

## 基于MODIS数据的渤海海冰遥感探测系统的设计

王 宁<sup>1, 2</sup>, 纪永刚<sup>2</sup>, 张 晰<sup>2</sup>, 梁 建<sup>2</sup>, 宋平舰<sup>2</sup>, 鲁统臻<sup>2</sup>

(1.国家海洋局北海预报中心, 山东 青岛 266033; 2.国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266071)

**摘 要:** 为了满足渤海海冰预报业务化的需求, 针对渤海海冰和MODIS数据的特点, 结合MODIS-TERRA数据, 编程实现了基于MODIS数据的渤海海冰遥感探测系统。系统以IDL和Visual C++作为开发语言, 为海冰信息提取提供了一个统一的平台, 实现了海冰面积、海冰外缘线、海冰厚度和海冰密集度信息提取, 并以专题图和数值的形式输出结果。通过对该系统的试应用可以发现, 系统得到的产品与实际预期是一致的。基于MODIS数据的渤海海冰遥感探测系统的设计, 为海冰预报业务部门及时、快速地获得海冰产品, 提高海冰预报效率, 开展卫星遥感监测海冰业务化运行提供了保障。

**关键词:** MODIS; 海冰; 探测系统; IDL; Visual C++

**中图分类号:** P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2011)01-0033-06

### 1 引言

国家海洋局北海预报中心作为海洋局业务部门, 负责发布渤海、黄海、东海北部海区海洋环境预报, 海冰预报是其中一项重要的预报。要做到准确的海冰冰情预测, 首先需要实现海冰参数及时、准确地获取。

传统的海冰监测方法包括海洋站观测、沿岸或冰区冰情调查、雷达测冰等, 这些方法受到空间和时间的限制, 特别是在大范围空间信息获取、时间动态监测以及数据更新等方面无法满足现实工作的要求。随着遥感技术的发展, 我国充分利用卫星遥感技术对海冰进行遥感监测。我中心现有的DVBS卫星数据接收处理系统, 可以接收处理准实时的MODIS-TERRA/AQUA卫星数据, 为海冰业务化监测提供了条件。

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, 中分辨率成像光谱辐射计) 是搭载于美国EOS系列卫星上的一个重要传感器, 具有36个

可见光-红外光谱波段, 空间分辨率分别为250 m, 500 m和1000 m。MODIS是新一代的卫星遥感信息源, 与NOAA/AVHRR相比, MODIS在通道和分辨率上都有了很大的改进。加上数据以每天上、下午的频率采集和免费接收的数据获取政策, 使得MODIS数据成为海洋环境监测中不可多得的数据资源。对于中国的海冰监测来说, MODIS是海冰遥感监测的主要数据源之一, 对于海冰信息提取具有极高的价值<sup>[1]</sup>。

本单位已利用MODIS数据开展了海冰参数信息的提取工作, 但这些信息是靠人工获取的, 如, 海冰外缘线是利用现有的DVBS卫星数据接收处理系统接收处理的数据经过人工判读来获取; 海冰密集度、海冰冰量是海洋站观测人员目测的结果, 通过目测的海冰冰型推测出海冰厚度的大体范围。这样得到的结果误差较大, 而且速度慢, 不能实时地反映海冰的变化情况, 无法满足海冰预报及时、准确的要求; 已有的基于MODIS数据的渤海海冰参数提取方法主要是用于极地或高纬度结冰区域。

收稿日期: 2010-04-14

基金项目: 国家“863”遥感海洋生态环境监测技术系统(2007AA092102)

作者简介: 王宁(1978-), 女, 工程师, 从事海洋遥感应用研究。E-mail: wn780324@126.com

综上所述,本单位需要根据渤海海域海冰的特点,开展基于MODIS数据的渤海海冰重要参数提取技术研究,开发基于MODIS数据的渤海海冰探测系统,利用DVBS卫星数据接收处理系统处理得到的LD2格式数据,提供海冰外缘线、海冰面积、海冰冰厚、海冰密集度等参数,为海冰监测和海冰灾害评估提供参考数据,从而为海冰预报提供服务,使其能够更加准确地预报海冰灾害来临,实时监控灾情发展,为灾害的防控提供强有力的支持。

研发系统的主要目的是为业务化海冰预报提供准实时的、准确的海冰参数。因此,系统功能设计应以紧贴海冰业务化需求为目标,满足以下需求:

- (1) 系统能够实现提取海冰面积、海冰外缘线、海冰厚度和海冰密集度信息;
- (2) 系统提取结果的准确率必须满足海冰预

报业务化的需要;

