

国产卫星遥感数据的地形渲染技术

陈君颖, 李杏朝, 傅俏燕, 黄世存, 李俊杰

(中国资源卫星应用中心, 北京 100094)

摘要: 在使用国产卫星遥感数据的基础上, 利用 DEM 数据提取地形特征, 根据数据获取时的光照条件, 建立地形光照模型, 总结出一套快速易行的地形渲染技术, 能够实现可视化、立体感强的三维地形表达, 提供更为直观准确的地形认知。

关键词: 地形渲染; 国产卫星; 遥感图像; DEM

doi: 10. 3969/ j. issn. 1000- 3177. 2011. 01. 014

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000- 3177(2011) 113- 0070- 03

Technology of Terrain Rendering Based on Domestic Satellite Remote Sensing Data

CHEN Jun ying, LI Xing chao, FU Qiao yan, HUANG Shi cun, LI Jun jie

(China Centre of Resources Satellite Data & Application, Beijing 100094)

Abstract: The study was based on domestic satellite remote sensing data. We built the terrain illumination model with terrain features extracted from DEM data and illumination condition of image acquisition, and summarized a technology of terrain rendering. The technology can realize stereoscopic 3D terrain visualization, and give us more direct and precise terrain cognition.

Key words: terrain rendering; domestic satellite; remote sensing data; DEM

1 引言

卫星遥感图像能在瞬间获取大区域地表信息, 客观、真实地记录地表的综合景观特征和各种地物的个体特征, 已被广泛应用于各个领域。但遥感图像二维、平面的显示使得地球表面的各种高低起伏变化和地形特征表现的并不明显, 如何在一张平面的地图上表现这种起伏不平的地貌形态, 一直是制图学里最具挑战性的问题之一^[1]。

DEM 含有丰富的地形特征和结构信息, 如坡度、坡向、曲率、地形结构线等。这些信息从不同的侧面刻画了地形地貌的本质特征^[2]。如果将 DEM 隐含的地形特征提取出来, 与卫星遥感图像叠加, 在充分展示地貌形态的同时使得地形可视化, 将大大提高卫星遥感图像的美观和立体感, 地

貌地形更为直观准确、易于判读, 具有很好的应用前景。

本文基于国产卫星遥感数据, 针对数据获取同时的光照条件进行分析, 提取出 DEM 数据的地形信息, 建立地形光照模型模拟真实地表起伏、山区阴影分布, 并将遥感图像与地形模拟图像进行叠合, 提出了一种行之有效的地形渲染技术, 增强了国产卫星遥感图像的地形可视化表达效果, 有助于推动国产卫星数据的广泛和深入应用。

2 数据源

中巴地球资源卫星(CBERS)是我国首颗具有自主知识产权的地球资源卫星, 它的成功发射结束了我国长期依赖国外卫星数据的局面, 为我国的遥感应用积累了丰富的数据源。2007年9月19日,

收稿日期: 2009- 11- 23 修订日期: 2009- 12- 18

基金项目: 国家科技支撑项目(2008BAK52B05)“应急空间数据分中心系统”项目资助。

作者简介: 陈君颖(1983~), 女, 工程师, 主要从事遥感图像处理与应用研究。

E mail: chenjunying@spacechina.com

CBERS-02B 星是我国第一颗民用高分辨率遥感卫星,在国土资源、城市规划、环境监测、减灾防灾、农业、林业、水利等众多领域发挥了重要作用。本研究使用了 CBERS-02B 星 CCD 数据进行技术方法的尝试,其主要载荷参数见表 1,数据的获取日期为 2007 年 2 月 28 日。

2008 年 9 月 6 日,我国“环境一号卫星 A、B 星”(HJ-1A/B)以一箭双星的方式发射成功,它能对我国生态、环境变化和灾害进行大范围、全天时动态监测。在 HJ-1A 星和 HJ-1B 星上均装载有两台设计

表 1 卫星主要载荷参数

平台	有效载荷	波段号	光谱范围(μm)	空间分辨率(m)	幅宽(km)	重访时间(天)
CBERS 02B 星	CCD 相机	1	0.45-0.52	19.5	113	26
		2	0.52-0.590	19.5		
		3	0.63-0.69	19.5		
		4	0.77-0.89	19.5		
		5	0.51-0.73	19.5		
HJ 1A/B 星	CCD 相机	1	0.43-0.52	30	360(单台), 700(二台)	4
		2	0.52-0.60	30		
		3	0.63-0.69	30		
		4	0.76-0.90	30		

