几何关系:

$$\tan\theta = B/H \quad (2)$$

假设像点量测精度 m_{xy} 为 $1/k$ 个像素,影像的地面分辨率为 GSD , H/f 为摄影比例尺。则式(1)可以表示为:

$$m_{xy} = GSD/k \quad (3)$$

$$m_z = m_{xy} / \tan\theta$$

由式(3)可知:卫星图像立体模型的定位精度与立体交会角关系密切,通过估算卫星图像中同名光线的立体交会角,可以预估该立体模型的定位精度,进而为选择合适的构成“广义立体模型”的单景卫星图像提供指导。

3 多源多时相卫星图像立体交会角计算方法

有理函数模型(RFM)不仅具有与传感器无关、形式简单、便于计算的优点,而且可以达到与严格几何模型相当的精度。目前,大多数卫星遥感图像均提供RFM模型参数,当影像仅提供严格成像几何模型时,可以采用与地形无关的RFM模型参数求解方法,计算其对应的RFM模型,从而完成异源卫星图像成像几何模型的统一。

该文计算同名光线立体交会角的主要步骤如下:

首先,获取卫星图像同名点真实图像坐标,然后利用同名点坐标,采用基于RFM模型的无地面控制点区域网平差方法完成RFM模型参数的优化,从而保证卫星图像同名光线的对对相交。在此基础上,通过投影轨迹线方法重建同名光线方程,最终计算出所需的立体交会角。

3.1 卫星图像同名点图像坐标获取

卫星图像同名点图像坐标获取,可以采用两种方法:①人工量测法。由人工判读出卫星图像间具有相同影像特征的点,并利用量测工具准确获取同名点图像坐标;②自动匹配法。直接利用卫星图像自动匹配软件,如ERDAS Imagine软件的Leica Photogrammetry Suite模块,获取同名点图像坐标,并进行检查,删除错误匹配点,最终获取卫星图像同名点图像坐标。

3.2 卫星图像RPM模型参数优化

RFM模型定义如下:

$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{p_1(P, L, H)}{p_2(P, L, H)} \\ \bar{y} = \frac{p_3(P, L, H)}{p_4(P, L, H)} \end{cases} \quad (4)$$

式中: \bar{x}, \bar{y} 为图像坐标 (x, y) 的规格化坐标; P, L, H 为地面点大地坐标 $(lat, lon, height)$ 的规格化坐标; $p_i(P, L, H) (i=1, 2, 3, 4)$ 为三次有理函数多项式,其系数称为RPC参数,具体形式如下:

$$p_1(P, L, H) = a_1 + a_2L + a_3P + a_4H + a_5LP + a_6LH + a_7PH + a_8L^2 + a_9P^2 + a_{10}H^2 + a_{11}PLH + a_{12}L^3 + a_{13}LP^2 + a_{14}LH^2 + a_{15}L^2P + a_{16}P^3 + a_{17}PH^2 + a_{18}L^2H + a_{19}P^2H + a_{20}H^3$$

$$p_2(P, L, H) = b_1 + b_2L + b_3P + b_4H + b_5LP + b_6LH + b_7PH + b_8L^2 + b_9P^2 + b_{10}H^2 + b_{11}PLH + b_{12}L^3 + b_{13}LP^2 + b_{14}LH^2 + b_{15}L^2P + b_{16}P^3 + b_{17}PH^2 + b_{18}L^2H + b_{19}P^2H + b_{20}H^3$$

$$p_3(P, L, H) = c_1 + c_2L + c_3P + c_4H + c_5LP + c_6LH + c_7PH + c_8L^2 + c_9P^2 + c_{10}H^2 + c_{11}PLH + c_{12}L^3 + c_{13}LP^2 + c_{14}LH^2 + c_{15}L^2P + c_{16}P^3 + c_{17}PH^2 + c_{18}L^2H + c_{19}P^2H + c_{20}H^3$$

$$p_4(P, L, H) = d_1 + d_2L + d_3P + d_4H + d_5LP + d_6LH + d_7PH + d_8L^2 + d_9P^2 + d_{10}H^2 + d_{11}PLH + d_{12}L^3 + d_{13}LP^2 + d_{14}LH^2 + d_{15}L^2P + d_{16}P^3 + d_{17}PH^2 + d_{18}L^2H + d_{19}P^2H + d_{20}H^3$$

