

利用 RADARSAT-1 数据提取海水养殖区面积

樊建勇^{1,2}, 黄海军¹, 樊 辉^{1,2}, 郜 昂^{1,2}

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院 北京 100039)

摘要: 利用 2001 年胶州湾 RADARSAT-1 数据, 探讨了 SAR 影像在海水养殖面积监测方面的可行性。选择适当成像参数、天气与海况等环境条件下成像的遥感数据, 进行 SAR 影像的几何校正、图像增强等图像处理, 提取养殖区面积信息。选取胶州湾西北部大沽河口至红岛间的海域作为实验区, 对处理后的影像进行养殖区面积的提取, 结合常规调查数据对该海域养殖类型变迁分析, 结果表明 1999 到 2001 年间有 $4.634 \times 10^6 \text{ m}^2$ 海域由底播养殖区转变成水面养殖区。

关键词: 海水养殖区; RADARSAT-1; 提取
中图分类号: P714.6; P283.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2005) 10-0044-04

海水养殖业又称为“蓝色农业”, 是继陆地生产之后的又一种生产模式, 是海洋开发的重要组成部分。近年来我国海水养殖业发展迅速, 养殖面积急剧增加, 养殖品种逐步增多, 从原来单一、普通的品种(海带)养殖发展到多种及海珍贵品种(扇贝、牡蛎、海参等)养殖。海水养殖面积从 1990 年的 42.8 万 hm^2 增长到 2001 年的 128 万 hm^2 , 海水养殖总产量也从 1990 年的 162 万 t 增长到 2001 年的 4 382 万 t^[1]。

由于养殖规模的不断扩大, 近海过度养殖、养殖环境恶化、养殖病害增加、养殖成本增大已经成为目前制约我国沿海养殖业进一步发展的主要问题, 沿海养殖业急待加强监测与管理^[2]。传统的监测手段已不能满足现实的需要, 而且传统的养殖决策仅仅依靠个人的经验, 存在着很大的局限性和风险性, 这样就需要寻求新的监测手段和方法^[3]。

表 1 RADARSAT-1 工作模式
Tab. 1 RADARSAT-1 working mode

工作模式	空间分辨率(m)	波束位置	观测带宽度(km× km)	入射角范围
精细模式	10	5	50× 50	37° ~ 49°
标准模式	25	7	100× 100	20° ~ 49°
宽幅模式	30	3	150× 150	20° ~ 45°
窄幅 SCANSAR 模式	50	2	300× 300	20° ~ 49°
宽幅 SCANSAR 模式	100	2	500× 500	20° ~ 49°
超高入射角模式	18 ~ 27	3	75× 75	49° ~ 59°
超低入射角模式	30	1	170× 170	10° ~ 23°

遥感技术可以提供宏观、实时的观测, 并且成本低。其中合成孔径雷达(SAR) 是主动式传感器, 由于它主动发射微波波段的电磁波来获取信息, 可以穿云透雾, 克服夜障, 不受时间和气候的限制, 具有全天候、全天时的工作能力。其中星载 SAR 可以定期对地表进行观测, 获取实时的观测数据。加拿大 RADARSAT-1 上所装载的 SAR 是 C 波段、多角度、

收稿日期: 2004-04-12; 修回日期: 2004-08-12
基金项目: 山东省科技厅资助项目(022110106); 青岛市科技局资助项目(02-2kjyj-32-3)
作者简介: 樊建勇(1980-), 男, 山东冠县人, 硕士研究生, 从事海岸带遥感研究, E-mail: happyfy@hotmail.com

HH 极化方式的传感器, 具有 7 种工作模式(表 1), 主要应用于海岸带观测、海冰监测和地形测量等^[4]。

1 遥感数据特征

由于 RADARSAT-1 有多种工作模式, 空间分辨率范围为 8~100 m, 入射角范围为 $10^{\circ} \sim 59^{\circ}$, 使其在海水养殖区监测方面具有很大的优势。研究表明 RADARSAT-1 在较大的入射角的情况下, 会获得清

