

胡九超,周忠发. 基于 TerraSAR-X 数据在高原山区烟草识别方法的对比研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):357-360.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.126

# 基于 TerraSAR-X 数据在高原山区烟草识别方法的对比研究

胡九超, 周忠发

(贵州师范大学中国南方喀斯特研究院/贵州省喀斯特山地生态环境国家重点实验室培育基地, 贵州贵阳 550001)

**摘要:**农作物的识别是农情监测的基础,能为农业和政策制定提供重要的参考数据。在多云多雨地区使用合成孔径雷达(SAR)对农作物进行识别和监测有较大的优势。分别采用单时相和多时相的 TerraSAR-X 数据应用于贵州高原山区烟草的识别,选择贵州省清镇市流长乡烟草示范基地为研究区,在烟草生长期,获取了 TerraSAR-X 数据,通过对图像进行预处理并分析典型地物的后向散射系数,建立地物训练场,采用最大似然法进行分类,同时利用 GPS 采集的样方数据对 2 种方法下的烟草识别进行精度验证。结果显示,多时相多极化 TerraSAR-X 的识别精度(82.23%)比单时相双极化的(80.52%)略高,表明多时相的 TerraSAR-X 数据在高原山区的烟草识别应用中更具优势。

**关键词:**高原山区;合成孔径雷达;单时相;多时相;TerraSAR-X;烟草

**中图分类号:** S127      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0357-03

贵州是我国烟草种植的第二大省,烟草是贵州省重要的经济作物,烟草的长势监测、面积提取和产量估算,对贵州农业和经济的发展具有重要的现实意义。由于喀斯特地区地表支离破碎、种植作物复杂以及贵州高原山区常年多云雨天气,很难获得高时间、高空间的多光谱数据,这给农作物的实时监测带来了困难。而合成孔径雷达(SAR)具有穿透云雾和土壤的能力,并且能够全天时、全天候进行拍摄,弥补多光谱数据获取不易的弊端,为贵州高原山区的农作物监测提供了数据支撑。

针对农作物的分类,le Toan 等提出了利用多时相 SAR 影像的比值(或差值)或不同极化方式的影像比值(或差值),寻找合理的阈值对影像进行分类以提取水稻、城镇、水体和其他地物的信息<sup>[1]</sup>。该方法巧妙简单,而且分类精度一般在 80% 以上<sup>[2]</sup>。邵芸等应用多种雷达数据对南方的水稻进行分类和监测取得了很好的效果<sup>[3]</sup>。大体来讲,多数研究是针对平坦区域水稻而进行的,利用雷达遥感对高原山区农作物的研究相对缺乏。本研究以研究区内的烟草为研究对象,研究和探讨在高原山区利用雷达遥感识别烟草的方法,并对方法进行比较分析,以期对高原山区农作物的遥感分类技术提供借鉴和参考。

## 1 研究区概况

贵州省清镇市种植烤烟历史悠久,是全国特色优质烟叶生产区之一。研究区位于贵州省清镇市流长乡,地处清镇市

西部,属北亚热带季风湿润气候,四季分明,雨量充沛;土壤以黄沙壤、黄壤为主;pH 值 5.5~6.5,呈微酸性;有机质含量丰富,气候条件和土壤条件均有利于烤烟生产<sup>[4]</sup>。研究区属于国家现代烟草农业基地单元,位于,总面积为 489 km<sup>2</sup>。基地单元地貌类型复杂多样,其主产烟区流长苗族乡和犁倭乡为典型的喀斯特高原山地地貌,海拔在 600~1 400 m 之间,相对高差较大,以峰丛洼地、峰丛谷地为主,地下暗河和落水洞广布,地表支离破碎,土地形状不规则,多成零星散状分布。

## 2 研究方法

### 2.1 数据获取及处理

2007 年 6 月 15 日 TerraSAR-X 雷达卫星在俄罗斯拜科努尔发射场发射升空,为贵州高原山区的烟草监测提供了新的数据源。TerraSAR 雷达卫星工作在 X 波段(波长为 3.2 cm),实现多极化方式(HH、HV、VH 和 VV)遥感,在烟草生长期获取了两景覆盖研究区的 TerraSAR-X 数据。为了保证与卫星遥感数据的同步/准同步获取,在获取数据的当天进行了外业调查,对烟田、玉米地等典型农作物进行了定点定位及样方的建立;同时记录烟草的生长状况。

