

# ENVISAT – ASAR 数据产品介绍与数据处理

李 苗, 臧淑英, 那晓东, 乔艳雯

(哈尔滨师范大学 地理环境遥感监测黑龙江省普通高校重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150025)

**摘 要:** 因 ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar) 具有全天候、全天时、穿透性强、多种入射角、宽幅成像、多模式、多极化等优势, 而成为遥感研究和应用的热点。它是当今最先进的合成孔径雷达数据。本文对 ENVISAT 的 ASAR 数据类型进行介绍, 并利用欧空局开发的雷达处理工具 NEST (Next ESA SAR Toolbox) 软件包和 ENVI 软件对雷达数据进行辐射定标、影像校正和图像滤波处理, 为 ASAR 数据处理方法提供了有益补充。

**关键词:** ENVISAT; 合成孔径雷达; NEST 软件

**中图分类号:** TP75      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1672 – 5867(2012)01 – 0063 – 03

## Introduction to ENVISAT – ASAR Data Production and Data Processing

LI Miao, ZANG Shu – ying, NA Xiao – dong, QIAO Yan – wen

(Key Laboratory of Remote Sensing Monitoring of Geographic Environment, College of Heilongjiang Province, Harbin Normal University, Harbin 150025, China)

**Abstract:** ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar) has become a hot study field of remote sensing because of its unique advantages, such as all – weather, multiple choices of incidence angles, large swath coverage, multiple modes of operation and polarizations, which is the most advanced synthetic aperture radar at present. In this paper, ENVISAT – ASAR data types are introduced, and radiometric calibration, image correction and image filter are processed by ENVI and NEST (Next ESA SAR Toolbox) that is a free software to process ASAR data developed by European Space Agency. It can provide useful supplement for ASAR data processing.

**Key words:** ENVISAT; ASAR; NEST software

## 0 引 言

目前合成孔径雷达 (SAR) 已成为对地观测的较为重要的前沿技术之一。2002 年 3 月 1 日, 欧洲空间局 (ESA) 发射了 ENVISAT 卫星, 迄今为止, 它是欧洲建造的最大的环境卫星, 也是费用最高的地球观测卫星<sup>[1]</sup>。该卫星载有最先进的合成孔径雷达 (Advanced synthetic Aperture Radar, ASAR)。ENVISAT ASAR 数据除了具有全天时、全天候、穿透性等特性外, 还具有许多独特的性质<sup>[2]</sup>。ASAR 具有双极化功能、5 种工作模式、多种入射角、宽幅成像等。ASAR 更为强大, 可为海岸、极地冰冠、土壤、植被、海洋等雷达监测研究提供丰富的数据信息。

## 1 ENVISAT – ASAR 数据介绍

### 1.1 5 种工作模式

ENVISAT 卫星的 ASAR 传感器有五种工作模式, 分别为 Image 模式、Alternating Polarisation 模式、Wide Swath 模式、Global Monitoring 模式和 Wave 模式。其中 Image, Wide Swath, Global Monitoring 和 Wave 四种工作模式可以提供 HH 或 VV 影像; Alternating Polarisation 模式除了可以提供 HH 或 VV 影像外, 还可以同时获取不同极化方式的 2 幅影像 (VV/VH 或 HH/HV)。Alternating Polarisation 模式的双极化方式, 尤其是交叉极化在对植被研究中, 将会明显提高植被和非植被的区分能力。

收稿日期: 2011 – 08 – 15

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (41030743); 黑龙江省高等学校科技创新团队建设计划项目 (2010td10) 资助

作者简介: 李 苗 (1984 – ), 女, 黑龙江齐齐哈尔人, 哈尔滨师范大学地图学与地理信息系统专业硕士研究生, 主要研究方向为遥感与生态环境。

通讯作者: 臧淑英 (1963 – ), 女, 黑龙江哈尔滨人, 教授, 博士生导师, 博士, 1998 年毕业于东北林业大学国家教育部森林植物生态学开放研究实验室, 博士后, 2001 年从东北师范大学国家草地生态工程研究实验室的博士后流动站出站, 主要从事土地利用/土地覆被变化教学与研究工作。

## 1.2 多种入射角

ASAR 可以获得不同的入射角范围, 可以获取相同地区的不同入射角图像, 我们可以根据不同的应用选择不同的角度, 进行多入射角分析<sup>[3]</sup>。例如, 高入射角有利于植被的观测, 可以增强森林类型的区分; 而低入射角则有助于土壤的观测, 可以提高生物量探测的可靠性。

## 1.3 宽幅成像

ASAR 的 WideSwath 模式和 GlobalMonitoring 模式都可以提供 405 km 幅宽和少于 5 天的重访周期, 为需要大面积覆盖和更高时间分辨率的应用开辟了新的可能性。