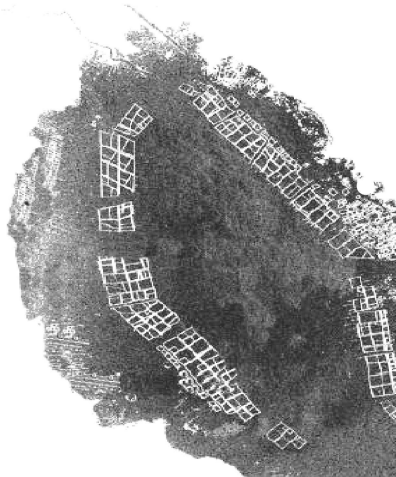


图 1 RADARSAT-1 标准模式

Fig. 1 RADARSAT-1 standard mode

晰的养殖区图像。当雷达波发射时, 由于海水的回波能量较弱, 而养殖用的基座、围栏和网箱等回波能量较强, 色调比周围的海水更亮, 二者对比度更大, 所以根据这种色调的差异和对比度, 这些结构很容易被探测到。并且在入射角比较大的情况下, 风速在 $2 \sim 3 \text{ m/s}$ 的范围内, 成像效果会更好^[4,5]。

RADARSAT-1 的标准模式(图 1)(25 m 分辨率和 $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$ 幅宽)在分辨养殖网箱和周围海水方面的效果很好, 并且有适当的空间覆盖, 在入射角较大的情况下, 可探测出养殖区。精细模式(8 m 分辨率和 $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ 幅宽)具有更高的分辨率, 但幅宽相对较窄, 适合于小范围细节上的观测调查, 二者相得益彰^[4,5]。

研究中利用 2001 年 9 月 16 日获取的青岛市胶州湾幅 RADARSAT-1 标准模式影像和 2000 年的青岛市海域使用现状图。

2 图像处理

SAR 图像在成像机理、图像特性等方面与光学遥感图像有很大的不同, 因而在图像处理方法上也存在着诸多差异。在卫星影像提供给用户之前, 有些已经作过辐射校正, 实际问题中, 视具体情况加以处理。图像处理流程如图 2:

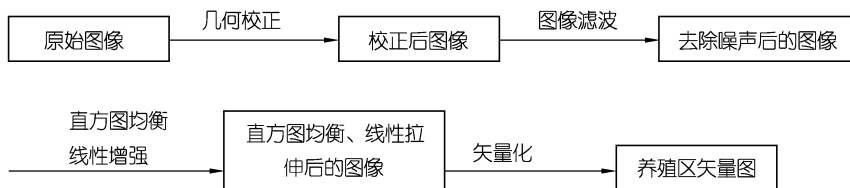


图 2 图像处理流程

Fig. 2 Flowchart of image processing

2.1 几何校正

遥感器在运行过程中, 由于翻滚、偏航和地球自转引起的歪斜等原因, 所拍摄到的图像具有很严重的几何变形, 在图像应用之前要对其进行几何校正, 包括地面控制点的选取、图像重采样^[6]。

2.1.1 地面控制点(GCP)的选取

以 1:50 000 矢量化地形图为底图, 对研究用的 SAR 影像进行几何校正。在底图和图像上选取具有明显、清晰定位标志物作为控制点对, 所选标志物应不随时间的变化而变化, 而且控制点要均匀分布, 校正后图像的综合误差 ≤ 0.5 个像元。本次选用的胶州

湾的 RADARSAT-1 影像大小为 $3\,500 \text{ 像元} \times 3\,500 \text{ 像元}$, 在图像上均匀地选取了 20 对控制点。

2.1.2 图像的重采样

重新定位后的像元在原图像中分布不均匀, 很多像元之间有空隙, 因此需要根据输出图像上的各像元在输入图像中的位置, 对原始图像按一定规则重新采样, 建立新的图像。图像重采样常用的方法有 3 种, 即最邻近法、双线性内插法、3 次卷积内插法。最邻近法精度低, 3 次卷积内插法虽然精度高, 但是运算速度很低, 且对控制点的精度要求很高, 而双线性内插法的内插精度和运算量都比较适中^[7]。

