

doi: 10.6046/gtzyyg.2013.01.11

引用格式: 刘江, 岳庆兴, 邱振戈. RPC 校正方法研究[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(1): 61–65. (Liu J, Yue Q X, Qiu Z G. Research on the approach to RPC emendation[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2013, 25(1): 61–65.)

## RPC 校正方法研究

刘 江<sup>1</sup>, 岳庆兴<sup>2</sup>, 邱振戈<sup>2</sup>

(1. 四川省第三测绘工程院, 成都 610500; 2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100830)

摘要: 传统校正 RPC 误差一般采用地面坐标经 RPC 投影到图像上的像点和对应的测量像点间的多项式变换进行, 但这样做就增加了参数的数目; 而参数的个数随多项式变换形式的不同也不固定, 又增加了 RPC 利用的难度。本文认为 RPC 本身包含的多项式参数与附加多项式参数的性质类似, 提出通过直接对部分 RPC 进行校正的方法来消除 RPC 的误差。以 IKONOS 卫星图像为例的实验证明, 在不增加附加参数的前提下, 使用本文方法可以取得不低于传统方法的较高定位精度。

关键词: 有理多项式系数(RPC); IKONOS; 校正; 参数选取; 精度

中图法分类号: TP 751.1 文献标志码: A 文章编号: 1001-070X(2013)01-0061-05

### 0 引言

有理多项式系数(rational polynomial coefficients, RPC)是一种与传感器无关的通用型成像几何模型<sup>[1]</sup>。RPC 在传统的摄影测量和遥感领域研究较少, IKONOS 卫星图像的广泛应用推动了对 RPC 的全面研究<sup>[1-3]</sup>。RPC 是传感器严格几何模型的拟合形式, 这里的严格几何模型是指通过平台载荷测量的平台运行轨迹参数、姿态参数、传感器安装参数及传感器内部几何参数等构建的像—地关系几何模型。由于这些参数不可避免地存在不同性质的误差, 其拟合模型——RPC 也就存在着相应的误差。校正 RPC 误差的传统方法是对地面点通过 RPC 投射到像方的像点进行一个多项式纠正, 使投射像点坐标与测量像点坐标相吻合, 从而达到消除

误差的目的<sup>[4-9]</sup>。但是这样做不仅增加了参数的数目, 而且参数个数会因多项式变换形式的不同而异, 便又增加了 RPC 利用的难度。由于 RPC 是一个带分母的多项式, 因此本文采用直接校正部分 RPC 的方法消除 RPC 误差, 并以 IKONOS 卫星图像为例, 通过实验证明该方法在不增加参数个数的条件下可以获得与增加参数情况下同等甚至更高的定位精度。

### 1 有理函数模型

RPC 是各种传感器几何模型的一种通用表达形式, RPC 的正算形式为

$$\begin{aligned} F_1 = L_n &= \frac{\text{NumL}(U, V, W)}{\text{DenL}(U, V, W)}, \\ F_2 = S_n &= \frac{\text{NumS}(U, V, W)}{\text{DenS}(U, V, W)}. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{NumL}(U, V, W) &= a_1 + a_2 V + a_3 U + a_4 W + a_5 VU + a_6 VW + a_7 UW + a_8 V^2 + a_9 U^2 + \\ &\quad a_{10} W^2 + a_{11} UVW + a_{12} V^3 + a_{13} VU^2 + a_{14} VW^2 + a_{15} V^2 U + a_{16} U^3 + \\ &\quad a_{17} UW^2 + a_{18} V^2 W + a_{19} U^2 W + a_{20} W^3; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{DenL}(U, V, W) = b_1 + b_2 V + \cdots + b_{19} U^2 W + b_{20} W^3; \quad (3)$$

$$\text{NumS}(U, V, W) = c_1 + c_2 V + \cdots + c_{19} U^2 W + c_{20} W^3; \quad (4)$$

$$\text{DenS}(U, V, W) = d_1 + d_2 V + \cdots + d_{19} U^2 W + d_{20} W^3. \quad (5)$$

