

影像融合在三维地形仿真中的应用

周 杨¹⁾ 徐 青^{1),2)} 谭 兵¹⁾ 李 辉¹⁾

¹⁾(信息工程大学测绘学院遥感与信息工程系, 郑州 450052)

²⁾(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室, 杭州 310028)

摘 要 在同一地区,不同时期、不同传感器平台的遥感影像数据具有不同的空间分辨率、波谱分辨率和时相分辨率,如果能将它们各自的优势综合起来,可以弥补单一影像上信息的不足,扩大各自信息的应用范围.首先将同一地区的 TM 影像与 IKONOS 影像进行精确配准后,使用基于 HIS 变换的融合方法,将两种影像进行融合,融合结果在保持 TM 影像丰富光谱信息的基础上,引入了 IKONOS 影像的几何特征,从而弥补了 TM 影像分辨率低和 IKONOS 影像光谱信息缺乏的缺点,并生成具有 1m 分辨率的彩色影像;最后将融合结果与相应地区的 DEM 数据进行复合,生成了具有高度真实感的三维影像图.

关键词 影像融合 HIS 变换 数字地面模型(DEM) 地形仿真

中图法分类号: P237 TP751 TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2002)06-0592-04

The Application of Image Fusion in 3D Terrain Simulation

ZHOU Yang¹⁾, XU Qing^{1),2)}, TAN Bing¹⁾, LI Hui¹⁾

¹⁾(Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450052)

²⁾(State Key Lab. of CAD&CG at Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract In the same zone, the remotely sensed datas of different sensor and different time have different space resolution, spectrum resolution and temporal resolution. Synthesizing their respective advantages, we can fetch up the scarcity of single image's information and extend its application field. In order to apply remote sensing image in terrain simulation, we must get the remote sensing image with high space resolution and high spectrum resolution. In this paper, we use the TM image, IKONOS image and same zone's DEM to make three demention terrain map. In order to keep the TM image's spectrum information and import the geometry character of IKONOS to fetch up the disadvantage of TM and IKONOS, we first use the polynomial method to geometry registration the IKONOS image and TM image, then we use the fusion algorithm base on HIS transformation fuse the TM image and IKONOS image. Experiment results show that we can get 1 meter image resolution's color image by fusing the 1 meter image resolution's panchromatic IKONOS image and 30 meter image resolution's color TM image. Finally, We apply the fusion result in the terrain simulation by merging the fusion's image with same zone's DEM to create high three demention terrain map.

Keywords Image fusion, HIS transformation, DEM, Terrain simulation

0 引 言

随着信息科学、计算机技术的发展,越来越多的科研人员通过计算机模拟再现三维世界,以此提供

一种虚拟现实的计算机真实感图形.如今“虚拟现实”对很多人来说,已不是一个陌生的名词,它正日益广泛地深入到人们日常的工作、学习和生活中,而三维地形仿真作为虚拟现实技术的一个重要分支,也得到了广泛的应用和发展.利用遥感影像和相应

的数字地面模型来生成三维地形图已成为地形仿真中一个非常重要的方法。

目前,遥感技术和空间技术迅速发展,对于同一地区可能有不同的传感器数据和不同时期的数据,而不同的遥感数据具有不同的空间分辨率、波谱分辨率和时相分辨率,因此如果能将它们各自的优势综合起来,可以弥补单一影像上信息的不足,扩大各自信息的应用范围。而把二维的遥感影像加上地理高程信息,以三维的形式显示出来,并将其作为三维地理信息系统信息显示的背景,可以增强地理信息的真实感,且有利于提高对遥感影像的解译能力。由此可见,充分利用这些数据,把不同传感器数据复合起来或把遥感数据与地形数据复合起来应用,这是虚拟现实技术和遥感技术发展的必然趋势。本文利用某区域 1m 分辨率的 IKONOS 全色影像和 30m 分辨率的 TM 多光谱影像以及相应地区的数字地面模型数据做实验,使用影像融合中 HIS 变换的方法,在保持 TM 影像光谱特征的基础上,引入了 IKONOS 影像的几何特征,生成了具有 1m 分辨率的高分辨率彩色影像,然后将该影像与数字地面模型数据进行复合,生成了具有高度真实感的三维地形影像图。

