

遥感像片中多投影变换的实现与优化

段福州¹⁾ 朱琳¹⁾ 高立²⁾

¹⁾ (首都师范大学资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100037)

²⁾ (吉林大学水资源与环境研究所, 长春 130026)

摘要 为了更好地进行遥感图像的投影变换, 在对传统的投影变换方法进行比较研究的基础上, 给出了优化方法, 首先阐述了地图投影和投影变换的基本原理。其后分析了进行栅格图像的投影变换的必要性和不同于矢量变换的不同特征, 并重点介绍了图像投影变换的算法以及优化方法; 最后, 采用 Visual C++ 作为软件平台, 开发了遥感图像投影变换的模块。

关键词 投影变换 栅格图像 遥感图像

中图法分类号: TP751.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2005)05-0608-03

Realization and Optimization of Multi-projection Transformation on Remote Sensing image

DUAN Fu-zhou¹⁾, ZHU Lin¹⁾, GAO li²⁾

¹⁾ (Resource Environment and GIS Key Laboratory of Beijing, Capital Normal University, Beijing 100037)

²⁾ (Institute of Water Research and Environment, Jinlin University, Changchun 130026)

Abstract This paper expounds the fundamental theory of map projection and projection transformation, and analyzes the requirement of raster picture projection transformation and the characteristics differing from vertex projection transformation. The arithmetic of picture projection transformation and its optimization methods are emphasized. The authors take Visual C++ as software platform and develop the system of raster picture projection transformation.

Keywords projection transformation, raster picture, remote sensing image

1 引言

随着科学技术的发展, 传统的地图投影学的研究和方法产生了突破, 其中计算机科学和空间科学对地图投影学的研究领域和新的理论体系的形成产生了尤其重大的作用, 并有力的拓展了其深度和广度。地图投影变换是数学制图学最近 25 年才发展起来的一个崭新领域^[1]。以往投影变换的研究大多集中在对矢量数据进行投影变换的研究, 并且取得了较多的研究成果, 但由于随着遥感技术及遥感信息处理技术的发展, 遥感信息已经成为地理信息

系统中最主要的信息来源, 因此研究遥感像片的投影变换, 特别是我国常用的几种投影系统间的变换具有十分重要的意义。

2 地图投影和投影变换

众所周知, 地理信息系统和遥感是研究地球表面以及地下信息的科学, 但目前研究比较多, 而且比较成熟的仍是地表。地表的各种特征和信息一般需要在平面上表达, 可是地球表面是一个不可展曲面, 而目前情况下所用的无论是传统纸质的还是现代电子地图的地理信息的载体都是可展平面。如何使不

基金项目: 国家重点基础研究发展规划“973”项目(G19990346-06); 国家高技术研究发展规划“863”项目(2002AA134074)

收稿日期: 2004-08-30; 改回日期: 2004-12-07

第一作者简介: 段福州(1979~), 男, 2001年获武汉大学理学学士学位, 2004年获首都师范大学理学硕士学位, 现为首都师范大学资源环境与旅游学院、资源环境与地理信息系统北京市重点实验室博士研究生。主要研究3维建模和3维表达。E-mail: duanfuzhou@263.net

可展平面上的特征、信息在可展面上表达,地图投影就是研究在某种条件下将不可展的地球表面的所有点一一投影到可展面上的理论和方法,它们之间的数学关系式是

$$x=f_1(B,L) \quad y=f_2(B,L) \quad x=g_1(\rho,\theta) \quad y=g_2(\rho,\theta)$$

其中, B,L 是大地坐标纬度和经度, x,y 是变换后的直角坐标, ρ,θ 是极坐标。

这里的某种条件指的是不可展曲面向可展面投影时,在引起变形的情况下所保持的某种特征(等面积,等角度,等距离等等)。由于地球投影的方法是多种多样的,因此,对于满足不同用途的不同来源数据的投影系统就有可能是不一样的。例如制作疆域图要用等面积投影,制作交通图要用等距投影等,其投影类型根据可展曲面类型可以分为圆锥投影、圆柱投影、方位投影等;按变形类型可以分为等距、等面积和等角投影类型;根据球体与可展面的关系可以分为切投影和割投影^[2]。因为不同的投影满足不同的需要,所以在实际应用中有很多时候需要用到不同投影系统的数据。由于不同投影系统的数据一般不能直接用作分析计算,因此不同投影系统的数据需要投影变换到合适的投影系统中,以便进行分析计算。因为遥感像片纪录的就是地球表面信息,所以遥感像片处理和应用经常需要进行投影变换。投影变换就是研究各个投影系统间坐标相互转换的理论和方法。投影变换的方法很多,主要可以分为以下几类:

