

卫星遥感数据景的地理坐标工程计算

张建国

(中国科学院遥感卫星地面站)

1991年7月10日收稿

摘 要

在卫星遥感数据预处理中,图像地理坐标是基于卫星观测视线向量的变换和景基准点地理坐标的计算而确定的。本文介绍了景基准点地理坐标的计算原理和运行系统工程计算的实现方案。

关键词 卫星遥感数据 景 基准点 工程计算

一、引 言

用于地球资源环境观测的航天遥感数据需经几何校正处理,才能更准确地反映地面情况,其中图像地理坐标的计算则是几何校正的基本步骤。一景(scene)卫星图像的地理位置特征可以用一组景的基准点(benchmark)的地理坐标来代表。以基准点为依据,可以推算全景的地理坐标、进行各种地图投影变换以及图像数据的重采样,实现系统几何校正处理。本文介绍了以CCD线阵推扫方式获取的卫星遥感数据景的地理坐标计算的工程运行模拟,其直接目的是,以系统作业工作形式的计算机程序过程,实现对法国SPOT的数据景的基准点地理坐标的工程计算。在实际运行系统的应用中,以这些计算软件为基础,加工成为卫星遥感数据预处理系统及其专用数据处理机中的有关功能模块,参与系统生产运行的几何校正工作。

二、算法原理概述

在数据预处理工程的常规作业设计中,图像数据的景基准点的计算,基于卫星空间位置的推算,和星载探测仪器对地球观测状态的一系列测算及相应视线向量的变换,最终确定基准点在地面上的地理位置,并按照某种坐标系将其投影变换为平面坐标数据。

1. 视线向量变换

已知卫星运行中传感器的偏转姿态和相对观测位置,每个传感器对地球的观测方向可以用一视线单位向量VUV(View Unit Vector)或V来描述:

$$V = \frac{u}{|u|}, \text{ 其中 } u = \begin{pmatrix} -\tan \phi_y \\ \tan \phi_x \\ -1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中 ϕ_y, ϕ_x 为在仪器参照坐标系 $(X_{h_i}, Y_{h_i}, Z_{h_i})$ 中的视线方向张角。仪器参照系中视线方向如图 1 所示^[1]。扫描行两端的 VUV 的两组张角 ϕ_{x1}, ϕ_{y1} 和 ϕ_{x2}, ϕ_{y2} 代表了探测仪器整个扫描行相对于仪器的位置关系, 据此可以插值求出扫描行上任何传感器的观察方向。

卫星任务载荷安装方位不同, 尤其在载有多部探测器时, 视线向量需经过一系列变换^[2]以便建立对地面上点的关系。在卫星姿态参照坐标系 (X_a, Y_a, Z_a) 下视线向量 VUV 表达为:

$$V_a = M_{h_i} * V_{h_i} \tag{2}$$

其中, i 表示第 i 部星载探测器 H_i 的情况, V_{h_i} 为 H_i 在 $(X_{h_i}, Y_{h_i}, Z_{h_i})$ 下的 VUV, M_{h_i} 为 H_i 的卫星姿态旋转矩阵。

由于卫星姿态参照系与卫星局部轨道参照坐标系 (T, R, L) 之间的偏移, VUV 需进一步转换为:

$$V_o = M_a * V_a \tag{3}$$

其中, M_a 为姿态参照系与局部轨道参照系之间的旋转矩阵。

局部轨道参照系 $G(T, R, L)$ 的定义是 G 为卫星质量中心; \vec{L} 为局部法线向量, 对地球中心反向; \vec{R} 为正交于 \vec{L} 、位于包含速度向量的垂直平面上且 $\cos(\vec{V}, \vec{R}) \geq 0$; \vec{T} 为 $\vec{R} \wedge \vec{L}$ 之积。 $G(T, R, L)$ 的示意如图 2。

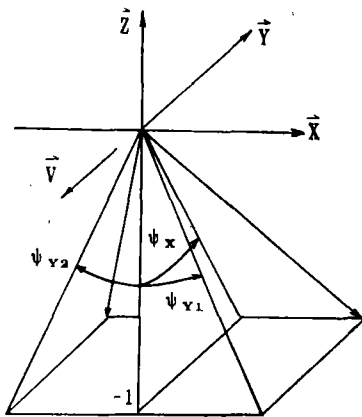


图 1 仪器参照坐标系中视线方向
Fig. 1 Viewing / Look Directions in the Instrument Reference System

