

文章编号: 1674-5566(2011)05-0754-05

西南大西洋阿根廷滑柔鱼中心渔场预报的实现及验证

高峰^{1,2,3}, 陈新军^{1,2,3}, 范江涛¹, 雷林^{1,2,3}, 官文江^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

摘要: 提高渔情预报技术是渔场学的重要研究内容, 地理信息系统等高新技术在渔情预报中的应用日益增多。本文根据我国在西南大西洋海域生产的鱿钓统计数据, 结合海洋环境因子, 利用栖息地指数方法构建了西南大西洋阿根廷滑柔鱼中心渔场预报模型, 自主研发了软件预报系统。同时, 利用实时的表温、叶绿素和海面高度距平值等海洋环境因子, 对2009年生产作业情况进行了验证。分析认为, 实际作业渔场基本上都分布在栖息地指数为0.5以上的海域, 1-4月份中心渔场预报准确率为57%~74%, 平均准确率为68.29%。研究认为, 栖息地指数模型可较为准确地用来预测阿根廷滑柔鱼中心渔场, 同时依靠地理信息系统等技术实现了中心渔场预报的智能化。

研究亮点: 利用栖息地指数方法构建了基于表温、叶绿素和海面高度距平均值的阿根廷滑柔鱼中心渔场预报模型, 并自主研发了软件预报系统。根据2009年1-4月实时的海洋环境和生产实际情况, 对中心渔场进行了验证比较, 其预报平均准确率达到68.29%。

关键词: 智能型渔情预报; 模型验证; 阿根廷滑柔鱼; 西南大西洋

中图分类号: S 931.4

文献标志码: A

渔情预报是渔场学的重要研究内容, 准确的渔情预报可为捕捞生产提高渔获产量并降低燃油成本^[1]。海洋遥感和地理信息系统技术的发展为渔情的准确预报提供了可能。但是, 渔情预报的基础是掌握和了解研究对象的渔场分布规律及其与海洋环境之间的关系, 因此用何种方法和模型来建立、表达中心渔场与海洋环境之间的关系, 显得尤为重要。目前, 常用的方法有频度分析法^[2-3]、案例推理法^[4]、模糊类比法^[5]等。阿根廷滑柔鱼 (*Illex argentinus*) 是西南大西洋海域重要的经济种类, 也是我国鱿钓船的主要捕捞对象。据FAO统计, 2006-2008年平均年产量在70~96万吨^[6]。研究认为, 阿根廷滑柔鱼渔场分布与表温等关系极为密切^[7-8]。如何结合多个环境因子, 借助地理信息系统技术, 来实现阿根廷滑柔鱼渔场的智能化和可视化, 以降低渔船

寻找中心渔场的盲目性, 这也是渔业企业和科研部门极为关注的问题。为此, 本文重点尝试利用栖息地指数方法来建立渔情预报模型, 研发自主的软件预报系统, 从而实现智能型的中心预报; 同时, 也提出了一种检验渔情预报精度的方法。

1 材料与方法

1.1 渔情预报模型

依据2001-2007年我国鱿钓船生产统计和表温(SST)、叶绿素(Chl-a)、海面高度距平值(SSHA)等海洋环境数据, 建立基于各环境因子的适应性指数(表1), 并利用算术平均法建立栖息地指数模型。其栖息地指数计算公式为

$$I_{HSI} = (I_{SI-SST} + I_{SI-Chl-a} + I_{SI-SSHA}) / 3 \quad (1)$$

式中: I_{HSI} 为栖息地指数; I_{SI-SST} 为阿根廷滑柔鱼对表温的适应性指数; $I_{SI-Chl-a}$ 为阿根廷滑柔鱼对叶绿

收稿日期: 2011-03-02 修回日期: 2011-04-27

基金项目: 国家高技术研究发展计划(2007AA092201; 2007AA092202); 国家发改委专项(2060403); 上海市教育委员会重点学科建设项目(S30702)