公式(4)中, \bar{x}, \bar{y} 和 P, L, H 分别通过相应的规格化参数对图像坐标 (x, y) 和地面点大地坐标 $(lat, lon,$

height) 进行平移和缩放后得到:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{x - \text{SAMP_OFF}}{\text{SAMP_SCALE}} \\ \bar{y} &= \frac{y - \text{LINE_OFF}}{\text{LINE_SCALE}}\end{aligned}\quad (5)$$

式中: SAMP_SCALE 、 LINE_SCALE 、 SAMP_OFF 、 LINE_OFF 分别为像方列坐标缩放参数、行坐标缩放参数、列坐标平移参数、行坐标平移参数, 它们可从卫星影像自带数据中得到。

卫星图像自带的 RFM 模型参数存在系统误差, 为此, 该文利用所获取的同名点图像坐标, 采用无地面控制点的 RFM 模型区域网平差技术, 对 RFM 模型进行优化, 从而保证同名光线对对相交。这里采用像方仿射变换模型, 即:

$$\begin{cases} F_x = p_{x_0} + p_{x_1} \cdot x + p_{x_2} \cdot y + x - \text{sample} = 0 \\ F_y = p_{y_0} + p_{y_1} \cdot x + p_{y_2} \cdot y + y - \text{line} = 0 \end{cases}\quad (6)$$

式中: x, y 为利用 RFM 模型按照式(4)、(5)计算的图像坐标; $\text{sample}, \text{line}$ 为同名点真实图像坐标; p_{x_i}, p_{y_i} ($i=0, 1, 2$) 为图像仿射变换系数。

对于每个同名点的图像坐标, 由式(6)可得其对应误差方程:

$$\begin{aligned} \nu_x &= \frac{\partial F_x}{\partial p_{x_0}} dp_{x_0} + \frac{\partial F_x}{\partial p_{x_1}} dp_{x_1} + \frac{\partial F_x}{\partial p_{x_2}} dp_{x_2} + \\ & \frac{\partial F_x}{\partial p_{y_0}} dp_{y_0} + \frac{\partial F_x}{\partial p_{y_1}} dp_{y_1} + \frac{\partial F_x}{\partial p_{y_2}} dp_{y_2} + \frac{\partial F_x}{\partial \text{lat}} d\text{lat} + \\ & \frac{\partial F_x}{\partial \text{lon}} d\text{lon} + \frac{\partial F_x}{\partial \text{height}} d\text{height} - (-F_x^0) \\ \nu_y &= \frac{\partial F_y}{\partial p_{x_0}} dp_{x_0} + \frac{\partial F_y}{\partial p_{x_1}} dp_{x_1} + \frac{\partial F_y}{\partial p_{x_2}} dp_{x_2} + \\ & \frac{\partial F_y}{\partial p_{y_0}} dp_{y_0} + \frac{\partial F_y}{\partial p_{y_1}} dp_{y_1} + \frac{\partial F_y}{\partial p_{y_2}} dp_{y_2} + \\ & \frac{\partial F_y}{\partial \text{lat}} d\text{lat} + \frac{\partial F_y}{\partial \text{lon}} d\text{lon} + \frac{\partial F_y}{\partial \text{height}} d\text{height} - (-F_y^0) \end{aligned}\quad (7)$$

dp_{x_i}, dp_{y_i} ($i=0, 1, 2$) 为仿射变换系数改正数; $d\text{lat}, d\text{lon}, d\text{height}$ 为同名点物方坐标的改正数; F_x^0 和 F_y^0 分别为未知数取初始值时 F_x 和 F_y 的取值。式(7)可以记为:

$$V_p = At + BX - L_p \quad (8)$$

式中: t 和 X 分别为仿射变换系数和物方坐标矩阵; A 和 B 为其对应的系数矩阵; L_p 为相应的常数向量; P_p 为权矩阵。基于最小二乘平差原理, 计算出每张卫星