为了对雷达影像进行分析和应用,需要对获取的 TerraSAR-X 数据进行几何校正、斑点噪声去除、绝对辐射定标等预处理:(1)几何校正。选择 23 个地面控制点,用遥感影像处理软件 ERDAS IMAGINE 9.2 完成影像的几何校正,控制点主要选择在道路交叉口、河流交汇处以及水库堤坝上,且要分布均匀,误差控制在 1 个像元左右。(2)斑点噪声压缩。斑点噪声的存在会使影像的判读解译变得更加困难,甚至会影响地物有效信息的提取。滤波处理不但可以减少 SAR 斑点噪声的影响,提高图像的目视效果,更重要的是有助于提高对每个像元后向散射的估计精度。这将直接影响图像的分类精度<sup>[5]</sup>。常见的滤波器有 Lee、Enhanced Lee、Frost、Enhanced Frost、Gamma、Kuan、Local Sigma、Bit Error 等,文章采用的是

收稿日期:2014-05-07

基金项目:贵州省科技计划(编号:黔科合 GY 字[2013]3062)。

作者简介:胡九超(1987—),男,江西九江人,硕士研究生,研究方向为地理信息系统与遥感。E-mail:diuwucanghai0523@163.com。

通信作者:周忠发,教授,博士生导师,主要从事地理信息系统与遥感研究。E-mail:fa6897@163.com。

Frost 滤波器,窗口大小为  $5 \times 5$ 。滤波后图像降低了噪声,变得更平滑。(3)绝对辐射定标。TerraSAR - X 数据的定标公式为:

$$\sigma_{\text{dB}}^0 = 10\lg(K_s |DN|^2) + 10\lg(\sin\theta_{\text{loc}}) \quad (1)$$

式中, $\sigma_{\text{dB}}^0$ 表示后向散射系数; $DN$ 表示像元的灰度值; $\theta_{\text{loc}}$ 表示当地的入射角,可以通过 GIM 文件换算获得; $K_s$ 为绝对定标常数,在影像头文件中可以查到。定标之后,影像像元值就是后向散射系数。(4)研究区提取。利用研究区边界文件裁剪影像,获得研究区区域。

2.2 烟草识别方法

提取信息的方法有多种,比值法和差值法应用较为广泛。比值法可使影像中某些地物的均值拉开、方差缩小,便于将其分类;差值法可检测不同波段间的图像值的差别,根据波段间差值的不同,多用于区分不同的地物<sup>[6]</sup>。文章分别应用单时相多极化比值法和多时相多极化差值法 2 种方法,对研究区的烟草进行遥感识别分类。

2.2.1 单时相多极化比值法 TerraSAR - X 数据(2013 年 5 月 28 日)经过上述预处理之后所得图像的像元值即为后向散射系数。影像包含了 2 种极化方式——HH 和 VV 影像,首先利用 ENVI 中的波段运算计算出两者的比值和差值图像,即 HH/VV 和 HH - VV 图像;然后选取研究区典型地物的感兴趣区域(ROI),利用感兴趣区域裁剪不同图像(HH、VV、HH/VV、HH - VV),得到典型地物在不同图像上后向散射系数的平均值(表 1)。

2.2.2 多时相多极化差值法 研究采用的 TerraSAR - X 交叉极化模式影像包含 2 种极化方式——HH 极化和 VV 极化。与单极化影像相比,双极化影像包含更丰富的地物信息。地

表 1 典型地物在不同图像上后向散射系数的平均值

典型地物	$\sigma_{\text{HH}}^0$ (dB)	$\sigma_{\text{VV}}^0$ (dB)	$\sigma_{\text{HH/VV}}^0$ (dB)	$\sigma_{\text{HH-VV}}^0$ (dB)
烟草	-3.6	-12.1	0.40	9.07
玉米	-2.7	-11.5	0.30	9.04
水稻	-2.3	-12.2	0.26	9.31
有林地	-3.4	-13.7	0.42	10.83
居民点	-3.6	-10.98	0.37	8.45

