

文章编号: 1007-4619(2005)06-0653-06

# 一种卫星遥感图像目标位置快速精校正的新方法

汤亚波, 徐守时

(中国科学技术大学 电子工程与信息科学系, 安徽 合肥 230026)

**摘 要:** 从遥感图像目标识别处理等应用特点出发, 提出一种卫星图像目标位置精校正的新方法。直接在系统级几何校正的遥感图像上检测目标及其附近的地面控制点, 然后进行异常控制点检测, 最后利用正常控制点对目标地理位置实施精校正。同时提出一种基于局部区域最大团的异常控制点自动检测方法。实验结果表明, 所述方法在保证目标定位精度的同时, 可显著提高目标地理位置精校正的速度。

**关键词:** 卫星图像; 目标位置; 快速校正; 异常控制点检测; 局部区域最大团

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## 1 引 言

卫星遥感图像上存在着大量的感兴趣目标和目标区域, 如建筑物、桥梁、机场、港口等, 它们具有图像坐标和地理坐标两类位置信息。目标的地理位置常采用经纬度和高斯平面直角坐标表示。在遥感图像目标识别、跟踪以及多源遥感图像像素级、特征级融合处理等许多应用场合, 不仅需要精确地检测和识别目标, 提取目标的图像坐标, 还需要快速获得目标的精确地理坐标信息。

由于卫星遥感图像中存在多种形式的几何变形, 经过系统级简单几何校正的遥感图像所提供的目标地理位置精度往往难以达到实际要求, 需要利用地面控制点 (Ground Control Point: GCP) 对图像实施进一步的几何精校正处理<sup>[1]</sup>。

一般认为遥感图像与其参考地理平面之间满足一定的映射关系, 则几何精校正的过程包括控制点 GCP 提取, 映射参数确定和变形图像的重采样。设  $(x, y)$  和  $(x', y')$  分别为地面控制点的图像坐标和实际地理位置坐标, 在一阶仿射映射条件下, 可有:

$$\begin{aligned} x' &= a_1 x + b_1 y + c_1 \\ y' &= a_2 x + b_2 y + c_2 \end{aligned} \quad (1)$$

式 (1) 中,  $a_1, b_1, c_1$  和  $a_2, b_2, c_2$  为映射参数。几何精

校正的关键是确定式 (1) 中的映射参数, 可根据地面控制点的图像坐标和实际地理坐标, 按照最小二乘原理求解。

在经过几何精校正的图像上实施目标识别等处理, 可获得极高的目标位置定位精度。然而一幅遥感图像幅宽高达数万  $\times$  数万像素, 对整幅图像实施几何精校正通常需要上百个甚至数百个地面控制点, 传统的人工寻找控制点的方式使得一幅遥感图像的几何精校正往往花费数个小时。即使采用自动寻找控制点的方式, 在整幅图像上搜寻上百个控制点也绝非易事, 且校正完成后还要根据映射参数对校正前的整幅图像实施重采样, 也要花费不少的时间<sup>[2,3]</sup>。因此, 传统的几何精校正方法对许多遥感图像自动快速处理的应用场合是无法忍受的, 迫切需要研究能够实现卫星遥感图像目标位置快速精校正的新方法。

本文从遥感图像目标识别处理等应用需求出发, 分析了遥感图像上感兴趣目标和目标区域的特点, 提出了一种目标位置快速精校正的新方法, 该方法不对整幅遥感图像实施几何精校正, 而是针对检测识别出的目标质心和目标区域等目标参数实施几何精校正, 从而极大地减少了遥感图像上需要几何精校正的区域面积, 也大大减少了所需的地面控制点数目。同时为了实现这种新的目标位置校正方

