

文章编号: 1674-5566(2019)03-0464-07

DOI:10.12024/jso.20180302237

基于近实时海洋遥感数据的渔场预报系统设计与实现

雷林^{1,2,3,4,5}, 高峰^{1,2,3,4,5}, 官文江^{1,2,3,4,5}, 陈新军^{1,2,3,4,5}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 5. 农业农村部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306)

摘要: 针对国内渔业企业对于渔场预报系统的需要, 设计和开发基于近实时海洋遥感数据的渔场预报系统。系统分为陆地数据服务和渔情预报软件两个模块, 其中: 陆地服务模块负责收集全球近实时海洋环境数据, 并提供环境数据下载服务; 渔情预报软件可以从陆地服务器下载海洋环境数据, 并通过这些数据, 使用栖息地适应性指数模型进行渔场预报, 为渔业企业和作业渔船的捕捞决策提供辅助。两个模块之间以国际海事卫星船队宽带系统作为数据传输手段。前期的远洋渔船应用试验表明, 该系统能稳定下载海洋环境数据并实现渔场预报, 预报结果作为捕捞决策的重要辅助信息, 可为渔业生产者选择作业地点提供很好的参考。

关键词: 海洋遥感; 渔场预报; 栖息地适应性指数模型

中图分类号: S 931.4 **文献标志码:** A

渔场预报是对未来一定时期和水域范围内的渔场位置作出的预报^[1]。准确的渔场预报能指导渔民和渔业企业合理分配有限的捕捞努力量, 减少寻找渔场的时间, 大幅度降低渔业生产成本。随着近海主要经济鱼类资源严重衰退以及远洋渔业生产成本不断增加, 我国海洋渔业产业面临着严峻的考验。特别是近十年以来, 燃油价格与入渔许可费用急剧上涨, 全球渔业捕捞竞争日益激烈, 而我国目前在捕捞设备和技术上与日本等渔业强国仍有一定差距, 因此捕捞效率较低, 渔民和渔业企业都面临着巨大的生存压力。因此, 设计和开发渔场预报系统对于我国海洋渔业的发展具有重要的意义。

鱼类的洄游和集群行为受到海洋环境要素的影响和制约, 因此可以通过获取渔区内海洋水体环境要素信息, 结合目标鱼种的行为规律进行渔场预报^[2]。由于技术条件的限制, 早期的渔场预报多基于经验的人工预报为主。随着海洋遥感技术的发展, 快速、免费地获取大范围内的海洋环境数据成为可能, 商业化的渔场预报系统也

随之产生, 其中比较有代表性的是法国 CLS 公司开发的 CATSAT 系统^[3]和日本环境模拟实验室开发的大渔案内人系统^[4], 这些系统在国外渔业企业中应用较为普遍, 但软件服务年费昂贵, 国内大部分渔民和渔业企业都难以承受。从“七五”期间开始, 国内学者^[5-8]针对我国近海带鱼和鲈鱼渔场、西北太平洋柔鱼渔场和各大洋金枪鱼渔场开发了渔场预报系统, 并将系统的预报结果定期发布于互联网供渔业企业下载, 然后由渔业企业以电话、电邮等形式发送给远洋作业渔船。虽然这些系统在实际应用中都显示出了一定的效果, 但其工作方式复杂, 因此未能在实际渔业生产中得到推广。

近年来, 随着国际海事宽带卫星通信技术^[9]的发展, 外海渔船与陆地渔场预报实验室之间的网络互连和数据传输成本逐渐降低。因此, 本文设计和开发了基于近实时海洋遥感数据的渔场预报系统, 利用国际移动卫星船队宽带 (Inmarsat FB) 系统解决了数据传输问题, 使系统能直接安装于远洋渔船。该系统作为我国海洋系列卫星

收稿日期: 2018-03-13 修回日期: 2018-08-07

基金项目: 卫星海洋遥感业务化应用项目(201801004); 国家海洋局公益性项目(201505014)

