

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

杨清华, 齐建伟, 孙永军

(中国国土资源航空物探遥感中心 北京 100083)

摘要: 选择土地利用变化类型较多的北京市大兴区为试验区,通过分析印度 IRS、韩国 KOMPSAT-1、美国 IKONOS 等高分辨率卫星数据的获取途径、覆盖周期、卫星运行状况、监测成本估算、技术条件 and 设备要求, 对其在土地利用动态监测中的可行性进行了研究; 测算了高分辨率卫星数据的主要技术参数; 分析原始图像上各主要土地类型的灰度分布范围及其直方图特征, 总结不同土地利用覆盖类型与融合图像变化信息的光谱特征。通过精度测算, 确定了最大成图比例尺。比较利用高分辨率卫星 IRS、KOMPSAT-1 和 SPOT 与陆地卫星 TM 多光谱数据组合的土地利用动态监测结果(识别率、判对率、图斑边界吻合精度、可监测的最小图斑面积等), 确定了不同高分辨率卫星数据与 TM 多光谱卫星数据组合后对土地利用类型的识别能力, 建立了土地利用动态监测解译标志。在解决了若干关键技术问题的基础上, 形成了一套可推广的、实用的技术方法和工作流程。

关键词: 高分辨率卫星遥感数据; 土地利用动态监测; 应用研究

中图分类号: TP 79 : S 127 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2001)04-0020-08

0 引言

为了解决土地利用动态监测中卫星遥感数据分辨率局限性所产生的监测误差, 识别出地物最小变化图斑, 特别是复杂地区和农村小居民点的变化图斑, 实现地物变化边界线的正确判读、土地变更调查与遥感动态监测的衔接和土地利用管理信息系统的动态化, 国土资源部在 2000 年度土地利用动态遥感监测任务中安排了高分辨率卫星遥感数据应用与研究, 以通过对高分辨率卫星数据如韩国 KOMPSAT-1、印度 IRS 和美国 IKONOS 卫星数据的研究与分析, 为国土资源大调查提供技术支持。

以北京市大兴区为试验区。该区为北京市城乡结合部, 近几年来, 土地利用动态变化较大, 土地变化类型较多, 既有城镇和农村居民点占用耕地, 也有农业结构调整等, 但在 1999 年土地动态遥感监测中, 利用 SPOT 卫星全色数据(地面分辨率 10 m)和陆地卫星 TM 多光谱数据(地面分辨率 30 m), 一些农村居民点占用耕地的小图斑很难发现。

1 高分辨率卫星遥感数据质量的影响因素分析

高分辨率卫星遥感数据主要指韩国 KOMPSAT-1 卫星 EOC 全色光谱数据(分辨率为 6.6 m)、印度 IRS 卫星 PAN 全色光谱数据(分辨率为 5.8 m)和 IKONOS 卫星全色光谱数据

(分辨率为 1 m)。对土地利用动态监测应用而言,影响高分辨率数据应用效果的因素有大气层、天气状况、侧视角、空间分辨率和数据编码方式等。

1.1 大气层及天气状况的影响

目前,高分辨率卫星遥感波谱(全色和多光谱)受大气影响较大(表 1)。对土地利用动态监测来说,为了保证全色波段数据与多光谱数据的融合图像具有真彩色效果和监测精度,要求卫星成像时对同种地物辐射特性的成像环境相似或相同,即成像时的时间效应与空间效应最小。成像地区的云、雾或阴天时对图像的清晰度影响很大,通常云量 > 10% 时,获取的数据基本没用;当地表湿气较重时,所获取的图像也不清楚。

表 1 高分辨率卫星遥感光谱波段

卫星传感器	KOMPSAT-1 (EOC)	IRS (PAN)	IKONOS (1 m 分辨率)	IKONOS (4 m 分辨率)
波段范围/nm	510730	500750	450900	450520 520600 630690 760790

1.2 侧视角的影响

为了保证对地球表面的周期性重复覆盖,卫星在地球表面成像时很难保证对所有地区都在星下点成像。随着分辨率的提高和成像景幅宽度的减少,卫星成像时的侧视角变化幅度将会加大(表 2)。当侧视角接近卫星传感器的转动上限时,成像不仅变形大,而且清晰度受到很大影响。

