

几何纠正的快速实现

——IRSA-2 遥感图像处理系统的发展之四

李丽 高朋 朱重光

(中国科学院遥感应用研究所)

1986年10月21日收稿

一、引言

几何纠正遥感图像处理中占有非常重要的地位。利用地面控制点进行几何精纠正常用的方法是多项式逼近法。设几何畸变服从多项式:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^{n-j} a_{jk} \cdot x^j \cdot y^k \\ \eta &= \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^{n-j} b_{jk} \cdot x^j \cdot y^k \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中, x, y 为纠正前的坐标, ξ, η 为纠正后的坐标。将控制点变换前后的相应坐标代入(1)式,并用最小二乘法求系数 a 及 b ,从而得到纠正关系式。多项式拟合进行纠正时,具体实现方法不是利用(1)式,而是用它的反函数:

$$\left. \begin{aligned} x &= \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^{n-j} a'_{jk} \xi^j \eta^k \\ y &= \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^{n-j} b'_{jk} \xi^j \eta^k \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

即从移出图像出发,给定坐标点 (ξ, η) ,在原始图像中寻找对应位置 (x, y) 的灰度值。

遥感图像数据量大,例如,单波段陆地卫星多光谱整幅图像数据为7兆字节。直接进行纠正处理,对计算机系统要求较高,特别是在小型机上实现时很费机时。由(2)式可以看出,经过多项式变换后,输出图像上的一行,可能会映射到原始图像上的很多行,例如40行、80行、或更多行的数据。这么多的数据,一般小型机的内存是容纳不下的。因此必须借助于大容量外存。一般是在内存中开辟一个窗口,将图像数据部份地读入,例如8行或16行。几何纠正时,根据变换坐标,在窗口中寻找对应的灰度值。但是,由于窗口不可能开的太大,常常会出现变换后的像元不在窗口中的情况。在这种情况下,必须对窗口进行数据更新,即去掉老的数据,从外存储器补充新的数据进行。做一行几何变换,需要几十次的内外存数据交换,窗口越小,内外存数据交换就越频繁。IRSA-2 遥感图像分析处理系统^[1],使用 ECLIPSE S 140 计算机,内存容量为1兆字节,但分配给一个用户的只有64千字节,因此,在处理过程中,内外存数据交换极为频繁。外存的输入输出速度较慢,

一般是毫秒数量级。IRSA-2 系统使用的 96 兆字节磁盘组,平均存取时间为 35 毫秒。在操作系统下读写一个记录时,先要查找文件目录,由于磁盘空间的限制,特别是在多用户下,图像文件很难用连续文件的形式记录在磁盘上,因此,往往需要查找多级目录,即多次访问内外存,才能够读写一行图像数据。因此,在小型机上进行遥感图像几何纠正处理,是相当耗费机时的。提高几何纠正处理速度,对遥感图像处理系统,特别是小型计算机构成的处理系统有十分重要的意义。

为此,我们在 IRSA-2 图像处理系统中,充分利用了系统硬软件资源,有效地提高了效率。现将我们采取的几项措施,分述于后。

二、利用彩色图像显示器的刷新存储器作为扩展内存

如前所述,几何纠正处理过程,需要频繁的内外存数据交换,从而大大增加了处理时间,降低了效率。

IRSA-2 系统的图像显示器,有四个 $512 \times 512 \times 8$ 字位的图像平面,刷新存贮器的总容量为 1 兆字节。通过刷新存贮器的软件接口^[2],可以对刷新存贮器进行存取。刷新存贮器采用随机存取方式通过译码器确定数据地址,节省了大量机械定位时间,与磁盘外存相比,读写速度快得多,其最大数据传输率为 1.2 兆字节/秒。因此,读写一行图像显示器数据,只需 0.5 毫秒。所以,用 COMTAL 显示器刷新代替磁盘作为大容量外存,将会大大提高几何纠正的处理速度。目前的显示系统都配有刷新存贮器,因此,利用刷新存贮器作为高速扩展内存这一方法,具有一定的普遍意义。