在式(1)——(5)中  $a_1, a_2, \cdots, a_{20}, b_1, b_2, \cdots, b_{19}, b_{20}, c_1, c_2, \cdots, c_{19}, c_{20}, d_1, d_2, \cdots, d_{19}, d_{20}$  为计算系数;

等式左边为像方坐标:  $L_n$  为归一化行坐标, 设行坐标为  $r$ , 行偏移参数为  $LINE\_OFF$ , 行缩放参数为

$LINE\_SCALE$  则

$$L_n = (r - LINE\_OFF) / LINE\_SCALE; \quad (6)$$

$S_n$  为归一化列坐标, 设列坐标为  $c$ , 列偏移参数为  $SAMP\_OFF$ , 列缩放参数为  $SAMP\_SCALE$  则

$$S_n = (c - SAMP\_OFF) / SAMP\_SCALE. \quad (7)$$

式(1) — (5) 中等式右边为物方坐标:  $U$  为归一化纬度坐标, 设纬度坐标为  $B$ , 纬度偏移参数为  $LAT\_OFF$ , 纬度缩放参数为  $LAT\_SCALE$  则

$$U = (B - LAT\_OFF) / LAT\_SCALE; \quad (8)$$

$V$  为归一化经度坐标, 设经度坐标为  $L$ , 经度偏移参数为  $LONG\_OFF$ , 经度缩放参数为  $LONG\_SCALE$  则

$$V = (L - LONG\_OFF) / LONG\_SCALE; \quad (9)$$

$W$  为归一化高程坐标, 设高程坐标为  $H$ , 高程偏移参数为  $HEIGHT\_OFF$ , 高程缩放参数为  $HEIGHT\_SCALE$  则

$$W = (H - HEIGHT\_OFF) / HEIGHT\_SCALE. \quad (10)$$

RPC 有 3 种具体形式: ①两个有理多项式分母不等且不为 1; ②两个有理多项式分母相等且不为 1; ③两个有理多项式分母都为 1。对应的多项式系数分别有 80 个、60 个和 40 个(若将某个系数( $b_1$ ,  $d_1$ ) 定为 1, 则对应的多项式系数分别有 78 个、59 个和 40 个)。

根据控制点的不同获取方式, RPC 的建立可分为“地形相关”和“地形无关”2 种方案<sup>[1]</sup>。“地形相关”方案是指利用实测的地面控制点直接解算 RPC。“地形无关”方案则是在建立严格几何模型后, 通过对模型生成的三维控制格网的最小二乘拟合, 计算出 RPC。实验表明, 采取“地形相关”方案

得到的 RPC 的稳定性和实用性均较差。

对高分辨率遥感卫星(如 IKONOS) 图像 RPC 的求解均采用“地形无关”方案, 其严格几何模型由星载 GPS、恒星相机和陀螺获取的星历参数及姿态参数建立<sup>[2]</sup>。一方面, 由于 GPS、恒星相机和陀螺获取的星历参数及姿态参数都存在不同程度的误差, 因而会给获取的 RPC 带来一定的误差; 另一方面, 这种误差一般体现为系统误差, 通过简单的变换就可以将大部分误差消除, 进而获得较高的定位精度。

对于校正 RPC 误差的方法, 国内外学者普遍采用地面坐标通过含误差的 RPC 投影到图像上的投影点坐标与对应测量像点坐标之间进行多项式变换的方法; 或者对控制点直接用带误差的 RPC 进行前方交会, 然后在物方对三维坐标采取多项式变换的方法消除误差<sup>[4-9]</sup>。研究发现, 仅仅通过一阶多项式变换甚至一个控制点的坐标平移就可以消除大部分误差, 获取较高的定位精度。但无论是在像方还是在物方, 用上述方法校正系统误差带来的问题都是参数的增加会引起使用的不方便, 不利于参数或算法的移植, 也会增加计算量。

