

星载高分辨率SAR土地利用调查监测应用潜力评价

尤淑撑^{1,2}, 刘顺喜², 徐宗学¹

(¹北京师范大学水科学研究院, 北京 100875; ²中国土地勘测规划院, 北京 100035)

摘要:近年发射的1 m/3 m高分辨率合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)卫星为多云多雾地区土地利用动态遥感监测提供了重要数据源。为进一步检测高分辨率SAR卫星的适用性,采用对比分析和统计评价法,对TERRASAR、COSMO SkyMed、RADARSAT-2高分辨率SAR卫星中1 m聚束模式和3 m条带模式数据新增建设用地监测能力进行综合评价。结果表明,1 m聚束模式新增建设用地属性识别准确率可达到80%,3 m条带模式识别准确率约75%,基本满足新增建设用地监测精度要求。

关键词:遥感; SAR; 土地利用; 变化监测

中图分类号: S2

文献标志码: A

论文编号: 2010-2414

Evaluation on High Spatial Resolution SAR Data for Land Use Discrimination and Land Change Detection

You Shucheng^{1,2}, Liu Shunxi², Xu Zongxue¹

(¹College of Water Sciences, Beijing 100875; ²China Land Surveying & Planning Institute, Beijing 100035)

Abstract: High spatial resolution Synthetic Aperture Radar (SAR) satellites (1 m/3 m) have been launched recently which provided more choice to carry out land remote sensing project. In order to evaluate its suitability, there high resolution SAR satellites were selected for evaluation including TERRASAR, COSMO SkyMed and RADARSAT-2. Comparative analysis and statistical evaluation were used. The result showed that TERRASAR, COSMO SkyMed, RADARSAT-2 had similar ability for land use discrimination and land use dynamic change detect. Spotline mode data had relative high accuracy which obtains 80% overall accuracy for land use thematic mapping while stripmap mode data only obtained less than 75% overall accuracy for the same test sites. The result showed that evaluated SAR data can be used in land use dynamic monitor project.

Key words: remote sensing; SAR; land use; change detection

0 引言

合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)在资源调查、灾害监测和国防建设中有重要意义,一直受到世界各国政府的高度重视。1967年,巴拿马首次启动使用雷达系统制作大范围地形图工程,引发了全球性雷达技术应用^[1]。从20世纪70年代开始,一系列大范围的雷达制图项目启动,并取得了显著效果^[2-3]。目前,土地利用遥感调查与监测中应用最普遍的是光学遥感数据。然而,中国南方,特别是西南地区,由于气候湿润、多云多雨,光学遥感难以有效覆盖。中国一直

积极推动SAR数据在土地调查监测中应用,但由于受空间分辨率等方面制约,SAR数据应用范围受限^[4]。2007年以来相继出现了一批高空间分辨率、多极化和全极化SAR遥感卫星,如德国的TERRASAR、意大利的COSMO SkyMed、加拿大的RADARSAT-2等,为多云多雨地区土地利用遥感调查监测提供多时相、高分辨率、多极化、多波段的雷达遥感数据,将极大地提高SAR数据在土地利用调查监测领域的应用能力^[5-6],分析高分辨率SAR数据应用潜力和业务满足度,对于推进SAR数据业务应用具有重要意义。

基金项目:国土资源部百名科技人才计划项目(2008);国家科技支撑计划(2008BAJ11B06);国家高技术研究发展计划(2007AA12Z181-2)。

第一作者简介:尤淑撑,男,1975年出生,高级工程师,从事遥感技术土地调查监测应用研究,发表相关论文20余篇。通信地址:100035北京市西城区冠英园西区37号中国土地勘测规划院土地遥感所, Tel: 010-66562938, E-mail: youshucheng@mail.clspi.org.cn。

收稿日期:2010-08-12, **修回日期:**2010-10-09。

该研究主要针对 TERRASAR、COSMO SkyMed、RADARSAT-2 3 颗高分辨率极化 SAR 卫星中 1 m 聚束模式和 3 m 条带模式数据新增建设用地检测能力,在 SAR 影像特征分析的基础上,采用对比分析和统计评价法分析高分辨率 SAR 数据土地利用动态遥感监测应用潜力和业务满足度。