收稿日期: 2004-05-27; 修订日期: 2004-08-30

基金项目: 中国科学院支撑技术预先研究项目, 项目编号: 42201020501; 中国科学院知识创新方向性项目, 项目编号: kzcx0101。

作者简介: 汤亚波 (1968—), 男, 讲师。1991 年获解放军电子工程学院通信工程专业学士学位, 1994 年获解放军电子工程学院电子对抗专业硕士学位, 现为中国科技大学博士研究生。主要研究领域: 遥感图像处理、多源遥感图像目标融合识别。已发表论文 6 篇, 获部省级科技进步二等奖一项, 三等奖三项。E-mail: ybtang\_hf@sohu.com。

法,提出了一个基于局部区域最大团的异常控制点自动检测方法。最后结合卫星遥感图像实例,验证了本文所述方法有效性。

## 2 遥感图像上的目标和目标区域

仔细分析遥感图像上大量的感兴趣目标和目标区域后,我们发现:就目标检测识别而言,普通的建筑物面积仅仅为数十米 $\times$ 数十米,大的机场跑道也不过 $3600\text{m}\times 60\text{m}$ 。因此与整幅遥感图像相比,感兴趣目标及其所在区域的面积往往不大,不进行复杂的几何精校正,对目标所在区域内的局部图像几何变形的影响十分有限,对目标分割、目标几何尺寸、目标形状、目标质心、目标纹理、目标分布结构等特征提取的精度只带来轻微的影响,因此,在只经过系统级简单校正的遥感图像上进行目标检测和识别处理,几乎不会导致目标检测和识别性能的下降。

由于目标区域有限,遥感图像上大部分区域与目标检测识别并没有任何关系,对这些图像区域无需处理,从而不需要提取整幅图像上的地面控制点对整幅图像进行几何精校正。实际上就目标精确定位而言,目标定位精度与目标附近的地面控制点定位精度密切相关,如果能够获得一定数量的目标区域附近的地面控制点,就可以进行目标位置精校正。若能将目标和控制点的自动定位精度控制在 $1\sim 3$ 个像素内,对于米级分辨率的遥感图像,这样获得的目标地理位置的精度已足够了。

对于针对感兴趣目标区域的多源图像像素级融合处理,也只要提取目标区域附近的控制点,对目标区域所在的局部图像进行精校正和重采样,同样不需要提取整幅图像上的地面控制点对整幅图像进行几何精校正。

## 3 卫星遥感图像目标位置快速精校正的新方法

基于上述认识,我们提出如下的一种卫星遥感图像目标位置快速自动精校正的新方法:

(1)利用系统级几何校正的图像直接进行单源遥感图像处理,自动检测和识别感兴趣目标和目标区域,提取目标质心、目标区域四角等参数的图像坐标。

(2)在目标检测识别的基础上,在先验地面控制点数据库的支持下,自动检测识别遥感图像上目

标和目标区域附近的地面控制点。

(3)为了确保自动检测的地面控制点的正确性,防止因错误识别的地面控制点对目标位置精校正的影响,应对检测出的地面控制点进行自动检测与筛选,剔除错误检测的异常控制点。

(4)利用检测出的正常地面控制点建立遥感图像与对应地理坐标空间的映射关系。对目标质心、目标线段端点等参数进行地理位置精确校正,或者根据局部图像像素级融合处理的需要,对局部区域实施精校正和重采样。

图 1 为这种精校正方法的示意图。图中  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  为自动检测出的目标质心,目标质心的地理坐标可通过目标附近的控制点  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_5$  校正。 $C_1$ ,  $C_2$  为一直线上的两点(如机场跑道的两 endpoint 或目标运动方向上的两点),则通过对  $C_1$ ,  $C_2$  两点的分别校正,可获得更准确的机场跑道长度或者目标的运动方向。 $D$  表示图像中的某一目标区域,可根据像素级融合的需要对该局部区域实施精校正和重采样。