1. 数据结构

COMTAL 刷新存贮器的一行,只能容纳 512 个像元。为了能表示整景陆地卫星图像的一个数据行,需要对刷新存贮器重新进行组织。陆地卫星 MSS 影像的一个扫描行,不能超过 3600 个像元,因此,在重新组织刷新存贮器时,设每一扫描行为 3584 个像元,将整个图像平面按 7 行一组划分为 73 个组,每组可存贮 $512 \times 7 = 3584$ 个像元,对应于一个图像数据行。除 73 个数据行之外,还剩下最后一个刷新存贮器行用来传递控制信息,如图 1 所示。

任意像元在刷新存贮器中的位置,可以这样来确定:

设像元位置为 (x, y) , 刷新存贮器中的位置为 (I, J) , 则

$$\left. \begin{aligned} I &= x - \text{INT}[(x-1)/512] * 512 \\ J &= (y-1) * 7 + \text{INT}[(x-1)/512] \end{aligned} \right\} (3)$$

其中, $0 < x \leq 3584$, $0 < y \leq 73$ 。

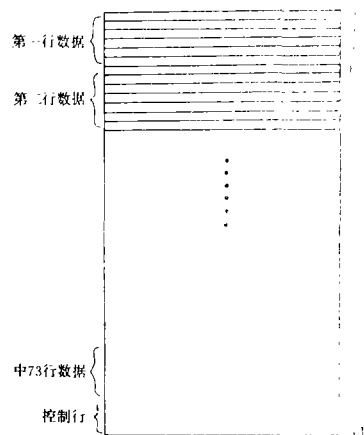


图 1 图象数据在刷新存贮器中的安排
Fig. 1 Arrangement of image Data in the refresh memory

2. 控制行

控制行为每个图像平面的最后一行,共有 256 个字,用来控制图像平面的占用和释放,传递图像文件名及其它一些控制信息,如图 2 所示。

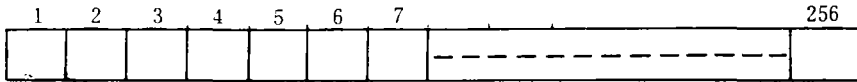


图 2 控制行

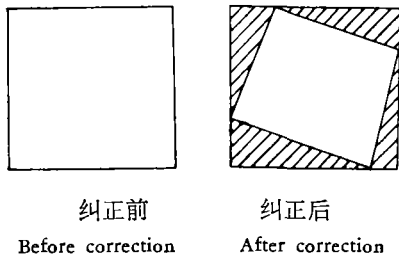
Fig. 2 The control line containing parameters and control words

控制行的具体分配为:

- 1: 未用。
- 2: 当前行号。图像平面中首行图像数据在实际图像中的行号。
- 3: 控制字。其值可为:
 - 1111 请求打开输入图像文件,输入图像在控制行的 8—28 字中。只限于图像平面 1。
 - 2222 输入图像已打开,控制行中 4,5 两字为输入图像的行数和列数。只限于图像平面 1。
 - 888 释放该图像平面。
 - 999 占用该图像平面。
- 4—7: 参数区。当控制字为 1111 时,参数区用来传递图像的波段号。当控制字为 2222 时,用来传递图像的行数和列数。只限于图像平面 1。
- 8—28: 文件名区。当控制字为 1111 时,此区为输入图像文件名。只限于图像平面 1。
- 29—256: 未用。

三、设置两套纠正系数的处理,省去对无效空间的纠正计算

几何纠正的变换,是从目的图像变换到原始图像的。纠正后的图像往往会有一定倾斜变形(图 3)。很明显,图中阴影部份是图像外的无效部份。为节省这部份的纠正计算,采用了两套纠正系数的方法。



纠正前

纠正后

Before correction

After correction

图 3 纠正前后的图象

Fig. 3 The Image before and after correction

两套纠正系数包括正函数多项式(目的影像是关于原始影像作自变量的函数关系)和反函数多项式(原始影像是关于目的影像作自变量的函数),即(1)式和(2)式。正函数式用来计算目的影像的轮廓范围,反函数是在这范围内作纠正处理。这样可消除处理范围以外的无效作业,节省了这部份处理时间。当然,纠正前也可以事先估算影像倾斜多大,如果倾斜太大,也可以

