

ASAR level1B 数据格式及解译方法

李颖, 李传龙, 王俊, 马龙

(大连海事大学地理信息研究所, 大连 116001)

摘要:欧空局的 ENVISAT 卫星所获得的 ASAR(Advanced Synthetic Aperture Radar) 数据在全世界都有广泛的应用。2005 年 12 月我国遥感卫星地面站正式向用户提供 ASAR 数据共享服务, 此举必将促进 ASAR 数据在国内的应用。而利用目前通用的遥感图像处理软件, 如 ENVI、ERDAS 等还不能对 ASAR 数据做深入处理, 因此本文介绍了 ASAR level 1B 的数据格式, 给出了一种能够解译 ASAR level 1B 数据进行清晰成像的方法, 并将 Sigma 滤波应用于解译后的 ASAR 图像, 进一步提升了 ASAR 解译后图像的目视效果。

关键词:高级合成孔径雷达; 数据格式; Sigma 滤波

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2009)103-0073-05

1 引言

高级合成孔径雷达(ASAR-Advanced Synthetic Aperture Radar)作为一种工作在微波波段的主动式传感器, 能够不受日照和天气条件的限制完成对地观测任务, 并对某些地物具有一定的穿透能力。这些特点使它在灾害监测、环境监测、海洋观测、资源勘探、农作物估产、森林调查、测绘和军事等方面的应用具有独特的优势^[1]。现今利用 ENVIVIEW 可以打开 ASAR 0 级、1B 级或更高级的数据, 可以显示数据的结构、数据集的各个字段的值, 以及进行基本的图像处理、分析。Envi3.6 以上版本可以打开 ASAR 标准格式 1 级数据。但是如果要对数据有进一步的加工处理, 就要自行打开读取这些数据, 然后成像, 进行自己所需要的处理, 以利于更多各方面的应用。

2 ASAR level1B 综述

ASAR 有 5 种工作模式, 分别为 Image(成像模式)、Alternating Polarisation(交替极化模式)、Wide Swath(宽幅模式)、Global Monitoring(全球监测模式)和 Wave(波模式)。通过不同极化和入射角的组合, ASAR 可提供 9m×6m, 30m×30m, 150m×150m, 450m×450m, 1800m×1800m 等多种分辨率的数据产品。

由于数据获取和处理方面的限制, ASAR 在国内的应用比较少。在国内现今 Image(成像模式)、Alternating Polarisation(交替极化模式)、Wide Swath(宽幅模式)这 3 种模式比较容易获得数据, 后两者资源甚少。2004 年 8 月陈尔学等人所使用的数据是从瑞士 SARMAP 公司及欧洲空间局数据处理中心获得的。2005 年 12 月我国遥感卫星地面站正式向用户提供 ASAR 数据共享服务, 此举必将促进 ASAR 数据在国内的应用。而目前利用通用的遥感图像处理软件, 如 ENVI、ERDAS 等还不能对 ASAR 数据做深入处理, 因此本文将对 ASAR 1 级 B 数据结构做一些介绍, 有利于大家日后对 1 级 B 数据的读取和利用。

3 ASAR level1B 数据格式

所有 ASAR 图像产品都是按以下格式结构存储的, 如图 1, 其中包含 Main Product Header (MPH) 主产品头记录, Specific Product Header (SPH) 产品细节头记录, Data Set (DS) 数据集。

3.1 MPH (Main Product Header)

MPH 中提供了产品的一些主要参数, 它的长度对所有 ENVISAT 的产品是固定的, 它的各项参数存储格式为: A keyword = value <units>-terminator。