作者简介: 雷林(1978—), 男, 工程师, 研究方向为海洋渔业遥感与应用。E-mail: llei@shou.edu.cn

通信作者: 高峰, E-mail: gaofeng@shou.edu.cn

(HY-1B、HY-2A)地面应用系统的重要组成部分,已经实现了业务化运行,并在国内十多家远洋渔业公司得到应用。

1 渔场预报系统的设计

1.1 系统整体构架

系统整体构架如图 1 所示,主要包含两部分:一部分是陆地数据服务模块,包括遥感数据收集软件和数据服务器,其中遥感数据收集软件负责收集近实时海洋环境数据并将其保存在数据服务器上,数据服务器则负责向渔情预报软件提供数据下载服务,这部分陆地数据服务模块位于陆地上的渔场预报实验室;另一部分是渔场预报软件模块,安装于外海作业渔船上的计算机。两个模块之间通过 Inmarsat FB 系统实现网络互联,使渔场预报软件可以从陆地数据服务器下载近实时海洋环境数据,并利用渔场预报模型对渔场进行预报,并提取冷暖涡流、温度锋面等与渔场密切相关的信息以供捕捞作业人员参考。

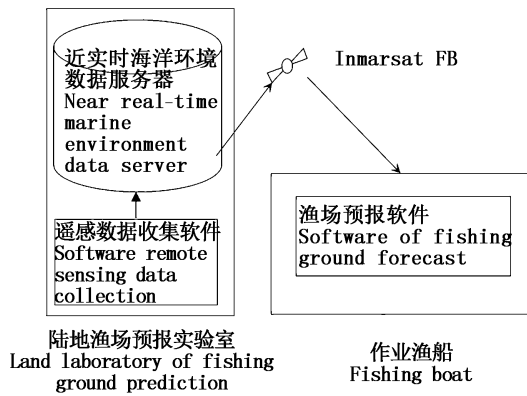


图 1 渔场预报系统整体构架
Fig. 1 Overall framework of the fishing ground forecast system

1.2 陆地数据服务模块

系统的陆地数据服务模块由遥感数据收集软件和近实时海洋环境数据服务器构成,该模块以陆地卫星地面接收站为基础,运行环境为 Windows Server 2003。由于卫星地面接收站只能接收接收站附近海域的遥感数据,因此对于外海

作业渔区来说,环境数据还需要从海洋遥感网站下载。遥感数据收集软件基于 Windows Sockets 开发,负责搜索和下载本地卫星地面接收站和海洋遥感网站数据库上的近实时海洋环境数据,其工作流程如图 2 所示。数据收集软件每天定时多次运行,以保证数据的实时性和完整性。

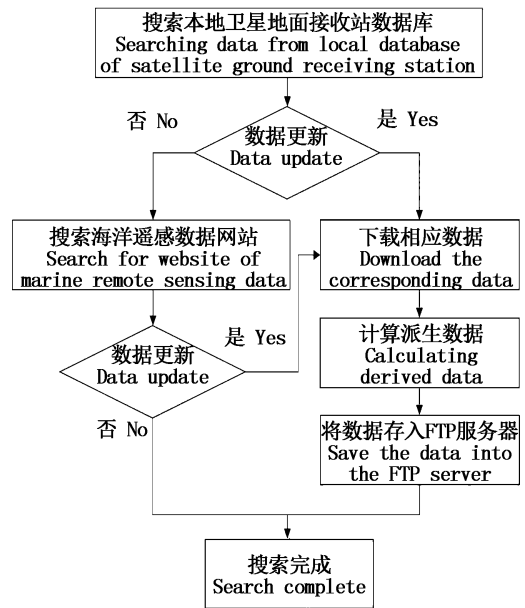


图 2 海洋环境数据收集软件工作流程
Fig. 2 Workflow of marine environmental data collection software

当海洋环境数据下载完成之后,数据收集软件计算相应的派生数据,并根据统一的命名规则存入海洋环境数据服务器。数据服务器基于 Windows IIS FTP 服务,提供海洋环境数据集的 FTP 下载服务。

