

# 卫星遥感图像空间分辨率适用性分析

张廷斌, 唐菊兴, 刘登忠

(成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059)

[摘要] 从卫星遥感图像空间分辨率的定义出发, 简述了影响卫星遥感图像空间分辨率的几种因素。根据各研究领域和研究层次对卫星遥感空间分辨率的不同需求, 给出其相应的空间分辨率。从测绘制图的角度确定了不同比例尺地图所需要的卫星遥感图像空间分辨率大小。讨论了当前主要遥感信息源的应用范围, 并结合案例对其适用性进行了分析, 最后指出了卫星遥感技术目前存在的一些问题, 提出了几点看法。

[关键词] 卫星遥感图像; 空间分辨率; 成图比例尺; 适用性

[中图分类号] P223; P283.8 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)01-0079-04

## Feasibility of Satellite Remote Sensing Image About Spatial Resolution

ZHANG Ting-bin, TANG Ju-xing, LIU Deng-zhong

(School of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

**Abstract** The definition of satellite remote sensing image spatial resolution is given and its affecting factors are discussed. According to varied requirements for different research domains and mapping scales the corresponding image spatial resolutions are proposed. For the surveying and mapping, the size of satellite remote sensing image spatial resolution for the series of scales of maps is determined by using remotely sensed imagery data. Based the analysis about spatial resolution of satellite remote sensing technology, the application is analyzed with cases about mainly remote sensing sources, and then some technical problems are pointed out. And finally some suggestions are put forward.

**Key words:** satellite remote sensing image; spatial resolution; mapping scales; feasibility

## 0 引言

近年来, 随着卫星空间分辨率的提高, 如陆地卫星图像分辨率从 80 m 左右 (Landsat 1) 提高到 15 m 左右 (Landsat 7), 特别是米级分辨率如 Ikonos II 1 m 空间分辨率、Quickbird 0.62 m 空间分辨率商业化的开始, 使遥感图像大比例尺的应用成为可能, 并且已有许多研究者从不同专业层次对其进行了应用、试验和论述<sup>[1-8]</sup>。笔者从卫星遥感图像的空间分辨率角度对其适用性作初步的探讨。

## 1 遥感图像的空间分辨率

### 1.1 空间分辨率的定义

遥感图像的分辨率是指每个像元所代表的地面实际范围的大小, 即扫描仪的瞬时视场, 或地面物体所能分辨的最小单元。遥感图像的空间分辨率有 3 种表示形式<sup>[9]</sup>: 像元 (Pixel size)、像解率 (Photographic resolution)、视场角 (IFOV)。

遥感图像的空间分辨率, 一般是从像元的角度给出其与地面范围大小相当的尺寸, 如 TM 图像中一个像元代表地面 28.5 m × 28.5 m 的面积, 一般笼统地讲, 它的空间分辨率为 30 m。

[收稿日期] 2005-03-27

[基金项目] 中国地质调查局国土资源大调查项目(200110200010)

[作者简介] 张廷斌(1978-), 男, 山东沂水人, 硕士研究生, 从事测绘、遥感研究。

1.2 空间分辨率的影响因素

任何影响卫星稳定运转、图像采集和图像处理的因素,都会不同程度地影响卫星遥感图像质量,进而影响到卫星图像对地面物体的分辨能力。概括讲,主要决定性因素是卫星自身的性能、卫星工作的外部客观环境、对遥感图像处理所采取的技术方法。

1.2.1 卫星的自身性能

卫星自身性能包括其使用的传感器、传感器的瞬时视场角、成像时的侧视角以及数据的编码等。如,随分辨率的提高和成像景幅宽度的减少,侧视角变化幅度将加大,这导致成像变形和成像后图像的清晰度<sup>[9]</sup>,进而影响图像对地面物体的分辨能力。随着卫星空间分辨率的提高,卫星遥感数据量变得越来越大,不同数据编码方式将影响图像的清晰度,从而直接影响遥感图像的分辨率。