(3) 能够对历史的提取结果进行查询、统计分析;

(4) 以专题图和数据的形式输出系统提取的结果;

(5) 人性化、智能化设计要贯穿全过程,且界面要友好。

## 2 基于MODIS数据的渤海海冰探测系统的设计与实现

基于MODIS数据的渤海海冰探测系统具有跨平台操作特性。系统采用C/S模式运行的应用系统,利用IDL和Visual C++ 6.0开发而成,可运行于不同的软硬件环境,并且可以进行移植<sup>[2]</sup>。流程图见图1。

基于MODIS数据的渤海海冰探测系统的主要功能有:数据导入、信息提取、专题图制作等功

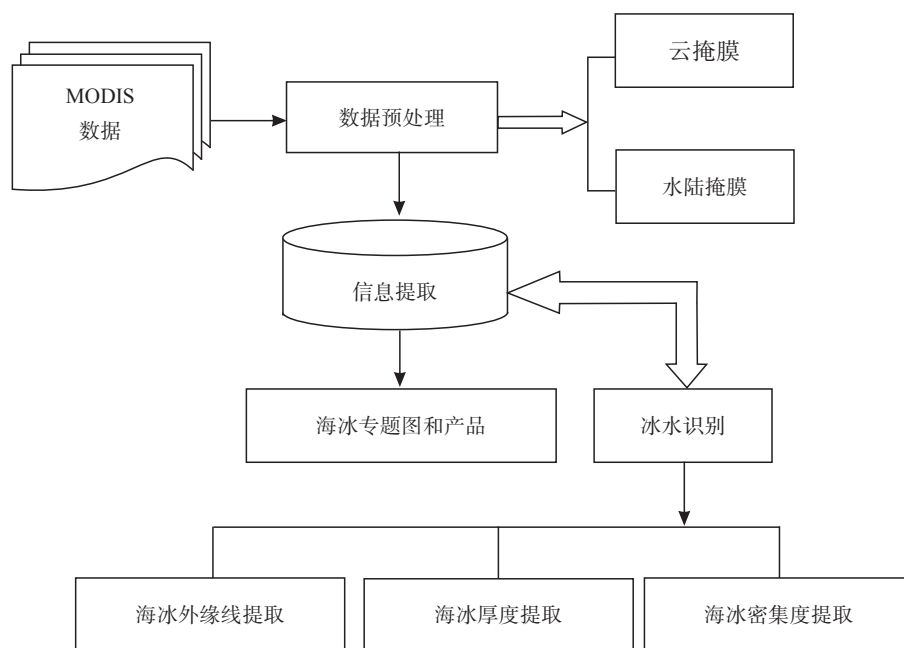


图1 系统数据流程图

能。其中信息提取包括:海冰检测、海冰外缘线提取、海冰厚度提取、海冰密集度提取;专题图制作包括:叠加经纬网格、海冰面积、海冰外缘线、海冰厚度专题图;数据信息输出包括海冰位置、海冰厚度等信息。

### 2.1 数据导入

从LD2数据提取相关的可见光通道数据,从与其同名的头文件中提取定标定位数据,根据定标模型和相关参数对其进行定标计算,然后进行可见光通道合成,形成海冰真彩色图像,本系统

中真彩色合成通道为1, 4, 3通道。

## 2.2 信息提取模块

### 2.2.1 海冰检测

根据海冰预报业务的需求和渤海海域海冰的特点, 本功能既可进行整个渤海海域的冰水识别, 也可将渤海海域分成3个区域(辽东湾、渤海湾和莱州湾)分别进行冰水识别。

如果选择全渤海, 为了减少悬浮泥沙对海冰识别的影响<sup>[3]</sup>, 系统自动将其分为3个区域, 可分别设置海冰检测阈值, 提取海冰, 然后合并三区域, 输出显示全渤海海冰数据; 如果选择3个区域中的一块, 按照各子区域的经纬度范围裁切子区块, 并显示裁切区域的三通道合成结果。读取子区域阈值进行海冰检测, 输出显示海冰数据。本系统将海冰检测结果以二值图的形式输出为ENVI标准格式文件(.img)。

根据海冰的反射率特征<sup>[4]</sup>, 海冰和海水通过目视解译就可从MODIS彩色图像上区分出来, 所以, 将冰水识别结果与MODIS彩色图像进行比较即可得到冰水识别结果是否准确。