1.3 渔场预报软件

渔场预报软件安装于远洋渔船上的计算机,运行环境为 Windows 系统,但作为 HY-1B 卫星地面资料应用示范系统的子系统^[10],也需要运行于 HP Unix 系统下,因此软件由跨平台性能较好的交互式数据语言(interactive data language, IDL)和 ANSI C 语言开发。软件的功能模块和运行流程如图 3 所示。

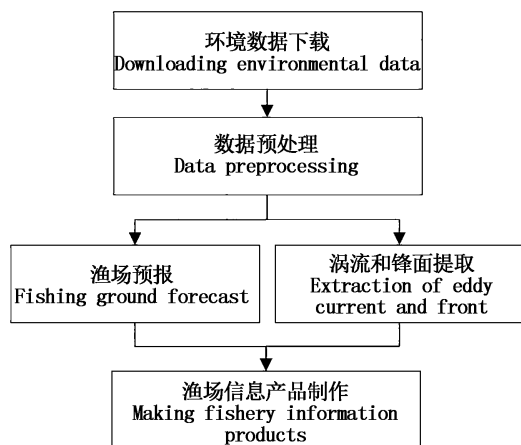


图3 渔场预报软件功能模块及运行流程

Fig. 3 Function module and operation process of fishing ground forecast software

软件主程序基于 IDL 6.3 开发,调用 ANSI C 语言实现涡流和锋面提取模块。软件提供了实时数据下载和浏览、渔场预报、冷暖涡流提取、锋面提取和渔场信息产品制作功能。软件主界面如图 4 所示,其界面简单明了,操作方便,适用于远洋渔船环境。

因东、黄海鲈鱼每年的主要作业月份为 7、8、9 三个月,系统选择 2017 年 9 月 20 日作为渔场预报的日期,图 4 显示为东、黄海鲈鱼渔场的预报结果,其中红色区域为预测渔场。由于 HSI 模型本身的局限,预测区域偏大^[11],渔业生产者需要结合自身的经验选择生产地点。