1.2.2 卫星工作的外部环境

影响卫星遥感图像空间分辨率的外部环境包括大气层和天气状况的影响,地面物体的形状、大小以及周围物体的亮度和结构差异等。例如,当成像地区的云量大于 10%时,获取的数据模糊不清,就更谈不上应用了。有许多线形物体,如铁路、公路等,其本身的宽度达不到一个像元,却可以在遥感图像上清晰地分辨出来。一些宽度不足一个像元的人工渠、河流等,由于渠水的照度超过了周围的地物,也可以在遥感图像上识别出来。

1.2.3 对遥感卫星图像处理采用的方法

卫星遥感图像的处理方式,不同的信息提取技术总是以牺牲某些地物的分辨率来提高其他地物分辨率的。卫星遥感图像的多元信息复合(包括遥感信息的复合、遥感与非遥感信息的复合),则既提高了新图像的分辨率又丰富了光谱信息,同时也大大提高了遥感图像的应用和综合分析的能力<sup>[10]</sup>。

2 空间分辨率适用性分析

2.1 空间分辨率的需求分析

不同应用领域以及应用研究的不同层次对遥感数据的空间分辨率有不同需求,如大面积的固体矿产普查要求分辨率比较低,而如对某个城市作规划性设计则要求分辨率较高。表 1<sup>[9, 11-13]</sup> 所列各研究层次对遥感图像空间分辨率大小的基本要求。

2.2 空间分辨率的成图分析

根据人眼在明视距离(250 mm)处的分辨率为

表 1 各研究层次对遥感图像空间分辨率的需求

Tab. 1 Requirement of Different Studying Specialties to Spatial Resolution of Satellite Remote Sensing Image

研究层次	分辨率/ m	研究层次	分辨率/ m
概略地质制图	1 000	地质构造详查	30
地热资源	1 000	矿化地段调查	30
海洋温度	1 000	作物长势监测	25~ 50
区域地质构造	300	水污染控制	10~ 20
森林分布	300	侵蚀调查	10
土地类型划分	200	污染源识别	10
山区植被调查	200	鱼群分布与迁移	10
森林资源调查	100	城乡规划	5~ 10
海岸带变化	100	作物病虫害监测	5~ 10
土壤识别	75	航行设计	5
土壤保护	75	城市交通密度分析	5
农作物估产	50	土壤详查	3
洪水灾害	50	地震评估	1~ 5
森林病虫害探测	50	大比例尺土地详查	1~ 3
森林火灾预报	50	土地变化监测	1
道路交通规划	50	大比例尺地形图测绘	0. 1~ 0. 5
水污染控制	50		

0. 1 mm, 可以计算出纸质各比例尺地形图的地面分辨率(0. 1 mm 乘以地图比例尺的分母),在测绘成图时,凡大于地形图地面分辨率的地物或地貌必须测绘到地形图上。这一要求反映在利用卫星遥感图像进行测绘成图时,对卫星遥感图像空间分辨率的最低要求可以比照为相应比例尺地图的地面分辨率;同理,据此可估算出制作各比例尺专题图所需卫星遥感图像的空间分辨率大小。各比例尺地图对卫星遥感图像空间分辨率的需求如表 2。

表 2 各主要成图比例尺对遥感图像空间分辨率的需求

Tab. 2 Requirement of Mainly Maps to Spatial Resolution of Satellite Remote Sensing Image

成图比例尺	空间分辨率/ m	
	地形图	专题图
1 : 500 000	50. 0	100~ 150
1 : 250 000	25. 0	50~ 100
1 : 200 000	20. 0	40~ 50
1 : 100 000	10. 0	20~ 40
1 : 50 000	5. 0	10~ 20
1 : 25 000	2. 5	5~ 8
1 : 10 000	1. 0	2~ 3
1 : 5 000	0. 5	1~ 2
1 : 2 000	0. 2	0. 4~ 1. 0

