

SAR 与 TM 图像监测耕地被毁情况对比研究

于丽娜,严泰来,张 玮
(中国农业大学,北京 100094)

摘要:从 SAR 与 Landsat TM 成像机理出发,通过对图像像元剖面分析,比较两种图像在监测农村耕地被毁方面的优缺点,探讨土地利用现状监测的有效途径。
关键词:SAR;TM;像元剖面
中图分类号:TP 79:S 127 文献标识码:A 文章编号:1001-070X(2003)04-0072-04

0 引言

“十分珍惜和合理利用土地,切实保护耕地。”是我国的一项基本国策。我国不仅人均耕地占有量少,而且出于各种原因对现有耕地的毁坏现象也十分严重。为扭转这一局面,需要先进的技术手段对土地利用现状进行动态监测,加强土地资源管理力度,及时发现、制止毁坏耕地的行为。

我国华北地区农民盖房垫基以及砖瓦窑生产取土,使村庄周围耕地被大量毁坏。利用 SAR 与 TM 图像进行对比研究初步证实,使用常规的遥感调查手段,如多光谱数据,准确监测上述耕地被占或被毁坏情况有一定困难。经多种方法处理后的雷达遥感图像,可以较好地监测到这一现象。

1 SAR 的成像机理分析

雷达遥感具有全天候、全天时的技术优势,在获取地物物理形状,诸如地表几何形状、土壤电导率、土壤湿度等方面,有常规可见光—多光谱遥感不可替代的技术特点。雷达遥感的几何分辨率可以做到与可见光—多光谱遥感相当,甚至还要高(卫星雷达遥感的最高几何分辨率可达 0.3 m)。这些技术特点决定着它在土地利用监测方面可以发挥重要作用。

雷达遥感是利用地物对于特定的雷达波具有不同的后向散射系数致使有不同回波强度而成像的,在一定意义上可以说,雷达遥感图像就是地物后向

散射系数的记录。雷达后向散射系数受多种因素的影响,其中包括:

(1)入射角。实验与理论都表明,雷达后向散射系数随入射角的增大而减小,这是因为雷达波束入射角的增大致使地面散射截面减小,由此回波能量随之减小。

(2)波段。雷达波波长不同,对于地物的穿透能力不同。短波长的雷达波穿透能力较弱,反之,长波长的雷达波穿透能力则较强。因而,对于 K、Ku、X、C 等波长较短的波段,其散射基本上是面散射,而对于 S、L、P 等波长较长的波段,其散射基本上是体散射。选择波长较短波段作为雷达遥感的工作波段,其图像主要反映地表地物的信息,信息较为单一,易于提取,因而选用 C 波段图像比较适于本研究的目标。

(3)极化方式。不同极化方式对同一地物有不同的雷达后向散射系数,而不同极化方式对于不同地物的雷达后向散射系数又有不同的影响。实验证实,对于识别植被与一般土壤种类,采用同向极化要优于交叉极化,本研究选用 H-H 极化方式图像。

(4)地物散射体的物质组成。雷达后向散射系数是散射物质介电常数的函数,并与物质介电常数呈正相关,其中值得注意的是水的介电常数为 80,一般自然地物组成物质的介电常数仅为 2 至 3,因而雷达遥感图像能够反映地物的湿度状况。

(5)地物表面的粗糙度。判定地物对电磁波产生镜面反射还是散射有瑞利判据,其表达式为

$$h < \lambda/8\cos\varphi \tag{1}$$

式中, h 为雷达图像一个像元对应地面单元内地

物表面微起伏平均高差,即地表粗糙度; λ 为雷达波长; φ 为雷达波束入射角。由于雷达波波长都在厘米级,因而对雷达波而言,一般地物表面有可能构成镜面,也可能构成粗糙面。镜面按一定几何关系的组合就构成对斜向投射电磁波的角反射体,这是雷达遥感对于微地形变化敏感的原因。