1 颜色空间及其相互转换

为了客观、定量地描述颜色特征,需要有科学的颜色命名标准,这些标准称为表色系统或颜色空间。适合数字计算机作定量彩色计算的颜色空间有许多种,然而以 RGB(红、绿、蓝)和 HIS(明度、色度、饱和度)颜色空间的应用最为普遍。

1.1 RGB 模型和 HIS 模型^{[1][2]}

RGB 是最为常见的,也是最符合人眼视觉感受的颜色空间系统,它是由 R,G,B 三原色分量构成的,通过三分量的不同组合,可生成自然界中任一色彩。HIS 模型则由明度(I)、色度(H)、饱和度(S)三分量构成,其中,明度(I)是指色彩的亮度,主要反映影像中地物反射的全部能量和影像所包含的空间信息;色度(H)是指组成色彩的主波长,由红绿蓝色的比重决定;饱和度(S)表示的是相对中性灰色而言颜色的纯度,即颜色的鲜艳度,主要反映地物的光谱信息。

1.2 颜色坐标的变换

在了解了 RGB 和 HIS 两种彩色模型之后,就可以建立 HIS 空间与 RGB 空间的相互转换关系,其变换关系式如下^[2]:

(1) 正变换(RGB 到 HIS)

令

$$M = \max(R, G, B), m = \min(R, G, B);$$

$$r = \frac{(M-R)}{(M-m)}, g = \frac{(M-G)}{(M-m)}, b = \frac{(M-B)}{(M-m)} \quad (1)$$

$$\Delta d = M - m; I = (M + m)/2$$

① 当 $\Delta d = 0$ 时, $S = 0; H = 0;$

② 当 $\Delta d \neq 0, I \leq 0.5$ 时, $S = \frac{\Delta d}{(M+m)};$

当 $\Delta d \neq 0, I > 0.5$ 时, $S = \Delta d / (2 - M - m);$

③ 当 $R = M$ 时, $H = b - g;$

当 $G = M$ 时, $H = 2 + r - b;$

当 $B = M$ 时, $H = 4 + g - r;$

$$H = H \times 60;$$

如果 $H < 0, H = H + 360°.$

(2) 反变换(HIS 到 RGB)

当 $I \leq 0.5$ 时, $p_2 = I \times (1 + S);$

当 $I > 0.5$ 时, $p_2 = I + S - I \times S;$

令 $p_1 = 2 \times I - p_2;$

① 如果 $S = 0, R = G = B = I;$

② 如果 $S \neq 0$

$$R = f(p_1, p_2, H + 120°)$$

$$G = f(p_1, p_2, H) \quad (2)$$

$$B = f(p_1, p_2, H - 120°)$$

式(2)的右端可以改写成 $f(p_1, p_2, h)$ 的形式,当 h 为负数时,可加上 $360°$ 使之为正。 f 的具体形式为:

当 $0° \leq h < 60°$ 时, $f = p_1 + (p_2 - p_1) \times \frac{h}{60°};$

当 $60° \leq h < 180°$ 时, $f = p_2;$

当 $180° \leq h < 240°$ 时,

$$f = p_1 + (p_2 - p_1) \times \frac{(240° - h)}{60°};$$

当 $240° \leq h < 360°$ 时, $f = p_1;$

当 $h < 0$ 时, $h = h + 360°;$

当 $360° < h$ 时, $h = h - 360°.$

3 TM/IKONOS 影像融合技术

利用 HIS 变换,可以实现不同传感器、不同空间分辨率,不同光谱分辨率,具有一定影像重叠的遥感影像之间的几何、光谱信息的叠加。下面以不同传感器的数据为例论述其融合技术及效果。融合所使用的数据是某区域 1m 分辨率的 IKONOS 全色影像和 10m 分辨率的 TM 彩色影像以及相应区域的

DEM 数据.

2.1 几何配准和重采样

要进行 TM/IKONOS 影像融合,须将这两种分属于不同类型的传感器所获取的影像,在空间位置上进行几何配准.由于不同传感器的轨道倾角、卫星高度、姿态、扫描方式以及象元地面大小等等都不相同,给配准带来相对的困难.配准可采取影像到地面的绝对配准或影像到影像的相对配准.首先进行影像到影像的相对配准,使两幅影像之间实现几何配准;然后进行影像重采样,使两幅影像的大小一致;而后再通过 HIS 变换进行影像融合;最后在三维地形仿真时,进行影像与地形的绝对配准.