本文中图像重采样选用双线性内插法。

2.2 图像增强

为了突出 SAR 图像的“有用”信息, 扩大图像中不同地物之间的特征差别, 需要对图像进行增强处理, 以便为后面图像信息的提取及其他图像分析奠定良好基础。为此常采用滤波方法来抑制噪声的干扰, 线性拉伸和直方图均衡增强图像的对比度^[7]。

2.2.1 去除噪声

SAR 影像中有很多噪声存在, 这些噪声不仅限制了影像的辐射分辨率, 影响到对不同信号强度的分辨能力, 而且降低了对地面目标、结构的识别能力, 并对地物专题特征信息的提取和分类造成障碍^[8]。为此在应用雷达图像的时候都要采取一些措施来抑制噪声, 通常采用适当的滤波算法来达到去除噪声的效果。常用的滤波算法很多, 通常采用自适应滤波来对雷达图像进行处理, 其中 Kuan 滤波器是基于局部的线性最小均方误差的滤波器。Kuan 滤波的最大特点是在图像灰度值均匀的区域中, 噪声被平滑、消除, 而在图像边缘或细节部分, 则保持原来的像素值, 减少了图像信息的损失。相对于其他滤波来说, Kuan 滤波较好地保留了图像的细节和边缘。

2.2.2 线性拉伸与直方图均衡化

线性拉伸通过将原始图像的灰度值的动态范围按线性关系公式拉伸至指定范围, 增加图像的对比度。线性拉伸的变换公式:

$$g(x, y) = f(x, y) \times C + R$$

式中 C, R 由输出图像的灰度值动态范围决定。直方图均衡使图像中原来一些具有不同亮度值的像元转换成了相同的亮度值, 原来相似的亮度值则被拉开, 从而增强了整个图像的对比度, 提升图像的亮度, 所得到的直方图是在整个灰度级动态范围内近似均匀分布的直方图, 使图像变得更清晰(图 3)。

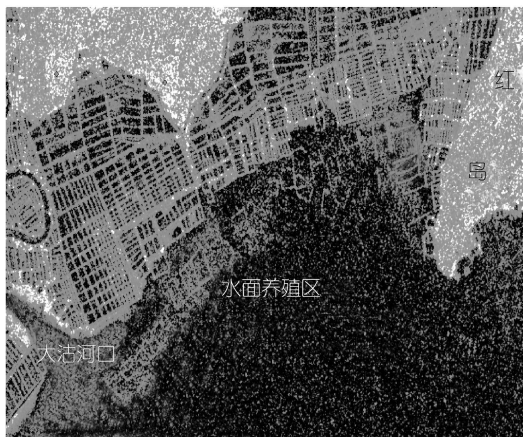


图 3 经过处理的 RADARSAT-1 影像

Fig. 3 Processed RADARSAT-1 image

3 养殖区提取结果

利用地理信息系统专业软件对处理好的栅格形式的图像进行矢量化, 首先要把处理好的 SAR 图像与原来的矢量图在软件中进行匹配以便各层的叠加。栅格图像的矢量化可以自动进行, 但是由于图像中包含多种信息, 现在的地理信息系统软件难以自动识别分辨, 这样完全自动矢量化所得到的结果就不那么“可靠”, 所以实际常用的是手扶跟踪或交互跟踪矢量化。