3 技术方法

由于地形的影响,遥感影像上各个像元所接受的光照条件不同,导致出现明暗差异及阴影。本研究就是基于这种思想,根据遥感影像获取时间推算成像时的太阳光照条件,并与 DEM 提取的地形信息共同建立地形光照模型,生成具有显著地形特征的影像,再与原始遥感影像进行叠合从而得到经过地形渲染后的图像。根据实际需要还可以通过调整阴、阳坡面的明暗反差来增强地形的立体感,同时又不会破坏原始地貌形态。

地形光照模型是通过模拟同一成像时间不同地形条件下各像元接收的太阳光照辐射强度来建立的。卫星遥感影像像元值反映的是像元大小范围内地物反射总能量,但对于山地而言,由于受地形因素的影响,其实际的承照面并不等于遥感影像上的像元面积。如图 1 所示,矩形 ABCD 为卫星影像像元记录的地物,其位于坡角为 α、坡向与太阳方向夹角为 ω 的坡面上。A'、D' 两点分别为过 A、D 两点光线在水平面上的交点,太阳高度角为 θ。矩形 B'BCO 为 ABCD 在水平面上的垂直投影, S_{B'BCO} 为影

原理完全相同的 CCD 相机,它们以星下点对称放置,平分视场、并行观测,联合完成幅宽为 700km、地面像元分辨率为 30m、4 个谱段的推扫成像,其主要载荷参数见表 1。本研究同时使用了 2009 年 4 月 16 日获取的 HJ-1B 星 CCD 数据进行地形渲染的试验,以验证该方法适用于多种卫星数据。

本文的研究区域位于云南省山区,境内以山地为主,且山体海拔高度差异明显,其中也有部分平地,能明显反映出地形渲染的效果。使用的 DEM 空间分辨率为 30m。

像上像元显示的面积,而实际的承照面积应是 S_{ABCD},相当于水平面 S_{A'B'CD'} 所获得的能量,由于同一水平面上照度与面积成正比,因此得到直射光太阳改正系数 F 的计算公式如下^[3]:

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{E_{A'B'CD'}}{E_{B'BCO}} = \frac{S_{A'B'CD'}}{S_{B'BCO}} \\
 &= \frac{S_{B'BCO}(1 - \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{ctg}\theta \cdot \cos\omega)}{S_{B'BCO}} \\
 &= 1 - \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{ctg}\theta \cdot \cos\omega \quad (1)
 \end{aligned}$$

由图 1 可知,由于 ω 为坡向与太阳方向之间的夹角,如 φ_s 为太阳方位角,φ_n 为坡向,则有如下公式:

$$\cos\omega = -\cos(\varphi_s - \varphi_n) \quad (2)$$

将式(2)带入式(1)得到:

$$F = 1 + \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{ctg}\theta \cdot \cos(\varphi_s - \varphi_n) \quad (3)$$

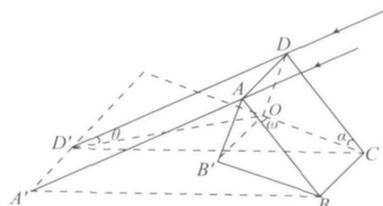


图 1 山地太阳光照入射示意图^[3]

注:参考《遥感信息的地形影响与改正》^[3]

以上是当像元处于阳坡($90^\circ < \omega \leq 180^\circ$)或半阴半阳坡($0^\circ \leq \omega < 90^\circ$, 且 $\alpha < \theta$)的太阳改正系数。当像元处于阴坡($0^\circ \leq \omega < 90^\circ$, 且 $\alpha \geq \theta$)时, 阳光照度为0, 因此太阳改正系数 $F = 0$ 。

根据以上原理, 制作卫星遥感图像地形渲染效果的技术流程如图2:

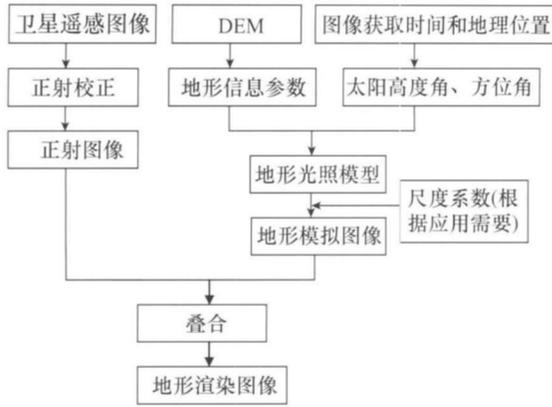


图2 遥感图像地形渲染技术流程

通过图像获取时间和地理位置反演成像时的太阳高度角和方位角, 与DEM提取的地形信息参数建立地形光照模型。根据实际应用需要设置合理的尺度系数生成地形模拟图像, 与经过正射校正的卫星遥感图像叠合, 得到地形渲染图像。

