

GeoTiff 中 GeoTag 域解析

刘修国¹, 花卫华²

(1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074; 2. 中国地质大学研究生院, 湖北武汉 430074)

摘要: GeoTiff 是 Tiff 格式的一种特殊形式, 1.0 版的 GeoTiff 在 Tiff 格式的基础上增加了 6 个 GeoTag(地理标志)域来描述栅格影像对应的地理坐标信息和投影信息, 并利用像元比例、结点、投影类型、坐标系统、椭球参数等, 准确地实现了影像栅格坐标与地理坐标之间的相互转换。首先介绍了 GeoTiff 所支持的 3 种坐标空间, 并在剖析其六大地理标志域间相互关系的基础上, 详细描述了各个标志域的具体含义及其在影像中的存储组织; 其后根据 GeoTiff 的影像数据地理编码的原理, 给出了栅格空间与模型空间之间坐标转换的方法和步骤; 结合 GeoTiff 的应用, 阐述了 GeoTiff 的优点, 并对它的应用前景做出了展望。

关键词: GeoTiff; GeoKey; 像元比例; 坐标变换矩阵; 结点; 栅格空间; 模型空间。

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2002)03-0246-04

作者简介: 刘修国(1969—), 男, 副教授, 1999 年获中国地质大学计算机及应用硕士学位, 现主要从事 GIS 及虚拟现实方面的教学、科研及应用开发工作。

E-mail: liuxg@public.wh.hb.cn

随着遥感技术应用的日渐成熟, 遥感影像及数据的获取正在向多种传感器、多种分辨率、多谱段和多时相方向发展, 这些数据及影像也就为资源环境地图的及时更新和相关对照分析提供了基础保证, 特别是计算机的应用, 使遥感影像地图化^[1]及地图遥感影像化都可以便捷地实现。而直接实现遥感影像的图像坐标与实地的地理坐标的相互转换就成了阻碍其发展的瓶颈。

Tiff 是当今最流行的栅格图像格式, 它由许多的标志(Tag)所组成, 这种文件结构在扩充时具有很大的弹性。它不仅支持单色、灰度及彩色的图像格式, 还可以接受 RGB、CMYK、YcbCr 和 CIE L * a * b 等各种色彩系统^[2,3], 而且在图像数据的存储方法上, 除了未压缩方式外, 还包含 LZW、JPEG、Packbits 和 Runlength 等方法^[4]。正因为如此, 大家才寄望于 Tiff, 通过在 Tiff 的基础上添加一些私有的标志来记录地理信息。由于各自为政, 它给地理信息的相互交换和传输带来很大的不便。但这些努力却为 GeoTiff 的产生创造了条件。1995 年, 在 ES-

RI、MAPINFO 和 NASA/JPL 等的支持下, Jet Propulsion Laboratory 和 SPOT Image Group 制定了一个国际标准——GeoTiff 1.0。GeoTiff 支持 Tiff 格式的所有标准, 它新增的 6 个 GeoTag 标志信息存放在 Tiff 图像的文件目录(IFD)中, 用来描述图像的地理坐标信息与投影信息^[5]。

1 GeoTiff 的基本结构

1.1 GeoTiff 支持的 3 种坐标空间

栅格和设备空间是 Tiff 格式定义的, 它们实现了图像的设备无关性及其在栅格空间内的定位^[6]。GeoTiff 增加了一个模型坐标空间, 准确实现了对地理坐标的描述。(1)栅格空间: 存储图像的行列号的坐标系统。它有 2 种型式: 一是 PixelIsArea 型(图 1a), 主要用于非 DEM 的数据; 二是 PixelIsPoint 型(图 1b), 主要用于 DEM^[5]。(2)设备空间: 使用 Tiff 格式中定义的 6 个基本 Tag 来描述图像的分辨率单位及图像定位。它们是分辨率单位、X 分辨率、Y 分辨率、图像定位、子图像在图像中的 X 方位和 Y 方位^[7]。(3)模型空间: GeoTiff 图像的栅格坐标所对应的实际地图的经纬度坐标或直角坐

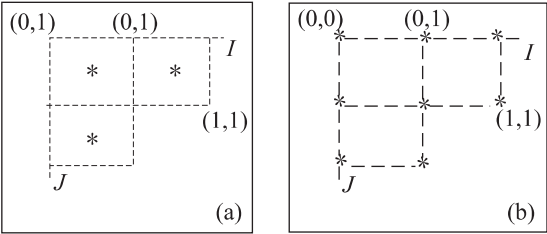


图 1 面积像元型(a)和点像元型(b)

Fig. 1 Pixels of area and point

标. 它有 4 种表示方法:地理坐标系、中心坐标系、投影坐标系和垂直坐标系. 地理坐标系是通过定义一定的地理参数,以经纬度为坐标单位来表示栅格图像的点在地球上的真实位置. 中心坐标系是以地心为原点的直角坐标系. 投影坐标系是在地理坐标系基础上加上一个投影变换方法而构成的坐标系. 垂直坐标系在涉及到高度或深度尤其是 DEM 数据时才用到.