物对不同极化的去极化能力及与雷达波之间的相互作用,反映了地物不同的介电特性、表面粗糙度、几何形态和方向等属性特征<sup>[7-9]</sup>。同样,在不同时期(2013 年 5 月 28 日、8 月 24 日)获取同一地区的图像也能够反映某些地物随时间变化的信息,即使极化方式相同,但由于地物几何形态的改变、介电特性的变化等,造成 2 个时间点上地物后向散射系数极大的差异。因此,利用这些变化信息来提取地物是可行的。

为了进一步说明地物后向散射系数的变化情况,分别计算了 2 个时相 HH 极化和 VV 极化后向散射系数的差值,简称同时相多极化差值,公式为:

$$\Delta\sigma_{0528}^0 = \sigma_{0528\text{HH}}^0 - \sigma_{0528\text{VV}}^0; \quad (2)$$

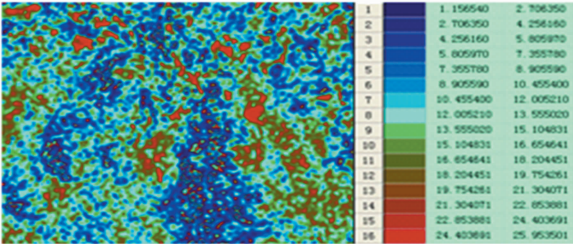
$$\Delta\sigma_{0824}^0 = \sigma_{0824\text{HH}}^0 - \sigma_{0824\text{VV}}^0 \circ \quad (3)$$

和 2 个时相间 HH 极化和 VV 极化后向散射系数的差值,简称同极化多时相差值<sup>[6]</sup>,公式为:

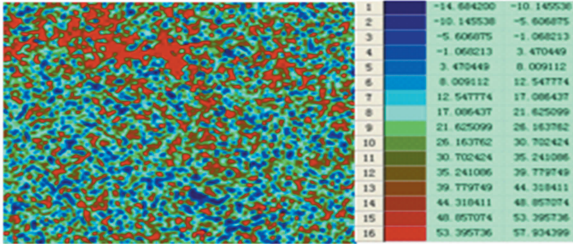
$$\Delta\sigma_{\text{HH}}^0 = \sigma_{0824\text{HH}}^0 - \sigma_{0528\text{HH}}^0; \quad (4)$$

$$\Delta\sigma_{\text{VV}}^0 = \sigma_{0824\text{VV}}^0 - \sigma_{0528\text{VV}}^0 \circ \quad (5)$$

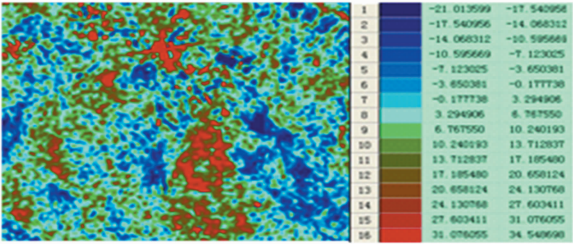
从各差值图中截取了研究区的部分区域,根据灰度图的像元值大小用彩色表现出来(图 1)。



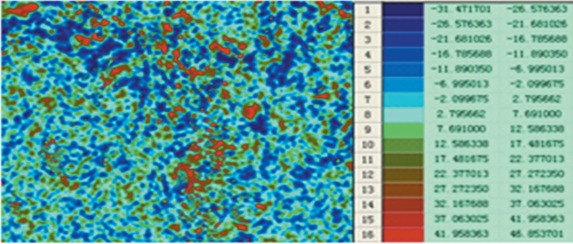
A.  $\Delta\sigma_{0528}^0$



B.  $\Delta\sigma_{0824}^0$



C.  $\Delta\sigma_{\text{HH}}^0$



D.  $\Delta\sigma_{\text{VV}}^0$

图1 同时相多极化差值图与同极化多时相差值

为了将差值图上的像元信息变化与实际地物相对应,从野外采集的样方数据中提取了 5 类典型地物后向散射系数差值(用平均值表示),如图 2 所示。从图 2 可以看出,水稻的后向散射系数差值平均值变化最大,玉米次之,烟草居中,居民点的变化最小。

