

# 航空影像与地图的配准纠正

王 峰

(中国地震局地震研究所, 武汉 430071)

林宗坚

(中国测绘科学研究院, 北京 100039)

**摘 要** 针对现有航空影像纠正软件存在的问题, 提出了一种无数字地面模型支持的基于“图象与图形叠加配准”的纠正新方法, 并介绍了基于索引彩色模式的图象与图形快速叠加技术. 对于影像纠正, 在分析航空影像局部变形特点的基础上, 提出了对局部变形进行纠正的经验公式. 最后, 又将初纠正与局部纠正结合在一起, 开发了一个完整的图象纠正软件. 同时还利用该软件对航空图象进行了纠正试验, 纠正时共选择了 13 个控制点, 纠正后的图象与地图叠加显示出整体匹配很好, 存在的残差也都在 2pixel 之内. 研究表明, 该纠正方法是可行性的, 可以用来纠正由各种因素造成的影像变形.

**关键词** 航空影像 纠正 地图 叠加

中图法分类号: P231.3 TP751 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)04-0383-04

## Aerial Image Rectification by Matching Map

WANG Feng

(Institute of Seismology, China Seismological Bureau, Wuhan 430071)

LIN Zong-jian

(Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039)

**Abstract** This paper firstly analyzes problems existing in current rectification software, then presents a new rectification approach based on image and graphics overlaying and matching without the support of digital elevation model, and introduces fast overlaying technique of image and graphics based on indexed-color mode. To make rectification, this paper analyzes the feature of partial deformation, and presents a rectification formula for partial deformation based on experience. Finally, software of image rectification is developed combined general rectification and partial deformation rectification. In the experiment, a test image is rectified using the software with 13 selected control points, rectified image match the map very well by overlaying, and errors left are all within 2 pixels. The results show that rectification approach this paper presents is feasible and can be used to rectify image deformation induced by any factors.

**Keywords** Aerial image, Rectification, Map, Overlaying

## 0 引 言

航空影像由于具有较大的比例尺, 因此包含十分丰富的地面信息, 但对这些地面信息进行分析、研究和利用时, 必须首先纠正由于像片倾斜和地形起伏等引起的变形, 即需进行影像纠正. 在航空摄影测量进入“数字化”时代后, 航空影像的纠正多采用数字微分纠正的方法<sup>[1]</sup>. 虽然数字微分纠正具有较高

的几何精度, 但必须首先生成该影像范围的数字地面高程模型(DEM), 因而在缺乏数字地面高程的情况下, 航空影像的纠正将变得复杂和困难.

为了解决这一问题, 有效的途径是利用地形图提供的地形信息. 本文提出了一种将航空影像纠正至地形图的新方法, 由于地图是建立在大地坐标系下的, 因此纠正的航空影像也将是正射的. 为了将航空影像准确地纠正至地形图上, 本文使用了图形与

图象叠加显示的技术,即通过将地形图一矩形区与影象进行匹配来选择控制点的方法,这一方法不仅加快了选择控制点的速度,更重要的是避免了人工量算的错误.在选择4个控制点后,即将第1次纠正后的影象与地图相叠加,以后则在叠加的图象中选择控制点,并进行迭代纠正,最后由操纵者根据叠加图象的吻合程度终止纠正过程.

## 1 影象与地图的配准

影象与地图的叠加配准是本文纠正试验方法的基础.航空影象的纠正首先要在影象和地形图上选择相应的控制点,然后通过建立数学模型来对影象进行纠正,而控制点的多少与精度将直接影响航空影象纠正的质量.目前,在没有数字地面高程的情况下,大多是采用手工方法在地图上选择控制点,其缺点是,由于未纠正影象与地图之间所存在的比例、旋转和地形差变形等差异,因而使得选点精度受到一定的影响,并且在没有明显的地形地物点处将无法选点或造成所选点精度不足,而本文则使用了数字影象与数字地图叠加显示技术,从而有效地克服了上述缺点,并大大提高了控制点的选点精度.

