

基于案例推理的东海区鲈鱼中心渔场预报

张月霞^{1,4}, 丘仲锋², 伍玉梅³, 苗振清⁴

(1. 浙江省海洋监测预报中心, 浙江 杭州 310007; 2. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 3. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; 4. 浙江海洋学院, 浙江 舟山 316004)

摘要:根据 1998~2005 年的东海区上海、宁波、江苏和舟山四大渔业公司的鲈鱼(*Pneumatophorus japonicus*)生产统计数据以及同期的卫星资料反演的海表温度、叶绿素 a 浓度数据, 利用案例推理方法, 设定了上级结果的相似距对下级检索的影响权重因子, 进一步研究渔场渔情的分析预报。通过试验性预报实例的预报结果与实际情况比较表明, 预测精度达到 75%, 可以较好地反映出渔场的分布, 为渔业资源的开发利用服务。

关键词:中心渔场; 智能预报; 案例推理; 东海; 鲈鱼(*Pneumatophorus japonicus*)

中图分类号:S934

文献标识码:A

文章编号:1000-3096(2009)06-0008-04

鲈鱼(*Pneumatophorus japonicus*)又称为日本鲭、日本鲈。在分类上属于鲈形目(Perciforme), 鲭科(Scobrinda)。它是暖水性中上层鱼类, 广泛分布在西北太平洋沿岸水域, 是围网、流刺网的主要捕捞对象之一^[1]。东海鲈鱼资源自 20 世纪 70 年代初期被开发以来, 产量一直处于持续波动上升之势^[2], 仅次于带鱼(*Trichiurus haumeia* Forskål)、绿鳍马面鲀(*Navodon septentrionalis* (Günther))列居东海鱼种产量的第三位, 从而成为东海海洋渔业中具有重要地位的经济渔获物之一^[3]。

案例推理方法是人工智能领域发展较为成熟的一个分支, 已在渔场分析和渔情预报中得到成功应用^[4~8]。但是现有的智能预报系统在因子选择上, 都只采用海表温度一个预报因子, 在检索方法上, 检索的相似距是互相独立的, 如三级相似检索, 在二级检索的结果集里, 直接以位置相似距为权重因子, 没有考虑海表温度场的相似距。作者采用海表温度、叶绿素 a 浓度及其它们的梯度作为预报因子, 并设定了上级结果的相似距对下级检索的影响权重因子, 进一步研究渔场渔情的分析预测。

延续渔业习惯^[9,10], 本实验的东海海域在地理位置上还包括部分黄海海域。研究区域位于 25.5°~37.0°N, 120.0°~130.0°E。

1 数据与方法

1.1 数据

所采用的数据主要有渔业生产统计数据和海洋环境数据。生产数据为四大渔业公司(上海、宁波、江苏和舟山)在 1998~2005 年期间每天以小渔区(10'×10')统计的围网捕捞数据, 共有 17 175 条记

录, 包括捕捞时间, 产量(单位:箱), 投网次数等。渔业统计数据主要用于分析历史中心渔场, 因此针对东海多年来的实际情况, 采用总产量(M)、平均网产(A)、单网产量的综合指标^[11]($F = \sqrt{MA}$)三种指数定量地提取中心渔场, 并把中心渔场指标作为权重系数来计算历史中心渔场的重心位置。

温度是影响鲈鱼集群的重要因素, 这方面的研究很多^[9,10], 而温度梯度与渔获产量也呈现一定的相关性^[6,10]。海水中叶绿素 a 浓度的分布反映出浮游植物的丰度和分布变化, 它与鲈鱼的渔获产量具体关系还鲜见报道, 近年来部分学者^[12~14]分析认为叶绿素 a 浓度分布与中心渔场有一定的相关关系, 有很好的指示作用, 是渔场分析预报不可缺少的条件。因此本文选取的海洋环境数据为海表温度和海表叶绿素 a 浓度。(1)海表温度数据, 来源于 NOAA/AVHRR 卫星资料的数据产品, 数据起止时间为 1998~2005 年, 空间分辨率精度为 4 km, 时间间隔为 8 d。(2)海表叶绿素 a 浓度数据, 拥有两个来源, 1998~2002 年来源于 SeaWiFS 卫星资料的数据产品, 空间分辨率为 9 km, 时间间隔为 8 d; 2003~2005 年来源于 MODIS 卫星资料的数据产品, 空间分辨率为 4 km, 时间间隔亦为 8 d。