在 5 月 28 日时相上,烟草的后向散射系数差值主要分布在 8.11 dB 左右,与图 1 - A 图例中的第 5 等级颜色(淡蓝色)相对应。根据烟草生长周期,在该时相上,烟草处在团棵期,烟苗较小且分布稀疏,同时大量干旱土壤裸露,部分区域还存在不同程度的石漠化现象。玉米同样处于幼苗期,土壤

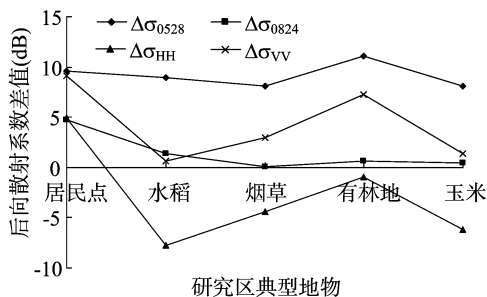


图2 研究区典型地物后向散射系数差值变化

背景和石漠化背景对玉米的后向散射系数影响很大,使得玉米、烟草和土壤的散射特性类似。尽管烟草和玉米叶子的大小不同以及土壤纹理和土壤湿度的不同会造成后向散射系数的差别,但在该时相上很难区分烟草、玉米和裸露土壤。

在 8 月 24 日时相上,烟草处于生长周期中的成熟期,烟叶面积增大,冠层覆盖率较高,同时株高较高,使得烟草对 HH 极化和 VV 极化雷达波造成不同程度的衰减,但此时期天气较干旱,土壤和烟草的含水量都较低,2 种极化方式下的后向散射系数差值很小,在 0.03 dB 左右,和有林地、玉米的相差不大,与图 1 - B 图例中的第 4 等级颜色(蓝色)相对应。因此,该时相上的烟草、有林地和玉米易混淆。对于同极化多时相差值图,从图 2 可以看出,烟草的 HH 极化、VV 极化多时相差值居中,其平均值约为 -4.38、2.98 dB。在图 1 - C 中,烟草对应图例中的第 5 等级颜色,而在图 1 - D 中反映为图例中的第 8 等级颜色。通过图 1 - B 和图 1 - D 的对比可知,图 1 - B 中的烟草区域与图 1 - D 中反映烟草的区域吻合度较大。

3 结果与分析

3.1 烟草识别

提取信息的方法有多种,比值法和差值法应用较为广泛。比值法可使影像中某些地物的均值拉开、方差缩小,便于将其分类;差值法可检测不同波段间的图像值的差别,根据波段间差值的不同,多用于区分不同的地物<sup>[6]</sup>。文章分别运用比值图像(HH/VV)和差值图像来丰富地物信息,便于烟草信息的提取。通过对不同地物在不同图像上的后向散射系数的差异分析,了解不同地物的散射特性。

选择监督分类算法中基于图像统计的最大似然判别法<sup>[10]</sup>对组合好的图像(图 1)进行分类。首先,选择典型地物的训练场,再根据训练场计算各类地物的统计特征值,建立分类判别函数,然后逐点扫描图像中的像元,求出其属于各类的概率,再将待判别的像元归入最大判别函数值的一组<sup>[11]</sup>。分类后,对结果进行 Majority/Minority 以及聚类(Clump)等分类后的处理。

3.2 精度验证对比

利用上述 2 种方法进行分类后,研究利用在高分辨率航拍图上采集的典型地物的样方数据对分类结果进行验证。样方是由规则的矩形形成的,包括烟草、玉米、水稻等,将样方数据(矢量文件)转换成感兴趣区域,用其来裁剪分类后的矢量数据,便于计算样方中不同地物的面积。样方中不同地类的统计结果见表 2。精度验证方法如下<sup>[12-13]</sup>,假设:样方内实

际上是烟田的,被分为烟田的记为;样方内实际是烟田的,被分为非烟田的记为;样方内实际是非烟田的,被分为非烟田的记为;样方内实际是非烟田的,被分为烟田的记为,这里的 代表烟田,代表非烟田。那么,分类总精度可以表示为:

$$(TT + OO)/(TT + TO + OO + OT) \times 100\%; \quad (6)$$

烟草识别精度表示为: $TT/(TT + TO) \times 100\%。$  (7)