图像的像方仿射变换系数, 此时可通过仿射变换模型消除 RPC 参数中含有的系统误差, 从而完成 RPC 参数的优化。

3.3 卫星图像同名光线重建与交会角计算

卫星图像同名光线的空间重建, 采用投影轨迹法实现, 如图 2 所示。

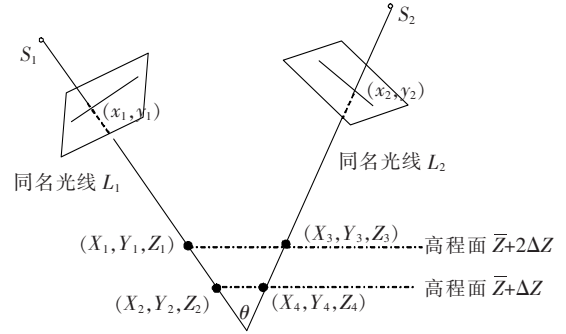


图 2 卫星图像同名光线的空间重建

图 2 中: 点 (x_1, y_1) 和点 (x_2, y_2) 是一个同名点对, 首先, 以测区平均高程 \bar{Z} 为中心建立不同的高程平面 $\bar{Z} + \Delta Z, \bar{Z} + 2\Delta Z$, 其中 ΔZ 的取值可任意, 如 1 000 m。在优化 RPC 参数后, 通过点 (x_1, y_1) 和点 (x_2, y_2) 可以确定两条同名光线 L_1, L_2 , 同名光线 L_1, L_2 分别与两个高程平面相交于点 $(X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2)$ 和 $(X_3, Y_3, Z_3), (X_4, Y_4, Z_4)$ 。通过这 4 个交点, 可实现同名光线的空间重建。

4 个交点坐标的计算方法如下, 以交点 (X_1, Y_1, Z_1) 的坐标计算为例。

首先计算交点对应的大地经纬度坐标 (lat, lon) 。将点 (x_1, y_1) 投影到物方高程面 $\bar{Z} + 2\Delta Z$, 采用式(6)计算物方点对应的大地经纬度坐标 (lat, lon) 。

$$V = Bx - L \quad (9)$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_x}{\partial \text{lat}} & \frac{\partial F_x}{\partial \text{lon}} \\ \frac{\partial F_y}{\partial \text{lat}} & \frac{\partial F_y}{\partial \text{lon}} \end{bmatrix}, L = \begin{bmatrix} -F_{x_0} \\ -F_{y_0} \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} d\text{lat} \\ d\text{lon} \end{bmatrix}$$

$$F_x = p_{x_0} + p_{x_1} \cdot x + p_{x_2} \cdot y + x - \text{sample}$$

$$F_y = p_{y_0} + p_{y_1} \cdot x + p_{y_2} \cdot y + y - \text{line}$$

式中: F_{x_0}, F_{y_0} 为未知数 lat, lon 取初始值时 F_x, F_y 的计算值; $d\text{lat}, d\text{lon}$ 分别为 lat, lon 的改正数。

通过迭代计算, 可计算得到大地经纬度坐标 (lat, lon) 。利用大地测量学中大地坐标系与空间直角坐标系的关系式, 可以获得该点在空间直角坐标系中的物方坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 。

采用与交点 (X_1, Y_1, Z_1) 坐标计算相同的方法, 可

以计算得到 (X_2, Y_2, Z_2) 、 (X_3, Y_3, Z_3) 和 (X_4, Y_4, Z_4) 。利用坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 和 (X_2, Y_2, Z_2) 、 (X_3, Y_3, Z_3) 和 (X_4, Y_4, Z_4) , 可以分别完成同名光线 L_1 、 L_2 的空间重建。