表 2 不同高分辨率卫星成像侧视角的动态范围

卫星传感器	KOMPSAT-1 (EOC)	IRS (PAN)	IKONOS (1 m 分辨率)	IKONOS (4 m 分辨率)
成像侧视角	- 45° + 45°	- 26° + 26°	- 45° + 45°	- 45° + 45°

1.3 空间分辨率的影响

定性、定位是遥感对地观测技术及其应用技术的两个关键问题,为解决这两个问题,发展了多种平台、多种传感器、多种处理技术和应用技术。高分辨率传感器的产生使定性、定位的有机结合成为可能,而土地利用动态遥感监测是定性与定位结合在遥感综合技术中的充分体现。

1.3.1 不同分辨率卫星遥感数据的应用

在常规遥感应用作业流程中,依据一种信息源去作各种不同精度要求的专业应用。而在土地利用调查与资源管理中,特别强调的是不同比例尺的专题应用需要与其匹配的分辨率的遥感数据源。

(1)土地利用现状调查与动态监测 根据调查的内容、范围和精度,可以使用不同的遥感数据或组合数据,如陆地卫星 TM 数据或 TM 与 SPOT 数据组合可以很好地进行土地利用中 8 大地类的划分与面积统计,其精确度可与土地详查数据比拟。

(2)退耕还林与城市绿化 西部大开发的重要政策之一是退耕还林还草,利用 TM 多光谱图像可以很好地确定退耕还林还草的范围。如张家口康保县是首批退耕还林的重点县之一,为了确定退耕还林的范围,县土地局利用 TM 图像确定了沿行政界线 4 km 范围内的退耕还林

区域。要监测退耕还林的实际情况,如种植面积、树种、成活率等,就需要使用更高分辨率的数据;城市绿化是城市规划的重要内容之一,如北京市利用 TM 多光谱数据与 SPOT 全色数据的融合图像在很短时间内就查明了绿化隔离带内的建设用地、耕地、林地等面积,节省了大量的人力物力。

(3)土地利用信息系统数据的修改与补充 土地利用信息管理系统数据目前存在的主要问题是:①土地利用现状图斑与实际的有较大出入,两者相差 5%~10%。IKONOS 卫星全色波段(1 m 分辨率)数据成图比例尺可达 1:5 000,经过一定的实验和外业测量完全可以满足土地利用现状调查 1:1 万成图精度;②线状地物的不连续性,如细小河流、田埂、机耕道等,可充分发挥高分辨率卫星遥感数据对线状地物识别的优势。大兴区土地利用信息管理系统利用 IRS 全色波段(5 m 分辨率)数据对土地利用现状图斑进行核查,圈出错误图斑,并通过外业测量修改图斑,节省了大量的人力物力,基本实现了土地利用的高技术化管理。

1.3.2 不同分辨率卫星数据源对成图比例尺的影响

(1)IKONOS 卫星数据 IKONOS 卫星多光谱图像可满足乡、镇土地利用调查精度要求,成图比例尺为 1:2 万,全色波段图像可用于 1:1 万的土地利用现状成图,多光谱彩色合成图像可以划分到 3 级地类如地物边界、所有级别的道路、田埂、建筑物。IKONOS 全色波段图像在城市土地利用调查中可识别城市楼房排列方式、形态、林地内建筑物、单棵树及林地类型、单个地块及边界、城市护城河及堤坝。

(2)IRS、KOMPSAT-1 卫星全色波段数据 IRS 和 KOMSAT-1 全色波段数据的成图比例尺为 1:1.5 万~1:3 万,对一级和二级土地利用类型的识别有较高的精确度,可以准确地圈定地块边界,各种级别的道路、田埂、城镇及居民点的范围。

(3)SPOT 卫星全色波段数据 SPOT 全色波段数据成图比例尺为 1:2.5 万~1:5 万,对一级土地利用类型的识别有较高的精确度,城镇边界、建设用地边界在图像上显示的较为清晰,是大规模土地利用动态监测的主要数据源之一。