根据上述公式可以计算出分类总精度和烟草识别精度(表 3)。

表 2 样方数据中不同地类的统计结果

地类	面积 (hm <sup>2</sup> )	所占比例 (%)
烟草	11.337 32	29.35
玉米	15.282 61	39.57
水稻	1.178 43	3.05
有林地	6.880 95	17.81
居民点	3.945 85	10.22

表 3 研究区烟草识别精度对比

样方	单时相多极化 比值法	多时相多极化 差值法
TT	10.528 12	11.056 29
TO	2.547 36	2.388 95
OO	21.432 62	21.219 19
OT	4.117 06	3.960 73
分类总精度	82.75%	83.56%
烟草识别精度	80.52%	82.23%

4 结论与讨论

通过对研究区烟草遥感分类识别方法的对比研究发现,在贵州高原山区利用单时相多极化和多时相多极化的 Terra-SAR - X 数据进行烟草的识别都是可行的,但利用多时相多极化数据进行识别的精度稍高,这为提高烟草识别精度提供了思考的方向。单时相的数据虽然能够完成烟草的识别任务,但多时相数据能够提供更丰富的地物信息,更有利于地物的识别。为了进一步提高高原山区烟草的识别精度,多源数据、多时相数据以及多种分类方法相结合是今后研究和探讨的重点。

参考文献:

[1]le Toan T,Laur H,Mougins E,et al. Multi-temporal and dual polarisation observation of agricultural vegetation covers by X-band SAR images[J]. IEEE Transactions of Geoscience and Remote Sensing, 1989,27(6):709-718.

[2]Ribbes F,le Toan T. Rice field mapping and monitoring with RADA-RSAT data[J]. International Journal of Remote Sensing,1999,20(4):745-765.

[3]Shao Y,Fan X T,Liu H,et al. Rice monitoring and production estimation using multi-temporal RADARSAT[J]. Remote Sensing of Environment,2001,76:310-325.

[4]贾龙浩,周忠发,李波. SAR 在喀斯特山区烟草生长监测中的应用探讨[C]//单杰,张继贤. 第十八届中国遥感大会论文集. 北京:科学出版社,2012:867-871.

[5]谭炳香,李增元,李秉柏,等. 单时相双极化 ENVISAT ASAR 数据

李华丽,唐永金,曾 峰. 高浓度铀胁迫对植物叶绿素荧光特性的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):360-362.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.127

# 高浓度铀胁迫对植物叶绿素荧光特性的影响

李华丽<sup>1</sup>, 唐永金<sup>1,2</sup>, 曾 峰<sup>1</sup>

(1. 西南科技大学生命科学与工程学院, 四川绵阳 621010; 2. 西南科技大学核废物与环境安全国防重点学科实验室, 四川绵阳 621010)

**摘要:**在含 500 mg/kg 铀的核素溶液和清水浇施(CK)的土壤中,分别种植水花生、菊苣、木耳菜、黄秋葵和灰灰菜,出苗后 65~70 d 测定叶绿素荧光参数和快速光合曲线参数。结果表明,铀胁迫能降低植物 PS II 的最大光化学效率( $F_v/F_m$ ),提高最低荧光 $F_0$ ;高浓度铀能胁迫降低植物的快速光曲线初始斜率 $\alpha$ 、最大相对电子传递速率 $ETR_{max}$ 和半饱和光强 $I_k$ ,极显著降低 $ETR_{max}$ ;铀胁迫对不同植物荧光特性有不同的响应,在铀胁迫下,灰灰菜的 $F_v/F_m$ 略有增加,而菊苣和黄秋葵显著下降。

**关键词:**铀;胁迫;植物;叶绿素;荧光特性;响应

**中图分类号:** Q945.78; Q945.11

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2015)04-0360-03

叶绿素荧光常被用来评估植物受环境胁迫的效应<sup>[1]</sup>,目前在评鉴植物耐旱力、辐射、热冷害、涝害、酸雨、盐胁迫、重金属等方面<sup>[2-18]</sup>有不少研究。铀(U)是核武器、核电站等的重要材料,铀矿开采形成的铀尾矿库和铀加工排除的铀废物会影响植物的生长发育,有研究表明,铀既能影响植物种子萌发、幼苗生长和酶活性<sup>[19-21]</sup>,也能影响植物叶绿素含量、植株体积大小等<sup>[22]</sup>。目前,铀对植物叶绿素荧光特性影响未见报道。本试验主要探讨植物被高浓度铀土壤污染后叶绿素荧光特性的影响,以探寻高浓度铀对植物光合作用的影响机理,为植物治理土壤铀污染提供科学依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验材料