对2009年1月13日MODIS数据, 利用海冰检测的方法, 得到(见图2)海冰检测结果。

### 2.2.2 海冰外缘线提取

在冰水识别的基础上, 根据用户的需要选择是否对当前结果进行图像变换和图像分割<sup>[5]</sup>。如果用户需要进行图像变换和图像分割, 则调用图像分割程序, 设置图像分割阈值, 分割图像, 然后进行边缘检测<sup>[6]</sup>, 提取海冰外缘线, 并显示结果; 如果用户不需要进行图像分割, 直接进行边缘检测, 提取海冰外缘线, 并显示结果。

在日常的海冰调查中, 海冰外缘线是利用飞机或船舶进行现场调查。由于条件限制, 飞机或船舶不能获得与卫星同步的海冰外缘线资料, 而且飞机或船舶获得的外缘线资料只是针对部分海域, 不能在MODIS图像上很好地反映出来。最好的验证外缘线的方法是利用MODIS数据的反射率特征, 通过目测的方式得到海冰外缘线。选用2009年1月26日11点04分MODIS数据, 结果见图3。

### 2.2.3 海冰厚度提取

本系统采用谢峰<sup>[7]</sup>等的研究方法, 利用海冰厚

度反照率公式提取海冰厚度信息。公式如下:

$$\alpha(h) = \alpha_{\max} [1 - k \exp(-\mu_{\alpha} h)] \quad (1)$$

式中,  $\alpha(h)$  是海冰对太阳短波辐射波段的反照率, 它是一个随冰厚变化的数值<sup>[8]</sup>, 为海水反照率, 取为0.1;  $\mu_{\alpha}$  是关于反照率的衰减系数, 应用谢峰等的研究方法, 利用葫芦岛港和鲅鱼圈港的实测气象数据和海冰厚度数据, 根据冻结(融)冰度日法计算  $\mu_{\alpha}$ 。经计算, 取  $\mu_{\alpha}$  的平均值为1.209。

本文选用2008年1月30日10点27分的MODIS数据提取辽东湾海冰厚度, 厚度分布结果见图4。

根据国家海洋环境监测中心提供的2008年1月30日鲅鱼圈海域雷达海冰监测结果可知, 该海域沿岸固定冰, 平整单层冰厚度一般为20~25 cm; 海上流冰冰型以尼罗冰、冰皮和灰冰为主, 厚度一般为5~10 cm。根据图4的海冰分布显示, 在鲅鱼圈附近海域冰厚范围是5~25 cm, 这与雷达监测结果是基本一致的, 说明冰厚反演结果与实际冰情是基本相符合的。

### 2.2.4 海冰密集度提取

根据海冰预报业务的需求, 海冰密集度定义为一定区域内流冰覆盖面积占流冰分布海面的成数<sup>[9]</sup>。

各类海冰的可见光近红外实测反射波谱表明, 随冰型、冰面粗糙度状况的不同, 海冰在0.4~0.7  $\mu\text{m}$ 处反射率远高于海水。因此, 在冰水识别的基础上, 选择MODIS第1通道数据进行海冰密集度监测。采用以下公式计算密集度:

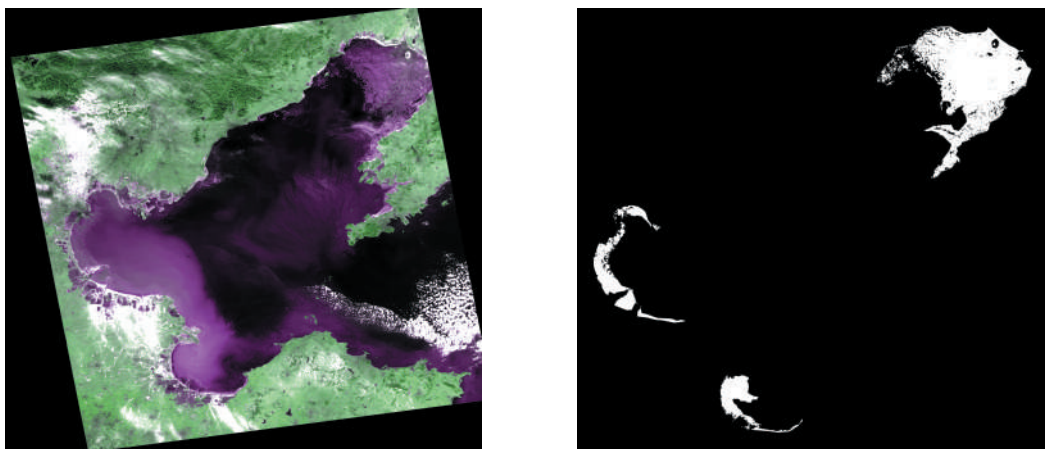
$$P = \frac{S_{\text{冰}}}{S_{\text{总}}} \times 100\%$$