作者简介: 高峰(1980—), 男, 讲师, 研究方向为海洋渔业地理信息系统。E-mail: gaofeng@shou.edu.cn

通讯作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

素-a 的适应性指数; $I_{SI-SSHA}$ 为阿根廷滑柔鱼对海面高度距平均值的适应性指数。

表 1 西南大西洋阿根廷滑柔鱼各环境因子的适应性指数

Tab.1 The suitability index of marine environment for *I. argentinus* in the southwestern Atlantic Ocean

月份	各环境因子的适应性指数 (I_{SI-SST} , $I_{SI-Chl-a}$, $I_{SI-SSHA}$)	表温	海面高度距平均值	叶绿素 a
1 月	1	13 ~ 14	~20 ~ ~10	1 ~ 2
	0.5	12 ~ 13, 14 ~ 16	~10 ~ 0	0.3 ~ 1, 2 ~ 3
	0.1	11 ~ 12, 16 ~ 18	~40 ~ ~30, 0 ~ 10	0.1 ~ 0.3, 3 ~ 5
	0	< 11, > = 18	< ~40, > = 10	< 0.1, > = 5
2 月	1	13 ~ 16	~20 ~ 0	1 ~ 2
	0.5	11 ~ 13, 16 ~ 17	~30 ~ ~20.0 ~ 10	0.3 ~ 1, 2 ~ 3
	0.1	10 ~ 11, 17 ~ 18	~40 ~ ~30	0.1 ~ 0.3, 3 ~ 4
	0	< 10, > ~ 18	< ~40, > = 10	< 0.1, > = 4
3 月	1	12 ~ 14	~20 ~ 0	0.5 ~ 1
	0.5	10 ~ 12, 14 ~ 16	~30 ~ ~20, 0 ~ 10	0.1 ~ 0.5, 1 ~ 2
	0.1	8 ~ 10, 16 ~ 18	~40 ~ ~30	2 ~ 3
	0	< 8, > = 18	< ~40, > = 10	< 0.1, > = 3
4 月	1	10 ~ 12	~20 ~ 0	0.1 ~ 0.5
	0.5	9 ~ 10, 12 ~ 15	~30 ~ ~20	0.5 ~ 1.0
	0.1	8 ~ 9, 15 ~ 16	~40 ~ ~30, 0 ~ 10	1 ~ 3
	0	< 8, > = 16	< ~40, > = 10	< 0.1, > = 3
5 月	1	8 ~ 9	~20 ~ 0	0.1 ~ 0.5
	0.5	7 ~ 8, 9 ~ 13	~30 ~ ~20	0.5 ~ 1
	0.1	6 ~ 7, 13 ~ 15	~40 ~ ~30, 0 ~ 10	1 ~ 4
	0	< 6, > = 15	< ~40, > = 10	< 0.1, > = 4

1.2 验证的生产统计和海洋环境数据

原始生产数据为 2009 年 1-4 月西南大西洋阿根廷滑柔鱼渔场生产数据,产量数据的空间分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 。

环境数据为 2009 年 1-4 月西南大西洋阿根廷滑柔鱼作业渔区的 SST、Chl-a 及 SSHA 数据, 下载自 OceanWatch 网站 (<http://oceanwatch.pifsc.noaa.gov/las/>)。环境数据的时间分辨率为月,其中 SST 的空间分辨率为 $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$, Chl-a 空间分辨率为 $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$, SSHA 数据空间分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。

以 SST、Chl-a 以及 SSHA 为模型输入,计算出每个 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 范围内的平均栖息地指数 (HSI)。

1.3 渔情预报系统的开发

软件系统采用第四代可视化交互语言 IDL 6.0 以及 ANSI C 语言开发,利用 IDL 在矩阵运算上的优势,实现了大数据量的快速处理。本软件采用面向对象的方式开发,具有良好的容错能力,可维护性好。同时,软件也充分发挥了 IDL 和 ANSI C 语言的良好跨平台特性,只需要简单地重新编译,便可在 HP Unix 和 Windows 操作

系统下跨平台运行。

系统的运行环境为 Windows XP 或者 HP Unix 环境,具体软硬件要求为:内存为 512 MB 以上;硬盘空间为 10 GB 以上;显示要求为具有 1024×768 分辨率,32 位真彩色显示能力;其它软件支持:IDL Virtual Machine 6.0 以及 GCC 编译器 (Unix 环境下)。软件在进行渔情预报模型计算时涉及到很多的矩阵运算,因此推荐使用 2 GB 以上内存及双核以上的 CPU 以获得更快的运行速度。