本文认为, 通过附加参数改正 RPC 误差是不必要的; RPC 本身就是一个带分母的多项式, 根据控制点的个数直接对 RPC 中的部分参数进行校正, 同样可以消除大部分误差, 达到理想的定位精度; 这样校正后的 RPC 形式统一, 便于使用, 而且没有附加参数的计算部分, 减小了后续校正的计算量。

## 2 解决方案

文献[9]中的校正算法具有代表性, 其形式为

$$\begin{aligned} L_c &= RPC_L(Lon, Lat, Ht) + a_0 + a_s S + a_L L + a_{s2} S^2 + a_{L2} L^2 + a_{SL} SL + L \\ S_c &= RPC_S(Lon, Lat, Ht) + b_0 + b_s S + b_L L + b_{s2} S^2 + b_{L2} L^2 + b_{SL} SL + L \end{aligned} \quad (11)$$

式中:  $L$ ,  $S$  和  $L_c$ ,  $S_c$  分别为校正前、后的行、列坐标;  $a_0$ ,  $a_s$ ,  $\dots$ ,  $a_{SL}$ ,  $b_0$ ,  $b_s$ ,  $\dots$ ,  $b_{SL}$  为校正系数;  $RPC_L$  为根据地面坐标( $Lon$ ,  $Lat$ ,  $Ht$ ) 由 RPC 求得的像点行坐标;  $RPC_S$  为根据地面坐标( $Lon$ ,  $Lat$ ,  $Ht$ ) 由 RPC 求得的像点列坐标。

如果把传统的以像方行、列坐标为变量的多项式变换中的行、列坐标替换为归一化的大地坐标

( $U$ ,  $V$ ), 再把 RPC 的分母项看作一个常数, 则本文中的校正模型与传统模型是等效的; 而正是由于 RPC 的分母项是以 3 个归一化的大地坐标为变量的函数, 所以本文所用的模型具有更强的适应性。