在机器内使目的影像逆转一个角度,从而减少无效空间。

四、多道程序处理

鉴于几何纠正处理中,数据输出、入时间虽长,但占用 CPU 时间并不多这一情况,考虑建立两个进程,将纠正计算与数据输入分开。处理进程与数据进程以显示器刷新存储器为缓冲区,根据处理进程的请求,数据进程不断地将新数据送入缓冲区。处理进程发出数据请求后,继续向前,一般情况下,无需等待。四个图像平面一次可容纳 292 行图像数据,原先内外存数据交换,转化成内存与刷存之间的交换。就处理进程而言,完全脱离了慢速的磁盘文件输入。

数据进程与处理进程之间的通讯,利用每个图像平面的控制行,两进程之间的通讯包括四种。

1. 打开输入图像

处理进程是主控制进程,所有参数,包括输入图像名,均由此进入进程输入。当处理进程获得输入图像名后,应传送给数据进程,由数据进程打开图像文件,为以后输入数据作准备。

2. 回送图像头信息

数据进程打开输入图像后,读出图像的头信息,包括图像的行数、列数,以及波段数等等,然后将图像头信息回送给处理进程。

3. 数据请求

完成上述两次通讯之后,处理进程发生数据请求。每次请求数据进程向缓冲区输入 73 行图像数据,处理进程应给出首行在输入图像中的行号。

4. 图像平面占用

当数据进程接到处理进程的请求后,从磁盘中读出数据送入缓冲区,数据传送结束后,数据进程将控制字置为图像平面占用状态。处理进程使用该图像平面的数据后,即释放该图像平面,并向数据进程发出数据请求。

几何纠正的多道程序并行处理,是以显示器的共享特性为基础的,即 ECLIPSE S 140 与显示器的软件接口,为多进程共享刷新存储器创造了条件。几何纠正快速实现流程如图 4 和图 5 所示。

五、结 束 语

在 IRSA-2 遥感图像处理系统上,采用本方法后,使几何纠正处理速度大大提高。对整幅单波段陆地卫星多光谱影像数据,用三次多项式双线性内插纠正处理,小于 58 分钟,