(1) 直接变换,即通过在两种投影之间直接建立解析关系式来实现从一种投影向另一种投影的投影变换,又称正解变换。

(2) 反解变换,即通过中间过渡的方法,首先由一种投影坐标 (x,y) 反解出地理坐标 (B,L) ,然后再将地理坐标代入另一种投影的坐标公式中,以实现由一种投影坐标到另一种投影坐标的变换。

(3) 数值变换,即首先在两投影系之间建立线性方程组,然后根据两种投影在变换区的若干同名点解算出方程组系数来实现由一种投影坐标到另一种投影坐标的变换^[1,3]。

3 遥感像片的投影变换和矢量数据的投影变换

传统的投影变换一般是对矢量数据进行投影变换,以使矢量数据统一到同一个投影系统中来。在

实际应用中,把不同投影系统的遥感图像统一到同一投影系统中来,也是经常遇到的问题。尽管栅格图像投影变换与矢量图形的投影变换有很多相似的地方,但它们间的差异也是显著的,如:

(1) 一般说来,表示相似地理信息的栅格图像比矢量图形的数据量要大得多,在进行栅格图像的投影变换时,必须充分考虑到这一点,否则会因其运算量巨大,致使投影变换速度较慢而大大降低工作效率。

(2) 由于投影变换会引起变形,所以如果变换后面积或者距离变小,则像素就会出现重叠现象;如果变换面积或者距离变大,则像素会出现撕裂的现象,为此变换前后必须进行像素处理,如重采样^[4]。

因此,在进行栅格图像的投影变换时,应该考虑到栅格与矢量的差异,而且除了利用矢量投影变换的某些方法以外,还应该根据其自身的特点在算法上作一些改变,以满足精度和速度两方面的要求。

4 像片投影变换的算法

虽然正解算法运算量不算太大,精度也保持得不错,但是对于多投影的相互转换,用计算机实现却存在着一些不便。假设有 n 种投影系统,那么用到的解析式就多达 $n \times (n-1)$ 种,而常用的投影系统达到几十种,用计算机来实现这么多种投影变换是非常麻烦的。虽然反解变换既能保持精度,其解析式也较少,但它最大的问题就是计算量大,对于经常达到几百M甚至几G的一幅遥感像片来说,运算量之大是不可接受的。虽然数值变换有运算量小,算法简单的优点,但是数值变换也存在着精度不能保证的缺点。本系统中采用的算法吸收了反解算法和数值算法的优点。算法如下:

(1) 在图像中均匀地寻找足够的点,在应用中如果建立三次拟合方程,一般是寻找13个点(如图1所示)。

(2) 求得这些点在源投影系统中的坐标,然后根据目标投影的参数,求出这些点在新的投影系统中的坐标。

(3) 以新投影系统的坐标为初值,源投影坐标为目的值,求出两者之间的解析式

$$\begin{aligned} x_{\text{new}} &= a_1 + a_2 \times x + a_3 \times y + a_4 \times x^2 + a_5 \times y^2 + \\ &\quad a_6 \times x^3 + a_7 \times x^2 \times y + a_8 \times x \times y^2 + a_9 \times y^3; \\ y_{\text{new}} &= b_1 + b_2 \times x + b_3 \times y + b_4 \times x^2 + b_5 \times y^2 + \end{aligned}$$

