

## 遥感图像的位置校正算法

杜明义

(辽宁工程技术大学)

**摘要** 通过对遥感图像解译中传统的几何位置校正方法的研究,提出了一种曲面样条函数算法,从而能解决传统方法校正不完全的缺陷。

**关键词** 遥感图像;几何畸变;位置校正;曲面样条

中国图书资料分类号 P231

### Position Revision Algorithm for the Remote Sensing Image

Du Mingyi

(Liaoning University of Technology, Fuxin, 123000)

**Abstract** In this paper, through study of traditional methods of geometric position revision in remote sensing image interpretation, the author puts forward curved surface spline function algorithm that can solve the uncomplete revision problem in traditional methods.

**Key words** Remote sensing image; Geometric distortion; Position revise; Curved surface spline

在遥感图像处理中,由于各方面的原因,图像发生几何畸变。在图像解译中,首要任务就是图像的几何校正,包括位置校正和亮度值校正。由于传统的多项式算法在解决校正问题中的缺陷,本文提出了曲面样条函数算法,可以解决传统方法中校正不完全的问题。

#### 1 几何畸变产生的原因

在遥感图像中,有多种因素可引起几何位置上的变化,产生行、列的不均匀,像元大小不等,形状不规则等多种畸变,归纳起来,主要有以下几方面的原因<sup>[1]</sup>:

- 1) 地球自转造成的影响;
- 2) 地球表面曲率的影响;
- 3) 全景畸变,即传感器扫描角较大引起图像的一种畸变;
- 4) 遥感平台位置与运动状态引起的畸变,主要是平台高度、速度、俯仰、翻滚、偏航等的变化引起的畸变。
- 5) 传感器的影响。

所有引起畸变的因素综合效果使所得图像数据在辐射校正后必须进行几何校正。

根据畸变原因,利用计算公式和其他辅助数据可以进行系统校正,称为粗校正,它常在卫星

收稿日期 1999-02-16

资料中心完成,但这样的校正是粗略的,图像产品在做定量解译以前还需要用户作进一步工作,使图像的几何位置符合某种地理坐标系,与地图配准,也就是利用地面控制点作精密校正,又称为精校正。

## 2 几何畸变的位置精校正

### 2.1 校正思路

原始的被畸变的图像像元点之间的对应地面距离是不相等的,如图 1 所示,但在图像上仍表示为等间距的网格点。校正后的图像亦是等间距的网格点,以地面为标准也是符合某种投影的均匀分布点,如图 2 所示。这些点对应到图像上可以看作像

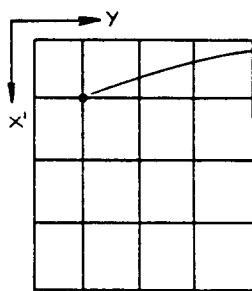


图 1 校正后图像

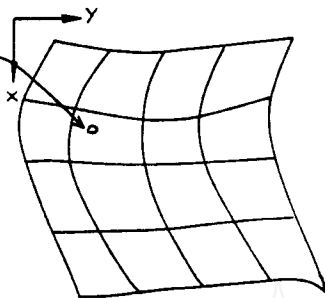


图 2 校正前图像

元的中心,因此,必定可以找到某种数学关系,来描述变换前后图像坐标 $(x, y)$ 和 $(x', y')$ 之间的换算关系。而且,整数 $(x', y')$ 的像元点在原图像坐标系中一般不在整数 $(x, y)$ 点上,亦即不在原图像像元的中心处。所以,必须把校正后图像中的每一点找到图像中的对应位置。

两个图像点间对应关系,一般描述为数学关系

$$x = f_x(x', y') \quad y = f_y(x', y') \quad (1)$$

根据已有控制点,具体确定二者的数学关系。

### 2.2 位置精校正的算法

传统的精校正算法常将关系式(1)表示为二元 $n$ 次多项式

$$\left. \begin{aligned} x &= a_{00} + a_{10}x' + a_{01}y' + a_{11}x'y' + a_{20}x'^2 + a_{02}y'^2 + \dots \\ y &= b_{00} + b_{10}x' + b_{01}y' + b_{11}x'y' + b_{20}x'^2 + b_{02}y'^2 + \dots \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

利用在两图像上已知的控制点,采用最小二乘法,在满足 $[V_x V_x] = \min$ 和 $[V_y V_y] = \min$ 的条件下,可求出 $f_x(x', y')$ 和 $f_y(x', y')$ 。

然而,这种方法只能反映图像变换前后的变化趋势,无法反映局部的细微变化,即使在已知的控制点上也无法得到精确校正,假设在控制点 $(x'_k, y'_k)$ ,可求得 $(x_k^*, y_k^*)$ ,而与原图像中该控制点坐标 $(x_k, y_k)$ 一般情况下不相符,即: $\Delta x = x_k^* - x_k \neq 0, \Delta y = y_k^* - y_k \neq 0$