渔情预报的界面见图 1。该界面体现了功能友好、操作简单、明了易懂等特点。

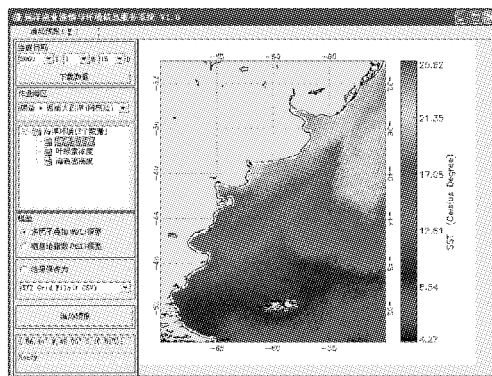


图 1 渔情预报系统的界面

Fig.1 The interface of fishery forecasting's system

1.4 模型验证方法

模型验证的基本方法是将生产统计数据 and 栖息地指数分级,看其级别是否能对应以及是否具有相关性。

1.4.1 生产数据及栖息地指数(HSI)的分级

本文将 2009 年生产统计数据 and 栖息地指数均分为 5 个级别。由于每个月的产量规模和渔场适应性并不相同,因此将生产统计数据采用自然边界法(Natural Breaks)^[9]进行划分,其标准如表 2。

表 2 各月渔区渔获产量 5 个等级的划分情况

Tab.2 The division standards of five grades for annual catch in one fishing area

月份	等级 1	等级 2	等级 3	等级 4	等级 5
1	<15	15 ~ 60	60 ~ 120	120 ~ 500	>500
2	<40	40 ~ 95	95 ~ 140	140 ~ 230	>230
3	<55	55 ~ 120	120 ~ 250	250 ~ 390	>390
4	<15	15 ~ 30	30 ~ 55	55 ~ 80	>80

同样,栖息地指数也划分为 5 个等级,即: $0 \leq HSI < 0.1$,记为等级 1; $0.1 \leq HSI < 0.3$,记为等级 2; $0.3 \leq HSI < 0.5$,记为等级 3; $0.5 \leq HSI < 0.7$,记为等级 4; $0.7 \leq HSI < 1.0$,记为等级 5。

1.4.2 验证方法

对于同一个作业渔区($0.5^\circ \times 0.5^\circ$),如果其产量数据级别与栖息地指数级别相同或相差之绝对值小于等于 2,则认为模型能够准确预测该渔区渔场形成的情况,即渔场的适宜度;如果级别相差之绝对值大于 2,则认为模型不能正确预测。

2 结果

2.1 栖息地指数分布及其与产量叠加分布

根据文献中建立的栖息地指数模型,利用研究海域 2009 年 1-4 月各月 SST、Chl-a、SSHA,获得了各渔区 HSI 值,并绘制各月 HSI 分布图,并将同期产量进行空间叠加(图 2)。从图 2 可知,实际作业渔场基本上都分布在 HSI 为 0.5 以上的海域,但 HSI 值为 0.5 以上的渔区要比实际作业的渔区多。

2.2 渔场预报验证

根据表 3 统计,1-2 月份中心渔场预报准确率为 57% 多,期间作业渔区数分别为 7 个和 19 个;3-4 月份预报准确率提高到 72% ~ 74%,期间作业渔区数分别增加到 34 个和 22 个。1-4 月份预报平均准确率为 68.29%。

2.3 验证结果的相关性分析

首先,计算分级前各月产量和全年产量与 HSI 的相关性检验,并以 $\alpha = 0.05$ 做显著性检验。

通过相关性检验表明,各月份与全年的产量和 HSI 的显著性水平都小于 0.05,即可以认为各月份和全年的渔获产量与 HSI 之间关系密切。

其次,计算分级后各月产量和全年产量的等级,并与 HSI 对应等级进行相关检验,探讨它们之间的相关程度。分析发现,分级后各月份与全年产量等级与 HSI 之间的显著性水平都小于 0.05,即可认为分级后各月份与全年产量等级与 HSI 关系密切。HSI 模型可较为准确地用来预测阿根廷滑柔鱼中心渔场。