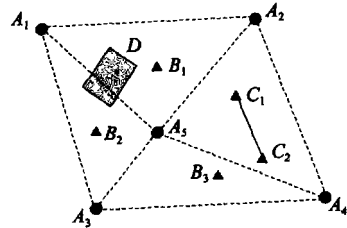


图 1 卫星图像上目标地理位置快速精校正示意图

Fig 1 The sketch map of the target location fast correction in satellite image

可以看出,这种方法既实现了对目标位置和目标区域的高精度校正,又避免了对整幅图像上的控制点检测,且不需要对整幅图像实施重采样,所需处理的数据量极大地降低,从而大大提高了目标位置精校正的时效性。由于本方法中地面控制点是自动提取获得的,对异常控制点的自动检测就显得非常重要。

## 4 异常控制点检测

本文中异常控制点是指因自动检测获得的图像坐标与其实际图像坐标发生严重偏离的错误控制点。尽管我们可选取比较容易辨别和检测的地面特征点作为 GCP,以减少控制点自动检测错误的发

生,但工程实践表明,受卫星遥感图像和检测算法的影响,控制点自动检测错误是难以完全避免的。显然,如果不剔除异常控制点,则由控制点获得的映射关系将不准确,从而不能很好地对目标位置实施校正。

异常控制点检测是一个十分复杂的问题,目前一般采用随机采样方法(RANSAC, random sample consensus)<sup>[4,5]</sup>。即认为自动检测获得的  $n$  个控制点中最少有  $m$  个为正常控制点,其位置精度较高,而利用  $s$  个正常控制点( $s < m$ )进行计算就可以获得较好的映射参数。

分别计算  $d$  次随机选择控制点的校正结果(每次随机取  $s$  个控制点,并计算对应的映射参数),选取其中控制点定位误差最小的一组作为正常控制点,并据此确定实际图像与地理空间的映射参数。随机采样  $d$  次确保能够采样到至少一组全部为  $s$  个正常控制点的概率约为:

$$P_{RANSAC} = 1 - (1 - t^s)^d \quad (2)$$

式中,  $t = m/n$ 。在正常控制点数量较多时,随机采样的方法效果较好。然而由于正常控制点的检测严重依赖于遥感图像和检测算法,  $s$  和  $m$  的数值难以预先知道,因此在控制点数量  $n$  较小时,随机采样方法筛选异常控制点的准确性难以保证,同时随机采样方法涉及对控制点的多次采样计算,也要花费一定的计算时间。

实际遥感图像与其对应地理空间不仅存在着全局映射关系,受局部变形不同的影响,遥感图像的每个局部区域也与对应的地理空间存在着局部映射关系。我们做如下的假设:对于全局映射结果校正较差的异常控制点而言,其对应的局部映射校正结果也较差。如果我们能够在遥感图像的每个局部区域检测出一批正常控制点,建立局部区域上的映射关系,就可以利用局部映射关系来检测异常控制点,达到异常控制点筛选的目的。

基于上述考虑,考虑到控制点数量不多和遥感图像存在复杂几何形变的实际情况,我们提出一种新的异常控制点自动检测方法。利用正常控制点间形成的局部区域最大团提取局部区域上的正常控制点,从每个局部区域出发进行异常控制点检测。

### 5 两控制点间距离的上限和下限

为提取局部区域上的正常控制点,需要分析两控制点间的距离特性。不考虑遥感图像的几何变形

误差。对于图像中任意两控制点  $i$  和  $j$  自动检测获得的控制点图像坐标分别为  $O_i(x_i, y_i)$  和  $O_j(x_j, y_j)$ 。设受检测误差的影响,控制点检测获得的图像坐标具有随机误差  $(\delta x_i, \delta y_i)$  和  $(\delta x_j, \delta y_j)$ , 分别服从 0 均值、方差为  $(\sigma x_i^2, \sigma y_i^2)$  和  $(\sigma x_j^2, \sigma y_j^2)$  的正态分布。