(1) 几何配准

几何配准的数学模型很多,考虑到卫星影像及其在地形仿真中的特点,采用多项式公式.其具体形式如下:

$$\begin{aligned} X &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + \dots \\ Y &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + \dots \end{aligned} \quad (3)$$

多项式具有灵活、计算量小、答解简单等优点,多项式次数可视具体情况而定.在满足精度要求的前提下,选择一次多项式,答解 (a_0, \dots, a_3) 、 (b_0, \dots, b_3) 8 个参数.为了答解 8 个定向参数,必须在两幅影像上选取一定数量的同名象点;点位的选择必须在影像上均匀分布;必须选择具有明显特征的点,选点误差不得超过 0.5 个象元.

(2) 影像重采样

解算出纠正参数后,需将低分辨率的 TM 影像纠正到高分辨率的 IKONOS 影像上,使两幅影像大小一样,覆盖区域相同,因此在纠正 TM 影像时,需对 TM 影像进行重采样.采用反解法来进行影像纠正,其基本思想就是从纠正后的像点 $P(X, Y)$ 出发,反求其在原始影像上的像点 P' 的坐标 (x, y) ,然后提取该点的灰度值,并将其赋给 P 点.其原理如图 1 所示^[3].

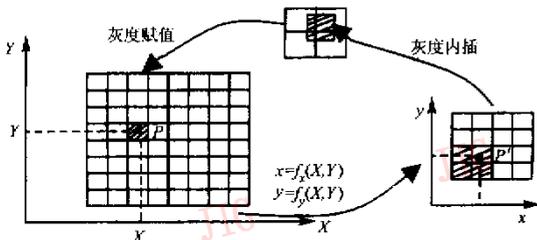


图 1 反解法数字纠正

由于所得的像点坐标 $P'(x, y)$ 不一定落在像元

中心,为此必须进行灰度内插,求得像点 P' 的灰度值.本文使用双线性内插法来进行灰度内插.

2.2 复合计算

经过 HIS 变换后,3 个波段的多光谱影像变成了具有明确物理意义的明度、饱和度和色度 3 个量.其中,明度分量 I 反映了地物在 $0.50 \sim 0.59\mu\text{m}$ 、 $0.61 \sim 0.68\mu\text{m}$ 、 $0.79 \sim 0.89\mu\text{m}$ 3 个波段上辐射强度的总和,其主要反映地物总的辐射能量及其空间分布,表现为几何特征;而 H 、 S 则主要反映地物的光谱信息.全色波段影像上的像素值反映了地物在 $0.51 \sim 0.73\mu\text{m}$ 波段上的辐射强度,其与明度的物理意义基本相同^[4].由 HIS 彩色系统可知,明度(I)、色度(H)与饱和度(S)等 3 种成分间相关性很低,因此对 HIS 空间中的 3 个分量可单独地进行处理,融合时,可将 TM 影像从 RGB 空间变换到 HIS 空间,然后用 1m 分辨率的 IKONOS 影像的灰度值代替 I 分量,最后再返回 RGB 空间.这样融合后的结果,既保持了 TM 影像的光谱特征,又具有 IKONOS 影像的高分辨率几何特征,从而生成了高分辨率的彩色影像.其变换过程如图 2^[5]所示.

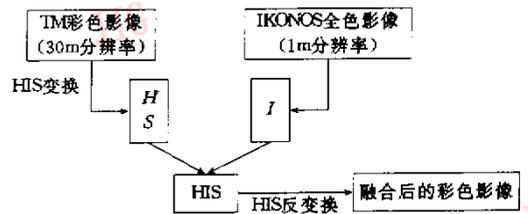


图 2 复合计算过程

3 三维地形仿真

遥感影像虽然具有灰度、纹理等信息特征,但由于缺乏给人以直观三维地貌感受的立体特征,因而利用遥感影像丰富的灰度、纹理等信息特征和数字地面模型的高程信息,将遥感影像与数字地面模型数据相结合,使用相应的算法进行三维地形的仿真,生成了具有高度真实感的三维地形图.

3.1 数字地面模型三维显示原理^[6]

利用算法和程序,经过投影变换把具有三维坐标的地形数据 (DEM) 和纹理数据 (遥感正射影像) 变换至二维计算机屏幕,获得计算机图形的过程称为三维地形显示,它一般包含数学建模、三维变换、光源设置、纹理映射等几个步骤.整个三维显示过程如图 3 所示.