系统于 2011 年在上海远洋渔业有限公司的“沪渔 907”和舟山市金海远洋渔业有限公司的“金

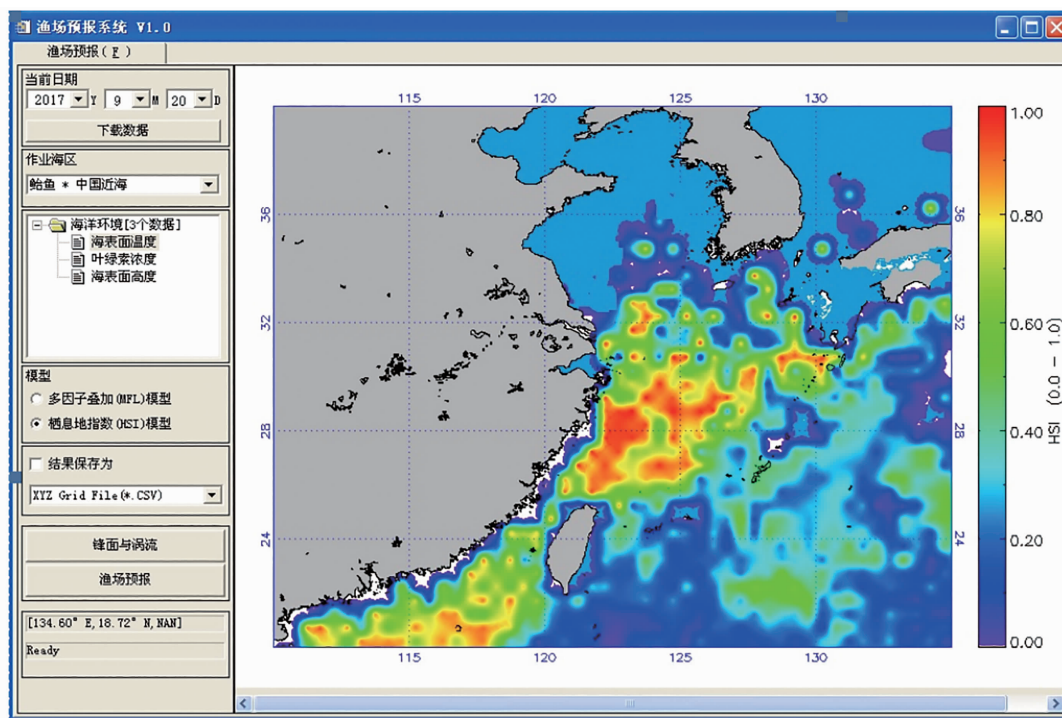


图4 渔场预报软件界面

Fig. 4 Interface of fishing ground prediction software

海 827”两艘鱿钓作业船分别进行安装调试,并在西南大西洋阿根廷滑柔鱼渔场进行了应用试验,试验中数据传输设备选用丹麦泰纳公司生产的 FB250 车载卫星天线。在 5 个月的远洋作业过程中,两艘作业渔船上的渔场预报系统均能成功下载上海陆地实验室的海洋环境数据并进行渔场预报,其预测结果对选择作业地点具有一定的指导作用。

2 渔场预报系统的实现

2.1 海洋遥感的近实时海洋环境数据获取

鱼类对于海洋环境因子的响应方式决定了鱼类的行为,进而决定了鱼类的空间分布状况和渔场的形成。比较理想的渔场预报方法是利用目标渔区的预测环境数据,根据目标鱼种对于环境因子的响应方式进行预报。对鱼类行为影响

比较大的环境因子包括海水温度、盐度、光线、溶解氧、饵料和敌害生物等。但由于技术条件的限制,要准确地预测这些海洋环境数据还很困难,因此在实际应用中主要采用由海洋遥感反演得到的近实时海洋环境数据来代替。本系统主要利用近实时的海洋环境数据进行渔场预报,仅用到相关的海洋环境数据,所使用的数据包括下面几类:(1)海表面温度以及由之计算得到的海表温度梯度、温度距平值等派生数据,海表温度数据主要由 HY-1B、MODIS、NOAA/AVHRR 等红外遥感数据反演得到;(2)叶绿素 a 浓度数据,主要由 MODIS、SeaWiFS 等水色遥感数据反演得到;

(3)海面高度、海流和海面风场数据,主要由 HY-2A 卫星所搭载的散射计和卫星高度计获取的数据反演得到。

2.2 渔场预报算法

系统的渔场预报软件部分整合了东、黄海鲈鱼 (*Scomber japonicus*) 渔场、西北太平洋柔鱼 (*Ommastrephes bartramii*) 渔场、东南太平洋秘鲁外海茎柔鱼 (*Dosidicus gigas*) 渔场和西南大西洋阿根廷滑柔鱼 (*Illex argentinus*) 渔场的预报模型。这 4 个渔场是国内灯光围网和远洋鱿钓渔业的主要作业渔场,表 1 列出了渔场的基本信息。

表 1 作业渔场基本信息

Tab.1 Basic information of the fishing grounds

作业渔场 Fishing ground	作业区域 (经纬度) Fishing area (longitude and latitude)	作业时间 Fishing time
东、黄海鲈鱼渔场 Mackerel fishing ground in East and the Yellow Sea	110°E ~ 135°E 20°N ~ 40°N	7—9 月 July - September
西南大西洋阿根廷滑柔鱼渔场 Argentina <i>Illex argentinus</i> fishing ground in the Atlantic	70°W ~ 50°W 55°S ~ 30°S	1—5 月 January - May
西北太平洋巴特柔鱼渔场 <i>Ommastrephes bartramii</i> fishing ground in the Northwest Pacific	140°E ~ 180°E 35°N ~ 42°N	6—11 月 June - November
东南太平洋秘鲁茎柔鱼渔场 Peru <i>Dosidicus gigas</i> fishing ground in the Southeast Pacific	90°W ~ 70°W 25°S ~ 5°S	1—12 月 January - December