供试植物有水花生[*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.]、菊苣(*Cichorium intybus* L.)、木耳菜[*Gynura cusimbua* (D. Don) S. Moore]、黄秋葵(*Hibiscus esulentus* L.)和灰灰菜(*Chenopodium album* L.);试验药剂有 $UO_2$ ( $CH_3CO_2$ )<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O,分析纯;试验土壤为农田紫色壤土,土:水为1:1时pH值为7.5,有机质含量31.6 g/kg,全氮、全磷、全钾的含量

分别为2.57、0.985、17.9 g/kg,碱解氮、有效磷和速效钾含量分别为302、33、288 mg/kg。

### 1.2 试验方法

试验于2011年3月5日进行,土壤过1.4 cm筛,装盆,每盆装1 kg干土,分别浇施含500 mg/kg U的核素溶液340 mL,以浇施清水为CK,使土壤刚好达到饱和持水量;在阴凉处放置8周<sup>[23]</sup>,经土壤充分吸附,于5月1日分别播种5种植物,水花生种植地下茎,重复3次;出苗后2周进行定苗,使得6株/盆;每隔1~2 d浇水1次,保持土壤湿度为田间持水量的60%~70%;7月16日测量叶绿素荧光。

### 1.3 测定方法

用德国产Dual-PAM-100荧光仪,根据说明书和文献[6]的方法,暗处理20 min,测定植物倒3张展开叶叶片PS II的最小荧光( $F_0$ )、暗下最大荧光( $F_m$ )、最大光化学效率( $F_v/F_m$ )、半饱和光强( $I_k$ )、快速光曲线的初始斜率( $\alpha$ )和相对最大电子传递速率( $ETR_{max}$ ),重复3次,各参数生物学意义参见文献[6,24-25]。

### 1.4 数据分析

由Excel、DPS 9.50软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 高浓度铀胁迫对植物叶绿素荧光 $F_0$ 、 $F_m$ 和 $F_v/F_m$ 的影响

#### 2.1.1 高浓度铀胁迫对植物 $F_0$ 和 $F_m$ 的影响

由表1可知,

收稿日期:2014-06-06

基金项目:国防基础重点科研(编号:B3120110001)。

作者简介:李华丽(1989—),女,硕士,从事环境污染生物修复研究。

通信作者:唐永金,教授,从事核污染环境的植物修复研究。

E-mail:tangyongjin@swust.edu.cn。

水稻识别[J]. 农业工程学报,2006,22(12):121-127,封4.

[6] 比值图像[EB/OL]. [2014-05-07]. <http://baike.so.com/doc/575054.html>.

[7] 邵 芸. 水稻时域散射特征分析及其应用研究[D]. 北京:中国科学院,2000.

[8] 邵 芸,郭华东,范湘涛,等. 水稻时域散射特征分析及其应用研究[J]. 遥感学报,2001,5(5):340-345.

[9] 邵 芸,廖静娟,范湘涛,等. 水稻时域后向散射特性分析:雷达卫星观测与模型模拟结果对比[J]. 遥感学报,2002,6(6):

440-450.

[10] 赵春霞,钱乐祥. 遥感影像监督分类与非监督分类的比较[J]. 河南大学学报:自然科学版,2004,34(3):90-93.

[11] 杨沈斌,李秉柏,申双和,等. 基于多时相多极化差值图的稻田识别研究[J]. 遥感学报,2008,12(4):613-619.

[12] 杨沈斌,申双和,张萍萍,等. ENVISAT ASAR 数据用于大区域稻田识别研究[J]. 南京气象学院学报,2007,30(3):365-370.

[13] 张云柏. ASAR 影像应用于水稻识别和面积测算研究——以江苏宝应县为例[D]. 南京:南京农业大学,2004.