2.3 卫星遥感信息源的综合应用分析

自从 1972 年美国发射了第一颗地球资源卫星以来,美国、法国、俄罗斯、欧空局、日本、印度、中国

等国家或国际机构都相继发射了众多对地观测卫星, 其中常用的遥感信息源主要有美国的陆地卫星 (Landsat) 的 TM 和 MSS 遥感数据、法国的 SPOT 卫星遥感数据、加拿大的 Radarsat 雷达遥感数据以及中国的 CBERS 遥感数据和美国的 QuickBird-2 遥感数据等。根据各研究层次对遥感图像空间分辨率的需求分析和卫星遥感图像成图地面分辨率的分析, 以上各遥感信息源主要应用范围如表 3。

2.4 案例分析

遥感技术应用在中国起步虽晚, 但发展速度较快。在航空遥感方面, 1979 年中国科学院与地质、石油、林业、水利、农业等应用部门联合, 在云南腾冲、新疆、天津等地区开展较大规模的综合性航空遥感试验, 编制了成套自然条件、自然资源图, 并对遥感应用做出了估价<sup>[14]</sup>。卫星遥感方面, 1979 年在江苏太湖地区利用 1 : 100 万卫星相片编制了地质、地貌、土地利用、植被、水文等专题图<sup>[15]</sup>, 拉开了卫星遥感技术应用的序幕。20 世纪 90 年代以来, 卫星遥感技术的应用领域越来越广, 从传统的地矿、测绘领域到土地、农业、林业、资源、环境等领域, 几乎涵盖了整个地球系统。下面就近几年卫星遥感技术在不同专业应用的实践、试验和研究作一分析, 以供探讨。

案例 1: 利用 SPOT 卫星遥感图像更新 1 : 5 万地形图。

2000 年 9 月 ~ 2001 年 4 月, 陕西工程测绘院对江苏省 13 市面积约  $10.26 \times 10^4 \text{ km}^2$  的区域以 20 世纪 70 ~ 80 年代中期施测的 1 : 5 万地形图为

基础, 用 10 m 分辨率的 SPOT 和 TM 卫星遥感数据对辖区内的地物要素进行了更新。实践表明, 利用 10 m 分辨率的 SPOT 和 TM 卫星遥感数据结合原版 1 : 5 万地形图及 GPS 定位技术, 对 1 : 5 万地形图框架要素的更新是可行的<sup>[16]</sup>。与传统方法相比, 在工作时间和资金投入上具有明显地优越性<sup>[16]</sup>。另据四川省遥感信息测绘院利用 10 m 分辨率的 SPOT 卫星遥感数据, 在山区进行 1 : 5 万地形图测图的试验资料显示, SPOT 卫星遥感资料基本可满足山地、高山地 1 : 5 万地形图的测绘要求<sup>[17]</sup>。

案例 2: 利用 IKONOS 高分辨率卫星遥感数据进行土地利用变化研究。

中国土地勘测规划院利用 2001 年 5 月的 IKONOS 1 m 全色和 4 m 多光谱卫星遥感数据, 以北京房山区作为试验区, 进行了 1 : 1 万比例尺的土地利用变化研究<sup>[3]</sup>, 并以稳定不变的土地利用详查图件为检验样本, 对遥感分类 (地类) 图进行了分类结果的评价, 总精度为 0.983<sup>[3]</sup>。研究结果表明, IKONOS 1 m 和 4 m 数据融合影像能够满足 1 : 1 万比例尺土地利用变化研究的几何精度和类型识别, 并且可以直接进行野外调绘<sup>[3]</sup>。此外, 随着米级分辨率卫星数据商业应用的开始, 卫星遥感技术已经从 20 世纪 80 ~ 90 年代主要用于大区域性地质、测绘、土地、农业等传统部门向局域性的生态环境调查<sup>[2]</sup>、城乡规划<sup>[18]</sup>等精度要求高的部门渗透。不同分辨率卫星遥感技术的应用将给各个相关专业领域的纵深发展带来前所未有的生机与活力。