1 SAR 影像特征分析

1.1 典型地类影像特征

(1) 建设用地: 由于建设用地建筑材料、水平与垂直结构的分布,使建筑物能够产生强回波。在 SAR 影像上表现为高亮片状、块状,轮廓较为清晰。

(2) 耕地: 平地区耕地一般被道路分隔,耕地中有农村道路、沟渠和田坎(高分辨率可解译)。在 SAR 影像上后向散射强度中等,表现为色调较均匀的斑块,一般可解译。

(3) 线性地物: 铁路、公路和农村道路等一般在 SAR 影像上为暗色调连续带状或线状,易于解译。如线性地物两边有建筑物、沟渠、树木等地物时,影像特征比较复杂。

(4) 园林地: 园林地很难解译,山区林地需借助地形进行解译。

(5) 其他: 水体在 SAR 影像上色调较暗,边界清晰,易解译。

1.2 新增建设用地影像特征

(1) 已建成的建设用地其建筑物形状、结构以及与周边地物的关系在 SAR 影像上反映明显,此类变化最易发现。由于 SAR 影像对金属的感应程度较强^[7-8],因此,一般的钢结构新增建设用地如钢质架构工厂、顶棚等较易发现^[9-10]。已经建成的高层建筑物,在 SAR 影像上会造成顶点位移、阴影与叠掩等现象,不能直接沿建筑物勾绘图斑边界,应沿邻近地类界线或道路等分界线勾绘其边界^[11]。

(2) 待建土地土一般会因推土引起地表起伏的变化,产生强弱不同的回波,从而在 SAR 影像上表现出与耕地不同的粗糙度和亮度。此类变化较难发现,也难以判定实地是否发生变化^[12-13]。

(3) 部分构筑物由于对 SAR 影像回波信号强弱不同,使得其变化和新增建设用地特征相近,因而在目视判读中易将此类变化提取为新增建设用地。如农村居民点旁堆放砖块引起 SAR 影像变化的信息^[14-15]。

2 土地利用现状信息提取试验

2.1 SL 和 SM 模式现状解译能力对比分析

根据数据情况在北京试验区分别对聚束模式 1 m (SL)、条带模式 3 m (SM) 数据按照《土地利用现状分

类》一级类采用人机交互解译的方式提取土地利用现状信息,其中聚束模式数据为 2008 年 4 月 TerraSAR 1 m HH 极化数据,条带模式为 2008 年 3 月 TerraSAR 3 m HH 极化数据。

在 SAR 影像上解译结果随机提取 2 个 1:10000 标准分幅共 241 个图斑,以野外实地调查成果结合 1:5000 地形图为真值,对 TerraSAR 1 m 数据提取的现状图斑进行属性和面积精度评价。属性精度为地类属性正确的图斑占有所有评价图斑的百分比,面积精度为所有评价图斑与基准图斑空间一致部分面积与基准图斑总面积的百分比,评价图斑按地类分为建设用地、耕地、园林地、水域 4 类。

TerraSAR 1 m 聚束模式评价结果如表 1 所示。由表 1 可知,聚束模式主要地类解译总体属性精度为 83.29%,耕地、建设用地、园林地、水域这 4 种地类图斑的属性精度相差较大,建设用地、耕地和水域精度较高,园林地的精度最低。由于聚束模式地类边界分界清晰,主要地类的面积精度均达到 80% 以上。

表 1 SL 模式地类精度评价 %

地类	属性精度	面积精度
耕地	78.13	88.71
园林地	51.08	89.49
建设用地	83.09	84.87
水域	87.50	87.43

TerraSAR 3 m 条带模式评价结果如表 2 所示。条带模式主要地类解译总体属性精度为 72.14%,主要地类的属性精度分别为:耕地 64.71%,建设用地 73.81%,水域 83.33%。耕地、建设用地、园林地、水域这 4 种地类图斑面积精度相差较大,其中,建设用地和水域的面积精度最高,耕地次之,园林地的精度最低。