对式(1)中除  $b_1$ ,  $d_1$  以外的系数求偏导数, 得到全部法方程系数矩阵参数(见表 1)。

表 1 法方程系数矩阵参数  
Tab. 1 Parameters of normal equation matrix

行坐标 $l$ 对应系数		列坐标 $s$ 对应系数	
$q_0 = 1/DenL$	$q_{20} = -L_n/(DenL \cdot V)$	$q_{39} = 1/DenS$	$q_{59} = -S_n/(DenS \cdot V)$
$q_1 = V/DenL$	$q_{21} = -L_n/(DenL \cdot U)$	$q_{40} = V/DenS$	$q_{60} = -S_n/(DenS \cdot U)$
$q_2 = U/DenL$	$q_{22} = -L_n/(DenL \cdot W)$	$q_{41} = U/DenS$	$q_{61} = -S_n/(DenS \cdot W)$
$q_3 = W/DenL$	$q_{23} = -L_n/(DenL \cdot V \cdot U)$	$q_{42} = W/DenS$	$q_{62} = -S_n/(DenS \cdot V \cdot U)$
$q_4 = V \cdot U/DenL$	$q_{24} = -L_n/(DenL \cdot V \cdot W)$	$q_{43} = V \cdot U/DenS$	$q_{63} = -S_n/(DenS \cdot V \cdot W)$
$q_5 = V \cdot W/DenL$	$q_{25} = -L_n/(DenL \cdot U \cdot W)$	$q_{44} = V \cdot W/DenS$	$q_{64} = -S_n/(DenS \cdot U \cdot W)$
$q_6 = U \cdot W/DenL$	$q_{26} = -L_n/(DenL \cdot V \cdot V)$	$q_{45} = U \cdot W/DenS$	$q_{65} = -S_n/(DenS \cdot V \cdot V)$
$q_7 = V \cdot V/DenL$	$q_{27} = -L_n/(DenL \cdot U \cdot U)$	$q_{46} = V \cdot V/DenS$	$q_{66} = -S_n/(DenS \cdot U \cdot U)$
$q_8 = U \cdot U/DenL$	$q_{28} = -L_n/(DenL \cdot W \cdot W)$	$q_{47} = U \cdot U/DenS$	$q_{67} = -S_n/(DenS \cdot W \cdot W)$
$q_9 = W \cdot W/DenL$	$q_{29} = -L_n/(DenL \cdot U \cdot V \cdot W)$	$q_{48} = W \cdot W/DenS$	$q_{68} = -S_n/(DenS \cdot U \cdot V \cdot W)$
$q_{10} = U \cdot V \cdot W/DenL$	$q_{30} = -L_n/(DenL \cdot V \cdot V \cdot V)$	$q_{49} = U \cdot V \cdot W/DenS$	$q_{69} = -S_n/(DenS \cdot V \cdot V \cdot V)$
$q_{11} = V \cdot V \cdot V/DenL$	$q_{31} = -L_n/(DenL \cdot V \cdot U \cdot U)$	$q_{50} = V \cdot V \cdot V/DenS$	$q_{70} = -S_n/(DenS \cdot V \cdot U \cdot U)$
$q_{12} = V \cdot U \cdot U/DenL$	$q_{32} = -L_n/(DenL \cdot V \cdot W \cdot W)$	$q_{51} = V \cdot U \cdot U/DenS$	$q_{71} = -S_n/(DenS \cdot V \cdot W \cdot W)$
$q_{13} = V \cdot W \cdot W/DenL$	$q_{33} = -L_n/(DenL \cdot V \cdot V \cdot U)$	$q_{52} = V \cdot W \cdot W/DenS$	$q_{72} = -S_n/(DenS \cdot V \cdot V \cdot U)$
$q_{14} = V \cdot V \cdot U/DenL$	$q_{34} = -L_n/(DenL \cdot U \cdot U \cdot U)$	$q_{53} = V \cdot V \cdot U/DenS$	$q_{73} = -S_n/(DenS \cdot U \cdot U \cdot U)$
$q_{15} = U \cdot U \cdot U/DenL$	$q_{35} = -L_n/(DenL \cdot U \cdot W \cdot W)$	$q_{54} = U \cdot U \cdot U/DenS$	$q_{74} = -S_n/(DenS \cdot U \cdot W \cdot W)$
$q_{16} = U \cdot W \cdot W/DenL$	$q_{36} = -L_n/(DenL \cdot V \cdot V \cdot W)$	$q_{55} = U \cdot W \cdot W/DenS$	$q_{75} = -S_n/(DenS \cdot V \cdot V \cdot W)$
$q_{17} = V \cdot V \cdot W/DenL$	$q_{37} = -L_n/(DenL \cdot U \cdot U \cdot W)$	$q_{56} = V \cdot V \cdot W/DenS$	$q_{76} = -S_n/(DenS \cdot U \cdot U \cdot W)$
$q_{18} = U \cdot U \cdot W/DenL$	$q_{38} = -L_n/(DenL \cdot W \cdot W \cdot W)$	$q_{57} = U \cdot U \cdot W/DenS$	$q_{77} = -S_n/(DenS \cdot W \cdot W \cdot W)$
$q_{19} = W \cdot W \cdot W/DenL$		$q_{58} = W \cdot W \cdot W/DenS$	

本文所采用的校正方法包括以下 7 种: ①对 RPC 分子的常数项校正。法方程系数矩阵参数包括  $q_0$  和  $q_{39}$ ,至少需要一个控制点; ②对 RPC 分子常数项和一阶项校正。法方程系数矩阵参数包括  $q_0$   $q_1$   $q_2$   $q_{39}$   $q_{40}$  和  $q_{41}$ ,至少需要 3 个控制点; ③对 RPC 分子常数项、一阶项和含  $U, V$  的二阶项校正。法方程系数矩阵参数包括  $q_0$   $q_1$   $q_2$   $q_4$   $q_7$   $q_8$   $q_{39}$ ,  $q_{40}$   $q_{41}$   $q_{43}$   $q_{46}$  和  $q_{47}$ ,至少需要 6 个控制点; ④对 RPC 分子所有项校正。法方程系数矩阵参数包括  $q_0$ — $q_{19}$   $q_{39}$ — $q_{58}$ ,至少需要 20 个控制点; ⑤对 RPC 分子常数项、一阶项和分母一阶项校正。法方程系数矩阵参数包括  $q_0$   $q_1$   $q_2$   $q_{20}$   $q_{21}$   $q_{39}$   $q_{40}$   $q_{41}$   $q_{59}$  和  $q_{60}$ ,至少需要 5 个控制点; ⑥对 RPC 分子常数项、一阶项和含  $U, V$  的二阶项校正及分母一阶项和含