系统采用栖息地适应性指数 (habitat suitability index, HSI) 模型^[12] 来进行渔场预报。在构建东、黄海鲈鱼渔场栖息地适应性指数模型过程中,首先选择海表面温度 (sea surface temperature, SST)、叶绿素 a 浓度 (chlorophyll a, *Chl. a*) 和海面高度 (sea surface height, SSH) 这 3 个对该渔区鲈鱼影响较大的环境因子作为预测因子。然后对渔区内的每一个网格点,计算出单个环境因子的适应性指数 (suitability index, SI):

$$I_{SI-SST} = e^{-1.3728 \times (X_{SST} - 28.70)^2} \quad (1)$$

$$I_{SI-Chl.a} = e^{-0.5517 \times (\ln X_{Chl.a} + 1.378)^2} \quad (2)$$

$$I_{SI-SSH} = e^{-1.3260 \times (X_{SSH} - 0.4712)^2} \quad (3)$$

然后利用算术平均方法计算出该网格的 HSI:

$$I_{HSI} = (I_{SI-SST} + I_{SI-Chl.a} + I_{SI-SSH})/3 \quad (4)$$

公式 4 计算出的 HSI 是一个 0 ~ 1 之间的小数,数值较大的网格点表示该点形成渔场的概率较高^[11]。

西南大西洋阿根廷滑柔鱼渔场栖息地适应性指数模型选择海面温度和叶绿素浓度作为预测因子,计算每年 1—5 月份作业期间这两个预测因子的以捕捞努力量 (effort) 为基础和以单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 为基础的 SI (表 2),然后采用算术平均方法计算出该网格的 HSI^[12]。模型的公式如下:

$$I_{HSI} = (I_{SI-Chl.a} + I_{SI-SST})/2 \quad (5)$$

西北太平洋巴特柔鱼渔场和东南太平洋秘鲁外海茎柔鱼渔场的栖息地适应指数模型这里不再赘述,具体模型公式可见文献 [13-15]。上述栖息地适应指数模型采用多环境因子,比单因子栖息地适应指数模型的预测精度有所提高,东、黄海鲈鱼渔场栖息地适应性指数模型预测精度为 70% 左右,西南大西洋阿根廷滑柔鱼渔场栖息地适应性指数模型预测精度为 80% 左右。

表 2 西南大西洋阿根廷滑柔鱼渔场

1—5 月份适应性指数模型

Tab. 2 Suitability index model of *Argentina Illux argentinus* in southwest Atlantic from January to May

月份 Month	适应性指数模型 Suitability index model
1 月	$I_{SI-effort-SST} = \exp[-0.2753 \times (X_{SST} - 13.5)^2]$
	$I_{SI-epue-SST} = \exp[-0.1671 \times (X_{SST} - 15.5)^2]$
	$I_{SI-effort-Chl.a} = \exp[-8.5001 \times (\ln X_{chl.a} - 0.0488)^2]$
	$I_{SI-epue-Chl.a} = \exp[-1.8174 \times (\ln X_{chl.a} - 0.0488)^2]$
2 月	$I_{SI-effort-SST} = \exp[-0.4833 \times (X_{SST} - 14.5)^2]$
	$I_{SI-epue-SST} = \exp[-0.2172 \times (X_{SST} - 14.5)^2]$
	$I_{SI-effort-Chl.a} = \exp[-0.9113 \times (\ln X_{chl.a} + 0.7985)^2]$
	$I_{SI-epue-Chl.a} = \exp[-0.5406 \times (\ln X_{chl.a} + 0.7985)^2]$
3 月	$I_{SI-effort-SST} = \exp[-0.3972 \times (X_{SST} - 13.5)^2]$
	$I_{SI-epue-SST} = \exp[-0.0806 \times (X_{SST} - 13.5)^2]$
	$I_{SI-effort-Chl.a} = \exp[-1.1022 \times (\ln X_{chl.a} + 0.7985)^2]$
	$I_{SI-epue-Chl.a} = \exp[-1.1648 \times (\ln X_{chl.a} + 0.2877)^2]$
4 月	$I_{SI-effort-SST} = \exp[-0.1915 \times (X_{SST} - 10.5)^2]$
	$I_{SI-epue-SST} = \exp[-0.2008 \times (X_{SST} - 10.5)^2]$
	$I_{SI-effort-Chl.a} = \exp[-4.6032 \times (\ln X_{chl.a} + 0.6931)^2]$
	$I_{SI-epue-Chl.a} = \exp[-0.7964 \times (\ln X_{chl.a} + 0.6931)^2]$
5 月	$I_{SI-effort-SST} = \exp[-0.2995 \times (X_{SST} - 8.5)^2]$
	$I_{SI-epue-SST} = \exp[-0.8093 \times (X_{SST} - 8.5)^2]$
	$I_{SI-effort-Chl.a} = \exp[-1.2993 \times (\ln X_{chl.a} + 1.2040)^2]$
	$I_{SI-epue-Chl.a} = \exp[-1.3809 \times (\ln X_{chl.a} + 0.6931)^2]$