1.4 数据编码方式对图像清晰度的影响

高分辨率卫星遥感图像的重要性在于其对地面资源、环境、社会与经济的主要内容都有清晰显示,因此其作用和用途都是很大的,但是,对应的遥感数据量也是很大的。如 1 m 分辨率的卫星影像覆盖全球,其数据量可能不止 1 000G 字节,要实现对快速处理,难度非常大。为了压缩相关数据量,高分辨率卫星遥感数据往往采用不同的数据编码方式进行记录(表 3)。从表中可以看出,尽管 IRS 数据的分辨率比 KOMPSAT-1 数据的高,但后者数据的动态范围比前者大一倍,反映在图像清晰度方面,弥补了分辨率低的某些不足。

表 3 不同高分辨率数据的记录编码方式

卫星传感器	KOMPSAT-1 (EOC)	IRS (PAN)	IKONOS (1 m 分辨率)	IKONOS (4 m 分辨率)
数据编码方式	7bits	6bits	8bits/11bits	8bits

2 高分辨率图像解译标志的建立

图像解译标志的建立是遥感图像应用与自动分析的基础,主要受地形因素、图像像元混合

程度、解译目标与周围环境的关系等影响 ,就高分辨率影像本身而言 ,地物与影像要素存在一定的关系(表 4)。

表 4 高分辨率图像上不同地物的影像要素及其特征

影像要素	影像地物	KOMPSAT - 1 图像特征	IRS 图像特征	IKONOS 图像特征
亮度	人造地物	很亮	亮	很亮
	树冠	不清楚	不清楚	清楚 ,针状
	农业用地、森林	深灰	灰	深灰
	草地、河流	暗	暗	暗
	湖、水和海、光滑表面	很暗	很暗	很暗
纹理	水体	均一质	均一质	均一质
	农田、草地	中等	中等	较好
	城市、山体	异质	异质	异质
形状	水渠、道路、地质线性体	线性	线性	线性
	湖、水库、农田、森林	区域	区域	区域
	农田	矩形、块状	矩形、块状	矩形、块状
	城区、森林	团状	团状	组成方式清楚
大小	海岸、森林	大面积	大面积	大面积
	湖、森林、城区、山脊	中等	中等	中等
	农田、城区	小面积	小面积	大面积
复杂结构	山体	易判读	易判读	易判读

通过上述图像要素可以看出 ,在不同的高分辨率全色图像上 ,可以建立相关的土地类型解译标志。

3 高分辨率卫星数据在土地利用动态监测中的应用评价

土地利用动态监测是国土资源大调查任务之一。在一些热点地区、重要城乡结合部位 ,为了详细了解并掌握土地利用动态变化情况 ,需要采用更高分辨率卫星数据进行监测。

3.1 数据处理

融合图像是土地利用动态监测的基础图件 ,与 SPOT 卫星数据相比 ,KOMPSAT - 1、IRS、IKONOS 卫星数据的准备工作有类似之处 ,为了保证融合后的图像上不同地物间界线更清楚 ,对两种卫星数据的处理参数与 SPOT 卫星数据有所不同。

3.1.1 数据纠正

首先用地形图对高分辨率卫星数据进行纠正 ,再将 TM 卫星数据与之配准 ,或者利用地形图对 TM 卫星数据和 KOMPSAT - 1、IRS、IKONOS 卫星数据分别进行纠正 ,再按地理坐标进行配准检查 ,经过这样的纠正、配准融合后图像清晰。

3.1.2 KOMPSAT-1、IRS、IKONOS 卫星数据的纹理增强

试验表明,采用 Photoshop 下的 Custom 自定义 $\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 9 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} 3 \times 3$ 滤波核可以获得比 $\begin{pmatrix} -1 & -1 & 5 & -1 & -1 \end{pmatrix}$ 滤波核效果更好的纹理增强图像。