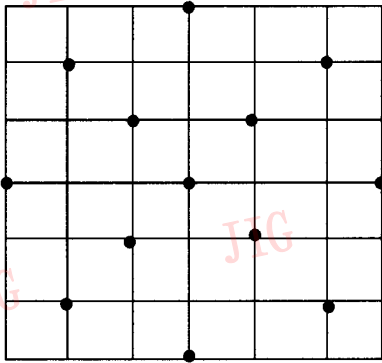


图 1 采样点分布示意图

Fig. 1 Distributing of sampling points

$$b_6 \times x^3 + b_7 \times x^2 \times y + b_8 \times x \times y^2 + b_9 \times y^3;$$

(4) 根据这些控制点,首先确定变换后图像的范围(可认为变换前后遥感相片分辨率不改变),然后逐个栅格将图像中与每一栅格对应的坐标变换成源投影的坐标,再根据源像片进行采样,以确定像素灰度值,采样的方法可以采用最近像素法、双线性插值、立方卷积等方法。

5 系统的实现

系统采用了面向对象的编程方法,并采用 VC++ 作为开发工具,同时系统提供了包括高斯投影、等角方位投影、多圆锥投影、爱凯特投影等共十几种投影变换间的相互变换,其流程图见图 2。

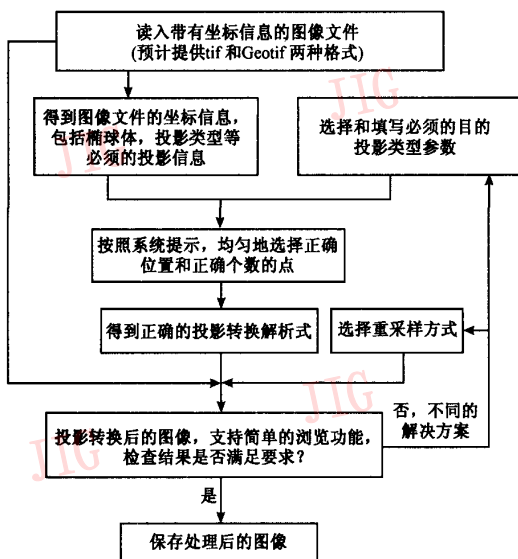


图 2 栅格图像投影变换流程图

Fig. 2 Flow of raster map projection transforming

同时,系统还提供了包括北京 54 椭球体,西安 80 椭球体等 40 多种参考椭球体参数。系统对 200M 以上 4G 以下 256 色灰度遥感图像进行了投影变换速度的测试,结果表明,本文所采用的方法比直接采用投影变换方法中的正解变换速度提高了大约 31%,同时投影变换误差在控制范围内(和影像的大小和影像分辨率有关)。

6 投影变换的优化

系统进行多项式拟合时,可以先选择更多的均匀分布点,然后采用最小二乘的方法来达到更高的拟合精度,但笔者认为,当点数达到了一定的数量后,由于通过增加点数来提高精度的作用并不明显,因此在处理大图像时,可以采用分块处理的方法,即以每个小块作为处理单元,而拟合式则可采用较小次数的多项式,但是一定要注意块与块的接边处理。

参考文献 (References)

- 1 Yang Qi-he. Theory and method of projection transformation [M]. Beijing: Press of PLA, 1989. [杨启和. 地图投影变换原理与方法 [M]. 北京: 解放军出版社, 1989.]
- 2 Hu Yu-ju, Gong Jian-wen, Huang Wei. Map projection [M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 1981: 183 ~ 189. [胡毓钜, 龚剑文, 黄伟. 地图投影 [M]. 北京: 测绘出版社, 1981: 183 ~ 189.]
- 3 Li Ying-kui, Lu xiao-qing, Li Jing. Computer implementation method and optimization of map projection transformation among multi-projections [J]. Geography and Territorial Research, 2000, 5(16): 54 ~ 58. [李英奎, 吕肖庆, 李敬. 多投影间地图投影变换实现的途径与优化 [J]. 地理学与国土研究, 2000, 5(16): 54 ~ 58.]
- 4 Ye Jian-kao, Pei Jian-min. Projection transformation of raster map [J]. Journal of Zhen-zhou Institute of Surveying and Mapping, 1998, 3(15): 10 ~ 12. [叶建栲, 裴建民. 像素地图的投影变换 [J]. 郑州解放军测绘学院学报, 1998, 3(15): 10 ~ 12.]