$U, V$  的二阶项校正。法方程系数矩阵参数包括  $q_0$ ,  $q_1$   $q_2$   $q_4$   $q_7$   $q_8$   $q_{20}$   $q_{21}$   $q_{23}$   $q_{26}$   $q_{27}$   $q_{39}$   $q_{40}$   $q_{41}$   $q_{43}$ ,  $q_{46}$   $q_{47}$   $q_{59}$   $q_{60}$   $q_{62}$   $q_{65}$  和  $q_{66}$ ,至少需要 11 个控制点; ⑦对 RPC 除分母常数项外的所有参数校正。法方程系数矩阵参数包括表 1 的所有参数,至少需要 39 个控制点。

另外,还做了像方坐标平移改正,即

$$\begin{aligned} L_c &= RPC_L(Lon, Lat, Ht) + a_0 \\ S_c &= RPC_S(Lon, Lat, Ht) + b_0 \end{aligned} \quad (12)$$

一阶多项式变换(仿射变换),即

$$\begin{aligned} L_c &= RPC_L(Lon, Lat, Ht) + a_0 + a_S S + a_L L \\ S_c &= RPC_S(Lon, Lat, Ht) + b_0 + b_S S + a_L L \end{aligned} \quad (13)$$

和二阶多项式变换,即

$$\begin{aligned} L_c &= RPC_L(Lon, Lat, Ht) + a_0 + a_S S + a_L L + a_{S2} S^2 + a_{L2} L^2 + a_{SL} SL \\ S_c &= RPC_S(Lon, Lat, Ht) + b_0 + b_S S + b_L L + b_{S2} S^2 + b_{L2} L^2 + a_{SL} SL \end{aligned} \quad (14)$$

以上 3 种方法修改参数的方式类似,修改(附加)参数个数相同,每种对应方法使用控制点的方案也相同。

3 实验论证

实验数据为澳洲某地区的 IKONOS2 全色立体像

对及 124 个控制点,图像对应地面范围约为 11 km × 11 km,地物包括河流、城镇和森林覆盖的丘陵地(图 1)。对图像进行控制点选取,大部分控制点布设在道路交叉口、街心转盘花坛中心等地物特征明显处,像点坐标通过放大量测的方式获取,大部分像点坐标的精度控制在一个像元以内(少量控制点误差稍大)。控制点选取位置及地面坐标提供方式如图 2 所示。

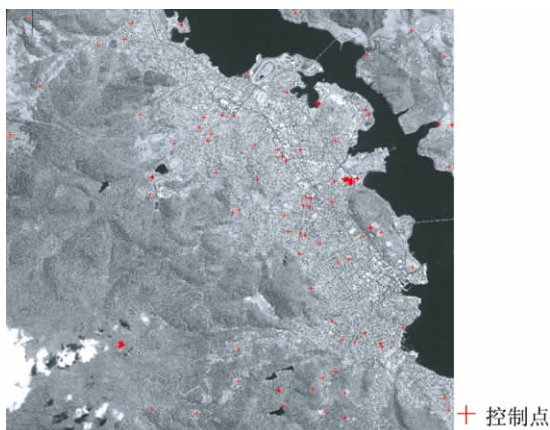


图 1 IKONOS2 图像及控制点分布

Fig. 1 IKONOS2 image and distribution of GCPs



图 2 控制点选取位置及提供方式

Fig. 2 Selected position and supply method of GCP

图 2 为位于贝里代尔路的街心转盘,位于纬度  $42.814^\circ$  经度  $147.240^\circ$  (WGS84 地理坐标系) 高程  $94.464\text{ m}$ 。