2.3 系统技术与方法

2.3.1 多源海洋环境数据下载与预处理

软件的环境数据下载模块负责按时从陆地数据服务器下载本渔区的近实时海洋环境数据, 下载功能以 IDL 的 Socket 过程实现。

由于软件所使用的环境数据的数据来源、文件格式和空间分辨率都不相同, 因此需要进行预处理。渔场预报软件可支持 NetCDF、ArcView Gridded、HDF 等文件格式, 在环境数据下载完成之后, 预处理模块首先将这些数据统一转换为 IDL 内存矩阵的形式。同时, 预处理模块将这些数据重采样到相同的空间分辨率, 重采样方法根据环境数据本身的特征来确定, 如: 海温数据和叶绿素-a 浓度数据由于云层的影响而缺失数据较多, 因此需要采用克里金插值法; 海面高度和其他数据则可直接使用反距离权重插值法。

对自动获取的海洋环境数据进行压缩, 数据压缩使用自主研发的数据压缩技术, 并辅以加密技术实现大幅减少网络数据传输量以及传输安全性。TCP/IP 传输采用 Windows IOCP 技术来实现大规模网络通信并发量以及网络数据传输的

稳定性。通过 FB 站或 3G 等现有通信系统方式建立陆地和海洋通信链路, 实现数据上传和下载。海洋环境数据的空间索引采用 R 树以提高空间数据存储效率以及空间检索性能。系统数据处理流程如图 5 所示。系统集成了船载数据自动获取与数据解码技术, 通过 FB 站或其他现有通信系统方式建立陆地和海洋通信链路, 自动获取通信服务传输过来的数据, 进行数据解析还原, 用于渔业渔情预报分析及相关功能服务需求。系统为远洋作业渔船提供每天近实时的海表温度、叶绿素浓度以及海面高度等海洋环境信息, 改变了原先通过海事卫星电话和陆地联系获取环境信息的方式, 大大缩短了作业渔船寻找渔场的时间, 提高了渔船的作业效率。

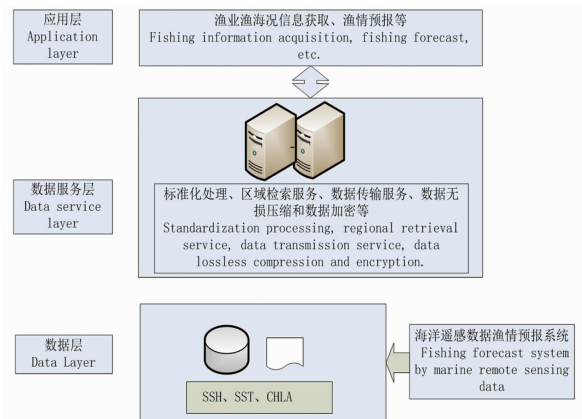


图 5 渔场预报数据处理流程图

Fig. 5 Flow chart of data processing for fishing ground forecast

2.3.2 IDL 和 ANSI C 语言整合开发

IDL 语言在矩阵运算方面具有独特的优势, 程序简洁且速度较快, 在环境数据叠加计算分析时效率很高, 因此渔场预报软件的主程序使用 IDL 语言开发。但软件的涡流和锋面提取模块需要用到较多的像素搜索操作, 这些操作需要使用循环语句来实现, 但 IDL 的循环指令操作效率极低, 因此在系统实现过程中, 这部分功能采用 ANSI C 语言开发以提高算法效率。目前在 IDL 代码中调用 C 语言的常用方法有两种, 即动态链接方法和模块动态载入方法, 两种方法都使用了动态链接库, 但实现过程稍有不同^[16]。本文采用的是应用比较广泛的动态链接方法, 首先在 IDL 代码中使用 make_dll 函数, 这个函数会自动调用当前系统中已安装的 C 语言编译器, 如 Unix 系统