表 2 SM 模式地类精度评价 %

地类	属性精度	面积精度
耕地	64.71	79.69
园林地	38.04	87.04
建设用地	73.81	70.24
水域	83.33	80.67

总体而言,农用地在 1 m 图像上边界清晰,在 3 m 图像上边界相对模糊。面积较小建设用地,在聚束成像模式 (SM) 数据上纹理特征与周围地物明显不同,边界清晰,而在条带成像模式 (SM) 上纹理与周围地物相差不多,边界模糊,容易遗漏。

2.2 不同 SAR 卫星解译能力对比分析

同时采用 2008 年 3 月 TerraSAR 3 m HH 极化数据、2008 年 4 月 Cosmo-SkyMed 3 m HH 极化数据和 2008 年 4 月 Radarsat-2 3 m HH 极化数据进行对比,分析不同 SAR 影像地类解译能力。此次试验提取了 3 种影像重叠区内共 98 个同名图斑(位置相同,形状范围相似)进行了精度评价,结果如表 3 所示。

由表 3 可知,此次试验各种数据源的 SAR 数据在地类判读方面精度基本相同,精度变化规律相似,其中建设用地和水域解译精度相对较高,耕地次之,园林地解译精度较低。

3 土地利用变化信息提取试验

采用 4 种组合方式开展以新增建设用地为主的土

地利用变化信息提取试验。前、后时相均为光学影像组合简称 S1S2,前时相为光学影像后时相为雷达影像组合简称 S1R2,前后时相均为雷达影像组合简称 R1R2,前时相为雷达影像后时相为光学影像组合简称 R1S2。前时相光学数据为 2006 年 10 月 SPOT-5 2.5 m 分辨率全色与多光谱融合影像,雷达数据为 2006 年 10 月 Radarsat-1 精细模式 5 m 分辨率影像,后时相雷达数据为 2008 年 3 月 TerraSAR 3 m HH 极化影像。

将 S1R2、R1R2、R1S2 提取的变化图斑结果以 S1S2 上勾绘图斑进行对比,将图斑按照位置一致且面积基本一致(面积较差在 10%以内)、位置一致但面积不一致(面积较差大于 10%)、伪变化和遗漏情况进行分析,结果如表 4 所示。

表 3 3 种 SAR 卫星数据面积精度对比表

	耕地	建设用地	园林地	水域
TerraSAR 1 m	88.71	89.49	84.87	87.43
TerraSAR 3 m	79.69	87.04	70.24	80.67
Cosmo-SkyMed 3 m	83.55	78.84	74.48	80.63
Radarsat-2 3 m	83.16	77.29	73.82	80.09

表 4 不同组合方式提取图斑精度统计表

组合方式	一致新增图斑		位置一致但面积不一致图斑数量		新增伪建设用地	
	数量/个	面积/hm ²	数量/个	面积/hm ²	数量/个	面积/hm ²
S1R2	52	88.29	23	72.18	31	58.46
R1R2	61	116.23	20	65.65	46	233.28
R1S2	39	243.89	19	89.14	21	205.86

结果表明,位置一致面积一致的新增建设用地主要为形状比较规则的城镇建筑及工矿用地和公路用地;位置一致但面积不一致的新增建设用地图斑主要为在建建筑物、铁路和面积较大的农村居民点,部分形状较规则的高层建筑群面积也较易发生偏差,高层楼群造成边界扩大和面积不一致。遗漏新增建设用地信息大部分为在建建筑物和农村居民点。

此次试验表明,前时相为光学影像、后时相为雷达影像提取的新增建设用地正确率较高,遗漏图斑相对较少,该组合共提取新增建设用地图斑 177 块,通过外业实地调查,伪变化率为 31.6%,对建设用地中的在建及动土图斑遗漏的情况较多。确定的新增建设用地图斑,在 SAR 影像与光学影像上图斑勾绘的形状基本一致的情况,将面积以实地量测结合同时相大比例尺地形图上的面积为真值做对比,面积差值百分比最大的为 34.67%,最小为 0.53%,面积精度平均为 86.37%。

4 讨论与结论

(1) 1 m 聚束模式识别正确率可达到 80%, 3 m 条带模式识别正确率约 75%, 2 种数据源可作为土地利用动态遥感监测的重要补充数据源。采用 3 m 条带模式开展土地利用动态遥感监测由于伪变化率较高,需要通过外业进行属性核实和实地量测边界。