本文检验误差的方式为: 首先对利用全部或部分控制点和 7 种不同校正方法 (表 2) 获取的 RPC 进行前方交会, 获取地面坐标 (控制点尽量均匀分

表 2 不同校正方案及控制点数目获得的定位精度

Tab. 2 Positioning accuracy with different methods and numbers of GCP

方法	精度			精度			精度		
	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_h$	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_h$	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_h$
方法 (1)	全部控制点			1 个控制点, 123 个检查点			4 个控制点, 120 个检查点		
	0.449	0.542	0.508	0.514	0.676	0.598	0.498	0.776	0.568
像坐标平移	0.454	0.548	0.525	0.536	0.610	0.769	0.498	0.777	0.570
方法 (2)	全部控制点			3 个控制点, 121 个检查点			6 个控制点, 118 个检查点		
	0.453	0.523	0.481	0.871	1.260	1.077	0.501	0.564	0.518
一阶多项式	0.460	0.531	0.491	0.882	1.283	1.103	0.501	0.565	0.522
方法 (3)	全部控制点			6 个控制点, 118 个检查点			12 个控制点, 112 个检查点		
	0.436	0.455	0.427	0.746	0.660	0.831	0.459	0.630	0.587
二阶多项式	0.444	0.462	0.437	0.750	0.668	0.857	0.467	0.626	0.600
方法 (4)	全部控制点			20 个控制点, 104 个检查点			30 个控制点, 94 个检查点		
	0.422	0.430	0.403	11.123	48.487	27.368	0.641	0.725	0.721
方法 (5)	全部控制点			5 个控制点, 119 个检查点			10 个控制点, 114 个检查点		
	0.451	0.454	0.486	0.601	0.651	0.639	0.542	0.600	0.651
方法 (6)	全部控制点			11 个控制点, 113 个检查点			20 个控制点, 104 个检查点		
	0.394	0.430	0.423	16.861	34.099	75.612	0.743	0.672	0.567
方法 (7)	全部控制点			39 个控制点, 85 个检查点			60 个控制点, 64 个检查点		
	0.318	0.351	0.451	1.651	1.393	4.522	0.665	0.753	1.027
无控制点	$\sigma_x = 1.019$			$\sigma_y = 1.769$			$\sigma_h = 3.422$		

布, 同类参数校正方法对应控制点有重叠, 不同类参数校正方法控制点无重叠; 然后将控制点地面坐标转换为高斯投影坐标, 并与实际地面坐标在  $x$  (北)、 $y$  (东)、 $h$  (高程) 3 个方向进行比较, 分别统计中误差 ( $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ 、 $\sigma_h$ )。7 种方法对控制点数各有 3 种设置, 即全部控制点、最少控制点和有多余控制点的观测, 后两者统计的都是检查点 (除去控制点之外的点) 的平均误差。

从实验结果中可以看出, 在前 3 种方法中, 使用本文方法的定位精度都略高于传统方法, 尽管差别很小, 但至少可以认为在不使用附加参数的前提下可以获得不低于传统方法的定位精度。通过一个控

制点对 RPC 的分子的常数项作改正就可以消除大部分误差; 并且随着控制点个数的增加, 定位精度提高不明显。对比方法 (2) 和 (3), 在全部控制点条件下, 方法 (3) 因为增加了对二阶项系数的改正而使定位精度有所提高; 但在没有多余观测的条件下, 定位精度反而比一个控制点条件下还要低, 这是因为控制点自身的误差被引入到了校正后的 RPC 中, 并且随着校正参数和阶数的增加, 这种现象更加明显 (如方法 (4) 和 (6))。而同样在没有多余观测条件下, 方法 (7) 比方法 (4) 和 (6) 情况要好一些, 这是因为控制点数目比较多, 覆盖比较均匀。方法 (5) 和 (6) 中同时对分子、分母的低阶项系数作校