3 讨论与分析

本研究根据已建立的栖息地指数模型,利用 SST、Chl-a 和 SSHA 3 个海洋环境因子,借助自主开发的渔情预报系统,实现了渔情预报可视化。根据 2009 年 1-4 月各月实际产量分布与理论计算获得 HSI 分析,其平均渔场预报精度达到了 68.29%。值得注意的是,1-2 月预报精确度相对较低,这主要是由于渔场形成的适宜环境范围较广(图 2);而 3-4 月渔情预报精确度达到 72% 以上,这 2 个月适宜渔场形成的环境范围比前 2 个月相对小(图 2)。在所有月份中,实际作业渔场的范围基本上落在渔情预报的理论范围内。因此,本研究所建立的渔情预报模型和开发的软件系统用来预测阿根廷滑柔鱼中心渔场是可行的。

当然,渔情预报的精度和检验方法还有进一步改进的地方,比如在模型构建中需要考虑水温锋面(即水温水平梯度)、海洋环境因子的时空尺度等,也可以通过新的生产统计数据来不断更新

和完善渔情预报模型。这些都需要在今后的渔情预报系统研发中加以考虑。

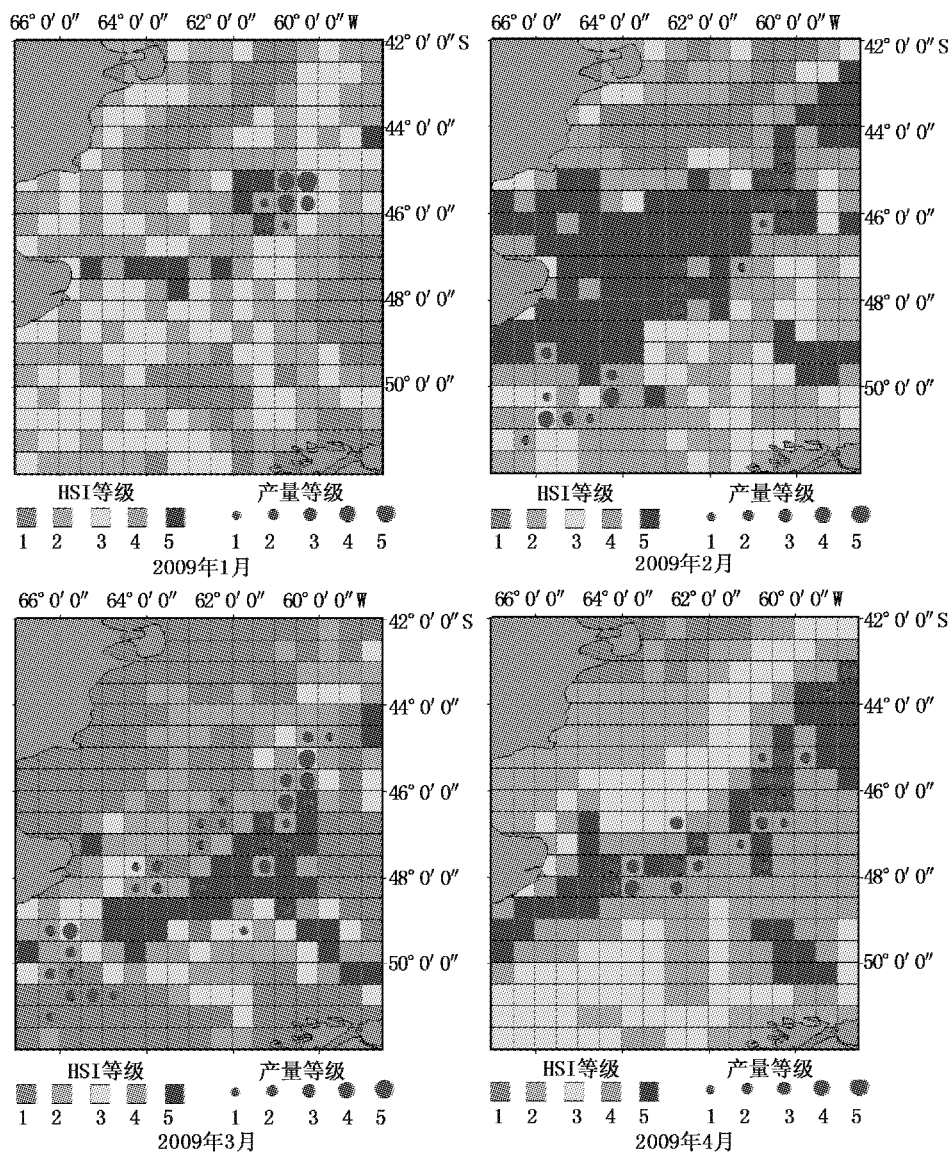


图 2 2009 年 1-4 月阿根廷滑柔鱼产量分布及其栖息地指数

Fig. 2 Annual catch distribution of *Illex argentinus* and its habitat suitability index from January to April of 2009

表 3 中心渔场预报结果统计

Tab. 3 The results of forecasting fishing ground

月份	作业渔区数	预测正确		预测不正确	
		渔区数	比例	渔区数	比例
1	7	4	57.14%	3	42.86%
2	19	11	57.89%	8	42.11%
3	34	25	73.53%	9	26.47%
4	22	16	72.73%	6	27.27%
合计	82	56	68.29%	26	31.71%

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.
- [2] 陈峰,陈新军,刘必林,等. 西北太平洋柔鱼渔场与水温垂直结构关系[J]. 上海海洋大学学报,2010,19(4):495 - 504.
- [3] 陈新军,赵小虎. 秘鲁外海茎柔鱼产量分布及其与表温关系的初步研究[J]. 上海水产大学学报,2006,15(1):65 - 70.
- [4] 张月霞,丘仲锋,伍玉梅,等. 基于案例推理的东海区鲐鱼中心渔场预报[J]. 海洋科学,2009,33(6):8 - 11.
- [5] 苗振清,严世强. 模糊类比分析法在渔业数值预报中的应用研究[J]. 青岛海洋大学学报,2003,33(4):540 - 546.
- [6] Global Capture Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations[EB/OL]. [2010 - 12 - 01]. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/query/en>.
- [7] 陈新军,赵小虎. 西南大西洋阿根廷滑柔鱼产量分布与表温的关系分析[J]. 大连水产学院学报,2005,20(3):222 - 228.
- [8] 陈新军,刘必林,王跃中. 2000年西南大西洋阿根廷滑柔鱼产量分布及其与表温关系的初步研究[J]. 湛江海洋大学学报,2005,25(1):29 - 34.
- [9] JENKS G F. Optimal Data Classification for Choropleth Maps [M]. Kansas: University of Kansas, Occasional Paper 2, 1977.