则由正态分布可知,对于控制点  $i$  的实际图像坐标  $O_{\hat{i}}(x_{\hat{i}}, y_{\hat{i}})$ , 给定参数  $k$  在概率  $p(k) = 2\Phi(k) - 1$  条件下分别有:

$$|x_{\hat{i}} - x_i| < k\sigma x_i, |y_{\hat{i}} - y_i| < k\sigma y_i \quad (3)$$

$\Phi(x)$  为标准正态分布函数。 $k$  取 3 时,  $p(3) = 0.9974$ , 从而有:

$$x_i - k\sigma x_i < x_{\hat{i}} < x_i + k\sigma x_i, y_i - k\sigma y_i < y_{\hat{i}} < y_i + k\sigma y_i \quad (4)$$

类似地,对于控制点  $j$  的实际图像坐标  $O_{\hat{j}}(x_{\hat{j}}, y_{\hat{j}})$ , 在概率  $P(k)$  条件下分别有:

$$x_j - k\sigma x_j < x_{\hat{j}} < x_j + k\sigma x_j, y_j - k\sigma y_j < y_{\hat{j}} < y_j + k\sigma y_j \quad (5)$$

由式(4)和(5),可以确定控制点  $i$  和  $j$  的实际位置  $O_{\hat{i}}$  和  $O_{\hat{j}}$  在遥感图像上分布的可能范围,结果如图 2。图中控制点  $i$  和  $j$  分别以  $P_0 = P(k)^2$  的概率落入矩形区域  $i$  和区域  $j$ 。 $k$  取 3 时  $P_0$  为 0.9948。若控制点  $i$  和  $j$  分别位于区域  $i$  和区域  $j$  则对于控制点  $i$  和  $j$  间的实际距离  $d(O_{\hat{i}}, O_{\hat{j}})$ , 必然有:

$$d(A, C) \leq d(O_{\hat{i}}, O_{\hat{j}}) \leq d(B, D) \quad (6)$$

其中:

$$d(A, C) = \sqrt{(x_i + k\sigma x_i - x_j + k\sigma x_j)^2 + (y_i - k\sigma y_i - y_j - k\sigma y_j)^2} \quad (7)$$

$$d(B, D) = \sqrt{(x_i - k\sigma x_i - x_j - k\sigma x_j)^2 + (y_i + k\sigma y_i - y_j + k\sigma y_j)^2} \quad (8)$$

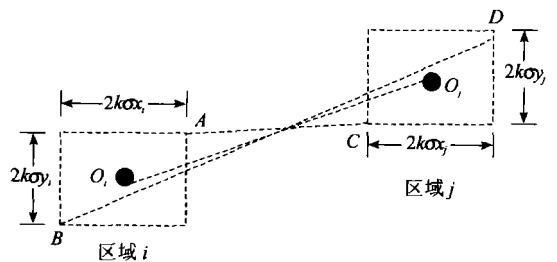


图 2 控制点  $i$  和  $j$  的实际位置在卫星图像上的可能范围  
Fig 2 Possible range for the real location of GCP  $i$  and GCP  $j$  in satellite image

考虑到控制点  $i$  和  $j$  不同时位于区域  $i$  和区域  $j$  内时,距离  $d(O_{\hat{i}}, O_{\hat{j}})$  也有可能满足式(6),则对于控制点  $i$  和  $j$  满足式(6)的概率  $P(\gamma)$  有:

$$P(i, j) \geq P_i = P(k)^4 \quad (9)$$

$k$  为 3 时,  $P_i$  为 0.9896。假定正常控制点检测出的横坐标和纵坐标的随机误差方差为  $\sigma_1^2$ , 异常控制点横坐标和纵坐标的随机误差方差为  $\sigma_2^2$ , 且  $\sigma_1^2 \ll \sigma_2^2$ 。 $k$  为 3 时, 对于任意两个正常控制点  $i$  和  $j$  将  $\sigma_1$  代入式 (7) 和式 (8) 后, 有:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j + 6\sigma_1)^2 + (y_i - y_j - 6\sigma_1)^2} \quad (10)$$

$$d_{ip} = \sqrt{(x_i - x_j - 6\sigma_1)^2 + (y_i - y_j + 6\sigma_1)^2} \quad (11)$$