表 3 主要遥感信息源的应用范围

Tab. 3 Application Area of the Mainly Remote Sensing Sources

卫星名称	空间分辨率/ m		成像谱段		成图比例尺	应用范围
	全、单色	多谱段	全、单色	多谱段		
Landsat 7 (美国)	15	30	0. 450 ~ 12. 5 $\mu\text{m}$		1 : 10 万 ~ 1 : 30 万, 个别领域 1 : 1 万 ~ 1 : 3 万	可用于矿产资源调查、石油普查、土地类型划分、区域地质调查、环境质量监测、渔业资源管理、农作物估产、水土保持、灾害预测、森林病虫害探测、污染监测等
SPOT 4 (法国)	10	20	0. 61 ~ 0. 68 $\mu\text{m}$	0. 50 ~ 1. 75 $\mu\text{m}$	1 : 10 万 ~ 1 : 20 万, 个别领域 1 : 2 万 ~ 1 : 5 万	除 Landsat 7 应用范围之外, 可用于水污染控制、水库建设、工程地质应用等
Radarsat (加拿大)	10 ~ 100		微波		1 : 10 万 ~ 1 : 50 万, 个别领域 1 : 2 万 ~ 1 : 5 万	应用范围同 SPOT 4
CBERS (中国、巴西)	19. 5(天底点)		0. 45 ~ 0. 73 $\mu\text{m}$		1 : 20 万, 个别领域 1 : 5 万 ~ 1 : 10 万	除 Landsat 7 应用范围之外, 可用于地热开发、区域工程地质应用、道路选线与勘察等
QuickBird-2	0. 62	2. 44	450 ~ 900 nm	450 ~ 690 nm	1 : 1 万 ~ 1 : 5 万, 个别领域 1 : 2 000 ~ 1 : 5 000	大比例尺遥感专题制图、大比例尺地形测图、获取 DEM 数据、城市规划、土地资源利用详查及动态监测、城市资源及生态评价等
IKONOS (美国)	0. 82	3. 28	450 ~ 900 nm	450 ~ 880 nm	1 : 1 万 ~ 1 : 2 万, 个别领域 1 : 5 000	应用范围同 QuickBird 2

### 3 问题及建议

(1)在米级分辨率未出现之前,限制卫星遥感技术在土地管理、城市规划、大比例尺专题制图等领域进一步深入而广泛应用的瓶颈是空间分辨率相对较低的问题。当米级分辨率遥感技术出现后,使得遥感技术在这些领域的应用成为可能。但对某些用户而言,米级分辨率卫星遥感数据的分辨率与所研究的微地貌、微地物在尺度上大小相当<sup>[19-20]</sup>,混合像元问题仍是一个应继续深入研究的问题。米级分辨率混合像元问题的解决,一方面应归结为分类方法特别是神经网络法、模糊分类法等先进分类方法的研究与进展,另一方面应归结为对光谱特征的深入研究,借以提高分类的精度。

(2)卫星遥感图像现在已经形成从几百米到零点几米的空间分辨率系列,低空间分辨率卫星图像并非无用武之地,而空间分辨率也不是越高越好。在可供选择的分辨率里,对于不同应用领域和层次存在一个最佳分辨率的选取问题,使应用研究既可以清晰地区分地貌、地物类别,又可以滤除许多噪声。对于最佳分辨率的选取问题,杜永明等<sup>[21]</sup>提供了一个可供参考的研究实例。

(3)米级分辨率卫星遥感资料商业化以后,定性的问题已变得比较容易,相比而言,对定量和定位的问题提出了更高的要求。而定位是定量的基础,所以定位问题也就是几何精度的提高问题将受到更多的重视。而 GPS 与 RS 的实质性融合,将是提高卫星遥感技术定位精度的有效方法。

(4)米级分辨率卫星遥感资料拥有更庞大的数据,这对计算机的存贮能力和运算速度提出了更高的要求。为了迎接卫星遥感数据实时传输、接收、处理、分析、显示时代的到来,目前各遥感图像处理软件和地理信息系统软件在数据的存贮和组织形式上将有所改变,在这一领域的理论研究和探索将成为卫星遥感技术应用的又一热点问题。

(5)低分辨率卫星遥感数据和高分辨率、米级分辨率卫星遥感数据的信息复合,既提高了新图像的分辨率又丰富了光谱信息,大大提高了遥感图像的应用和综合分析能力。高低分辨率卫星图像的这种优势互补,加快了卫星遥感技术应用的纵深发展。