各种参数如果是没有值的, 都有固定的默认值代替, 这就保证了 MPH 总长度大小一致, 在 MPH

收稿日期: 2008-07-02 修订日期: 2008-09-23

基金项目: 国家科技支撑计划课题一水上溢油遥感识别与监测技术(2006BAC11B01)。

作者简介: 李颖(1968~), 女, 教授, 主要从事空间信息, 环境信息, 图像处理技术和信号分析方面的研究。

E-mail: yldmu@126.com

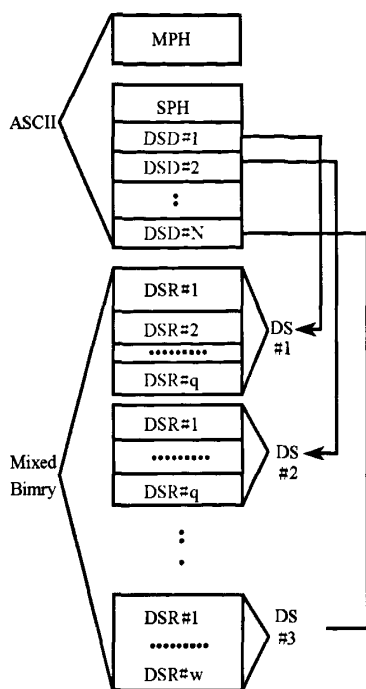


图1 ASAR 数据格式

中包括了一些如产品的时间,地点,卫星轨道信息,产品错误信息,MPH大小,DS数量等重要信息^[2],均用ASCII码表示。

3.2 SPH(Specific Product Header)

SPH中给出了产品的一些附加信息,对某种给定产品,它的长度也是固定的,其中数据后半部分会有一些Data Set Descriptors(DSD)数据集描述,至少含有一个数据集,但是即使一些DS没有包含值,在SPH中依然含有相应DSD的信息,只不过在DSD中DS_OFFSET、DS_SIZE的大小是0,这么做也是为了SPH大小的固定,SPH中包含了条带数、图像第一行和最后一行的左中右三个像素的经纬度,处理运算方法等^[2],它的数据存储格式同MPH一样,也是用ASCII码表示的。

3.3 DSD(Data Set Descriptors)

DSD是对产品的一些相关数据集DS(Data Set)或外部文档的描述,每一个DS或外部文档都必须有一个DSD,其中DS可以是Measurement Data Set(MDS),Annotation Data Set(ADS)或Global Annotation Data Set(GADS)中的一种^[3]。

4 ASAR level1B 数据的解译

4.1 数据读取

DSR(Data Set Record)中数据是按照二进制字

节存储的,其存储方式是流式存储,根据DSD的描述,找到DSR数据在ASAR数据中的起始偏移位置,DSR中每个Record中前17个字节是本Record的描述信息,从17个字节往后是Record数据,因此需要跳过17个字节读取Record数据。Record数据一般是以UWORD(无符号,双字节,在DSR中的DATA_TYPE字段标明Record数据类型)来组织数据的,每个字代表一个像素灰度值,UWORD两个字节所组成的一个字中,高位字节位于字的前部,低位字节位于字的后部,这与计算机内存中组织字的两个字节顺序相反,需要将其转换,每读出一个Record,就可以在计算机屏幕上显示一行像素。

4.2 灰度压缩

由于所读出的每个Record中的一个像素是一个字,其灰度范围是0~65536,但是计算机所能表示的灰度范围是0~256,所以需要将读出的Record数据中的每个字做灰度压缩。因此在显示SAR图像时需要通过灰度级的压缩处理将16bit(字节)的原始数据压缩为8bit(字节)的显示数据,如何保证压缩前后图像灰度直方图在分布形状上的一致性为SAR图像显示过程中的一个关键问题。将65536个灰度级压缩到256个灰度级的压缩比例是256,压缩的范围还是很大的,在压缩的过程中,必须保持压缩后的直方图分布与原来雷达数据直方图分布一致,只有保持一致才能保证计算机显示出的图像与原来ASAR雷达所获得的能量图一致。

虽然ASAR图像像素值理论上在0~65536之间,但是在实际中一般分布在60~5000之间的一个较窄区间内,所以ASAR灰度直方图的前端部分和后端长尾部分按一定的截止概率截去,以缩小原始图像的灰度动态范围,可以提升灰度压缩的效率和清晰度,如果直方图前端和后端截去的过大,将损失灰度压缩后的图像细节,如果截去的部分过小,将影响灰度压缩的效果。这里以统计的原始灰度直方图的均值 m 和方差 σ^2 为参考量,以 $[m-3\sigma, m+3\sigma]$ 为截取图像的灰度级分布区间。

设 A 为ASAR雷达的所有像素值按照一定直方图分布概率截取后的值的集合,min和max分别是 A 中的最大值和最小值, $x \in A, y = x \times 65536 / (\max - \min), z = \sqrt{y}$,然后对 z 取整, $0 \leq z \leq 256, Z = \{z\}$ 即为压缩后的灰度图像。

