第三章 遥感影像几何校正

3.1 遥感图像的几何变形误差的影响因素

3.2 遥感影像几何校正模型简介

3.3 遥感影像正射校正

3.4 ERDAS软件平台正射校正

3.5 ENVl软件平台正射校正

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 静态误差
  - （1）内部误差
  - （2）外部误差
- 动态误差

类型

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 遥感图像的几何变形误差可分为静态误差和动态误差两大类。
- 静态误差是指在成像过程中，传感器相对于地球表面呈静止状态时所具有的各种变形误差。
- 动态误差则主要是由于在成像过程中地球的旋转所造成的图像变形误差。

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 静态误差又可分为内部误差和外部误差两类变形误差。
- 内部误差主要是由于传感器自身的性能、技术指标偏离标称数值所造成的，它随传感器的结构不同而异，误差较小，课堂内容不涉及。
- 外部变形误差指的是传感器本身处在正常工作的条件下，由传感器以外的各因素所造成的误差。例如传感器的外方位（位置、姿态）变化、传感介质的有均匀、地球曲率、地形起伏等因素所引起的变形误差等。

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 传感器成像几何形态（成像方式）带来的变形
- 传感器外方位元素变化的影响
- 地球曲率的影响
- 大气折射的影响
- 地球自转的影响

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 传感器成像几何形态（成像方式）带来的变形
- 传感器一般的几何成像方式包括：中心投影、全景投影、斜距投影等。
- 在这几种不同的类型中，其中，平坦地区的竖直摄影的中心投影是没有几何形态变形的，因为中心投影图像本身与地面景物保持相似的关系，而全景投影和斜距投影的结果，则产生图像变形。
- 通常把竖直摄影的中心投影和平行投影（正射投影）的图像视为基准图像，而全景投影和斜距投影变形规律可以通过与中心投影或正射投影的影像相比较而获得。

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 传感器外方位元素变化的影响
- 传感器的外方位元素通常指的是传感器成像时的位置和姿态角。对于 侧视雷达而言，还包括其运行速度。
- 当外方位元素偏离标准位置而出现变动时，就会使图像产生变形。
- 这种变形的影响一般是由地物点影像的坐标误差来表达的，并可以通过传感器的构像方程得以解析。

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 地球起伏的影响
- 地球表面的高低变化，将使影像点产生位移。
- 不过，具有方向投影几何形态（中心投影、全景投影等）的传感器与具有斜距投影几何形态（侧视雷达）的传感器将有不同的地形起伏像点位移规律。
- 比如在高差同为正值的情况下，地形起伏在中心投影影像上造成的像点位移是远离原点向外移动的，而在雷达影像上则是向内变动的。

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 地球曲率的影响

  地球曲率引起的像点位移类似地形起伏引起的像点位移。
- 大气折射的影响

  大气层是一个非均匀的介质，它的密度是随离地面的高度增加而递减的，所以电磁波在大气中传播的折射率也随高度而变，从而使电磁波传播的路径不是一条直线而变成了曲线，进而引起了像点位移。

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 地球自转的影响
- 在静态传感器（常规框幅式摄影机）成像的情况下，地球自转不会引起图像变形，因为其几何整幅图像是在瞬间一次曝光成像的。
- 地球自转主要地对动态传感器的图像产生变形影响，特别是对卫星遥感图像。
- 以陆地资源卫星多光谱扫描仪为例，当卫星由北向南运行的同时，地球表面也在由西向东自转，由于卫星图像每条扫描线 的成像时间不同，因而造成扫描线在地面上的投影依次向西平移， 最终使得图像发生扭曲。

遥感图像的几何变形误差的影响因素

- 传感器成像几何形态（成像方式）带来的变形
- 传感器外方位元素变化的影响
- 地球曲率的影响
- 大气折射的影响
- 地球自转的影响

第三章 遥感影像几何校正

3.1 遥感图像的几何变形误差的影响因素

3.2 遥感影像几何校正模型简介

3.3 遥感影像正射校正

3.4 ERDAS软件平台正射校正

3.5 ENVl软件平台正射校正

遥感影像几何校正模型

- 要将所获取的高分辨率遥感影像处理成具有精确地理参考坐标的影像，首先是影像方位参数的解算。
- 有了影像的方位参数，才能根据数字地面模型对其进行正射校正，使其成为具有高精度地理定位的影像，这是遥感定量化的基础。
- 然而，由于遥感影像的拍摄高度大、摄影视场角小，其传统的影像方位参数之间存在很强的相关性，它们的解算一直没有得到很好的解决（张剑清等，2002）。