Implementation and verification of intelligent fishing ground forecasting of *Illex argentinus* in the Southwest Atlantic

GAO Feng^{1,2,3}, CHEN Xin-jun^{1,2,3}, FAN Jiang-tao¹, LEI Lin^{1,2,3}, GUAN Wen-jiang^{1,2,3}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306, China)

Abstract: Improvement of fishing ground forecasting is an important content in the field of fisheries oceanography. The geographic information system and other high technologies are applied to the fishing ground more and more. In this paper, based on the fishery data from Chinese squid jigging fleets and environmental data, the habitat suitability index (HSI) is used to establish intelligent fishery forecasting of *Illex argentinus* in the Southwest Atlantic, and the software system of fishery forecasting is developed by itself. Meanwhile, the paper uses real-time surface temperature, chlorophyll-a, sea surface height anomaly and other environmental factors to forecast the fishing ground and verify production data in 2009 by the forecasting model. The results indicated that the actual fishing grounds are basically located in the HSI area of more than 0.5, the prediction accuracy rates of fishing ground from January to April reached from 57% to 74%, and the average accuracy rate attained 68.29%. The results suggest that the HSI model can be used to accurately predict the fishing ground of *Illex argentinus* in the southwest Atlantic Ocean, and the high technologies such as geographic information system can realize intelligently forecasting the fishing ground.

Key words: intelligent fishing ground forecasting; model verification; *Illex argentinus*; Southwest Atlantic