2 Landsat TM 成像机理分析

TM 图像是广泛应用的影像数据源之一,对于某一波段图像,在一定意义上可以说,它是地物在该波段的反射率或地物自身辐射量的记录。几何分辨率、光谱分辨率以及辐射分辨率共同决定遥感图像的地物可识别率。在遥感监测土地利用诸多地物对象中,植被的光谱反射特性明显区别于其它地物。由于植被光合作用在红光波长下需要吸收太阳光能,因而在红光波段($0.63\text{ }\mu\text{m} \sim 0.68\mu\text{m}$)有一吸收谷,而在近红外波段($0.72\text{ }\mu\text{m} \sim 1.35\text{ }\mu\text{m}$)有一反射峰,植被的光谱反射特性曲线的这一特殊现象为植被所独有。可见光—多光谱遥感能够利用这一现象获取植物长势、生物量等信息,正是它在对地观测中的技术优势所在。同谱异物、同物异谱在遥感特别是在可见光—多光谱遥感中普遍存在,为提高了地物的识别率,可见光—多光谱遥感在几何分辨率一定的情况下致力于提高光谱分辨率与辐射分辨率,以克服这种地物影像特征混淆的现象。由于提高光谱分辨率与辐射分辨率是有限的,因此可见光—多光谱遥感并不能将所有地物区分开来,尽管一些地物纵横尺度大于几何分辨率的尺度。

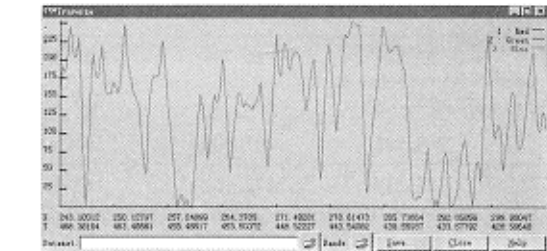


图 2 未经滤波的 SAR 图像像元剖面图(左)和经 11 × 11 中值滤波后的 SAR 图像像元剖面图(右)

可比性,使用 SAR 图像作为基准数据,对 TM 图像进行几何校正、像元分割和重采样,使 TM 图像数据像元由 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 改为 $7.1\text{ m} \times 8.4\text{ m}$,使两幅图像完全匹配。

从图 2 可以看出,中值滤波前,由于斑点噪声的影响,很难对图像进行有效分析;而滤波后则可清晰地看出剖面路径上像元反射率的变化趋势。

3 数据处理与分析

3.1 实验数据参数

实验区位于河北省南部。使用的资料是 1999 年 9 月雷达遥感与 TM 图像数据,其中雷达遥感图像相关的数据参数为:F5 模式,入射角 $45 \sim 47^\circ$,几何分辨率 $7.1\text{ m} \times 8.4\text{ m}$;TM 相关的数据参数为:2 波段($0.52 \sim 0.60\mu\text{m}$)、3 波段($0.63 \sim 0.69\mu\text{m}$)、4 波段($0.76 \sim 0.90\mu\text{m}$),几何分辨率为 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$,其中 2、3 波段处于可见光波长范围。

3.2 图像数据预处理

由于雷达图像每个像元的灰度值呈非线性、非正态分布,每个像元都约有一个灰度的随机涨落性,

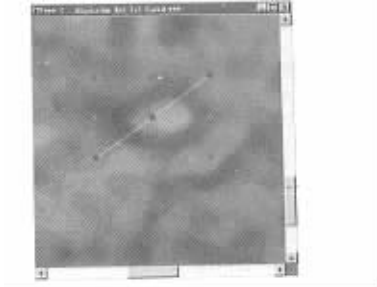
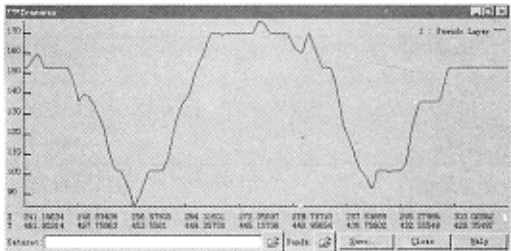


图 1 SAR 图像像元剖面路径

并带有颗粒状的斑点噪声,因此使用之前应消除这些噪声。本研究采用 11×11 的中值滤波模板对 SAR 图像进行预处理。在中值滤波前、后的 SAR 图像上分别划定一条像元剖面(即空间剖面)路径(如图 1 所示),对该路径所经历像元的灰度值进行分析(如图 2 所示)。根据肉眼观察判断,该曲线的形状应是一条高低起伏的 W 形曲线。为使数据具有



3.3 数据分析

将 TM 图像与雷达图像相比较(图 3),可以明显地看出两者的差别。尽管 TM 假彩色合成图像色彩丰富,但就监测的取土坑(即坑塘)来说,与居民点都呈青色调,区别不大,而该地物在雷达图像上表现为暗色调,明显区别于其它地物。