同名光线 L_1 的空间直线方程为:

$$\frac{X-X_1}{X_2-X_1}=\frac{Y-Y_1}{Y_2-Y_1}=\frac{Z-Z_1}{Z_2-Z_1} \tag{10}$$

同名光线 L_2 的空间直线方程为:

$$\frac{X-X_3}{X_4-X_3}=\frac{Y-Y_3}{Y_4-Y_3}=\frac{Z-Z_3}{Z_4-Z_3} \tag{11}$$

令 $D_1=\sqrt{(X_2-X_1)^2+(Y_2-Y_1)^2+(Z_2-Z_1)^2}$, $D_2=\sqrt{(X_4-X_3)^2+(Y_4-Y_3)^2+(Z_4-Z_3)^2}$, 则点 (x_1, y_1) 对应空间直线的方向矢量为 $(\frac{X_2-X_1}{D_1}, \frac{Y_2-Y_1}{D_1}, \frac{Z_2-Z_1}{D_1})$, 点 (x_2, y_2) 对应空间直线光线的方向矢量为 $(\frac{X_4-X_3}{D_2}, \frac{Y_4-Y_3}{D_2}, \frac{Z_4-Z_3}{D_2})$, 设同名点对应的同名光线立体交会角为 θ , 则:

$$\theta=\arccos\left(\frac{X_2-X_1}{D_1}\times\frac{X_4-X_3}{D_2}+\frac{Y_2-Y_1}{D_1}\times\frac{Y_4-Y_3}{D_2}+\frac{Z_2-Z_1}{D_1}\times\frac{Z_4-Z_3}{D_2}\right)$$

$$\frac{Y_4-Y_3}{D_2}+\frac{X_2-X_1}{D_1}\times\frac{Z_4-Z_3}{D_2}) \tag{12}$$

4 试验结果与分析

选取西藏地区某公路工程卫星图像数据进行试验。该项目由于建设工期紧、云层遮挡等原因,无法顺利获取所需的商业立体卫星图像,为此,利用 2012 年 8 月和 9 月两期单片卫星图像构成的“广义立体模型”进行测图,但是缺乏足够数量的地面控制点保证成果精度。

首先,对工程中反映存在 2 m 左右较大高程误差的立体模型进行试验。在立体模型重叠影像范围内选取 63 个均匀分布的同名点,利用精化后的 RFM 模型参数,按式(7)分别计算同名点坐标在 0 m 和 2 000 m 高程面上的空间投影坐标,利用该投影坐标按式(8)、(9)构建同名光线直线方程,最后利用式(10)计算同名光线立体交会角,其结果见表 1 中模型编号 1 的结果。同时,在该模型上通过立体量测,获取均匀分布、15 个明显特征位置的平面和高程坐标,将其与实测数据进行比对,具体统计结果如表 2 所示。

表 1 立体模型同名光线立体交会角计算结果

模型 编号	构成广义立体模型的影像	同名光线的立 体交会角/(°)
1	10OCT30044827-P2AS_R2C1-052766128010_01_p009. NTF	4. 92~5. 46
	10OCT30044834-P2AS_R2C3-052766128020_01_P016. NTF	
2	10OCT30044741-P2AS_R2C2-052766128010_01_P010. NTF	41. 67~41. 68
	10OCT30044834-P2AS_R2C3-052766128020_01_P016. NTF	

表 2 模型量测坐标与地面控制点比较结果 m

项目	平面 x	平面 y	高程
最大误差	1. 24	2. 20	-0. 43
最小误差	-0. 03	0. 51	-3. 40
误差平均值	0. 52	1. 36	-1. 86
中误差	0. 61	1. 47	2. 01

由表 1 可知:采用模型 1 采集的数据,其立体交会角仅为 5°左右,这将严重影响成果的高程精度,从表 2 可以看出:高程平均误差为 -1. 86 m、中误差为 2. 01 m,即高程方向普遍存在 2 m 左右的高程误差,且实测值比真实值低。立体量测时,影像一般放大 4 倍,假设