## 6 正常控制点与最大团

不考虑图像几何变形。设自动检测获得的正常控制点集合为  $N_1$ , 集合  $N_1$  内正常控制点数目为  $n_1$ 。根据检测的图像坐标计算集合  $N_1$  内各控制点之间距离后, 可产生  $N_1$  上的团 (子集)  $M_1$ , 集合  $M_1$  内控制点数目为  $m_1$ , 且集合  $M_1$  内任意两点  $i$  和  $j$  之间的实际距离均满足式 (6), (10) 和 (11)。显然,  $m_1$  不同可获得不同的子集  $M_1$ ,  $m_1$  称为团的阶数。阶数最大的子集称为最大团 (子集)。最大团随着内部元素的不同也不同。集合  $N_1$  内存在子集  $M_1$  的概率约为:

$$P_2 = 1 - (1 - P_0^{m_1})^{C_{n_1}^{m_1}} \quad (12)$$

设全部控制点集合为  $N$ , 控制点数目为  $n$ 。如果把  $N$  中任意两点间的距离满足式 (6), (10) 和 (11) 看作两点间有一条直线, 也就是两点之间存在连通关系, 而不满足上述条件, 则认为两点不连通。则我们可获得控制点集合  $N$  上的连通矩阵  $H = [h_{ij}]_{n \times n}$ , 且:

$$h_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ 与 } j \text{ 点连通} \\ 0, & i \text{ 与 } j \text{ 点不连通} \end{cases} \quad (13)$$

通过构建连通矩阵, 可以计算控制点集合  $N$  中的团和最大团。从概率的角度来看, 由于  $\sigma_1^2 \ll \sigma_2^2$ , 最大团内的元素最可能属于正常控制点集合, 这样可利用最大团对应的控制点集合作为控制点检测的基本点集, 从而利用最大团获得的映射参数来筛选其余控制点。

## 7 基于局部区域最大团的遥感图像异常控制点自动检测方法

实际遥感图像存在几何变形, 在许多情况下几

何形变造成的控制点定位误差远大于控制点检测误差。因此, 上述方法获得的最大团仅能检测和筛选最大团附近的异常控制点, 并对最大团对应区域内的目标获得较好的位置精校正效果, 无法确保对其他区域内地面控制点的检测, 为此我们提出局部区域最大团的概念。

**定义** 局部区域最大团指的是在遥感图像上某个局部区域内的控制点集合满足式 (6), (10) 和 (11) 构成的最大团。

与最大团类似, 局部区域最大团对应着该局部区域的正常控制点集合, 反映了该局部区域图像的映射关系。而由于图像变形的影响, 不同局部区域最大团之间的点则可能不满足上述条件。对于遥感图像控制点局部区域最大团的提取, 我们提出如下的方法:

(1) 根据控制点自动检测结果, 建立控制点集合  $N$  对应的连通矩阵  $H$ 。

(2) 基于连通矩阵, 求解集合  $N$  的最大团  $M$ 。

(3) 若最大团无解, 则退出。否则标记最大团  $M$  及  $M$  上的控制点序号, 建立新的控制点点集  $N = N - M$ , 并基于新的点集  $N$  建立新的连通矩阵。返回步骤 2。

根据上述局部区域最大团的提取方法, 满足式 (6), (10) 和 (11) 的控制点被自动分配到不同的局部区域最大团中, 不同的局部区域最大团可构成不同区域的控制点筛选点集。基于局部区域最大团的概念, 我们进而提出如下的异常控制点检测与筛选方法:

(1) 计算图像控制点的各局部区域最大团, 作为各局部区域的正常控制点集合。根据局部区域最大团点集, 计算不同局部区域的仿射映射参数。

(2) 对于任一非局部区域最大团的控制点, 确定其附近的局部区域最大团。若附近各局部区域最大团确定的映射参数对该点的仿射变换结果均不能满足定位精度要求, 则认为该控制点为异常控制点。否则认为该点为正常控制点。