### 1.1 PC 显示模式的设定

一般航空影象多为 8bit 灰度图象,且彩色图象也可分为多个 8bit 灰度图象表示,因此,本文仅讨论灰度图象的情况,而且 8bit 灰度图象在 PC 机上以 256 色显示为最好,因为在此模式下,既可真实地显示图象,又可实现图象的快速显示<sup>[2]</sup>.

在 256 色显示模式下,图形和图象的显示采用的均是索引彩色的方式.对于 256 个索引值中的每一个,都对应着一个彩色量,由于该彩色量由绿色亮度、蓝色亮度和红色亮度的总和来表示<sup>[3]</sup>,因此只有绿色、蓝色和红色的亮度都相等时,才能显示出灰色.在 256 色显示模式下,因为绿色、蓝色和红色的亮度使用 6bit 索引值来表达,所以它们的亮度范围为 0~63.由此可见,在 PC 机 256 色显示模式下,只能显示出 64 级灰度,因而灰度图象的显示只需 6bit.

### 1.2 地图与图象的叠加显示

在将地图与图象进行叠加匹配时,由于只使用地图的空间位置信息,因此只需对地图进行二值化扫描输入,也就是说,数字地图只需 1 个信息位来表

达.根据灰度图象显示只需 6 个信息位的特点,本文将 8bit 灰度图象进行如下变换(图 1):

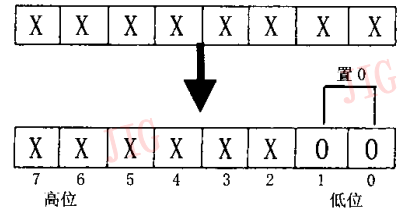


图 1 图象灰度变换示意图

这一操作实际上是对灰度值以 4 为倍数求整.空出的第 0 位可将数字地图写入,这样不仅实现了地图和图象的叠加,又节省了存储空间.对于以上的数据结构,设计以下的调色板技术来实现图象的单独显示或叠加显示,以便于正确地匹配选点.调色板技术实现的 C 语言算法如下:

```

Fo( i=0; i<256; i++) {
    j=i-(i/4)*4; //求以 4 为倍数的余数
    switch( j):
        case 0:
            SetPalette( i, i/4, i/4, i/4);
            break; //设置灰度调色板
        case 1:
            SetPalette( i, 64, 0, 0);
            break; //设置地图为红色
    }
}

```

当需要关闭地图层时,可将调色板设置中的 case 1 语句 SetPalette( i, 64, 0, 0) 改为 SetPalette( i, i/4, i/4, i/4).

## 2 航空影象的纠正

航空影象的纠正可分为初纠正和局部调整两个步骤,即首先在以上讨论的基础上,准确地选择 4 个控制点,再利用这 4 个点,对地图进行第一次纠正,即初纠正,然后将纠正后的地图叠加至航空影象上,在叠加的基础上和在图象漫游的支持下,就可以容易地发现残差点,并准确地调整至正确位置,同时算出残差值,以便再进行局部纠正,若仍有残差,则继续匹配选点,并纠正,直至满意为止.最后,根据以上记录的控制点,再对航空影象进行纠正.具体纠正流程如图 2 所示.

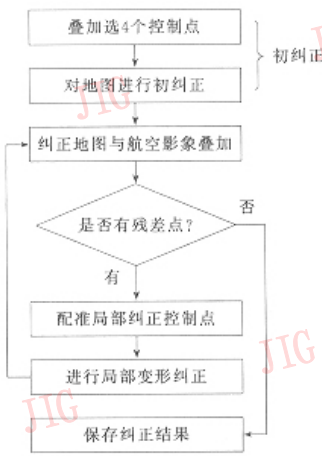


图 2 航空影像纠正流程图

### 2.1 初纠正

初纠正采用以下的方程式

$$X = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy$$

在经过地图和航空影像的叠加并选择了 4 个控制点后,即可解算出式(1)的系数,再利用式(1)将地图纠正至航空影像上,并进行整幅图象的叠加,然后通过对叠加的图象进行漫游观察来发现残差点.图 3 给出了初纠正后地图与影像叠加显示和准确匹配的结果.