人工立体量测精度为 0. 25 个像素,卫星图像对应的 GSD 为 0. 5 m,按照式(3)计算出的高程预估精度为 1. 42 m,考虑地面控制点、RFM 模型等误差的影响,预估精度与实际高程精度比较吻合。实际中发现,如果选用另外一景单片影像构成新的“广义立体模型”,则立体交会角将达到 40°左右,测量成果可满足 1 : 2 000 比例尺地形图成图精度要求。

为此,为了保证测区成果精度,选取了测区中具有代表性的不同条带组合 17 个“广义立体模型”并计算其对应的立体交会角。在重叠范围四角量测同名点,按上述相同方法计算各立体模型的立体交会角,结果如表 3 所示。

表 3 测区 17 个立体模型的同名光线立体交会角计算结果

模型 编号	构成广义立体模型的影像	同名光线的立 体交会角/(°)
1	11MAR01050046—P2AS_R1C1—052811526040_01_P003. NTF	30.06~31.22
	11MAR01050145—P2AS_R1C1—052811526030_01_P001. NTF	
2	11MAR01050046—P2AS_R1C2—052811526040_01_P003. NTF	30.77~31.04
	11MAR01050145—P2AS_R1C2—052811526030_01_P001. NTF	
3	11APR05045622—P2AS_R1C1—052766128060_01_P002. NTF	41.45~41.69
	11MAR14051208—P2AS_R1C1—052766128050_01_P002. NTF	
4	11APR05045622—P2AS_R1C2—052766128060_01_P002. NTF	41.13~41.36
	11MAR14051208—P2AS_R1C2—052766128050_01_P002. NTF	
5	11MAR14051208—P2AS_R1C3—052766128050_01_P002. NTF	52.26~52.32
	11SEP14045420—P2AS_R3C1—052766128060_01_P001. NTF	
6	11APR05045622—P2AS_R2C1—052766128060_01_P002. NTF	41.48~41.68
	11MAR14051208—P2AS_R2C1—052766128050_01_P002. NTF	
7	11APR05045622—P2AS_R2C2—052766128060_01_P002. NTF	41.13~41.39
	11MAR14051208—P2AS_R2C2—052766128050_01_P002. NTF	
8	11SEP14045420—P2AS_R3C2—052766128060_01_P001. NTF	52.85~52.95
	11MAR14051208—P2AS_R1C4—052766128050_01_P002. NTF	
9	11SEP14045420—P2AS_R2C2—052766128060_01_P001. NTF	28.34~28.80
	11MAR02045533—P2AS_R2C2—052766128050_01_P001. NTF	
10	11MAR26045103—P2AS_R1C1—052766128020_01_P005. NTF	36.85~36.90
	11MAR26044947—P2AS_R1C1—052766128010_01_P019. NTF	
11	11MAR26045103—P2AS_R1C2—052766128020_01_P005. NTF	36.98~37.03
	11MAR26044947—P2AS_R1C1—052766128010_01_P019. NTF	
12	11MAR26045103—P2AS_R2C1—052766128020_01_P005. NTF	36.83~36.85
	11MAR26044947—P2AS_R2C1—052766128010_01_P019. NTF	
13	11MAR26045103—P2AS_R2C2—052766128020_01_P005. NTF	36.85~36.89
	11MAR26044947—P2AS_R2C2—052766128010_01_P019. NTF	
14	11MAR26044931—P2AS_R2C1—052766128020_01_P021. NTF	40.32~40.73
	11MAR26045052—P2AS_R2C1—052766128010_01_P017. NTF	
15	11MAR26044931—P2AS_R2C2—052766128020_01_P021. NTF	40.58~40.79
	11MAR26045052—P2AS_R2C2—052766128010_01_P017. NTF	
16	11MAR26044931—P2AS_R3C1—052766128020_01_P021. NTF	39.95~40.17
	11MAR26045052—P2AS_R3C1—052766128010_01_P017. NTF	
17	11MAR26044931—P2AS_R3C2—052766128020_01_P021. NTF	40.11~40.29
	11MAR26045052—P2AS_R3C2—052766128010_01_P017. NTF	