1.2 案例库的构建

案例推理是基于过去的实际经验的推理, 从案例库中找到与当前问题最相关的案例, 然后对该问

收稿日期:2007-09-28;修回日期:2009-03-29

基金项目:浙江省科研社会发展项目(2007C23075)

作者简介:张月霞(1982-),女,江苏涟水人,硕士研究生,E-mail:zhangyuex@126.com;苗振清,通信作者,教授,电话:0580-2550004,E-mail:mzq@zjou.edu.cn

题做必要的改动以适合当前问题^[15]。因此首先要建立历史中心渔场案例库。要表达中心渔场,时间、空间、属性编码是必须的。本文时间编码采用“年份月份周次”的表示方式;为了简便起见,忽略中心渔场不规则形状^[5],认为是长方形,空间位置编码为中心渔场重心、四个顶点的位置;属性编码主要为中心渔场所涉及的大小渔区编号、总渔获量、投网次数等。同时为了与生产统计数据的小渔区相匹配,环境数据库亦以 $10' \times 10'$ 进行聚类插值,环境因子的梯度场采用八方向搜索法计算,即求最大变差作为当前渔区的梯度值。

1.3 预报方法

把当前的中心渔场作为测试案例,通过相似检索找出当前测试案例与历史案例中的最大相似案例。一级检索(时间相似检索)根据中心渔场指标,对 1998~2004 年每周 1 次所建的历史案例库进行时间检索,由于海洋环境和资源状况的年际变化,中心渔场的相似性在时间上也具有一定的范围,因此这里的检索包括当前案例的之前和之后 2 期案例^[7,8]。

二级检索(海洋环境相似检索),在时间相似检索的基础上,找出海洋环境场相似的案例。由于各预报因子的变程相差较大,为了得到好的检索结果,以海表温度为基准,对各个因子进行了数值归一化^[16],然后设定海洋环境因子的权重系数,并计算当前案例和历史案例各个差值的总和,即相似距值 D_{ab} ,计算公式为:

$$D_{ab} = \frac{\sum_{i=1}^m \omega_i (\sum \omega_v | V_{ai} - V_{bi} |)}{\sum_{i=1}^m \omega_i} \quad (1)$$

式中, m 为环境场内各海洋要素值个数; V_{ai} 为案例中第 i 个海洋环境要素值,分别表示温度值、温度梯度值、叶绿素 a 浓度值、叶绿素 a 浓度梯度值; ω_i 为各点要素值对中心渔场的影响权重因子, $\omega_i = 1 - \frac{d_i(1-\omega_0)}{d_{\max}}$, d_{\max} 为距离中心渔场最远的距离, d_i 为 i 点到中心渔场的距离, ω_0 为设定的最远距离的环境因子对中心渔场的影响权重因子,如果当前测试案例有多个渔场,权重取最大值; ω_v 为分别表示温度、温度梯度、叶绿素 a 浓度和叶绿素 a 浓度梯度的权重因子。

通过相似计算,得到若干个最大环境相似案例,即建立 1 组环境场相似案例。

三级检索(渔场相似检索),在环境场相似的基础上,找出最大渔场位置相似案例。渔场位置相似案例通过计算当前案例的各个中心渔场与历史案例对应渔场的距离,以渔场重心为指标,找出与历史案

例中渔场距离最近的案例。相似距值 S_{ab} 为:

$$S_{ab} = \omega_0 D_{ab} + (1 + \omega_0) \sqrt{(x_{ai} - x_{bi})^2 + (y_{ai} - y_{bi})^2} \quad (2)$$

式中, D_{ab} 为二级检索(环境相似检索)的相似距值; ω_0 为设定的二级检索的相似距值的影响权重因子; x_{ai}, x_{bi} 分别为 a, b 案例的中心渔场的重心经度; y_{ai}, y_{bi} 分别为 a, b 案例的中心渔场的重心纬度。