下的 gcc 或 Windows 系统下的 cl 等,将 C 代码编译成可用的动态链接库,然后使用 call_external 函数调用动态链接库中的函数以实现涡流和锋面提取操作。

2.3.3 IDL 语言跨平台编程

IDL 语言采用虚拟机技术实现了系统的跨平台运行,其优异的跨平台能力基本解决了渔场预报系统的跨平台需求。但在系统开发过程中,仍有一些需要注意的问题:一是 Windows 和 Unix 系统下文件名大小写和文件路径组成具有不同的规则,可采用 IDL 的 path_sep 函数提取文件路径分隔符,在处理文件名之前可使用 strlowercase 或 struppercase 函数将文件名转换为全小写或全大写形式;二是当需要根据操作系统进行不同处理时,可使用系统变量! Version.OS_Family 确定当前操作系统;三是 Unix 系统下文件的创建和访问均需要一定的权限;四是 Windows 和 Unix 系统下图形用户接口有一定的区别;五是在调用 ANSI C 语言时,动态链接库的形式和编译方法都不相同。

3 结语

本文设计并实现了基于近实时海洋遥感数据的渔场预报系统,系统能自动收集和整合基于遥感的近实时海洋环境数据,并采用 HSI 模型生成预测渔场。系统利用了海事卫星宽带通信技术,同国内以往的渔场预报系统相比,它能真正安装于远洋作业渔船上以指导渔业生产。应用试验表明渔场预报软件能稳定地下载陆地实验室的海洋环境数据,系统生成的预报渔场和锋面涡流等信息对渔业生产者具有较大的实用价值,系统目前已在多家企业得到推广应用。但本系统所采用的 HSI 预报模型需要进一步改进,同时系统也可结合实时船位监控系统^[17],实现电子渔捞日志上传等渔业管理功能。

参考文献:

- [1] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 169-175.
CHEN X J. Fishery resources and fisheries science[M]. Beijing: Ocean Press, 2004: 169-175.
- [2] 樊伟, 崔雪森, 沈新强. 渔场渔情分析预报的研究及其进展[J]. 水产学报, 2005, 29(5): 706-710.
FAN W, CUI X S, SHEN X Q. Progress in fishing-ground

analysis and fishing condition forecasting [J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(5): 706-710.