(6)3S 技术(RS, GIS, GPS)一体化集成的进一步发展,可以保证遥感资料的定位精度和数据处理分析能力的综合提高。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 朱光良. 基于卫星遥感技术的土地利用研究发展[ J ]. 遥感信息, 2001(4): 34 - 37.
- [ 2 ] 林桂兰, 孙枫梅, 曾祖杰, 等. 高分辨率遥感技术在厦门海湾生态环境调查中的应用[ J ]. 台湾海峡, 2003, 22(2): 242 - 247.
- [ 3 ] 杨冀红, 孙毅, 刘顺喜. 高分辨率卫星遥感影像数字化更新县级土地利用基础图件的试验研究[ J ]. 中国土地科学, 2002, 16(3): 41 - 45.
- [ 4 ] 朱光良. 高分辨率卫星遥感技术发展与应用问题的思考[ J ]. 浙江教育学院学报, 2003(1): 55 - 59.
- [ 5 ] 孙丹峰, 杨冀红, 刘顺喜. 高分辨率遥感卫星影像在土地利用分类及其变化监测的应用研究[ J ]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 160 - 163.
- [ 6 ] 杨清华, 齐建伟, 孙永军. 高分辨率卫星遥感数据在土地利用动态监测中的应用研究[ J ]. 国土资源遥感, 2001, 50(4): 20 - 26.
- [ 7 ] 杜培军, 郭达志, 盛业华. 高分辨率卫星遥感的发展及在城市规划与管理中的应用[ J ]. 城市勘测, 1999(4): 17 - 21.
- [ 8 ] 奥勇, 王为录. 3DS 在公路选线中的应用[ J ]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(4): 64 - 66.
- [ 9 ] 陈述彭, 赵英时. 遥感地学分析[ M ]. 北京: 测绘出版社, 1990.
- [ 10 ] Aplin Paul, Atkinson Peter M, Curran Paul J. Fine Spatial Resolution Simulated Satellite Sensor Imagery for Land Cover Mapping in the United Kingdom[ J ]. Remote Sensing of Environment, 1999, 68(3): 206 - 216.
- [ 11 ] 陈华慧. 遥感地质学[ M ]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [ 12 ] 梅安新, 彭望球, 秦其明, 等. 遥感导论[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [ 13 ] 王宜礼. 我国资源卫星资料应用对空间分辨率的需求[ J ]. 国土资源遥感, 2002, 52(2): 2 - 3.
- [ 14 ] 南方测绘中心专题研究组. 当代地质科技情报——测绘分册[ G ]. 昆明: 中国有色金属工业总公司, 矿产地质情报网测绘专业站, 1988.
- [ 15 ] 李海晨. 专题地图与地图集编制[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 1984.
- [ 16 ] 王小龙, 童亚妮. 利用遥感数据和 GPS 观测数据更新 1 : 5 万地形图的作业方法[ J ]. 地矿测绘, 2002, 18(2): 12 - 15.
- [ 17 ] 蒋红兵. 利用 SPOT 卫星遥感影像测绘 1 : 5 万地形图的探讨[ J ]. 四川测绘, 2001, 24(3): 115 - 116.
- [ 18 ] 吴键平, 张立. 卫星遥感技术在城市规划中的应用[ J ]. 遥感技术与应用, 2003, 18(1): 52 - 55.
- [ 19 ] Mumby Peter J, Edwards Alasdair J. Mapping Marine Environments with IKONOS Imagery: Enhanced Spatial Resolution can Deliver Greater Thematic Accuracy[ J ]. Remote Sensing of Environment, 2002, 82: 248 - 257.
- [ 20 ] Ehlers Manfred, Gähler Monika, Janowsky Ronald. Automated Analysis of Ultra High Resolution Remote Sensing Data for Biotope Type Mapping: New Possibilities and Challenges[ J ]. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2003, 57: 315 - 326.
- [ 21 ] 杜永明, 秦其明. 不同分辨率对遥感影像中识别人造地物的影响[ J ]. 遥感技术与应用, 2001, 16(4): 214 - 217.