3.1.3 纹理模糊

纹理增强的同时不可避免地使与纹理性质类似的噪声信息也得到增强,随数据分辨率的提高,其强度也有所提高。为了使融合后的图像图面整洁美观,需要对增强后的纹理图像进行一定的模糊处理。采用 Photoshop 下的高斯模糊处理效果很好,对 SPOT 卫星数据的处理技术参数通常采用 0.3~0.5,而 IRS 和 KOMPSAT-1 卫星数据则需将参数提高到 0.35~1.0。

3.1.4 USM 锐化

将上述处理数据进行 USM 锐化,与 SPOT 卫星数据处理类似,采用参数 1.2~2.6 即可。

3.1.5 与 TM 多光谱数据融合

可以采用 HIS、BROVY 等方法与 TM 多光谱数据融合。TM 多光谱数据采用 TM7 TM4 TM3 或 TM5 TM4 TM3 组合。

3.1.6 变化信息提取方法

主要采用特征变异融合图像,用人机交互式的方法在 Photoshop 软件下提取土地利用变化信息(插页彩片 2~彩片 5)。

3.2 变化信息提取与检查方法

3.2.1 土地利用变化信息提取

变化信息提取是采用 SPOT、KOMPSAT-1 和 IRS 三种不同卫星数据与 TM 卫星数据组合分别提取相同区域变化的信息。结果表明由于卫星数据时相的差异,利用 IRS 和 TM 卫星数据组合与利用 SPOT 或 KOMPSAT-1 数据与 TM 数据组合提取土地利用变化信息图斑数有较大的差异。SPOT 与 KOMPSAT-1 数据获取时相相差不大,因此 SPOT 与 TM 数据和 KOMPSAT-1 与 TM 数据组合提取的变化信息图斑基本可以建立起对应的关系。

(1)利用 SPOT 与 TM 数据组合监测到的土地利用变化图斑面积总数为 2 737.8 亩,利用 KOMPSAT-1 与 TM 数据组合监测到的土地利用变化图斑面积总数为 2 756.7 亩。

(2)监测图斑的边界更为准确,用 IKONOS 全色波段图像检查不同数据组合监测结果表明,KOMPSAT-1 数据与 TM 数据组合比 SPOT 数据与 TM 数据组合监测到的小图斑更为精确。外业检查结果也表明 KOMPSAT-1 数据与 TM 数据组合比 SPOT 与 TM 数据组合监测成果具有较高的精度。

(3)高分辨率图像监测图斑精度为 1.5~2 亩,而 SPOT 图像监测图斑的精度为 3 亩以上。

3.2.2 检查方法

(1)利用 IKONOS 卫星全色波段图像量算 IRS 图像与 TM 图像、KOMPSAT-1 图像与 TM 图像以及 SPOT 图像与 TM 图像监测图斑的准确性,其结果如表 5 所示。

(2)外业实测图斑测量 为了检测图像上图斑的准确性,在野外利用全站仪和钢尺对随机选择的 6 个图斑进行了测量(表 6)。钢尺量算图斑不同边的边长,根据其几何形状计算面积。

表 5 IKONOS 1 m 卫星数据监测图斑的准确性对比

图斑序号	SPOT 面积/亩 ^①	IRS 面积/亩	KOMPSAT - 1 面积/亩	IKONOS 面积/亩	IRS ^② 误差/(%)
1	6.0	12.7	11.1	16.3	22.1
2	49.8	47.4	43.0	55.7	14.9
3	5.9	7.2	7.4	9.2	21.7
4	102.5	85.8	103.3	89.2	3.8
5	8.3	3.5	6.6	3.5	0.0
6	9.5	13.4	11.4	13.0	3.0
7	12.3	14.2	18.0	13.8	2.9
8	2.8	2.7	3.2	3.1	12.9
9	35.1	16.2	57.3	16.8	3.6
10	146.7	160.8	170.6	161.4	0.4
平均误差值					8.5

① 1 亩 = 0.066 7 hm² ; ② IRS 误差 = | IKONOS 面积 - IRS 面积 | / IKONOS 面积 × 100 %。仅计算其误差 , 主要是考虑两者时间较接近 , 除个别图斑误差较大外 , 大部分图斑 IRS 勾绘与 IKONOS 勾绘误差小于 5 %。KOMPSAT - 1 数据误差较大 , 主要是由于时相相差较大引起的 , 对于 SPOT 数据 , 除时相外 , 分辨率较低也是原因之一。