正,定位精度反而降低。对比全部控制点条件下的定位精度可以看出,在控制点分布均匀且足够密集的条件下,随着校正参数的增加,拟合的精度也随之提高;但实际应用中控制点数目是很有限的,也不能保证分布均匀,如果对过多的参数进行校正,则校正后的模型往往存在较大的误差,效果适得其反。因此在实际应用中,校正的参数应局限在RPC分子项中的常数项、一阶项和含 $U$ 、 $V$ 的二阶项,并且一定要保证有足够的多余观测。

## 4 结论

1) 在不使用附加参数的前提下,对RPC参数进行校正可以获得不低于传统多项式校正方法的定位精度。

2) 在控制点精度较高的情况下,通过修改RPC中的常数项或低阶项系数,可以消除大部分模型误差,达到较高的定位精度。在控制点数目较少的情况下,建议只对分子常数项和含 $U$ 、 $V$ 的一阶项系数进行校正。

3) 随着修改系数的增多,控制点数目及多余观测也要等比例地增加,否则虽然控制点可以达到很好的拟合,但由于控制点本身存在误差,修改后的RPC仍然会存在较大误差,甚至比修改之前的误差还要大。

4) 对RPC模型中分子、分母的系数同时进行校正,在控制点数目足够多的条件下定位精度会有一

定的提高;但在控制点较少(多余观测少)的条件下,会产生较大的误差,故不宜采用。

5) 在实际应用中,应根据控制点的数目和分布情况选取方法(1)、(2)或(3)中的一种。

## 参考文献(References):

- [1] Vincent C, Hu T. Investigation on the rational function model[C]. ASPRS 2000 Annual Conference Proceedings 2000: 22-26.
- [2] Yang X H. Accuracy of rational function approximation in photogrammetry [C]. ASPRS 2000 Annual Conference Proceedings, 2000: 22-26.
- [3] Dowman I, Dolloff J T. An evaluation of rational functions for photogrammetric restitution [J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 2000, 19(3): 254-266.
- [4] Tao V C, Hu Y. A comprehensive study of the rational function model for photogrammetric processing [J]. PE&RS 2001, 67(12): 1347-1357.
- [5] Liu J, Zhang Y S, Wang D H. Precise positioning of high spatial resolution satellite images based on RPC models [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica 2006, 35(1): 30-34.
- [6] Dial G. RPC replacement camera models, the international archives of the photogrammetry [J]. Remote Sensing and Spatial Information Sciences 2005, 34(30): 7-11.
- [7] Dial G. IKONOS accuracy without ground control [C] // Proceedings of ISPRS Commission I Mid-Term Symposium 2002: 10-15.
- [8] Grodecki J, Dial G. IKONOS geometric accuracy validation [C] // Pecora 15/Land Satellite Information IV/ISPRS Commission I/FIEOS Conference Proceedings 2002: 10-15.
- [9] Grodecki J, DialBlock G. Block adjustment of high-resolution satellite images described by rational polynomials [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 2003, 69(1): 59-68.

## Research on the approach to RPC emendation

LIU Jiang<sup>1</sup>, YUE Qingxing<sup>2</sup>, QIU Zheng<sup>2</sup>

(1. The Third Academy of Engineering of Surveying and Mapping, Chengdu 610500, China; 2. Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Beijing 100830, China)

**Abstract:** The conventional way to emend errors of rational polynomial coefficients (RPC) is carried out by a polynomial transform between metrical image point coordinates and projective point coordinates from ground points, but in such a performance, the number of parameters will increase, and the number of parameters changes along with the form of the polynomial, which increases the utilization difficulties. In this paper, the authors consider that the nature of RPC is analogous to that of the attached polynomial parameters, and therefore propose that the errors of RPC parameters can be eliminated by emending partial RPC. The experimental results show that the ideal point precision can be attained without using additional parameters, and the precision is better than that of the traditional means.

**Key words:** rational polynomial coefficients (RPC); IKONOS; emendation; parameter selection; precision

第一作者简介: 刘江(1966-),男,高级工程师,主要研究方向为摄影测量与遥感。E-mail: 564951728@qq.com。

通信作者: 岳庆兴, E-mail: qingxingyue06@sina.com。

(责任编辑: 刘心季)