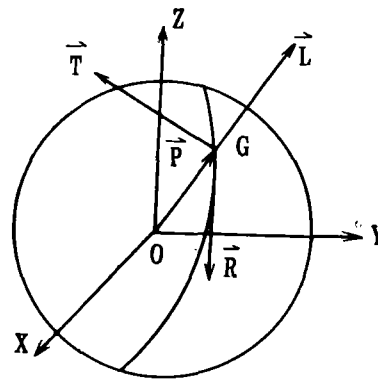


图 2 局部轨道参照系
Fig. 2 Local Orbital Reference Frame

可以测量和计算出卫星的质量中心的位置和速度, 因此局部轨道参照系与地球中心参照坐标系的转换关系可由旋转矩阵 M_o 表示:

$$M_o = |T_o, R_o, L_o|, \tag{4}$$

其中 $T_o = \frac{V * OG}{|V * OG|}$, $R_o = \frac{OG * T}{|OG * T|}$ 和 $L_o = \frac{OG}{|OG|}$, 式中 O 为地球质量中心, G 为卫星质量中心。

最后, 在地心参照系下的 VUV 为 $V = M_o * V_{oo}$

2. 卫星位置计算

卫星任务运行控制中心对数据预处理系统提供精确轨道参数。这组参数以足够满足处理精度要求的时间间隔,描述了卫星经过地面数据接收站时,轨道的空间位置和相应的卫星运动速度。星上有效载荷的作业时相信息是以星上时为计时基准的。在星上时的参考标准采用世界时的工作条件下,若计算卫星某一星上时特定时刻的空间位置和运动速度,需要首先找到与这一时刻对应的世界时的时刻:

$$t = t_0 + a * (HB - C_0) + (ns * nl + nf) * nt \quad (5)$$

式中, t_0 为星上时的计时起始时刻; a 为星上时的时钟计时周期; C_0 为 t_0 时刻星上计时器计时状态; HB 为星上时时间值; ns 为一段景序列中的景序数, nl 为每景的数据传输行数; nf 为某一特定景中数据传输行序数; nt 为每数据行占用的传输时间,单位秒。

建立了与星上时间的关系后,在任何时刻 t 的卫星空间位置和运动速度均可通过插值方式根据轨道参数求出,例如,计算可具有如下 7 阶拉格朗日插值形式:

$$X = \sum_{i=1,8} X_j * \frac{\prod_{i \neq j} (t - t_i)}{\prod_{i \neq j} (t_j - t_i)} \quad (6)$$

3. 地面点计算

根据卫星的空间位置以及某一探测器对地球的观测方向,对应于一个视线单位向量的地面上的一点可以表达为如图 3 示意关系:

$$R = P - d * V, \quad (7)$$

其中, P 为卫星位置向量; V 为 VUV 在地心参照系下星上观测点的视线单位向量; d 为斜距比例系数¹⁾。依据地球椭球形参数可解出 d 和 R , 例如取地球赤道半径 $a = 6,378,137\text{m}$, 极半径 $b = 6,356,752.3141\text{m}$ 。

进而可以计算出这一卫星观测点在地心参照系下,所对应的地面经纬度 λ 、 φ :

$$\lambda = \arctan \frac{R_y}{R_x}, \quad \varphi = \arctan \frac{R_z * \sin \lambda}{R_y * 0.9933056199771} \quad (8)$$