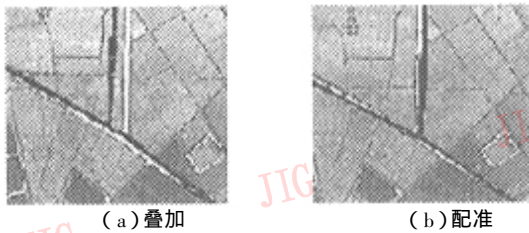


图 3 初纠正后地图与航空影像叠加和配准结果图象

### 2.2 局部纠正

由于拍摄航空影像时航高较低,因而由地形高低引入的投影差较大,如果没有相应的数字地面模型,将不能进行准确的影像纠正,再加上其他因素引入的不规则变形,更为航空影像的纠正增加了困难,可是局部纠正却能通过图形与图象叠加的方法,来发现由各种因素引入的变形,并改正至新的准确位置,但在局部调整的同时,必须保证原控制点处的位

置不变,即保证局部纠正后的图象仍是连续的.为了解决这一问题,本文提出了如下的局部纠正思想,即当发现局部变形点,并通过叠加匹配得出其坐标变化值  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$  后,在对其周围的图象作纠正前,需首先计算出待纠正点至已知控制点和变形点的距离,若在 3 个最近距离中,包括变形点则进行纠正,否则不纠正.设待纠正点至变形点的距离为  $R_0$ ,而至另二个控制点的距离为  $R_1$  和  $R_2$ ,则根据待纠正点与控制点和变形点距离有关的特点,通过大量的试验,总结出以下对待纠正点进行纠正的关系式:

$$K = \frac{(4R_0 + R_1 + R_2) \times R_1 \times R_2}{(R_0 + R_1) \times (R_0 + R_2) \times (R_1 + R_2)} \quad (2)$$

$$\Delta x = K\Delta X \quad \Delta y = K\Delta Y$$

式中  $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$  分别表示待纠正点、变形点  $x$ 、 $y$  方向的变量量.

可以证明  $0 \leq K \leq 1$ ,当待纠正点为变形点时,则按式(2)计算的  $K = 1$ , $\Delta x = \Delta X$ , $\Delta y = \Delta Y$ ;当待纠正点为控制点时,则按式(2)计算的  $K = 0$ , $\Delta x = 0$ , $\Delta y = 0$ ,即控制点不纠正.当变形纠正后,即将纠正后的变形点作为以后纠正用的控制点(图 4 为局部纠正的示意图),以后重复图 2 所示的局部纠正过程.

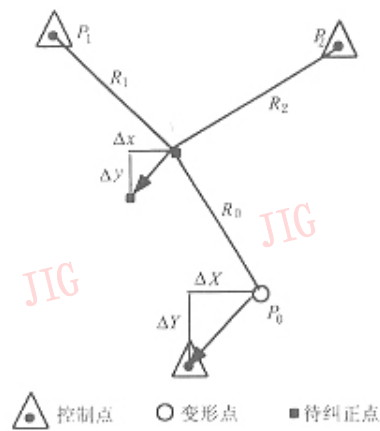


图 4 局部纠正示意图



图 5 图象纠正控制点选择次序图

### 2.3 控制点的选取和重采样

控制点的选取是图象纠正的一个重要步骤,因为控制点的均匀分布选取可以有效地加快纠正过程.本文采用了自顶向下的控制点选取方法,以逐步缩小控制点的控制范围.图 5 给出了一个局部纠正控制点选取的典型例子,图中的点号为控制点选取的次序,控制点的多少则根据地图与图象叠加的效果来人为地决定.一般来说,在平坦地区需要较少的控制点,而在地形起伏较大的地区,则需要较多的控制点.