由两者的像元剖面亮度值曲线图(图 4)可以说

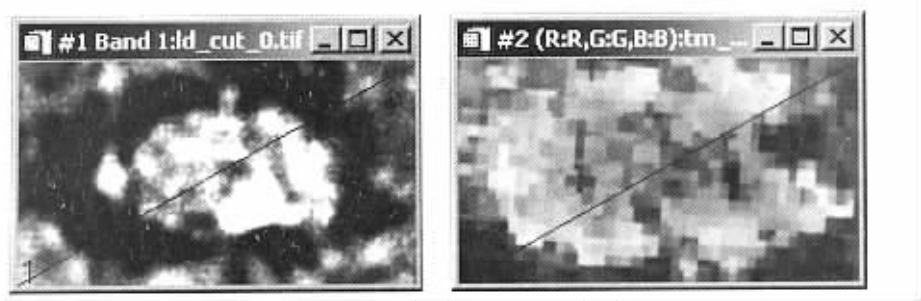


图 3 SAR 图像(左)和 TM 图像(右)的像元剖面路径

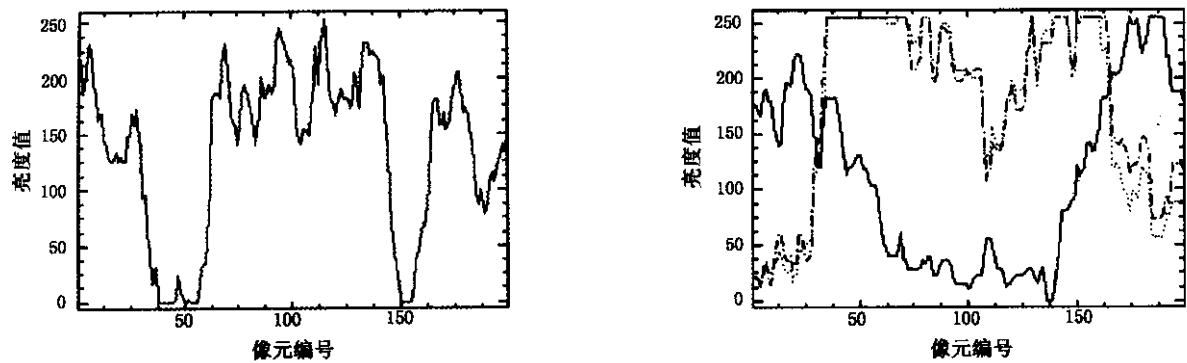


图 4 SAR(左经 11×11 中值滤波)和 TM 图像(右)的像元剖面反射率曲线

明图像的统计特征是不同的。横坐标为剖面路径历经的像元编号,纵坐标为该像元的亮度。像元剖面路径的地物类别依次为农田、坑塘、居民区、坑塘、农田。读取每个像元亮度值,对像元进行分类,即分出记录农田、坑塘、居民区的像元(为使数据具有典型性,从 200 个像元中选取 120 个特征明显的像元进行研究)。用归一化反射率系数(*NRI*)比较同一地物两种遥感数据的统计特征差别,其公式如下

$$NRI(a,b) = (R_a - R_b) / R_{\text{平均}}$$

(2)

式中,*a*、*b* 分别代表地物;*R_a*、*R_b* 分别为地物的亮度值;*R_{平均}* 为 SAR 或 TM 图像中 3 种地物的总体亮度值水平(加权平均值)。*NRI* 值反映同一图像中 2 种地物亮度值相对平均水平的差异。*NRI* 的绝对值越大,说明这 2 种地物差异越显著,反之则相反。就 2 种图像数据分别计算坑塘和农地,坑塘和居民地的 *NRI* 值,结果如表 1、表 2 所示。

表 1 SAR 图像与 TM 图像像元剖面地物亮度值均值

地物类型	光谱剖面 历经点数	SAR	TM4(R)	TM3(G)	TM2(B)	TM4 TM3 TM2 均值
农田	28	166.679	183.929	32.821	36.786	84.512
坑塘	20	2.100	129.650	255	255	213.217
居民区	72	186.819	25.764	208.931	201.806	145.500
图像均值		151.333	79.984	175.517	172.167	142.556

表 2 SAR 图像与 TM 图像 *NRI* 值

<i>NRI</i>	SAR	TM4 TM3 TM2	TM4	TM3	TM2
(<i>R</i> _{坑塘} - <i>R</i> _{农田}) / <i>R</i> _{平均}	-1.087 5	0.902 8	-0.678 6	1.265 9	1.267 5
(<i>R</i> _{居民区} - <i>R</i> _{坑塘}) / <i>R</i> _{平均}	1.220 6	-0.475 0	-1.298 8	-0.262 5	-0.309 0