5 图像数据的滤波处理

5.1 滤波综述

滤除相干斑噪声对于 SAR 图像的进一步解译,如分割、分类、目标识别等都有重要的意义,并且为 SAR 图像自动化处理创造了条件。传统的滤波方法:即将中值滤波、均值滤波等传统滤波器用于 SAR 图像处理,这些方法的缺点是平滑噪声的同时损失了边缘信息和纹理信息,而 Kalman 滤波器和 Lee 等滤波器,因为对噪声的静态假设往往不能与信号的实际情况相符,滤波器往往效果并不理想。本文对 sigma 滤波做了研究和对比,sigma 滤波运用于 SAR 雷达图像能够很好的保持图像的边缘信息和图像的纹理细节信息。

5.2 sigma 滤波

sigma 滤波是一种原理简单却非常有效的噪声平滑滤波算法,它通过对滤波窗口内落在窗口平均灰度值的两个 sigma 范围内的像素进行平均计算来滤除噪声。两个 sigma 范围是: $(X_{mean} - 2\sigma, X_{mean} + 2\sigma)$,事先计算出所有灰度级的 sigma 范围,求得上下限,将滤波窗口内像素与这些上下限进行比较,对落在上下限内的像素进行平均,并用平均值来代替中心像元的值。其原理是取一定大小的滤波窗口,计算此窗口的灰度均值 X_{mean} 和标准偏差,数学表达是为:

$$X_{mean} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I_{ij} \quad (1)$$

$$Delta = \sqrt{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (I_{ij} - X_{mean})^2} \quad (2)$$

其中 I_{ij} 是原始影响的灰度值, X_{mean} 是平滑窗口均值, n 是平滑窗口大小,计算阈值 X_{min} 和 X_{max} ,

$$X_{min} = X_{mean} - 2 \times Delta \quad (3)$$

$$X_{max} = X_{mean} + 2 \times Delta \quad (4)$$

如果平滑窗口内的点满足 $X_{min} < I_{ij} < X_{max}$,则相对于该点的特征值 $L_{ij} = 1$,否则 $L_{ij} = 0$;

$$即 \quad L_{ij} = \begin{cases} 1 & X_{min} < I_{ij} < X_{max} \\ 0 & 其他 \end{cases} \quad (5)$$

其累计特征值为:

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n L_{ij} \quad (6)$$

进行阈值判断,如果 S 大于给定阈值 K ,则:

$$R_{ij} = (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (I_{ij} \times L_{ij})) / (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I_{ij}) \quad (7)$$

否则取中心像元的上下左右 4 个像素的均值作为平

滑窗口中心像元的灰度值。

5.3 滤波评价

我们期望的滤波效果是:在消除相干斑噪声的同时,对 SAR 的滤波能够保持图像的边缘信息,保留细致的纹理信息。对滤波的效果用以下 3 个常用指标做了客观评价和比较。

5.3.1 等效视数

对相干斑抑制能力高低的评价采用最多的是等效视数^[6~7],其定义为:

$$f_{ENL} = \frac{\mu_I^2}{\sigma_I^2} \quad (8)$$

其中 μ_I 是图像的均值, σ_I 是图像的方差,图像祛除噪声后,相干斑减少,方差 σ_I 减少, f_{ENL} 增大, f_{ENL} 越大,表明相干斑抑制程度越深,图像的等效视数越大,可解译性越好。

5.3.2 边缘保持指数

描述祛除相干斑后,图像中边缘发生变化的程度,其定义为:

$$EKI = \sum_{i=1}^K G_i(I) / \sum_{i=1}^K \tilde{G}_i(I) \quad (9)$$

式中, $G_i(I)$ 和 $\tilde{G}_i(I)$ 为滤波前后,在同一窗口内的梯度最大值, K 是取样窗口的个数,窗口内像素的点 (x, y) 的梯度定义为

$$\nabla f(x, y) = \max(|f(x, y) - f(x+1, y)|, |f(x, y) - f(x, y+1)|) \quad (10)$$