表 6 各种信息源监测图斑面积统计数据与误差

图斑序号	图像勾绘面积/m ²	全站仪测量面积/m ²	钢尺测量面积/m ²	误差 1/(%) ^①	误差 2/(%) ^②
1	102 018	103 306.9	99 602.91	1.25	2.42
2	96 256	84189.5	85 833.90	14.33	12.14
3	210 944	220 243.9	208 162.29	4.22	1.34
4	174 848	167 372.6	170 850.15	4.47	2.34
5	98 816	100 823.4	92 792.27	1.99	6.49
6	107 264	116 479.5	104 036.69	7.91	3.10
平均值				5.70	4.64

① 误差 1 = (图像勾绘面积 - 全站仪测量面积) / 全站仪测量面积 × 100 %

② 误差 2 = (图像勾绘面积 - 钢尺测量面积) / 钢尺测量面积 × 100 %

从上表可以看出 , 图像勾绘出的图斑面积数据与实地测量出的图斑面积数据相差均在 5 % 左右 , 可见具有较高的监测精度。

4 结论及建议

4.1 结论

(1) 主要地物的光谱曲线特征在不同高分辨率卫星遥感图像上均呈正态分布 , 在动态范围方面 , IRS 数据的直方图分布比 KOMPSAT - 1 数据的好 , 而 KOMPSAT - 1 数据的直方图分布比 SPOT 的好。

(2) 在成图比例尺方面 , 不同分辨率的卫星遥感数据可以满足土地利用与管理的不同需

要。IKONOS 全色波段数据可以满足 1:1 万测图精度,可以为 1:2 000、1:5 000 图件提供较高精度的定位、定性信息;IRS、KOMPSAT-1 全色波段数据可以满足 1:5 万测图精度,可以为 1:1 万~1:3 万图件提供较为准确的信息。

(3)在数据的价格性能比方面,IKONOS 数据为 200240 元人民币/ km^2 ,IRS 数据为 4.5 元人民币/ km^2 ,KOMPSAT-1 数据为 4.4 元人民币/ km^2 ,SPOT 数据为 2.8 元人民币/ km^2 (编程接收为 3.9 元人民币/ km^2);数据处理的难易程度从 IKONOS、KOMPSAT-1、IRS 到 SPOT 依此降低。

(4)不同外业测量方法表明,高分辨率卫星监测数据与实测数据误差在 5% 左右。利用 IKONOS 卫星全色波段数据对 IRS、KOMPSAT-1 卫星数据监测成果的测量表明其误差也在 5% 左右。因此,利用 IRS、KOMPSAT-1 数据进行土地利用动态监测可以保证监测精度,其监测最小图斑精度 12 亩也是可信的。

(5)在解译标志建立方面,高分辨率卫星数据更容易。

(6)目前高分辨率卫星遥感数据的获取渠道只能通过国内的有关代理机构和国外机构购买,因此,在时相和数据质量保证方面还存在一定问题。

4.2 存在的问题及建议

(1)大面积高分辨率卫星数据获取时,往往很难同时获取侧视角很小的数据,因此,当侧视角加大时,数据变形加大,纠正较困难。只有星下点的数据才能保证卫星遥感数据所标称的分辨率。

(2)在数据处理方面,对 IKONOS 全色波段数据采用 1:1 万地形图很难保证纠正精度,应采用 1:5 000 以上比例尺的地形图;对地面分辨率在 5 m 左右的卫星数据应采用 1:2.5 万以上比例尺的地形图;有关纹理增强与模糊的参数应根据数据情况进行选择。

(3)在数据融合方面,TM 多光谱数据与 IKONOS 全色波段数据的融合图像往往产生边缘溢出现象,特别是植被区域边缘,建议使用 IKONOS 4 m 多光谱数据与其融合。但对 IRS、IKONOS 全色波段数据,则不存在这种现象。