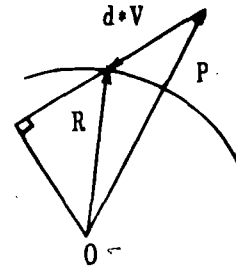


图 3 视线向量与地面点转换

Fig. 3 Conversion from the View Vector to the Ground Point

三、数据工程处理概述

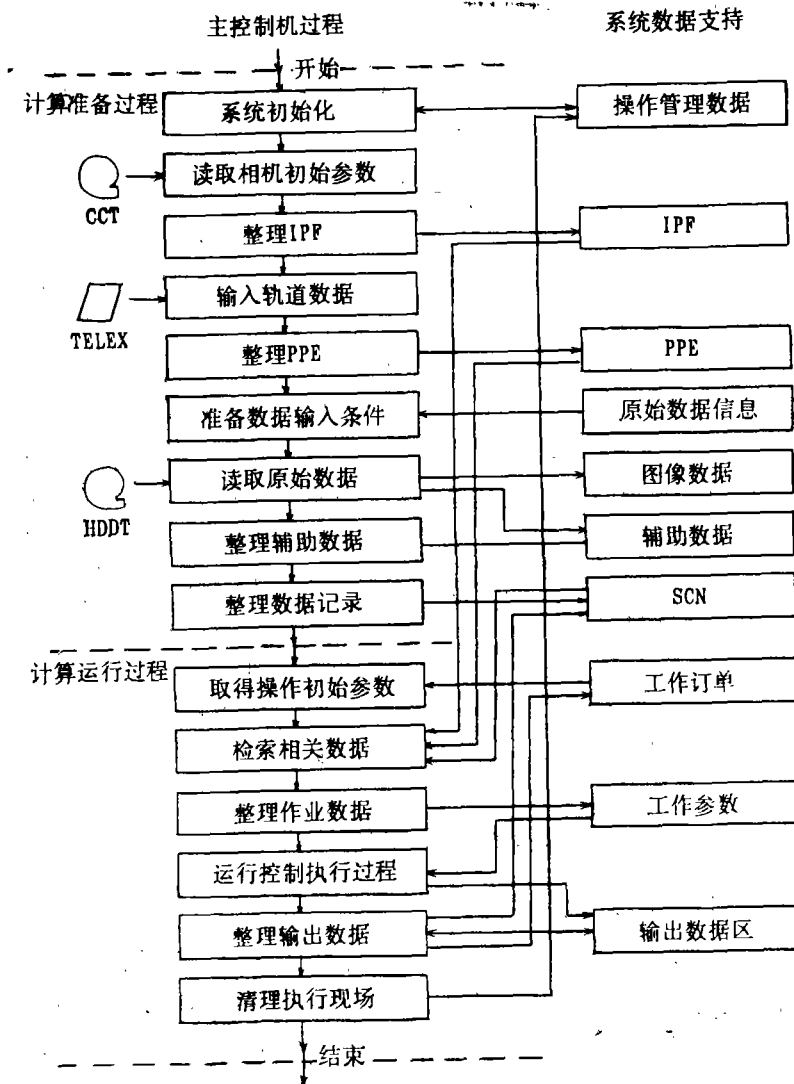
1. 数据条件与数据输出

在运行系统工程处理的动态数据基本条件中,有关星上任务载荷的参数主要来自任务载荷初始化数据包,其中包括探测器典型传感器相对张角 $\phi_{x,i}$ 、 $\phi_{y,i}$, 视线向量旋转矩阵 $M_{h,i}$ 、 M_o ;有关卫星遥测数据的参数主要来自卫星遥测辅助数据,其中包括星上时间和

1) 梁泽环, SPOT 景象数据的系统校正与几何校正,中国科学院遥感卫星地面站工作报告,1990 年。

数据传输行计数,探测仪器工作状态和观测偏转步数;有关运动轨道的参数主要来自卫星遥测辅助数据和地面卫星测量跟踪系统的精确轨道数据,其中包括卫星的时间参数和世界时时间,轨道的空间位置和轨道测量采样点速度;有关作业任务的参数主要来自预处理系统指令数据包,其中包括探测仪器的指定,景序数的指定,数据输出投影方式的指定,等等。

针对工程计算应用的具体环境,数据预处理运行系统对景的基准点的计算输出可能有几种形式要求。由于不同探测仪器甚至不同波段的传感器获取的原始数据图像尺寸不同,作为系统作业过程中间参数的基准点网格,其数据输出形式的设计应以便于组织后继阶段的像元位置插值工程运算为原则。另一方面,一般遥感数据预处理产品标准至少要



(a)