式中,  $S_{\text{冰}}$  为选取海域内海冰面积,  $S_{\text{总}}$  为选取海域内海冰和海水的总面积,  $P$  为海冰密集度。

本文的海冰密集度是根据海冰预报业务的需求设计的, 用鼠标选择需要计算密集度的海域, 在屏幕右侧显示选择的海域范围和密集度结果。具体实现见图5。

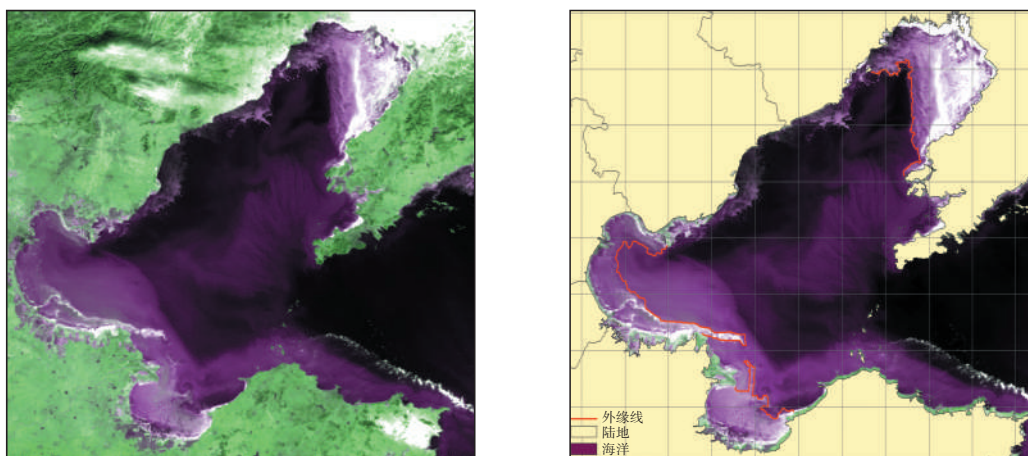
## 2.3 专题图制作模块

根据海冰预报业务对海冰产品的需求, 本功能主要输出以下内容: 叠加经纬网格的遥感数据图、海冰面积专题图、海冰外缘线专题图、海冰



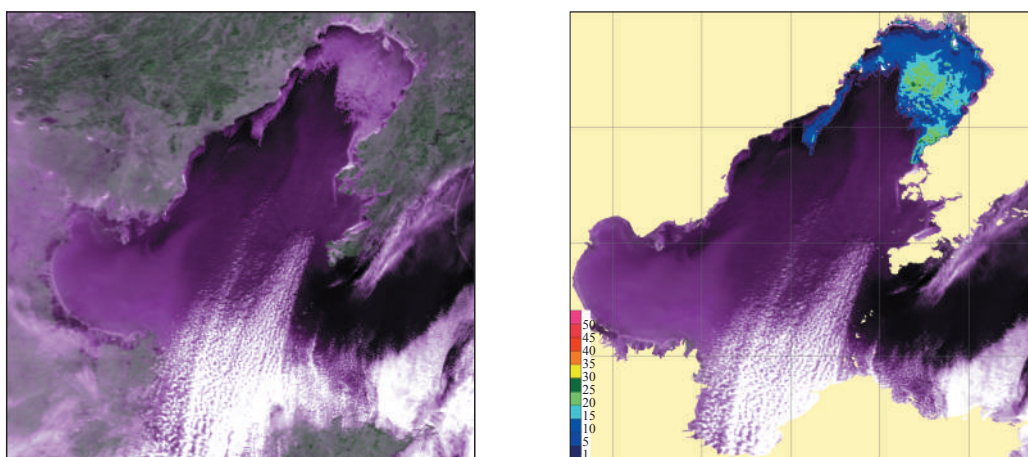
(假彩色合成波段组合: R=波段1 G=波段2 B=波段1)

图2 MODIS假彩色合成图与海冰检测结果



(假彩色合成波段组合: R=波段1 G=波段2 B=波段1)

图3 MODIS假彩色合成图与海冰外缘线产品结果



(假彩色合成波段组合: R=波段1 G=波段2 B=波段1)