(4)为了提高土地利用管理与监测的技术与精度,建议在一些重要的城乡接壤地区使用高分辨率卫星数据,在普通地区仍使用 SPOT 等低分辨率卫星数据。

(5)因经费原因,在精度评价方法和统计样品数方面本次研究还有待提高,建议加大实测量和数据重叠区。

参考文献

- [1] 李志中,杨清华,孙永军.利用动态遥感技术监测太原市土地变更情况[J].国土资源遥感,1999(3):72-76.
- [2] 陈志军,李志中,杨清华.用遥感图像提取土地利用变化信息的特征变异增强方法[J].国土资源遥感,2000(3):49-52.
- [3] 陈述彭,等.遥感信息机理研究[M].北京:科学出版社,1998.
- [4] 周成虎,等.遥感影像地学理解与分析[M].北京:科学出版社,1999.
- [5] 李树楷,等.高效三维遥感集成技术系统[M].北京:科学出版社,2000.

THE APPLICATION OF HIGH RESOLUTION SATELLITE REMOTELY SENSED DATA TO LANDUSE DYNAMIC MONITORING

YANG Qing - hua , QI Jian - wei , SUN Yong - jun

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources , Beijing 100083 , China)

Abstract: In this study , the authors chose Daxing County of Beijing as the experimental field in view of its varied landuse styles . Based on analyzing the data - acquisition ways , covering periods , operation conditions , costs , techniques and equipment conditions of some high resolution satellites such as Indian IRS , Korean KOMPSAT - 1 and American IKONOS , the authors conducted researches on the feasibility of performing dynamic monitoring of landuse with remotely - sensed data , determined some important technical parameters in high resolution data , analyzed the range of gray level and characteristics of histogram for principal landuse styles , and summarized the spectral characteristics of different types of landuse and land cover . In addition , the spectral characteristics of merged images were analysed , the largest scale of mapping was determined , the monitoring results of different data sources such as IRS and TM , KOMPSAT - 1 and TM as well as SPOT and TM were compared , the recognition capacities of different combinations of high resolution data and multi - spectral data were differentiated , the interpretation signatures of land usage dynamic monitoring were established , and some crucial technical problems were solved . A set of operational and practical technical methods and producing procedures have been set up , which serve as great technical supports to national land resources investigation .

Key words: IRS ; KOMPSAT - 1 ; IKONOS ; Landuse dynamic monitoring ; Merged images

第一作者简介：杨清华(1964 -) 男，毕业于浙江大学遥感地质专业，高级工程师，2000 年由中国地质调查局授予“中青年优秀人才”称号。先后主持过国家七五攻关 305 项目、国家 863 项目、国家八五攻关项目、国家九五攻关项目、国土资源大调查项目和地调局项目近 20 余个。主要从事微波遥感技术方法与应用、遥感地质找矿、灾害地质、土地动态监测领域研究。

(责任编辑：肖继春)



航天简讯

快鸟 - 2 小型高分辨率遥感卫星发射成功

2001 年 10 月 18 日 美国地球观测公司成功地将“快鸟”发射升空。据悉 地球观测公司在 2000 年年底拿到了联邦政府颁发的 0.5 m 分辨率商业成像经营许可证后，并不想设计和研制新的 0.5 m 分辨率卫星，而是决定修改原来的“快鸟 2”卫星计划，通过调整卫星的飞行轨道，使全色(黑白)分辨率由原计划的 1 m 提高到 0.61 m，多谱段(蓝、绿、红、近红外)分辨率由原来的 4 m 提高到 2.44 m。卫星的重访周期为 1 - 3.5 d。公司为用户提供标准图像和正射产品，全色分辨率为 0.70 m，多谱段分辨率为 2.8 m。“快鸟”系统的独特之处在于空间分辨率高、地理定位精确、成像面积大、成像搜集时间可变。它能向用户提供以前在商业市场上根本买不到的、其分辨率堪与航空照片相媲美的卫星图像。

(刁淑娟据 www.digitalglobe.com 和卫星侦察参考资料编译)