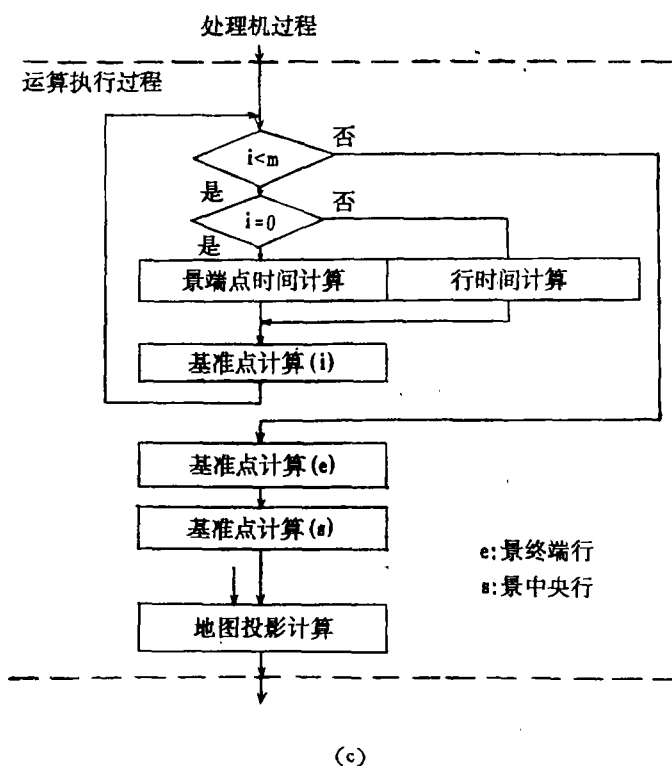
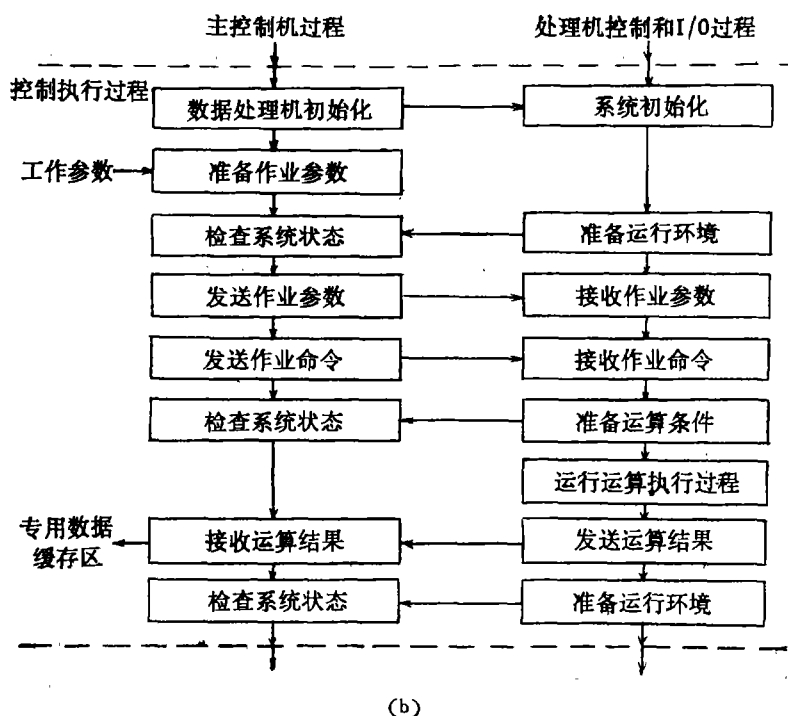


图 4 景的基准点地理坐标工程计算流程方框示意图

求提供图像景中心点经纬度值,如 TM 产品;在 SPOT 标准 1A 级 CCT 产品中,要求以有效数字 16 位的浮点数形式提供图像的四角端点和中心点五个基准点数据。这项工作可以由景基准点计算功能顺便完成。

2. 作业任务

地理坐标工程计算作业可按 4 个运行过程、3 个运行层构成。

计算准备过程的主要处理任务有:读取和整理卫星任务载荷初始化数据,记入相机初始化参数文件 IPF;输入和整理卫星任务运行控制中心提供的精确轨道参数,记入星历数据文件 PPE;检索原始数据信息记录和任务通信信息记录,计算原始数据扫描段序数参数;读取原始遥测数据,整理图像数据和辅助数据;检索和整理景信息记录文件 SCN。

计算运行过程的主要处理任务有:取得操作初始参数;检索相应的 SCN、PPE 记录和 IPF 数据并整理工程作业数据;运行控制专用数据处理机完成控制和运算执行过程;整理输出数据、操作记录数据和景信息记录 SCN;清理执行现场。这是第一运行层。