(3) 合并各局部区域最大团对应的控制点集和经过筛选后获得的正常控制点。

## 8 实验结果

我们运用上述方法对多幅只经过系统级几何校正的 Spot-5、Radarsat-1 和 Landsat-7 卫星遥感图像进行了目标位置快速精校正实验, 取得了满意的结果。下面以某地区 2002-12-05 的一幅 Spot-5 遥感

图像的实验结果为例对实验情况加以说明(图像尺寸:12000×12000)。

根据本文提出的方法,我们首先在该图像上自动检测识别了 13 个目标点,目标点信息如表 1。然后在目标点附近自动检测了 12 个控制点,控制点信息如表 2。

表 1 目标点位置信息

Table 1 Target location information

序号	目标点大地坐标	图像坐标
1	353971.61 2773437.83	8050 3819
2	349328.21 2774518.43	7151 3846.5
3	348275.21 2766971.63	7319.5 5354
4	350849.21 2769600.23	7663 4716
5	349921.01 2770202.02	7467 4649
6	351346.61 2774425.43	7523 3762
7	352193.21 2768143.28	7977 4930
8	360827.51 2769641.03	9479 4203
9	350099.21 2774405.63	7297 3827
10	356735.18 2766188.25	8898 5076
11	349814.78 2760815.25	7898 6461
12	322888.78 2772212.46	2399.5 5630
13	322652.04 2772222.34	2355 5639

表 2 控制点位置信息

Table 2 GCPs location information

序号	控制点大地坐标	图像坐标
1	353914.61 2773440.83	8036 3822
2	354740.21 2770197.83	8044 4412
3	353576.81 2769926.63	8143 4515
4	355062.41 2781341.03	7891 2244
5	358424.21 2769932.63	9032 4266
6	363393.41 2773692.83	9747 3292
7	352140.68 2761417.15	8295 6225
8	351062.18 2762354.85	8094 6101
9	353024.18 2759483.85	8548 6553
10	322711.74 2772273.64	2364 5626
11	321698.34 2774659.84	2059 5215
12	319763.34 2772646.24	1797 5703

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

根据初始连通矩阵 H 计算获得的两个局部区域最大团分别为 {1, 3, 4, 7, 9} 和 {10, 11, 12}。根据分布情况,剩余控制点 {2, 5, 6, 8} 由局部最大团 {1, 3, 4, 7, 9} 确定的局部仿射映射系数检查,检查发现控制点 2 为异常控制点,从而获得全局正常控制点为 {1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12}, 利用全局正常控制点确定全局仿射映射系数,并对目标位置进行了校正,结果如表 3 中校正结果 1 所示。作为对比表中给出了未剔除控制点 2 而直接作全局仿射变换后的校正结果(校正结果 2)。

表 3 遥感图像目标地理位置校正结果

Table 3 Target location correcting results

序号	校正结果 1		校正结果 2	
	横轴	纵轴	横轴	纵轴
1	-3.7131	0.5124	170.1760	-40.4026
2	30.4628	-11.0644	188.6210	-48.2781
3	-0.8999	-10.8870	125.8894	-40.7198
4	-5.5567	-0.5136	141.4790	-35.1103
5	11.7571	-14.7299	157.0192	-48.9092
6	13.5061	-5.3058	179.8325	-44.4414
7	-27.6603	-2.8943	119.7970	-37.5902
8	-83.9349	20.8537	105.2557	-23.6617
9	27.3766	1.1361	188.4305	-36.7589
10	-71.9427	11.0751	87.6791	-26.4830
11	-23.0560	-4.5387	88.3402	-30.7495
12	-1.2304	-10.7155	36.6203	-19.6215
13	-2.4830	-4.7773	34.4157	-13.4594