分析表 3 的数据,可以得出如下结论:

(1) 从选取的“广义立体模型”来看,除了第 9 个

立体模型的立体交会角接近 30°外,其他立体像对的
立体交会角均为 40°左右,总体而言测区影像的成像

几何良好。

(2) 对于单个立体模型而言,同名光线的立体交会角间差异比较小,一般为 1° 之内,究其原因在于虽然卫星影像为线阵推扫式成像、多中心投影,但是单景卫星图像的扫描成像时间非常短,在单景影像范围内影像的成像几何是比较稳定的,为此,虽然卫星图像的立体交会角不唯一,但是差异不大。

(3) 按照组成“广义立体模型”影像的条带组合情况,可分为如下6组:第1组为模型1和2,第2组为模型3、4、6和7,第3组为模型5和8,第4组为模型9,第5组为模型10、11、12和13,第6组为模型14、15、16和17。容易发现,条带组合相同的“广义立体模型”,计算出的立体交会角也基本相同。其原因在于,卫星是沿条带推扫成像,成像几何基本保持不变,故计算出的同名光线立体交会角亦趋于相同。该现象也从侧面反映了该文立体交会角计算方法的正确性。

(4) 当工程数据比较多时,可以仅选取不同条带组合的一个立体模型进行立体交会角计算分析,即可对该条带组合所有模型的立体交会角进行评估;单个立体模型仅计算一对同名点对应同名光线的立体交会角,可以准确估计出其立体交会角。

5 结语

针对多源、多时相卫星图像定位精度难以预估的实际难题,提出了一种基于RFM模型计算卫星图像立体交会角进行预估的通用的间接计算方法。利用通用的RFM模型,通过投影轨迹法建立同名光线在物方空间的直线方程,进而完成同名光线的立体交会角计算。通过对实际工程资料试验,结果表明,该文方法可以准确计算出模型的立体交会角,且单个立体模型中各同名点对应的同名光线立体交会角基本相同、同条带组合立体模型的同名光线立体交会角亦基本相同。利用所计算的立体交会角,可以对“广义立体模型”的定位精度进行预估,从而优化所选择的影像,保

证“广义立体模型”的几何质量,具有显著的经济和社会效益。

参考文献:

- [1] 明洋,陈楚江,余绍淮,等.多条带WorldView卫星图像几何定位精度分析[J].测绘科学,2013(1).
- [2] 吴颖丹,明洋.基于有理函数模型的多源SAR遥感影像区域网平差[J].测绘科学,2012(2).
- [3] Tao C. V., Yong H.. A Comprehensive Study on the Rational Function Model for Photogrammetric Processing[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2001, 67(12):1 347—1 357.
- [4] Fraser C., Dial G., Grodecki H.. Sensor Orientation Via RPCs[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2006, 60(3):182—194.
- [5] Tao C. V., Yong H.. Image Rectification Using a Generic Sensor Model—Rational Function Model[J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 2000(B4):874—881.
- [6] Grodecki J., Dial G.. Block Adjustment of High—Resolution Images Described by Rational Functions[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2003, 69(1):59—69.
- [7] Dial G., GRODECKI J.. Block Adjustment with Rational Polynomial Camera Models[C]. Proceedings of ACSM—ASPRS Annual Conference, Washington, USA, 2002.
- [8] Dowman I., Dolloff J T.. An Evaluation of Rational Functions for Photogrammetric Restitution[J]. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences — ISPRS Archives, 2000,33:254—266.
- [9] 张霄,陈楚江,明洋.基于多时相高分辨率卫星图像的公路测设方法[J].中外公路,2013(1).
- [10] 余绍淮,钱昌静,张霄.基于遥感技术的公路地质灾害危险性评估方法[J].中外公路,2016(4).
- [11] 张霄,刘德强,余绍淮.一种多时相立体卫星图像收敛角计算方法及测图精度分析[J].中外公路,2018(1).