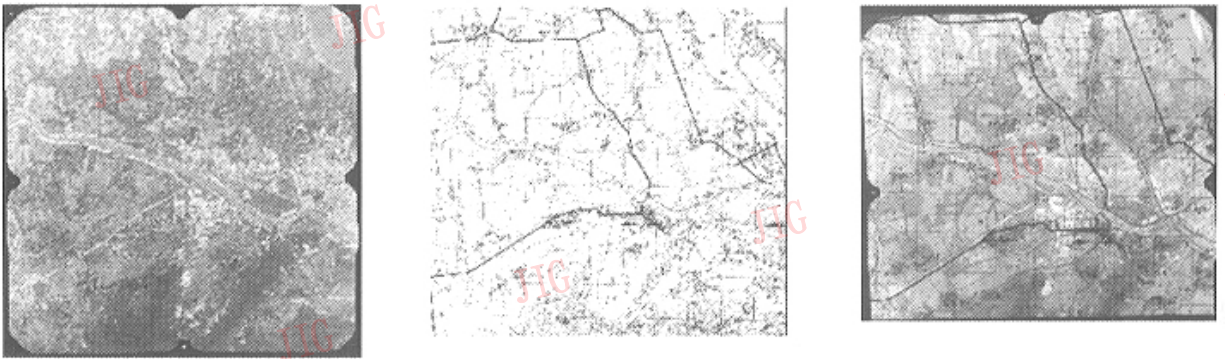
在地图与航空影像叠加匹配满意后,即可进行影像纠正.本文试验中,纠正重采样所采用的方法是逆映射方式,这种逆映射方式较向前映射方式重采样具有许多的优点<sup>[4]</sup>,如在前面的纠正过程中,每一

步都是对地图的纠正,其实质就是逆映射,这样在最后的航空影像的纠正时,只需重复初纠正和局部纠正的算法,就可以将空间位置逆映射至原图象上.

### 3 实验结果

基于以上的思想,开发了航空影像的纠正软件,可在 Dos 和 Windows 环境下运行,所用的实验数据是丘陵地区的航空影像和相应地区纠正后的地形图.

图 6(a)为原航空影像,图 6(b)为纠正后的地图.在进行了初步纠正后,又选择了 12 个控制点,共选了 16 个控制点,图 6(c)为纠正后的航空影像与地形图叠加的图象,整个纠正过程包括选点和纠正共花费 1h,通过对叠加图象的漫游显示,即可看到



(a)原航空影像

(b)纠正后的地图

(c)纠正后的航空影像与地图的叠加

图 6 某丘陵地区航空影像与地图匹配纠正结果

纠正后的航空影像与地图匹配得很好,个别点处虽然存在着残差,但残差都在 2 个像素范围内.

### 4 结论

本文在对航空影像进行纠正的研究中,采用了图形与图象叠加并匹配选点的方法,解决了控制点人工量算坐标不准确、繁琐的问题,提出的局部纠正方法成功地纠正了航空影像因地形起伏和其他因素引入的变形.采用的控制点自顶向下的控制技术,将整幅图象的纠正转化为越来越小的局部纠正问题,如果有充足的控制点就可达到很高的纠正精度.但在地形图缺少信息,无法提供较多控制点的情况下,不能进行有效的纠正.

### 参 考 文 献

- 1 王之卓.摄影测量原理续编.北京:测绘出版社,1986.
- 2 王峰.灰度图象的快速漫游.测绘信息与工程,1998(2):3639.
- 3 王峰.SuperVGA 下 256 色和真彩色 TIFF 文件的快速显示.测绘信息与工程,1997(1):3446.
- 4 崔屹.数字图象处理.北京:电子工业出版社,1997.

王峰 副研究员,目前在原武汉测绘科技大学(现武汉大学)攻读博士学位,主要从事遥感技术应用、地理信息系统、三维城市景观等方面的研究工作,已发表文章 8 篇.

林宗坚 教授,1965 年毕业于武汉测绘学院航测系,现任中国测绘科学研究院院长,博士生导师,研究方向为遥感图象处理与识别、地理信息系统、计算机视觉等.