控制执行过程的主要处理任务有:准备运算的运行环境和工作参数;传递系统作业命令数据、作业运行状态数据和运算条件数据;监测数据处理运行并传递计算输出数据。这是第二运行层。

运算执行过程的主要处理任务有:世界时时间的计算;卫星观测点空间位置的计算;视线向量变换;地面对应点的计算;地图投影计算。这是第三运行层。

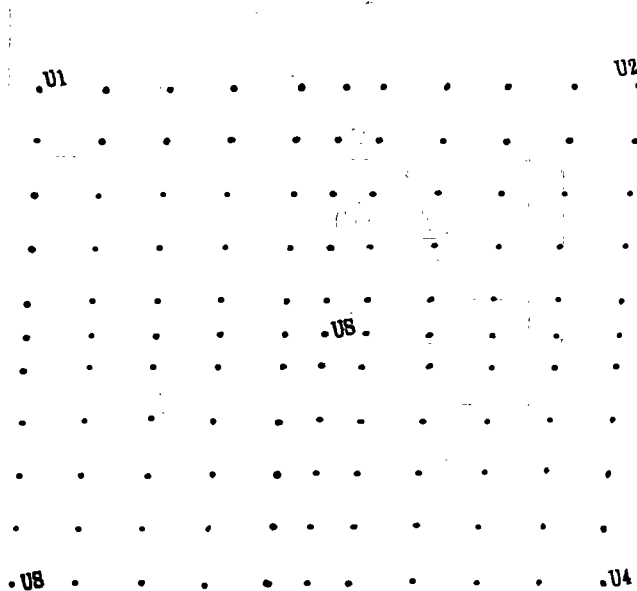


图 5 某景的基准点计算输出数据示意图

Fig. 5 Sketch of the Computation Output for Scene Benchmarks

3. 工程计算运行设计

工程计算运行设计的要点包括:

(1) 计算准备过程和计算运行过程为数据预处理系统主控制机过程, 控制执行过程主要为主控制机 I/O 处理过程和系统专用数据处理机控制与 I/O 处理过程, 运算执行过程为数据处理机过程^[1];

(2) 景的基准点网由 n 列、 m 行基准点构成, 基准点计算以行为单位进行;

(3) 由观测点空间位置计算、视线向量变换和地面对应点计算组成基准点计算通用运算因子, 参与计算作业;

(4) 为提高软件运行速度, 在结构设计计算中注意利用展开技术和分块算法。

景的基准点地理坐标工程计算流程方框示意图如图 4。景的基准点计算结果示意图如图 5。

四、结 束 语

卫星遥感数据景的地理坐标计算在数据预处理运行系统技术中, 属于系统级几何校正的作业部分; 其计算精度主要取决于相关数据的精度, 包括卫星轨道和星上有关工程参数的测量精度。作为系统校正的基础, 工程计算的性能在很大程度上取决于针对任务执行环境的数据流组织上, 包括兼顾前后运行作业的衔接及运算功能的灵活利用等方面。

参 考 文 献

- [1] SPOT TO DIRECT RECEIVING STATION INTERFACE DOCUMENT, CNES, S-/F-O1E-10-CN.
- [2] LANDSAT TO GROUND STATION INTERFACE DESCRIPTION, GSFC, 435-D-400.
- [3] 陈贻运、梁泽环、Ken Yang, 中国遥感地面站对 SPOT 数据处理的扩充, 第二代资源卫星的应用——中法卫星遥感学术讨论会论文选辑, 测绘出版社, 1989 年。

THE ENGINEERING COMPUTATION OF SCENE GEOGRAPHICAL COORDINATE FOR SATELLITE REMOTELY SENSED DATA

Zhang Jianguo

(Remote Sensing Satellite Ground Station, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

In the preprocessing of the remotely sensed data acquired by the satellites, the geographical coordinate of the image are determined on the basis of the conversions of the satellite view vectors, and the computation of the scene benchmark geographical coordinate. This paper introduces the computation principles of the scene benchmark coordinate, and a practical methodical design for an operational engineering system of the data preprocessing.

Key words satellite remotely sensed data scene geographical coordinate benchmark engineering computation