图4 MODIS假彩色合成图与海冰厚度产品结果

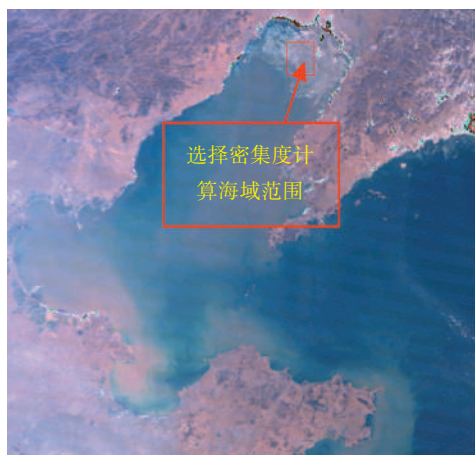


图5 海冰密集度计算

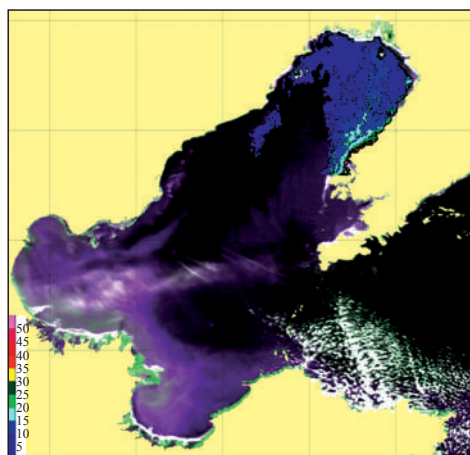


图6 海冰厚度专题图

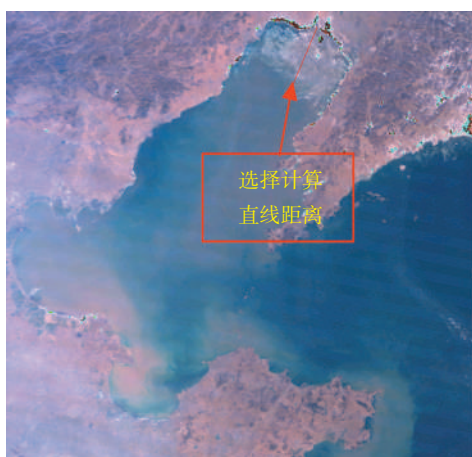


图7 两点间距离计算

厚度专题图,并支持保存和打印图片文件。

#### 2.4 两点间直线距离计算

该功能实现计算海冰外缘线距湾底的距离,用户用鼠标画出两点间的直线或在对话框中输入起始点和终点的经纬度,计算两点间直线距离。系统实现见图7。

本文计算直线距离的公式利用GIS中根据两点经纬度计算距离公式计算,得到的是地球表面两点间的实际距离。

### 3 结论与讨论

针对海冰预报业务化的需求,并结合MODIS数据渤海海冰的特点,本文设计了基于MODIS数据的渤海海冰探测系统,实现了海冰信息提取和产品的输出。

该系统基于C/S结构,具有界面友好、操作简便、响应速度快,系统运行性能稳定可靠,系统兼容性高。通过该系统的应用可以发现,所设计

的系统能够迅速、准确地获得适合渤海海域海冰参数。

未来将不断吸纳新的海冰参数提取方法,使系统逐步完善,完善查询统计分析模块。

#### 参考文献:

- [1] 吴奎桥,徐莹,郝轶萌. MODIS 数据在海冰遥感中的应用[J]. 海洋预报,2005,22(S):44-49.
- [2] 王宁. 基于 MODIS 数据的渤海海冰重要参数提取技术与探测系统[D]. 青岛: 中国海洋大学,2009.
- [3] 王芳,李国胜. 海洋悬浮泥沙二元特征参数 MODIS 遥感反演模型研究[J]. 地理研究,2007,26(6):1186-1197.
- [4] 吴龙涛,吴辉璇,孙兰涛等. MODIS 渤海海冰遥感资料反演[J]. 中国海洋大学学报,2006,36(2):173-179.
- [5] 刘荣杰. 基于凝聚层次聚类的高分辨率遥感影像分割算法研究[D]. 青岛: 青岛大学,2008.
- [6] 靳鹏飞. 一种改进的 Sobel 图像边缘检测算法[J]. 应用光学,2008,29(4):625-628.
- [7] 谢锋,顾卫,袁艺. 辽东湾海冰资源量的遥感估算方法研究[J]. 资源科学,2003,3(25):17-23.
- [8] 马葛乃. 遥感信息模型[M]. 北京:北京大学出版社,1997.
- [9] 罗亚威,张蕴斐,孙从容,等. “海洋 1 号”卫星在海冰监测和预报中的应用[J]. 海洋学报,2005,27(1):7-18.