实验区位于胶州湾西北部, 大沽河口到北面红岛之间的海域, 采用的 2001 年 9 月 16 日的 RADARSAT-1 影像经过上述处理获得图像(图 3)。在实验区 RADARSAT-1 影像上显示出网格型纹理, 这是水面养殖在影像上具有的特征, 而在 2000 年出版的青岛市海域使用现状资料(1999 年数据)表明, 该海域为底播养殖区域, 说明该区的养殖方式有所改变。在地理信息系统专业软件中经过矢量化得到养殖区的矢量图(图 4), 将矢量图中的地物与空间数据库连接, 即可自动计算出地物的一些空间属性值, 如长度、面积等, 不同时期的矢量图叠加可分析其养殖方式的变化。通过统计养殖区的面积, 最后得出有 $4.634 \times 10^6 \text{ m}^2$ 的海域养殖使用方式发生了改变, 由底播养殖区转变为水面养殖区。

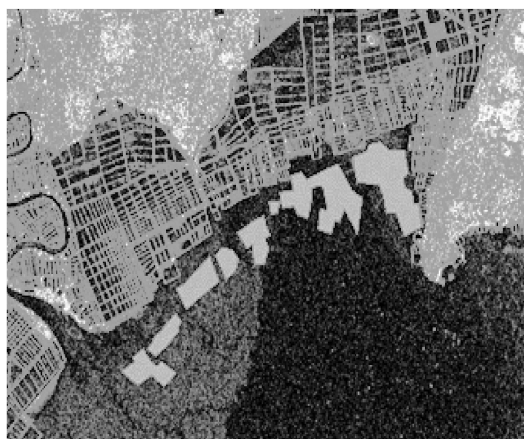


图 4 养殖区矢量图

Fig. 4 Vector chart of aquaculture area

4 结语

(1) 研究结果表明, 利用 RADARSAT-1 影像监测海水养殖区, 可以全面、客观、直观地再现养殖分布状况以及历年的变化情况, 结合实地调查会得到更准确的结果。(2) RADARSAT-1 在入射角较大、低风

速(2~3 m/s)条件下获得的质量较好的数据,可以分辨出养殖区。标准模式是海水养殖监测最好的波束选择。(3) 胶州湾西北部海面养殖方式在近两年有所改变,由底播养殖转变成水面养殖,面积达 $4.634 \times 10^6 \text{ m}^2$ 。(4) 利用 RADARSAT-1 对海水养殖进行定期、宏观监控,对海洋渔业管理部门监督海水养殖业具有实际意义。

参考文献:

[1] 徐敬明,房开杰. 我国蓝色农业可持续发展现状、问题与对策[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(2): 241-245.
[2] 杨蕾,舒廷飞,温琰茂,等. 我国海水养殖及其可持续发展的对策[J]. 水产科学, 2003, 4: 45-48.
[3] 黄其泉,王立华. 遥感技术在水产养殖规划中的应用

研究[J]. 中国渔业经济, 2002, 5: 32-34.
[4] Gordon C S, Jeff H, Shawan Burns R. Coastal Zone Monitoring with RADARSAT-1. RADARSAT International. <http://www.rsi.ca>, 2002.
[5] Gordon C S. RADARSAT-1 Operational Applications. RADARSAT International, <http://www.rsi.ca>, 2002.
[6] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 133-208.
[7] 朱述龙,张占睦. 遥感图像获取与分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 79-132.
[8] Jones B, Jacob E G M. On the interpretation of SAR imagery from the sea empress oil spill[J]. *International Journal Remote Sensing*, 1998, 19(4): 789-795.

Extracting aquaculture area with RADASAT-1

FAN Jian-yong^{1,2}, HUANG Hai-jun, FAN Hui^{1,2}, GAO Ang^{1,2}

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071, China; 2. Graduated School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received: Apr., 12, 2004

Key words: aquaculture, RADASAT-1, extracting

Abstract: This study presents the feasibility of RADARSAT-1 data for monitoring aquaculture area. The data are received with appropriate imaging parameters, weather and sea conditions. The methods of geometric rectification and image enhancement of SAR images are used for the extraction of aquaculture area. The region between Hongdao and the mouth of Dagou River was selected as a study area for monitoring. Compared with historical data, the result showed that there was about $4.634 \times 10^6 \text{ m}^2$ area which has been converted from bottom aquaculture to surface one from 1999 to 2001.

(本文编辑: 刘珊珊)