遥感影像几何校正模型

- 常用的卫星影像校正模型有：
  （1）多项式模型；一影像＆GCP
  （2）参数模型（严格物理模型）一影像＆GCP＆DEM
  （3）有理函数多项式模型；一影像＆GCP＆DEM&RPC
- 多项式和有理函数模型属于非参数模型，适用于小面积的经过系统几何校正的影像，如IKONOS Geo级产品，QuickBird预备正射标准影像产品。
- 而参数模型适用于任何类型、任何大小的影像数据。

多项式模型几何校正

- 2D多项式模型数学方程如下：

$$P_{2D}(XY)=\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}a_{ij}X^iY^j$$

- 3D多项式模型数学方程如下：

$$P_{3D}(XY)=\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}\sum_{k=0}^{p}a_{ijk}X^iY^jZ^k$$

X，Y，Z为地图坐标系；
i，j，k为整数增量；
m，n，p为整数值，由0～3组成；
$m+n$（$+p$）为多项式的阶数，一般为3。

多项式模型几何校正

- 建立两图像像元点之间的对应关系

$$x=f_x(u,v)=\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n-i}a_{ij}u^iv^j$$
$$y=f_y(u,v)=\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n-i}b_{ij}u^iv^j$$

→ 2元n次

多项式模型几何校正

- 建立两图像像元点之间的对应关系

$$x=a_{00}+a_{10}u+a_{01}v+a_{11}uv+a_{20}u^2+a_{02}v^2$$
$$y=b_{00}+b_{10}u+b_{01}v+b_{11}uv+b_{20}u^2+b_{02}v^2$$

→ 2元2次

- 需求出12个系数，至少要找到6个已知的对应点（控制点）
- 如果要提高精度，必须大大增加控制点的数目，用最小二乘法进行曲面拟合求系数。

多项式模型几何校正

- 多项式法最简单，用来纠正控制点处的平面变形，适用于小范围平坦地区。
- 2D多项式模型不能反映各种误差来源，也不考虑地形高差引起的畸变，只限于小范围、高差较小的地区，变形较小的如星下点获取的或经过几何校正的数据。
- 2D多项式模型不适于遥感影像特别是高分辨率遥感影像的精校正。
- 3D多项式模型只有在无法获取成像系统的相关参数或没有可用的参数模型的条件下使用，3D非参数模型不需要成像系统的先验知识，没有明确的物理意义，通常是基于不同的XYZ数学模型。3D多项式模型是2D多项式模型的扩展，适用于小范围的影像数据，需要大量的高精度、分布良好的GCP,对输入误差非常敏感。

遥感影像几何校正模型

- 常用的卫星影像校正模型有：
  （1）多项式模型；一影像＆GCP
  （2）参数模型（严格物理模型） 一影像＆GCP＆DEM
  （3）有理函数多项式模型；一影像＆GCP＆DEM&RPC
- 多项式和有理函数模型属于非参数模型，适用于小面积的经过系统几何校正的影像，如IKONOS Geo级产品，QuickBird预备正射标准影像产品。
- 而参数模型适用于任何类型、任何大小的影像数据。

严格物理模型

- 严格物理模型基于卫星轨道、摄影测量、测地学和地图学，模型反映了影像获取时的几何物理状态，用来纠正由于卫星、传感器、地球和地图投影等引起的变形。
- 严格物理模型需要的控制点少，一般情况下3～6个，精度更高，对于高分辨率卫星数据可以获得一两个像素的精度。
- 当仅仅处理原始影像的一部分时，或当影像已经经过几何校正时，或者无法获取卫星轨道信息时，都不能采用严格物理模型。

严格物理模型

- 严格物理模型是基于共线方程的，它表示像方空间和物方空间之间的转换关系。
- 模型反映了影像获取时的物理状态以及影像生成时的所有变形。举例如下：
  卫星平台（姿态、速率和方向）；
  传感器（方向、积分时间和视场角）；
  地球（大地水准、椭球体和地形起伏）；
  地图投影方式（椭球体和地图学）。