1.2 GeoTiff 中 6 个 GeoTag 域间的关系

为描述栅格影像对应的地理坐标信息和投影信息,实现 GeoTiff 的图像坐标与地理坐标的相互转换,GeoTiff 1.0 版在 Tiff 6.0 的基础上扩展了 6 个地理标志域,它们的相互关系见图 2^[5]. 由图 2 可知,由栅格空间向模型空间转化,通过像元比例与控制点这 2 个标志或者坐标变换矩阵都可以实现. 而要使模型坐标能反映该图像对应的实际地理坐标数据信息,ASCII 参数、双精度参数与目录标志域这 3 个标志必须结合起来同时使用.

1.3 GeoTiff 中 6 个 GeoTag 域的具体含义

GeoTiff 的 6 个地理标志相辅相成、不可分割. 按其实现的功能来看,可以分为两大类:前 3 个描述模型空间信息;后 3 个描述大地坐标系信息^[5].

(1)GeoTagPixelScale(像元比例):图像中的某一点在栅格空间中的坐标与在模型空间中的坐标的比例. 格式:GeoTagPixelScale=(ScaleX, ScaleY, ScaleZ). 该域 ID 号 33550,含 3 个 double 型字段:

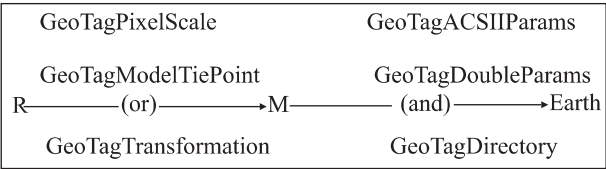


图 2 GeoTiff 1.0 版中 6 个 GeoTag 域关系

Fig. 2 Relationship of the six GeoTags in GeoTiff 1.0

R. 栅格坐标; M. 模型坐标; Earth. 地理坐标

X、Y、Z 3 个方向的比例. ScaleZ 在对应非 DEM 数据时,一般为 0. 根据图像对应的具体时区,3 个比例值所采用的符号规则为东正、西负,北正、南负,同时 3 个比例值的符号还受图像是否旋转、变形等的影响.

(2)GeoTagTiePoint(控制点):图像中栅格坐标与其对应的模型坐标形成的坐标控制点对. 格式:GeoTagTiePoint=(..., I, J, K, X, Y, Z, ...). 该域 ID 号为 33922,含 6 的整数倍个 double 型字段. 其中,每 6 个数据为一组,前 3 个数据为控制点的栅格坐标,后 3 个为该控制点的模型坐标.

(3)GeoTagTransMatrix(变换矩阵):图像中栅格坐标到模型坐标的变换矩阵. 格式:GeoTagTransMatrix={a, b, c, d; e, f, g, h; i, j, k, l; m, n, o, p} 该域 ID 号为 34264,含有 16 个 double 型字段. 它可以实现从栅格坐标到 PCS(模型坐标系统的投影坐标系)坐标的直接转化. 如果对二维的非 DEM 数据,m=n=o=0,p=1. 若图像没有给出变换矩阵,而已知像元比例和一个 Tie 点,则可结算出变换矩阵. 具体方法如下:已知像元比例为(sx, sy, sz),TiePoint 为(I, J, K, X, Y, Z). 其中,(Tx, Ty, Tz)为矩阵的 3 个待定的系数,即变换矩阵={sx, 0, 0, Tx; 0, -sy, 0, Ty; 0, 0, sz, Tz; 0, 0, 0, 1},则 Tx=x-I·sx, Ty=Y+J·sy, Tz=Z-K·sz(如果 sz 非 0).

(4)GeoTagDoubleParams(双精度参数):存储 double 型的 GeoKey 值. 该域 ID 号为 34736,保存不定个数 double 型 GeoKeys.

(5)GeoTagASCIIParams(ASCII 参数):存储 ASCII 型的 GeoKey 值. 该域 ID 号为 34737,保存不定长度的 ASCII 型 GeoKeys.