4 结果分析

本研究首先利用CBERS-02B星CCD数据进行了技术方法的探讨。根据CBERS-02B星数据文件中包含的记录辅助信息的XML文件可以查找到数据获取的精确时间, 对影像进行正射校正后能确定影像的地理位置, 从而推算出太阳天顶角和方位角。结合地面间格为30m的DEM数据, 考虑到光照强度和地形的影响, 推导了地形光照模型, 生成了地形模拟图像。将CBERS-02B星CCD正射影像与地形模拟图像相叠合, 得到经过地形渲染后具有立体感的图像。在建立地形光照模型的同时也探讨了尺度系数对地形渲染效果的影响, 图3(a)为原始CBERS-02B星CCD影像, 图3(b)为尺度系数为1即依据真实地形环境进行地形渲染的效果图, 图3(c)和图3(d)分别为尺度系数为2和3即对地形影响进行了一定程度夸张后的地形渲染效果图。可以看出, 经过地形渲染后的图像突出再现了覆盖地区的地形纹理特征, 凸显了地形山脊线、山谷线的空间展布, 立体感明显增强。随着尺度系数的增大, 地形纹理的表现更为强烈, 海拔较低、坡度平缓的山地地形也得以呈现。使用较大的尺度系数能够进一步增

强整体地形结构与细部地形特征的可视化表达, 但由于对地形差异进行了夸大, 因此尺度系数的赋值应根据应用目的进行适当的尝试和选取。

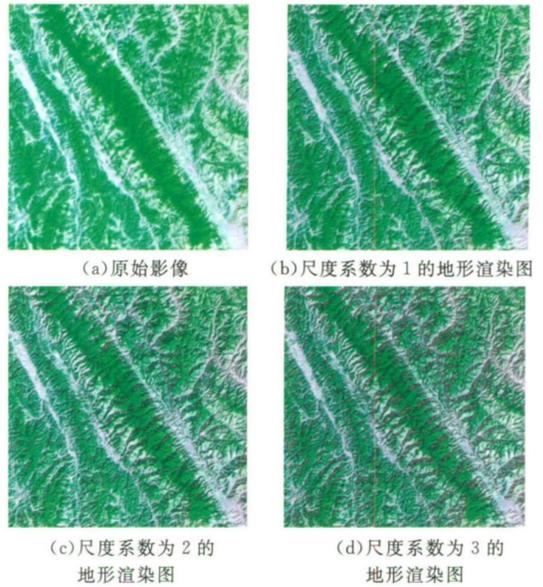


图3 CBERS-02B星CCD数据地形渲染效果

基于以上研究成果, 我们还采用了HJ1星CCD数据对该地形渲染方法进行验证, 以证明该方法针对多种卫星遥感数据的有效性。采用了HJ1B星CCD数据, 将分别使用数值为1、2和3的尺度系数进行地形渲染后的效果与原始图像进行比较如图4所示, 可以看出, 利用该方法对HJ1星CCD数据进行地形渲染, 效果也十分明显, 能够直观地展现地貌地形, 且随着尺度系数的增加, 地形起伏差异也更为显著, 山脊、山谷线更清晰, 表明该方法能够适用于多种数据。

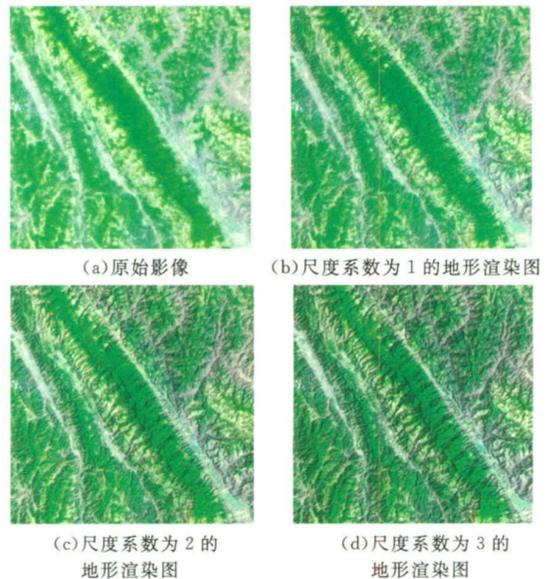


图4 HJ-1B星CCD数据地形渲染效果

(下转第103页)