可以看出,校正结果 1 中目标点 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13 的地理位置校正结果明显优于校正结果 2, 无论是横轴还是纵轴坐标误差均小于 30m。

根据控制点的图像坐标和地理位置坐标计算获得的控制点集合初始连通矩阵见式(14)。

目标点 8 和 10 的校正结果也有一定程度的提高。从控制点自动提取到目标位置精校正完成用时约 2min。经检查,异常控制点 2 是由于控制点自动检测算法出现严重错误所致,其实际控制点图像坐标应为 (8338, 4407)。对其予以删除是合理的。

多幅图像的实验结果表明,采用本文提出的方法,每幅图像上根据需要识别的目标数量和分布仅仅自动提取 10 多个控制点,目标位置精校正一般可在数分钟内完成,相对于需要数十分钟甚至数小时的传统方法,目标位置精校正速度获得了极大的提高。

实验中,超过 70% 的目标地理位置定位误差小于 50m,超过 90% 的目标地理位置定位误差小于 100m。这说明尽管与传统方法比较,由于提取的控制点数量要少许多,目标位置定位精度会受到一定的影响。但新方法的总体校正效果仍然较好,能满足目标定位精度的应用需求。考虑到实验中控制点本身的地理位置定位精度为二十多米,如果能进一步提高控制点的定位精度,目标位置精校正的结果还可能更加理想。

## 9 结 论

本文从遥感图像目标识别处理等实际应用出发,研究了遥感图像上感兴趣目标和目标区域特点,提出了一种目标位置快速精校正的新方法,同时为

了实现这种目标位置校正方法,提出了一个基于局部区域最大团的异常控制点自动检测方法。研究表明本文所述方法非常适合遥感图像快速处理,对目标地理位置的校正精度能够满足实际要求,应用前景广阔。

## 参 考 文 献 (References)

- [ 1 ] Zhu S L, Zhang Z M. Acquisition and Analysis of Remote Sensing Image [ M ]. Science Publishing Company Beijing 2000 [朱述龙,张占睦. 遥感图像获取与分析 [ M ]. 北京: 科学出版社, 2000.]
- [ 2 ] Yu X L, Liu S L, Qian G H, et al. A New Method for Multi-Spectral and SAR Remote Sensing Image Registration [ J ]. Journal of Image and Graphics 2000, 2(2): 100-105. [于秀兰,刘绍龙,钱国蕙等. 一种多光谱和 SAR 遥感图像的配准方法 [ J ]. 中国图象图形学报, 2000, 2(2): 100-105.]
- [ 3 ] Zhang H P, Chai Y. Geometric Precise Correction of Satellite Image [ J ]. Electric Power Reconnaissance 1996, 9(1): 62-64. [张和平,柴渊. 卫星图像的精几何校正 [ J ]. 电力勘测, 1996, 9(1): 62-64.]
- [ 4 ] Fischler M A, Bolles R C. Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography [ J ]. Communication of the Association for Computing Machinery 1981, 24: 381-395.
- [ 5 ] Kim T [ Taejung ], Im, Y. J [ Yong-Jo ]. Automatic Satellite Image Registration by Combination of Matching and Random Sample Consensus [ J ]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 2003, 41(5): 1111-1117.

## A New Method for Target Location Fast Correction in Satellite Image

TANG Ya-bo XU Shou-shi

(Department of Electronic Engineering and Information Science University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

**Abstract** Based on the characteristics of target identification, a new method for target location fast correction in satellite image is proposed in this paper. First, the targets and the nearby ground control points (GCPs) are detected in the satellite image which has been processed with basic geometric correction method. Then the outliers of GCPs are detected. Finally, the geometrical location of the targets are corrected by the GCPs. Also in this paper, a new algorithm based on regional cliques is proposed to automatically detect the outliers of GCPs. The example results indicate that the processing speed for target location correction can be greatly improved and the target location precision can also be ensured.

**Key words** satellite image; target location; fast correction; outlier detect; regional clique