(6)GeoTagDirectory(地理信息目录表):该字段是存储 GeoKey 的一个目录标志. 该域 ID 号为 34735,保存所有的 Short 型 GeoKeys. 它是 GeoTiff 中最为重要和最复杂的一个 GeoTag 标志域. 它是 以 k*4(k≥4)大小的矩阵来保存数据的. 其主要包括两部分数据:一是它的头部结构 Header(此时 k=1),它占用了目录标志的前 4 个数据;二是它访问 GeoKey 的入口 KeyEntry(其中 1<k<65536). 具体形式如下:

Header={版本号,主版本号,副版本号,GeoKey 的个数}.

KeyEntry={KeyID, TiffTagLocation, Count, ValueOffset}. 其中:KeyID 为本 Key 的 ID 号. Tiff-

TagLocation 为本 Key 所在的 Tag(主要指双精度参数标志和 ASCII 参数标志)的 ID 号. 如果等于 0, 则 Count 等于 1, ValueOffset 等于本 Key 所取的值;否则 Count 等于本 Key 所表示的值的元素个数, ValueOffset 等于该字段的偏移量(即首地址). Count 为本 Key 所包含的值的元素个数. TiffTagLocation 等于 0, 则 Count 等于 1;否则 Count 等于本 key 所表示的值的元素的个数. ValueOffset 为本 Key 所表示的值的偏移量. 若 TiffTagLocation 等于 0, 则 ValueOffset 等于本 key 所取的值;否则 Count 等于本 Key 所表示的值的元素个数, ValueOffset 等于该字段的偏移量(即首地址).

对目录标志域中所存放的 GeoKeys, 它们的顺序是按照这些 Key 的 ID 号从小到大的顺序依次往后排列的. 在这些 GeoKey 中, 有些不是 Short 型的. 其中对 double 型的 Keys 就将之存在双精度参数标志域中;对 ASCII 型的 Keys 就将之存放在 ASCII 参数标志域中. 对多个 ASCII 型 GeoKey, 其值存储如下:

ASCIITag="first_value|second_value|etc...last_value|", 即在每一个 GeoKey 结束的位置加一个分割字符'|'.

目录标志域中 3 个最基本的 GeoKey 对每一个 GeoTiff 文件都必须设置: 模型空间的坐标系统、栅格空间的坐标系统和坐标系统的说明信息. 这 3 个 key 是所有的 GeoTiff 必须指明的标志域, 其中栅格空间的坐标系统有 2 种选择: 点像元类型和面像元类型. 模型空间的坐标系统类型有 3 种选择: 地理坐标系、中心坐标系和投影坐标系. 另外遇到高程数据或深度数据时再加上垂直坐标系作补充. 坐标系统的说明信息主要是对图像所选择的坐标系作文本说明.

2 GeoTiff 的坐标转换

2.1 图像数据地理编码的具体步骤

地理编码是实现图像的栅格数据与地理数据转换的数学理论基础. 具体方法是将大地坐标系中的 41 个地理关键字用目录标志表中的 GeoKey 来标示, 它们的地理编码大约有 1 300 多个. 每个地理关键字对应个数不等的地理编码. 具体实现要求如下^[5]:

- (1)确定栅格坐标系类型(点像元或面像元);
- (2)确定模型坐标系类型(地理坐标系、投影坐标系或中心坐标系);
- (3)根据选择的模型坐标系类型, 将

对应的国际标准参数赋到相应的 Key 中去. 如果用户没有采用国际标准参数, 而是使用自己定义的一套参数. 这时, 用户可以根据 GeoTiff 的 GeoKey 设置要求, 相应地将自己的一套参数值赋给 GeoKeys. 这种方法一般不提倡;(4)将正确的 GeoKey 写到目录标志域中.

举一个例子来具体说明 GeoTiff 的编码过程:
ModelTiePointTag=(0, 0, 0, 350807. 4, 316081. 3, 0. 0)
ModelPixelScaleTag=(100. 0, 100. 0, 0. 0)
GeoKeyDirectoryTag:
GTModelTypeGeoKey=1
GTRasterTypeGeoKey=1
ProjectedCSTypeGeoKey=32660
PCSCitationGeoKey="UTM Zone 60 N with WGS84"

上述编码说明, 这幅 GeoTiff 图像含有一个 TiePoint=(0, 0, 0, 350807. 4, 316081. 3, 0. 0), 像元比例为(100. 0, 100. 0, 0. 0), 栅格坐标空间采用的是 PixelIsArea, 模型坐标空间采用了投影坐标系. 类型为 PCS_WGS84_UTM_ZONE_60 N, 即使用北 60 时区的 WGS84 的 UTM 投影.