南朝梁、南朝陈、南唐、明、明南直隶、民国的都城,这使得苏北远不能与苏南综合区域影响力相比,即使在非都城时期基本也是如此。例如秦时期,现江苏辖域内的郡级治所仅有苏南的会稽郡的郡治“吴县”(今苏州);西汉苏北虽然出现了楚国、临淮郡、广陵国、泗水国等四个郡,但四个郡的辖域总和仍远比苏南的会稽郡小很多,不及 1/5。东汉苏北出现下邳国、彭城国和广陵国,辖域与苏南会稽郡相当。西晋时期,苏北的徐州和苏南扬州虽然同级而治,但辖域还不及扬州 1/6。

隋代苏北第一次超越了苏南,辖域将近是苏南的 3 倍。唐代苏北的扬州和苏南的苏州都产生了重要的区域影响力,苏北总体与苏南相当。北宋和南宋,苏北接近苏南,达到四六分比例。元代苏北再次超越了苏南,辖域是苏南的两倍有余。明南直隶第一次苏南苏北辖域整合,其政治中心是苏南的应天府(今南京)。清代苏南的江宁(今南京)为两江总督所驻地,苏南再次成为政治和经济中心。

由此可见,历史上苏北区域影响力超过苏南的时期仅有隋代和元代两个历史时期,再加上长期处于水患和兵灾之中,发展受到严重制约,故历史上苏南区域影响力远远大于苏北地区。

6 结束语

本研究尝试利用 GIS 技术,采用定量和定性相结合的手段,以江苏省域范围自秦统一中国以来的二十个历史时期的政区变迁和区域影响力沿革为研究对象,计算和推演了江苏省域范围所有县级以上的历史中心城市跨越全历史时期的综合叠加区域影响力。通过研究论证了江苏省域范围历史中心城市有着深厚的历史渊源和深远的区域影响,其中南京、苏州、扬州、徐州、淮安、镇江、常州等历史中心城市的兴起和发展是构成江苏省区域影响力的核心要素,在不同的历史时期交相辉映地发挥了各自的重要作用。另外,历史研究和分析的目的是“古为今用”,在实际工作中本研究已经为江苏省和省内城市在历史中寻找新时期的突破和探索未来的方向奠定了一定的历史分析基础。

但由于研究资料和时间限制,本研究存在诸多疏漏和错误,在后续研究中将继续补充、完善和改正,也希望本研究能为其他城市的历史研究方法提供一点借鉴。

致谢:本文在研究过程中得到了江苏省住房和城乡建设厅周岚厅长的全程指导和支持,在此谨致谢忱!

参考文献

- [1] 谭其骧. 中国历史地图集[M]. 中国地图出版社, 1982.
- [2] 汤国安, 杨昕. 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 科学出版社, 2006.
- [3] 林琿, 张捷, 杨萍, 刘佳. 空间综合人文与社会科学研究进展[J]. 地球信息科学, 2006, 8(2): 30-37.
- [4] 王均, 陈向东, 宇文仲. 历史地理数据的 GIS 应用处理——以清时期的陕西为例[J]. 地球信息科学, 2003, 3(1): 58-61.
- [5] 初建朋, 侯甬坚. 基于 GIS 技术建立明清时期山西省人口耕地资料数据库[J]. 唐山师范学院学报, 2004, 26(2): 73-75.
- [6] 陈刚. 超媒体地理信息技术在六朝建康历史地理研究中的应用刍议[J]. 南京晓庄学院学报, 2004, 20(3): 41-46.

(上接第 72 页)

5 结束语

本研究依据地表起伏受光照条件影响产生阴阳坡面的原理,通过卫星遥感数据获取时的光照条件和 DEM 提取的地形信息共同建立地形光照模型,生成地形模拟图像,再与遥感图像相叠合,进行地形渲染,得到的渲染图具有较好的地形可视化效果,能够直观地展现地貌形态,且适用于多种卫星遥感数据。

由于突出体现了山地沟谷空间分布,进行地形渲染后的图像能够应用于水土保持、退耕还林、非法采矿等领域的遥感监测工作,且经过地形渲染的图像在视觉上比原始遥感图像更为美观,因此该技术也可以应用于艺术挂图的制作。

本研究提供了一种快速简单易行的地形渲染方法,今后还需要进一步考虑大气辐射、地面双向反射特性等因素的影响,对地形光照模型进行完善,以使地形模拟的结果更为精准、细致。

参考文献

- [1] 李少梅, 孙群. 数字制图中地貌晕渲技术的发展现状[J]. 测绘通报, 2003(1): 18-21.
- [2] 王春, 王占宏, 李鹏, 李伟涛. DEM 地形可视化自增强技术[J]. 地理信息世界, 2009(2): 38-45.
- [3] 李先华. 遥感信息的地形影响与改正[J]. 测绘学报, 1986, 15(2): 102-109.