- [3] Collecte Localisation Satellites France, Inc. Space oceanography projects CATSAT [EB/OL]. [2012-07-30]. http://www.cls.fr/html/oceano/general/applications/catsat_en.html.
- [4] Environment Simulation Laboratory Co, Ltd. 大渔案内人 [EB/OL]. [2012-07-30]. <http://www.esl.co.jp/02TA/TA00.htm>.
- [5] 沈新强, 樊伟, 韩士鑫, 等. 中心渔场智能预报系统的设计与实现[J]. 中国水产科学, 2000, 7(2): 69-72.
SHEN X Q, FAN W, HAN S X, et al. Design and realization of intelligent predicting system of central fishing ground[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2000, 7(2): 69-72.
- [6] 张月霞, 丘仲锋, 伍玉梅, 等. 基于案例推理的东海区鲈鱼中心渔场预报[J]. 海洋科学, 2009, 33(6): 8-11.
ZHANG Y X, QIU Z F, WU Y M, et al. Predicting central fishing ground of *Scomber japonica* in East China Sea based on case-based reasoning [J]. Marine Science, 2009, 33(6): 8-11.
- [7] 崔雪森, 樊伟, 沈新强. 西北太平洋柔鱼渔情速报系统的开发[J]. 水产学报, 2003, 27(6): 600-605.
CUI X S, FAN W, SHEN X Q. Development of the fishing condition analysis and forecasting system of *Ommastrephes bartrami* in the northwest Pacific Ocean [J]. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(6): 600-605.
- [8] 杨胜龙, 周为峰, 伍玉梅, 等. 西北印度洋大眼金枪鱼渔场预报模型建立与模块开发[J]. 水产科学, 2011, 30(11): 667-672.
YANG S L, ZHOU W F, WU Y M, et al. Development of predictive model and module of fishing ground for Bigeye Tuna, *Thunnus obesus* in the northwest Indian Ocean [J]. Fisheries Science, 2011, 30(11): 667-672.
- [9] 朱贵伟. 国外海事宽带卫星通信发展综述 [J]. 国际太空, 2012(5): 20-27.
ZHU G W. Overview of the development of maritime broadband satellite communications abroad [J]. Space International, 2012(5): 20-27.
- [10] 国家卫星海洋应用中心. 地面应用系统 [EB/OL]. (2014-10-20). <http://www.nsoas.org.cn/portal/article/1403155222757.html>.
National Satellite Ocean Application Service. Ground application system [EB/OL]. (2014-10-20). <http://www.nsoas.org.cn/portal/article/1403155222757.html>.
- [11] CHEN X J, LI G, FENG B, et al. Habitat Suitability Index of Chub Mackerel (*Scomber japonicus*) from July to September in the East China Sea [J]. Journal of Oceanography, 2009, 65(1): 93-102.
- [12] U. S. Fish and Wildlife Service. Standards for the development of habitat suitability index models [R]. Washington, DC: U. S. Fish and Wildlife Service, 1981: 1-81.
- [13] 陈新军, 陆化杰, 刘必林, 等. 利用栖息地指数预测西南

- 大西洋阿根廷滑柔鱼渔场[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(3): 431-438.
- CHEN X J, LU H J, LIU B L, et al. Forecasting fishing ground of *Illex argentinus* by using habitat suitability model in the southwest Atlantic [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2012, 21(3): 431-438.
- [14] 胡振明, 陈新军, 周应祺, 等. 利用栖息地适宜指数分析秘鲁外海茎柔鱼渔场分布[J]. 海洋学报, 2010, 32(5): 67-75.
- HU Z M, CHEN X J, ZHOU Y Q, et al. Forecasting fishing ground of *Dosidicus gigas* based on habitat suitability index off Peru[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2010, 32(5): 67-75.
- [15] CHEN X J, TIAN S Q, CHEN Y, et al. A modeling approach to identify optimal habitat and suitable fishing grounds for neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the northwest Pacific Ocean[J]. Fishery Bulletin, 2010, 108(1): 1-14.
- [16] KLING R. Calling C and C++ from IDL: Making Sense of the Sometimes Confusing World of C and IDL[M]. Kling Research and Software, 2001: 1-125.
- [17] 崔秀芳, 黄新胜, 王世明, 等. 渔船监控系统(VMS)设计[J]. 渔业现代化, 2010, 37(1): 67-70.
- CUI X F, HUANG X S, WANG S M, et al. Research on vessel monitoring system (VMS)[J]. Fishery Modernization, 2010, 37(1): 67-70.

Design and implementation of fishing ground forecasting system based on near real-time remote sensing data

LEI Lin^{1,2,3,4,5}, GAO Feng^{1,2,3,4,5}, GUAN Wenjiang^{1,2,3,4,5}, CHEN Xinjun^{1,2,3,4,5}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China; 3. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 5. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

Abstract: To fulfill the needs of fishing ground forecasting system of domestic fishery companies, a fishing ground forecasting system is developed based on near real-time remote sensing data. The system has two modules, the land data service module and the fishing ground forecasting software module. The land service module is responsible for collecting the global near real-time marine environment data and providing the environmental data downloading service. The fishing ground forecasting software module can download the marine environment data from the land server and use the data to forecast the fishing ground using the habitat suitability index model. The system uses the International Maritime Satellite broadband services as data transmission channel. Former application tests of deep-sea fishing vessels indicated that the system can download the environmental data stably and calculate the potential fishing ground, which is important auxiliary information for fishing decision and can be used as a reference for fishing location selection.

Key words: ocean remote sensing; fishing ground forecasting; Habitat Suitability Index(HSI) model