根据表 1、表 2,对照两幅图像可进行如下分析与机理解释:

(1) SAR 与 TM4 TM3 TM2 的 *NRI*_(坑塘-农田) 分别为 -1.087 5 和 0.902 8,两者的 *NRI* 绝对值都较大,

差异不明显。农田表面为绿色植被,坑塘表面为裸露土。SAR 与 TM 图像都可以很好地区分这 2 种地物。

(2) SAR 与 TM4 TM3 TM2 的 *NRI*_(居民区-坑塘) 分别

为 1.220 6 和 -0.475 0,两者的 *NRI* 绝对值差异明显,其中 SAR 的 *NRI* 绝对值较大。在雷达图像中,取土坑表面基本上是裸露土地,起伏不大,杂草很少,满足瑞利判据镜面反射条件,对雷达波形成镜面反射,雷达回波能量减少,图像表现为暗色调,而居民点由于屋角、墙角形成多面角反射,表现为亮色,造成 2 种地物在雷达图像中差异显著,尽管坑塘表面裸土的成分与居民点中房屋的主要成分都是二氧化硅;在 TM 图像中,由于在可见光—多光谱遥感中,不可能形成多面角反射,图像记录的是同一物质的光谱反射率,也就很难区分这 2 种地物。

(3)分波段研究 TM 图像的 *NRI* 值,发现 2 和 3 波段可以较好区分坑塘与农田,但居民区与坑塘的区分效果不佳;4 波段可以较好区分居民区与坑塘,这是建筑物和农田植被具有不同的反射光谱特征所致。

(4)TM 图像不能区分裸地与坑塘凹地,这是由于可见光—多光谱遥感多中心投影成像,对微地形变化不敏感的原因造成的。雷达遥感图像则可以对 2 种地物加以区分,特别是雷达图像上还可以明显勾划出坑塘迎雷达波的坑沿边界线,此边界线在图像上表现为一条呈半圆的弧形亮线。对于坑塘背向雷达波的坑沿在图像上没有表现,这是因为实地坑塘较浅,仅 1~2m,形成的雷达盲区不足以在几何分辨率为 7.1 m×8.4 m 的图像上表现出来。若坑塘较深,面积又较大,则这一侧坑沿也应以暗线(盲区)表

现出来。

综上所述,用 TM 数据可将农田与坑塘区分开,但是很难将坑塘与居民区区分开。而雷达数据不仅可以分辨农田与坑塘,还可以更清晰地分辨坑塘和居民区,就是在监测农田被毁坏状况方面,雷达遥感具有更多的优势。

4 结论

(1) 雷达遥感在微地形观测上有较大技术优势,利用该优势监测毁坏耕地状况相比可见光—多光谱遥感更为有利;

(2) 雷达图像斑点噪声较严重,使用时需进行中值滤波,以抑制斑点噪声;

(3) 在计算机图像处理软件支持下,像元剖面法是一种定量检验图像上地物可否识别的有效方法,这个方法的基础是对图像进行详尽的实地调查。

参考文献

[1] 林培,等. 农业遥感[M]. 北京:北京农业大学出版社,1990.
[2] 朱述龙,张占睦. 遥感图像获取与分析[M]. 北京:科学出版社,2000.
[3] 张玮,严泰来,等. SAR 与 TM 图像复合处理提取农作物信息的研究[A]. 星载雷达应用研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.

A COMPARISON OF ADVANTAGES BETWEEN SAR AND TM IMAGE IN MONITORING THE DESTROYING OF CULTIVATED LAND

YU Li-na, YAN Tai-lai, ZHANG Wei
(China University of Agriculture, Beijing 100094, China)

Abstract: Based on the principle of SAR and Landsat TM, and by analyzing the spatial profile of the image, this paper compares the advantages and disadvantages between SAR and TM in the monitoring of the destroying of cultivated land, and discusses the effective way to monitor the land use situation.

Key words: SAR; TM; Spatial profile

第一作者简介:于丽娜(1975-),女,中国农业大学信息与电气工程学院在读硕士研究生,研究方向为农业遥感应用。

(责任编辑:肖继春)

=====

敬告订户

《国土资源遥感》2004 年起可通过邮局订阅,邮发代号:82-344,

错过邮局订阅时间者,仍可通过本刊编辑部订阅。