(2) 自身具有一定高度的地物,如行道树、高层建筑等会给图斑边界定位带来困难,一般要分析雷达视向、入射角、地物高度等信息,并结合周边地物的上下文信息综合判断。有一定高度的住宅用地及工矿仓储用地等,雷达波束的俯角与目标的坡度角之和大于 90°时,物体的几何位置在 SAR 图像上就会存在倒置的现象,可根据建筑物高度和 SAR 系统几何成像参数计算偏移量。此外,角反射器效应在 SAR 图像上可能被放大,实际应用中,应通过实地测量确定。线性地物普遍具有夸大现象。实际应用中可分析线性地物在图

像上的表现与相对方向角的关系,研究线性地物宽度夸大的角分布规律。

(3)受 SAR 成像机理的限制,同等分辨率的 SAR 影像其解译能力低于光学影像,主要表现在园林地、草地等地类较难解译地,待建的新增建设用地在 SAR 影像上很难被检测到。利用单时相、单极化的新型 SAR 数据不能对耕地、园地、林地、草地与荒地进行有效的区分,因此在对这些地类进行识别时应引入其他信息,如对林地解译可引入 DEM。

(4)全极化雷达数据对于土地利用/土地覆盖分类比单极化和多极化雷达具有优越性。此外,某些地物后向散射系数在特定时相的影像上无明显差别,多时相观测可揭示地物后向散射系数时间变化规律,可望更有效地识别耕地、园林地等易混淆的地类。

参考文献

- [1] Bamler R, Breit H. Experience with ERS-1 SAR Signal Processing at the German PAF [J]. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1992,2(1):1353-1355.
- [2] Curlander J C. Location of Space-borne SAR Imagery [J]. IEEE. Trans. Geosci. Remote Sensing,1982,20(3):359-364.
- [3] 汪长城,廖明生.一种多孔径 SAR 图像目标检测方法[J].武汉大学学报:信息科学版,2009,28(01):59-64.
- [4] 承德保,胡风明,杨汝良.利用改进分形特征对 SAR 图像目标检测方法的研究[J].电子与信息学报,2009,31(01):164-168.
- [5] 胡风明,杨汝良,商建.利用平均粗糙度特征对 SAR 图像目标检测方法的研究[J].遥测遥控,2009,15(02):135-141.
- [6] 赵晖,王文光,孙进平,等.基于知识的 SAR 图像目标检测[J].系统工程与电子技术,2009,22(06):19-24.
- [7] 王树文,尹杰,黄明祥.ERS-2 PRI 去噪评价及其在土地利用/覆盖分类中的应用[J].地理与地理信息科学,2008(01):43-45.
- [8] 陈富龙,王超,张红,等.单极化合成孔径雷达影像在土地利用分类中的潜力分析[J].遥感技术与应用,2008(03):113-117.
- [9] 陈富龙,王超,张红.基于智能 CASE 库的多时相 SAR 影像分类方法:土地利用及变化监测[J].遥感技术与应用,2007(02):23-25.
- [10] 曹银璇,燕琴,赵争,等.SAR 与光学遥感影像融合在土地资源监测中的应用[J].测绘通报,2007(08):341-346.
- [11] 廖静娟,郭华东,邵芸.多时相 SAR 干涉测量数据探测地表特征变化[J].遥感技术与应用,2005(06):543-546.
- [12] 陈劲松,邵芸,李震.基于目标分解理论的全极化 SAR 图像神经网络分类方法[J].中国图象图形学报,2004(05):552-555.
- [13] 陈劲松,邵芸,林晖.全极化 SAR 数据在地表覆盖/利用监测中的应用[J].国土资源遥感,2004(02):39-42.
- [14] 黄明祥,史舟,李艳.SAR 遥感技术在农业土地利用遥感调查的应用[J].农业工程学报,2004(06):133-137.
- [15] 李新武,郭华东,杨虎,等.极化干涉 SAR 数据地表土地类型分类[J].遥感学报,2002(06):507-510.