## 1.4 产品级别

### 1) 原始数据

原始数据不能认为是一个产品。它是直接从卫星上接收到的, 并存储在高密度数据磁带上。

### 2) 0 级产品

0 级产品是 ENVISAT PDS 中最低一级的产品。该产品是从原始数据得到, 经过了重新格式化, 按时间顺序存储的卫星数据, 并可以在任何地方进行图像处理。

### 3) 1B 产品

1B 产品是经过地理定位的更高级的工程基础产品, 数据已经被转换成工程单位, 并对数据进行了有选择的定标。它是从 0 级产品得到的, 共有 3 种形式: 一是没有精确的轨道向量或定标数据的未经证实的数据; 二是没有利用最精确的辅助数据进行处理的部分证实的数据; 三是利用最精确的辅助数据产生的完全证实的数据<sup>[4]</sup>。

### 4) 2 级产品

2 级产品是经过地理定位的地球物理产品。该产品包括从经证实的 1B 产品得到的离线产品和从未证实的 1B 产品得到的准实时产品。它们具有同样的结构, 但是产品质量不同。目前只有波模式的数据具有 2 级产品<sup>[8]</sup>。

## 2 ENVISAT - ASAR 数据处理

### 2.1 辐射定标

定标技术是实现合成孔径雷达对地定量观测的关键技术。不同时期获取的 ASAR 图像时相特征和辐射特征不完全一致, 不能直接把它们的信息联系起来。为了更加精确地表现原始信号的幅度值, 使不同时相的 ASAR 图像具有可比性, 必须对影像进行辐射定标<sup>[5]</sup>。辐射定标可以使用欧空局 (ESA) 提供的 NEST (Next ESA SAR Toolbox) 软件包进行, 主要步骤为原始数据提取——由幅度图像得到能量图像——辐射定标得到后向散射系数 (Backscattering Coefficients) 图像 (如图 1 所示)。ASAR 数据的绝对定标公式为:

$$\sigma_{ij}^0 = 10 \log_{10} \left[ \frac{DN_{ij}^2 \sin(\theta_{ij})}{K} \right]$$

式中,  $\sigma_{ij}^0$  为第  $i$  行、第  $j$  列像元的后向散射系数;  $DN_{ij}$  为第  $i$  行、第  $j$  列像元的原始强度数值;  $\theta_{ij}$  是第  $i$  行、第  $j$  列像元的雷达波入射角度, 而  $K$  即为绝对定标系数。

### 2.2 影像校正

与 TM 和 SPOT 等光学影像具有中心投影成像特点不同, 目前大多数雷达成像系统都是侧视成像, 这种雷达系统所测量的距离是目标物到平台一侧的距离, 基于这种几何系统获得的图像是斜距图像。雷达斜距数据在侧向范围内有系统的几何畸变, 所以在使用之前要经过斜距到地距的校正处理, 一些图像产品提供给用户时已经进行过这种转换<sup>[6]</sup>。所以直接对影像进行几何校正即可。

1) 对于地势平坦的研究区域, 可以直接利用 NEST (Next ESA SAR Toolbox) 软件包中的 Geometry/Terrain Correction 进行。

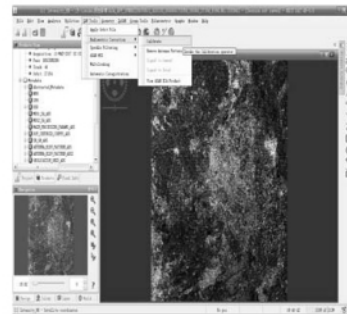


图 1 NEST 软件辐射定标

Fig. 1 Radiometric calibration by NEST software

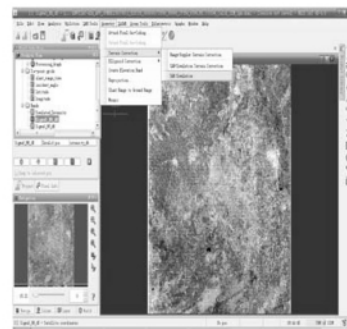


图 2 NEST 软件几何校正

Fig. 2 Geometry correction by NEST software

2) 对于地势起伏尤其是有山体的研究区, 由于存在山体的叠掩 (Layover) 情况, 需要进一步使用 DEM 对图像进行正射校正。此处理过程基于传感器模型和 DEM, 需将原始的传感器坐标再转换到地图坐标系统中。该方法同时对雷达图像中的微小的地形变形进行有效的校正。

3) 几何更精度校正可以通过使用地面控制点 (GCP) 校正飞行轨迹来得到。该方法在传感器模型、调整后轨道参数和 DEM 数据的基础上, 将雷达图像从原始的传感器坐标重新投影到地图坐标系统。

### 2.3 图像滤波

斑点 (speckle) 是 SAR 遥感图像区别于光学遥感图像的一个重要特征。斑点形成的主要原因是合成孔径雷达成像过程中相干波相互叠加造成雷达信号的衰减, 通过

对合成孔径雷达影像的观察发现图像中相干斑点噪声普遍存在,从而严重影响了图像的质量,降低了图像分辨率和目标信息提取能力<sup>[7]</sup>。滤波处理可以减少 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。因此,在实际应用中,必须在图像处理和分析之前进行滤波将其去除。对图像的斑点噪声进行平滑处理的滤波器主要有:

#### 1) Lee 滤波器

Lee 滤波器在抑制噪声的同时,保留了图像的高频信息和细节。被滤掉的像元将用周围像元计算的值来代替。

#### 2) 增强型 Lee 滤波器

增强型 Lee 滤波器是 Lee 滤波器的改进,同样根据单独滤波窗口中计算出的统计对数据进行滤波。它可以在保持雷达图像纹理信息的同时减少斑点噪声。

#### 3) Frost 滤波器

Frost 滤波器是使用局部统计的按阻尼指数循环的均衡滤波器。被滤除的像元值将被某个值代替,该值根据像元到滤波器中心的距离、阻尼系数和局部方差来计算。它能在保留边缘的情况下,减少斑点噪声。

#### 4) 增强型 Frost 滤波器

增强型 Frost 滤波器是 Frost 滤波器的改进,同样根据单独滤波窗口中计算出的统计对数据进行滤波。它可以在保持雷达图像纹理信息的同时减少斑点噪声。

#### 5) Gamma 滤波器

Gamma 滤波器中被滤除的像元值将被基于局部统计计算值所代替。它可以在保留边缘信息的同时减少斑点噪声。

#### 6) Kuan 滤波器

Kuan 滤波器将倍增(Both)噪声模型变换为一个附加(Additive)噪声模型。这一滤波器类似 Lee 滤波器,除了有一个不同的权重函数。被滤除的像元值将被基于局部统计计算的值所代替。它可以在保留边缘的情况下,减少斑点噪声。

#### 7) Local Sigma 滤波器

Local Sigma 滤波器利用波数交换核计算出的局部标准差判定在滤波器窗口内的有效像元。用滤波器变换核中的有效像元计算出的平均值来代替被滤除像元的值。它能很好地保留细节并有效地减少斑点噪声,即使是在对比度较低的区域。

图 3 为原始图像和经过以上步骤处理的雷达图像。

### 3 合成彩色图像

使用 ENVI 遥感图像处理软件中的 Synthetic Color Image 工具可以将一幅雷达灰度图像转化成一幅彩色图像。它利用高通滤波和低通滤波分别分离高频信息和低频信息。该转换通常用于在保留有用细节的情况下,增强雷达数据中大比例尺细微特征的显示,非常适用地势较平坦的区域。图 4 为经过处理形成的彩色图像。

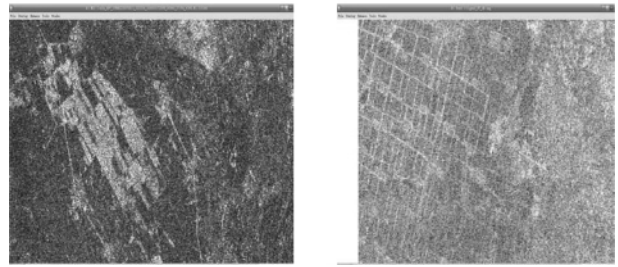


图 3 原始影像与处理后影像对比

Fig.3 Comparison of primitive image and processed image

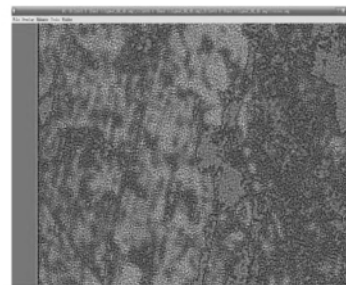


图 4 合成彩色图像

Fig.4 Synthetic color image

### 4 结束语

合成孔径成像雷达是一种工作在微波波段的主动式遥感器,它对地物具有一定的穿透能力,可以全天候、全天时地完成对地观测。本研究介绍了 ENVISAT 数据类型,使用 NEST, ENVI 等软件对 ASAR 数据进行辐射定标、影像校正和图像滤波处理方法,以及合成彩色图像方法,为在海洋、植被、土壤、土地覆盖分类等领域的应用奠定一定的基础,为 ENVISAT - ASAR 数据处理方法提供了有益补充。

### 参考文献:

- [1] 陈尔学. 星载合成孔径雷达影像正射校正方法研究 [D]. 北京: 中国林科院博士学位论文, 2004, 8 - 16.
- [2] 魏钟铨. 合成孔径雷达卫星 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [3] 陈尔学, 李增元. ENVISAT ASAR 影像地理定位方法 [J]. 中国图像图形学报, 2004, 9(8): 991 - 996.
- [4] 马龙, 陈文波, 戴模. ENVISAT 的 ASAR 数据产品介绍 [J]. 国土资源遥感, 2005(1): 70 - 71.
- [5] 徐怡波, 赖锡军, 周春国. 基于 ENVISAT ASAR 数据的东洞庭湖湿地植被遥感监测研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(4): 452 - 459.
- [6] 单新建, 刘浩. 利用干涉合成孔径雷达技术提取数字地面模型 [J]. 国土资源遥感, 2001(2): 43 - 48.
- [7] 凌飞龙. SAR 图像去噪及多源遥感数据融合算法研究 [D]. 福州: 福州大学硕士学位论文, 2004.

[编辑: 宋丽茹]