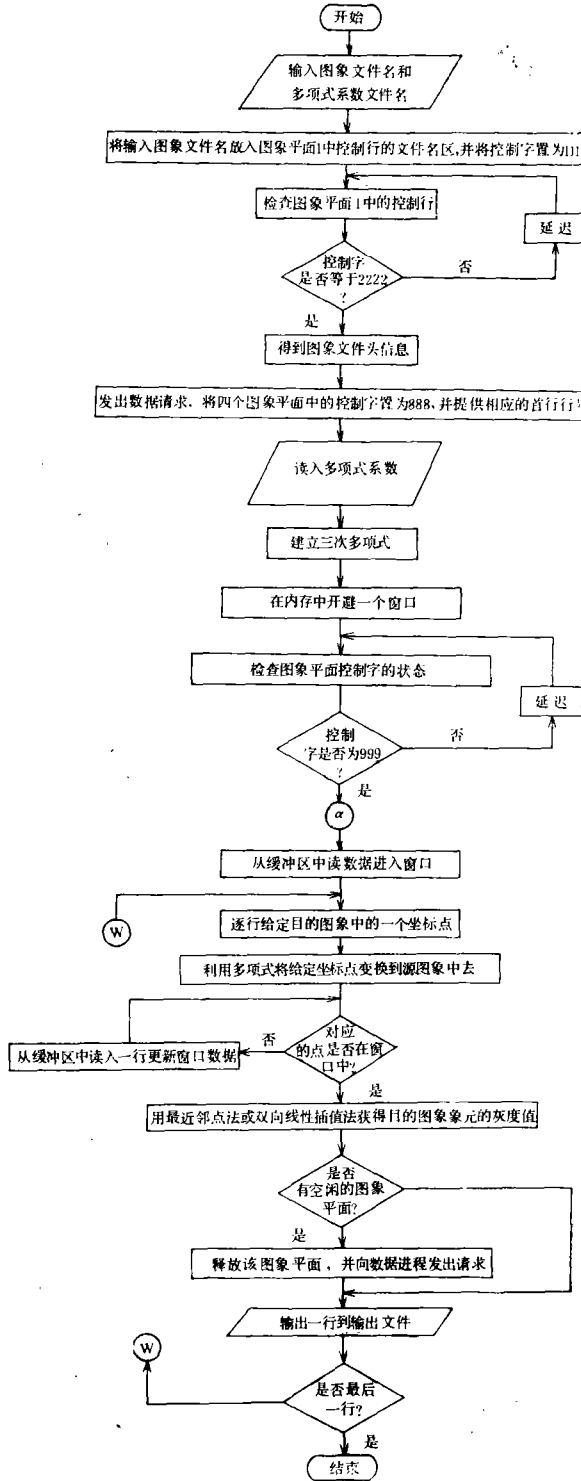


图 4 处理进程流程图

Fig. 4 Flow chart of processing procedure

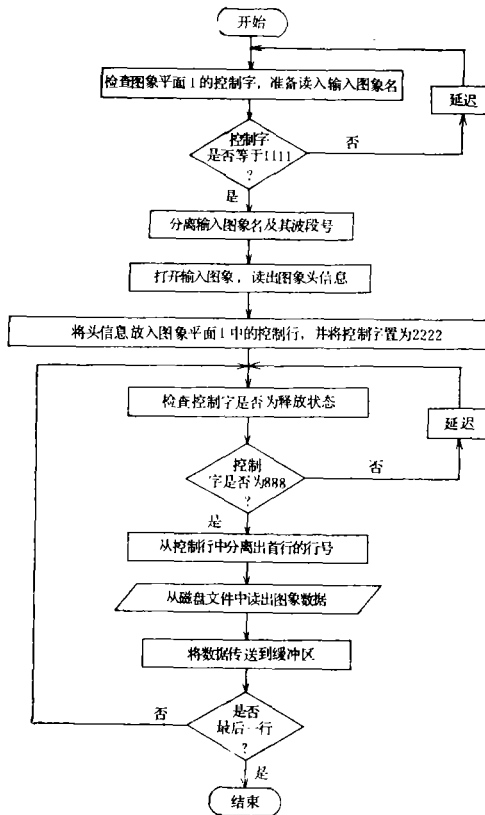


图 5 数据进程流程图

Fig. 5 Flow Chart of Accessing Image Data Procedure

比原来提高四倍以上。本方法与行和列分别纠正的方法^[3], 都已作为 IRSA-2 遥感图像处理系统的几何纠正应用软件正式使用。

参 考 文 献

- [1] 杨世仁、李丽, IRSA-2 遥感图像分析处理系统, 环境遥感, 1(1), 1986。
- [2] 李丽、高朋, 虚拟 COMTAL 显示器的设计与实现, 环境遥感, 1(3), 1986。
- [3] 杨世仁, 数字图像处理中的几何形状变换及图象数据组织, 计算机学报, (1), 1980。

The Fast Implementation of Image Geometric Correction —The Development of IRSA-2 Digital Image Processing System (4)

Li Li Gao Peng Zhu Chongguang

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

In this article, the techniques of fully utilization of system hardware and software resources for increasing computing speed of image geometric correction for mini-computer based digital image processing system are introduced. These techniques are: the refresh memory planes of the image display device are used as the buffer storage of the image data for reducing the number of data transfer between the disk drive and internal memory; two sets of polynomial coefficients are adopted for discarding the redundant computation of non-available image space; and the multiprocess multi-program techniques are used in software implementation. The computing speed of geometric correction of large image data such as the Landsat MSS image data is increased significantly. These techniques have been implemented in the IRSA-2 digital image processing System and can be used in all mini- or micro-computer based digital image processing systems.