一般来说, EKI 越接近于 1,图像边缘保持的越好,表明滤波后,边缘和纹理信息损失较少。

5.3.3 图像均值偏差

图像均值偏差是描述图像滤波效果的一个重要指标,定义滤波前后图像之间的偏差为:

$$Bias = (\bar{\mu} - \mu) / \mu$$

其中: μ 和 $\bar{\mu}$ 分别为滤波前后的图像均值,图像均值偏差 $Bias$ 表征滤波前后图像均值的偏移程度,其值越接近于零,表明滤波方法对图像均值的保持度越好,图像细节信息损失较少。

5.3.4 滤波效果对比

我们用以上 3 个指标,对我们解译出来的图像分别使用均值,中值, Lee, Kalman, sigma 滤波方法,滤波窗口采用 5×5 的窗口做了实验和比较,结果见表 1,从表中可以看出,虽然 ENL 指标不是特别的好,仅仅次于均值滤波,但是 EKI 和 $Bias$ 指标是比较好的,说明能很好的保持边缘信息和纹理,图 2 是使用本文灰度压缩方法所打开的清晰的 ASAR level1 图像,图 3 是经过 sigma 滤波后的图像,能够

很好的保持滤波后的边缘和图像细节纹理。

表 1 不同滤波的效果比较

滤波方法	ENL	EKI	Bias×100
原始图像	1. 71	1	0
均值	35. 7	0. 057	−0. 523
中值	28. 9	0. 089	−0. 641
Kalman	21. 6	0. 221	−0. 413
Lee	11. 2	0. 374	−0. 318
Sigma	34. 3	0. 784	−0. 306

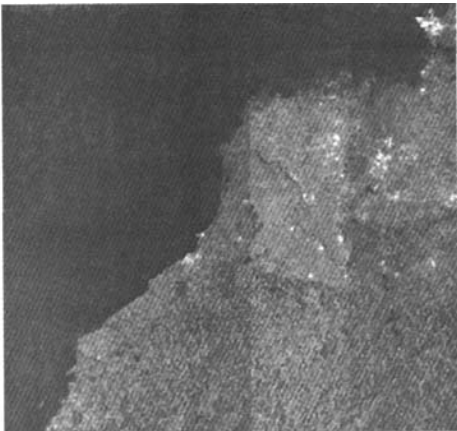


图 2 本文解译 SAR 的图像

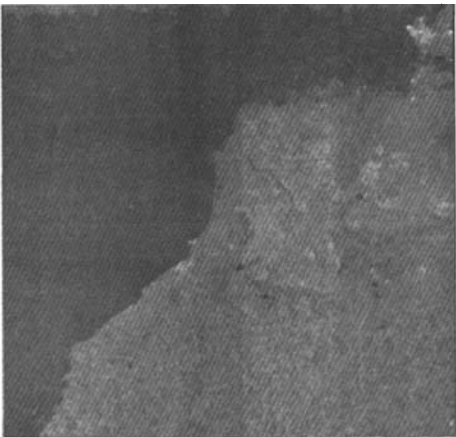


图 3 本文滤波后的图

6 解译结果与评价

当前,图像的客观质量评价分为全参考质量评价(FullReference QA)和无参考质量评价(No-Reference QA),前一类研究较为成熟,本文引用文献[8]的全参考质量评价方法对解译后的图像做客观评价。

图 4 是使用 SARTOOL 软件所打开的图像, SARTOOL 是国际上一个著名的遥感解译软件,具有很高的知名度,很多研究机构采用此软件做为遥感图像的解译,所以本文选 SARTOOL 软件所解译出的图像做为对本文解译的 SAR 图像客观质量评价的参考图像。

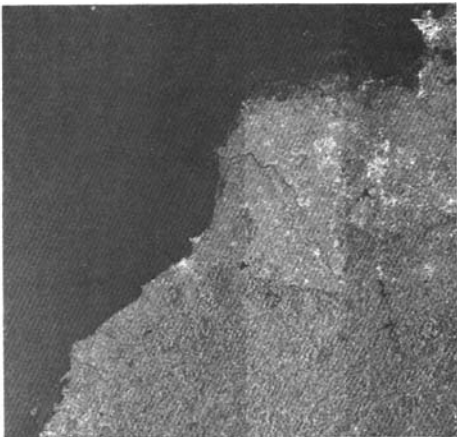


图 4 SARTOOL 解译的图像

基于结构失真的图像质量评价方法,SSIM 是把待评价的图像和参考图像之间的亮度对比,对比度比较,结构比较做乘积运算,3 个函数互相独立,其公式如下:

$$l(x,y)=(2u_1u_2+C)/(u_1^2+u_2^2)+C \tag{11}$$

$$c(x,y)=(2\sigma_1\sigma_2+R)/(\sigma_1^2+\sigma_2^2+R) \tag{12}$$

$$s(x,y)=(\sigma_{12}+K)/(\sigma_1\sigma_2+K) \tag{13}$$

其中 C,R,K 是为避免分母为零而设的小常数,SSIM 定义为

$$SSIM=l(x,y)\times c(x,y)\times s(x,y) \tag{14}$$

实验中,u,σ 为均值和方差,通常在 8×8 的窗口内计算,窗口像素在整幅图像内移动,对所有局部窗口的 SSIM 求均值,就得到整幅图像的 SSIM。

理想情况下,SSIM 应该等于 1,其值越接近 1,评价图像和参考图像在清晰度上就越相近。

从表 2 可以看出,本文解译后的图像 SSIM 值比较接近 ENVI 的解译图像(图 5)的 SSIM 值,其

清晰度比较接近 SARTOOL 所解译的图像,但是细节方面稍有逊色,还需要改进解译方法,做进一步研究。其 SSIM 在滤波后变小,说明滤波后图像信息有所损失,需要提升滤波方法。



图5 ENVI 解译的图像

表2 以 SARTOOL 做参考图像的 SSIM 值

	本文解译	本文滤波后	ENVI 解译
$l(x,y)$	0.915	0.901	0.924
$c(x,y)$	0.863	0.838	0.862
$s(x,y)$	0.958	0.984	0.981
SSIM	0.7566	0.7429	0.78135

7 结束语

ASAR 数据具有巨大的应用潜力,除和其他雷达遥感器一样,具有全天候、全天时和一定穿透性的特性之外,还具有以下对地观测数据的持续性和稳定性较高、具有多极化、多人射角、大幅宽等新的特性等特点。在土壤、植被、农作物、海冰等监测方面都有很好的发展^[6],所以在这里对 ASAR 一级数据格式的介绍以及给出一种解译方法,希望对更好的利用 ASAR 数据提供一定的帮助。

参考文献

1 魏钟铨. 合成孔径雷达卫星[M]. 北京:科学出版社,2001: 252.
2 Enviview 软件帮助文档[Z].
3 ASAR product handbook[Z]. European Space Agency,2002.
4 匡燕,李安,李子扬,等. ENVISAT 卫星综述[J]. 遥感信息,2006(6):90~91.
5 黄庆妮,唐伶俐,戴昌达. 环境卫星(ENVISAT-1)ASAR 数据特性及其应用潜力分析[J]. 遥感信息,2004(3): 56~59.
6 魏钟铨. 合成孔径雷达卫星[M]. 北京:科学出版社,2001. 202~210.
7 Ridha Touzi. A review of speckle filling in the context of estimation theory[J]. IEEE Trans. On Geoscience and Remote, 2002,40(11):2393~2404.
8 杨琬. 数字图像客观质量评价方法研究[J]. 通信技术,2008,41(7):244~246.

Format and Method of Interpretation of ASAR Level 1B Data Products

LI Ying,LI Chuan-long,WANG Jun,MA Long

(Dalian Maritime University, Geographic Information Institute, Dalian 116001)

Abstract:Currently there exists an extensive utilization of the data loaded from the ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar) of ESA ENVISAT throughout the world. In the year of 2005, China Remote Sensing Satellite Ground Station started to provide the ASAR data to its users, which has brought a favorable impact on the domestic data application of ASAR in China, therefore the prospective leap could be optimistically expected. However, the further application of ASAR data freely suffers a certain restriction from the use of softwares such as ENVI, ERDAS etc. Based on the importance and immense potential of future development in ASAR data application, we expound ASAR level 1B data format and give a solution which could process ASAR level 1B data to approach a clearer image. Compared with other similar filtering methods, sigma filter appears more effective in removing the radar image noise, therefore we choose to apply sigma filter to the ASAR image in our research. After being filtered, the ASAR image demonstrated a much clearer look.
Keyword:advanced synthetic aperture radar; data format; sigma filter