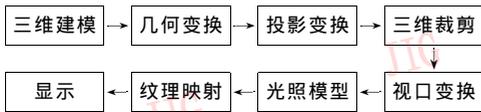


图 3 三维显示过程

3.2 DTM 数据与遥感影像的匹配^[6,7]

纹理映射技术是生成高度真实感三维图形的有效方法,融合后的遥感影像具有更丰富、更真实可靠的地面信息,而要将遥感影像纹理映射到由 DEM 数据生成的三维灰度图上,必须对影像进行几何纠正,使其与 DEM 数据实现几何配准,并进行前面所提到的影像与地形的绝对配准。考虑到以下因素:(1)在缺乏必要的辅助数据情况下,按构象方程确定遥感影像与地面间的映射关系,计算十分复杂;(2)所获取的 TM 与 IKONOS 影像已经过了消除系统误差的粗处理;(3)实际研究的遥感影像幅面较小。为此,可使用多项式(式 3)来进行影像纠正,纠正时,首先在影像上以及在 DEM 数据所对应的地形图上量取一定数量的控制点,然后通过解算多项式纠正参数,建立起地面与融合影像之间的映射关系,对影像进行多项式纠正,从而实现与 DTM 数据的精确匹配。

4 实验结果及结论

融合实验是使用某区域的 TM 影像(2 218×1 816)与 IKONOS 影像(15 084×13 304)以及相应区域的 DEM(363×444),两幅影像具有一定影像重叠,融合方法使用的是多项式纠正方法,实验时,首先提取两幅影像的公共部分,使两幅影像几何配准,然后再通过 HIS 变换的方法进行融合,并将融合后的影像与 DEM 复合,生成三维地形图。实验结果见图版 II 图 1。

实验结果说明,本文所使用的影像融合算法正确、可行,融合后影像既保持了 TM 影像丰富的光谱信息,又具有 IKONOS 影像高分辨的几何特征,生成了 1m 的高分辨率彩色影像,该图象不仅目视效果有很大改善,而且能显示出非常有用的细部特征信息。由于融合后遥感影像的三维纹理图较之纯 DEM 灰度三维图更加直观、真实,信息量也更为丰富,同时也为下一步在遥感影像上提取城市空间信息,构建城市三维景观图奠定了基础,因此,将融合以后的结果应用于地形或城市三维景观重建中,可有效利用现有遥感影像数据,构建具有高度真实感

的城市或地形三维景观图。

受到融合算法与配准精度的限制,实验结果显示,在某些纹理细节较为丰富的地区,融合后影像会存在轻微的偏色现象,为此需在保证两幅影像配准精度的基础上,进一步改进融合算法,以改善实验结果。

参 考 文 献

- 1 Castleman K R. Digital image processing[M]. New York:Prentice hall Inc,1996.
- 2 彭群生,鲍虎军,金小刚等. 计算机真实感图形的算法基础[M]. 北京:科学出版社,1999.
- 3 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社.
- 4 朱述龙,张占睦. 遥感影像获取与分析[M]. 北京:科学出版社,2000.
- 5 ANTUNES A F. Thematic resolution assessment merging Landsat and SPOT 10m[A]. In: Paper of International Society for Photogrammetry Remote Sensing[C]. Amsterdam,2000.
- 6 乔林,费广正,林杜等. OpenGL 程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
- 7 徐青,吴寿虎,邱振戈等. 近代摄影测量[M]. 北京:解放军出版社,2000.



周 杨 1974 年生,解放军信息工程大学测绘学院遥感与信息工程系硕士研究生。主要研究方向为摄影测量与遥感、GIS、城市三维仿真。



徐 青 1964 年生,解放军信息工程大学测绘学院遥感与信息工程系教授,博士生导师,浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室访问学者。主要研究方向为摄影测量与遥感、GIS、虚拟现实技术。



谭 兵 1975 年生,解放军信息工程大学测绘学院遥感与信息工程系博士研究生。主要研究方向为摄影测量与遥感、遥感影像处理、地形三维仿真。



李 辉 1973 年生,2001 年获解放军信息工程大学测绘学院遥感与信息工程系硕士学位,现任总参第四测绘大队工程师。主要研究方向为摄影测量与遥感、遥感影像处理、GIS。