严格物理模型

- 令
  (x,y) 表示影像坐标；
  (X,Y,Z) 表示地图坐标；
  (X_0,Y_0,Z_0) 表示投影中心坐标；
  $-f$ 表示可见光近红外传感器焦距；
  $[m_{ij}]$ 表示3旋转轴矩阵主对角线上的9个元素。

$$x=(-f)\frac{m_{11}(X-X_0)+m_{12}(Y-Y_0)+m_{13}(Z-Z_0)}{m_{31}(X-X_0)+m_{32}(Y-Y_0)+m_{33}(Z-Z_0)}$$
$$y=(-f)\frac{m_{21}(X-X_0)+m_{22}(Y-Y_0)+m_{23}(Z-Z_0)}{m_{31}(X-X_0)+m_{32}(Y-Y_0)+m_{33}(Z-Z_0)}$$

严格物理模型

- 严格物理模型基于卫星轨道、摄影测量、测地学和地图学，模型反映了影像获取时的几何物理状态，用来纠正由于卫星、传感器、地球和地图投影等引起的变形。严格物理模型需要的控制点少，一般情况下3～6个，精度更高，对于高分辨率卫星数据可以获得一两个像素的精度。
- 当仅仅处理原始影像的一部分时，或当影像已经经过几何校正时，或者无法获取卫星轨道信息时，都不能采用严格物理模型。

遥感影像几何校正模型

- 常用的卫星影像校正模型有：
  （1）多项式模型；一影像＆GCP
  （2）参数模型（严格物理模型） 一影像＆GCP＆DEM
  （3）有理函数多项式模型；一影像＆GCP＆DEM&RPC
- 多项式和有理函数模型属于非参数模型，适用于小面积的经过系统几何校正的影像，如IKONOS Geo级产品，QuickBird预备正射标准影像产品。
- 而参数模型适用于任何类型、任何大小的影像数据。

RPC有理函数模型

- 有理多项式系数（Rational Polynomial Coefficient，RPC）又称有理函数模型。
- 3D有理函数模型在20世纪80年代偶有使用。
- 随着高分辨率遥感卫星的相继发射成功，RPC有理函数模型引起了人们的高度关注。
- 其主要原因是：影像供应商如GeoEye公司不提供卫星和传感器参数。

RPC有理函数模型

- RPC模型的实质是有理函数纠正函数，是将地面点大地坐标（Latitude, Longitude, Height）与其对应的像点坐标（line, sample）用比值多项式关联起来。
- 为了增强参数求解的稳定性，将地面坐标和影像坐标正则化到－1和1之间。
- 3D有理函数模型数学方程：

$$P_{3D}(XY)=\frac{\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}\sum_{k=0}^{p}a_{ijk}X^iY^jZ^k}{\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}\sum_{k=0}^{p}b_{ijk}X^iY^jZ^k}$$

RPC有理函数模型

- 在使用有理函数模型校正时，用户可以选择使用或不使用GCP,最终产品的精度取决于GCP、DEM的精度。
- 大多数的商业影像处理软件和摄影测量软件都支持有理函数模型，可以用来处理单片和立体像对，如ERDAS、PCI、ENVI等，用户可以利用RPC模型进行正射纠正、3D特征提取、DEM生成和区域平差。

RPC有理函数模型

- 有理函数模型的优势：
  有理函数模型最初是为没有GCP，只有DEM来对卫星影像进行几何校正的用户设计的。对于GCP无法获取的偏远地区是非常有用的。
- 有理函数模型也有其局限性：
  处理的影像大小受限，为了达到较高的精度，需要大量的规则分布的GCP；
  只能校正控制点处的误差，控制点之间的误差并不能消除。

RPC有理函数模型

- 如同多项式模型，有理函数模型只能纠正GCP处的误差，然而，在没有参数模型可用的情况下，有理函数模型是最佳选择。
- 有理函数模型与多项式模型类似，不同之处是它采用了多项式转换系数，考虑了地面高程信息，适用于地形高差变化较小的地区。

RPC有理函数模型

- NITF影像格式包含快速定位系数（rapid positioning coefficient，RPC）用于传感器定向（NGA，2000）。
- 每种数据后缀可能不一样，例如：
  IKONOS对应的*__rpc.txt
  QuickBird对应的*.rpb
- 作业1：几何校正与正射校正之间的关系？以某种遥感数据产品级别为例进行说明。
  作业2：如何在VC＋＋环境下，创建一个输入图像文件信息（包括SAMPLES/LINES/BANDS/存储格式）的对话框？
- 作业要求：
  9月22日由各班班长收齐上交。