显然从理论上讲,并没有达到精校正的目的。为此,我们引入如下曲面样条函数算法<sup>[2]</sup>

$$x = a_0 + a_1x' + a_2y' + \sum_{i=1}^n F_i r_i^2 \ln r_i^2 \quad y = b_0 + b_1x' + b_2y' + \sum_{i=1}^n G_i r_i^2 \ln r_i^2 \quad (3)$$

式中, $a_0, a_1, a_2, F_i (i = 1, 2, 3, \dots, n), b_0, b_1, b_2, G_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ 为待求参数, $r_i$ 为各控制点与校正点间的距离。

为了获取每个表达式中的 $n + 3$ 个未知参数,可解如下方程组:

$$\left. \begin{aligned} x_j &= a_0 + a_1x'_j + a_2y'_j + \sum_{i=1}^n F_i r_{ij}^2 \ln r_{ij}^2 \\ \sum_{i=1}^n F_i &= 0, \quad \sum_{i=1}^n x'_i F_i = 0, \quad \sum_{i=1}^n y'_i F_i = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

和

$$\left. \begin{aligned} y_j &= b_0 + b_1 x'_j + b_2 y'_j + \sum_{i=1}^n G_i r_{ij}^2 \ln r_{ij}^2 \\ \sum_{i=1}^n G_i &= 0, \quad \sum_{i=1}^n x'_i G_i = 0, \quad \sum_{i=1}^n y'_i G_i = 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$(j = 1, 2, 3, \dots, n, r_{ij}^2 = (x'_i - x'_j)^2 + (y'_i - y'_j)^2)$$

方程(4)和(5)也可由矩阵形式给出:

$$AX = B \quad AY = D \quad (6)$$

其中,  $X = (F_1, F_2, \dots, F_n, a_0, a_1, a_2)^T$   $Y = (G_1, G_2, \dots, G_n, b_0, b_1, b_2)^T$

$$B = (x_1, x_2, \dots, x_n, 0, 0, 0)^T \quad D = (y_1, y_2, \dots, y_n, 0, 0, 0)^T$$

$$A = \begin{bmatrix} r_{11}^2 \ln r_{11}^2 & r_{12}^2 \ln r_{12}^2 & \cdots & r_{1n}^2 \ln r_{1n}^2 & 1 & x'_1 & y'_1 \\ r_{12}^2 \ln r_{12}^2 & r_{22}^2 \ln r_{22}^2 & \cdots & r_{2n}^2 \ln r_{2n}^2 & 1 & x'_2 & y'_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{1n}^2 \ln r_{1n}^2 & r_{2n}^2 \ln r_{2n}^2 & \cdots & r_{nn}^2 \ln r_{nn}^2 & 1 & x'_n & y'_n \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x'_1 & x'_2 & \cdots & x'_n & 0 & 0 & 0 \\ y'_1 & y'_2 & \cdots & y'_n & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

显然,解矩阵方程(7)和(8),即可求得  $2 * (n+3)$  个未知参数,来确定  $(x, y)$  和  $(x', y')$  的相互转换关系式(1)。由上可知,两个方程的系数矩阵完全相同,这就为方程的解算提供了方便。

当  $r_{ii} = 0$  时,所求出的  $(x, y)$  与控制点在原图像中的坐标相等,即满足:  $\Delta x = x - x^* = 0$ ,  $\Delta y = y - y^* = 0$ ,从而实现了精校正。

### 3 控制点的选取

由上可见,  $(x, y)$  和  $(x', y')$  的转换关系是一个非线性关系式,对位置的校正精度取决于控制点数目。控制点数目多,自然可提高校正精度,但无疑增加了矩阵的维数,为方程求解带来困难,并占用大量计算机资源。而控制点数目太少,又无法保证校正精度,因此控制点数目选取是十分重要的。

除控制点数目外,其位置选取在几何校正中也有较大的影响,为了保证控制点的准确性,一般选用在图像上易分辨且目标较小的突出特征,很容易用目视方法辨别,如道路交叉点,河流分叉处,小岛屿,飞机场等,而且这些特征在研究的时间范围内没有变化,并在整个研究区内均匀布设,且在图像边缘处加以控制,这样可保证校正的精度。

### 参考文献

- 1 陈述彭,赵英时. 遥感地学分析. 北京:测绘出版社,1990
- 2 杜明义. 矿床模型建模方法. 东北大学学报(自然版),1994 年增刊
- 3 彭望碌. 遥感数据的计算机处理与地理信息系统. 北京:北京师范大学出版社,1991

作者简介: 杜明义 35岁、硕士,辽宁工程技术大学副教授。

地址: 辽宁工程技术大学 333 信箱; 邮编: 123000