2.2 栅格空间向模型空间的转换步骤

要实现栅格与模型坐标空间的转换, 必须先确定图像所采用的栅格坐标系和模型坐标系的类型, 之后通过设定图像控制点或设置投影参数确定两种坐标系之间的变换关系. 过程如下^[5]:

- (1)建立 GeoTiff 图像的栅格坐标空间, 对 DEM 数据选用以点为类型的栅格像元类型, 对非 DEM 数据, 选用以面积为单位的栅格像元类型.
- (2)通过建立模型坐标空间来将栅格图像数据地理化, 通常采用投影坐标系.
- (3)坐标转换. ①已知图像中的三个非线性的 TiePoint, 直接利用这些 TiePoint, 求出变换的多项式系数, 实现栅格数据向模型数据的转换. ②已知图像中的一个 TiePoint 和像元比例 PixelScale, 可以求出相应的变换矩阵. ③已知图像中的坐标变换矩阵, 可直接由此进行坐标转换. 不过这种情况主要用于栅格图像需要进行旋转或变形才能转换到模型空间中的情形. ④已知图像中的多个 TiePoint, 先对图像进行几何校正, 再转化成标准 PCS 系统.
- (4)将得到的正确的 GeoTag 值设置到图像中去.

3 结语

GeoTiff 描述地理信息条理清晰、结构严谨,而且容易实现与其他遥感影像格式的转换。另外,GeoTiff 格式支持体数据结构,在构建三维模型体数据组织方面有广泛的应用。其体数据的主要数据结构是:首先用 3 个标志字段来表示整个 GeoTiff 图像的长度、高度、宽度,再用 3 个标志来表示图像标准块的长度、高度和宽度。还有一些 GeoKey 正在考虑之中,如数字地面模型信息(高度或深度数据)、长度和角度的精度、椭圆误差等^[5]。随着各大 GIS 厂商对 GeoTiff 的支持逐步增强,GeoTiff 一定会在图像交换领域担当更加重要的角色。

参考文献:

- [1] 吴信才. 地理信息系统的基本技术与发展动态[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(4): 329—333.
WU X C. Basic technology and development of geographic information system [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(4): 329—333.
- [2] 赵士滨. 计算机图形图像设计与技巧[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998. 53—70.
ZHAO S B. The design and technique of computer graphics and image [M]. Guangzhou: Guangdong Sci-

ence and Technology Press, 1998. 53—70.

- [3] 李超岭, 张克信. 基于 GIS 技术的区域性多源地学空间信息集成若干问题探讨[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2001, 25(6): 545—550.
LI C L, ZHANG K X. Study on regional multi-source geological spatial information system based on techniques of GIS [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2001, 25(6): 545—550.
- [4] 林福宗. 图像文件格式(下)——Windows 编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996. 188—218.
LIN F Z. Image file format (second)—Windows programming [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1996. 188—218.
- [5] Niles R, Ruth M. GeoTIFF format specification GeoTIFF revision 1.0 [EB/OL]. <http://www.mipl.jpl.nasa.gov/cartlab/geotiff/geotiff.doc>. 1995.
- [6] 李军, 吴信才, 王静. 多源图像处理与分析系统的设计[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(4): 375—378.
LI J, WU X C, WANG J. Design of multisource image processing and analysis system [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(4): 375—378.
- [7] Adobe Developers Association. Adobe systems incorporated TIFF [EB/OL]. <http://www.adobe.com/support/technotes.html>. 1992.

Analysis of GeoTag Fields in GeoTiff

LIU Xiu-guo¹, HUA Wei-hua²

(1. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
2. The Graduate School, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: GeoTiff is a special form of Tiff spec. GeoTiff 1.0 adds six GeoTags provided to describe all geographic coordinate information and projection information on the base of Tiff. Using the tags, such as pixel scale, tie points, projection types, coordinate systems etc., you can easily get the latitude and longitude from the raster space of GeoTiff image, and vice versa. Firstly, this thesis introduces three kinds of coordinate systems GeoTiff supporting and discusses the relationships of the six GeoTags; next it describes the meanings and the storing method of them. Then, the thesis gives the method and steps of the conversion between coordinates of raster space and model space according to the principle of GeoTiff image data encoding. Finally, considering the application of GeoTiff, the thesis discusses its merits and forecasts its development scope.

Key words: GeoTiff; GeoKey; pixel scale; coordinate transfer matrix; tie points; raster space; model space.