通过三级相似检索,获得当前案例与历史案例前若干个最大渔场相似案例建立 1 组渔场相似案例。权重 ω_i 根据相似距 S_{ab} 大小确定, ω_0 为相似距值为 $S_{ab \max}$ 的影响权重因子, $S_{ab \max}$ 为相似距值 S_{ab} 的最大值,其余点根据 $\omega_i = 1 - \frac{S_{ab} - S_{ab \min}}{S_{ab \max} - S_{ab \min}} (1 - \omega_0)$,

进行内插。对这些相似案例的下期渔场的重心位置进行统计加权平均,获得预报渔场的重心 (x, y) ,对渔场的大小进行统计加权平均获得预报渔场面积 S ,同时对相似渔场的长宽之比进行加权统计平均得到预报渔场的长宽之比 $a:b$ (长为纬度方向),则可得到预报渔场的具体位置。即预报渔场的重心 (x, y) ,四个顶点的坐标分别为

$$\left(x - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{bs}{a}}, y + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{as}{b}}\right), \left(x + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{bs}{a}}, y + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{as}{b}}\right), \left(x + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{bs}{a}}, y - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{as}{b}}\right), \left(x - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{bs}{a}}, y - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{as}{b}}\right)。$$

1.4 规则修正

在相似检索获得的预报渔场基础上,通过专家规则对预报结果进行修正。机器学习的知识与人类专家的知识结合起来使用,将进一步提高预报的精度和可靠性^[5]。

在生产实际中已积累了许多关于鲈鱼中心渔场的经验,如中心渔场表层水温比历年同期平均水温高,渔场中心位置偏向北^[17];长江口径流量比多年同期平均流量大,渔场位置则向东偏移^[8],东海南部渔场一般集中在黑潮锋面附近,而叶绿素 a 浓度可以作为该锋面的良好指示值。当然不同的预报实例采用不同的规则修正,如位于东海南部的渔场以叶绿素 a 浓度修正为主,因为鲈鱼一般 7, 8 月分布在东海南部,此时该区水温整体偏高,分布均匀,温差较小^[18];对于长江口渔场以长江径流量修正为主。

2 试验性预报结果

试验性预报实例为东海秋汛鲈鱼中心渔场预报。作者采用报全率和报准率衡量预报结果,认为预报的渔场中心与实际渔场中心相差不到一个渔区时,预测精度达到 80%^[5,8]。

表 1 试验性预测预报结果

Tab. 1 The results of test predicting

| 序号 | 当前日期 (月-日) | 预报日期 (月-日) | 实际结果 | | 预测结果 | | 准确率 (%) |
|----|---------------|---------------|-------------------|----|-------------------|----|------------|
| | | | 重心位置 | 大小 | 重心位置 | 大小 | |
| 1 | 08-05~08-11 | 08-12~08-18 | 126.01°E, 29.79°N | 4 | 125.99°E, 30.01°N | 2 | 68.67 |
| 2 | 08-12~08-18 | 08-19~08-25 | 126.48°E, 30.26°N | 4 | 126.18°E, 30.66°N | 3 | 81.22 |
| 3 | 08-19~08-25 | 08-26~09-01 | 126.93°E, 30.71°N | 4 | 126.96°E, 31.27°N | 2 | 60.58 |
| 4 | 08-26~09-01 | 09-02~09-08 | 126.66°E, 31.23°N | 3 | 125.93°E, 31.24°N | 3 | 68.28 |
| 5 | 09-16~09-22 | 09-23~09-29 | 126.77°E, 30.25°N | 1 | 126.96°E, 29.63°N | 4 | 90.86 |
| 6 | 09-23~09-29 | 09-30~10-06 | 126.69°E, 30.05°N | 2 | 126.66°E, 30.50°N | 2 | 71.92 |
| 7 | 09-30~10-06 | 10-07~10-13 | 124.21°E, 35.81°N | 3 | 124.28°E, 35.95°N | 4 | 64.76 |
| 8 | 10-07~10-13 | 10-14~10-20 | 124.17°E, 35.75°N | 2 | 124.08°E, 36.06°N | 4 | 95.41 |
| 9 | 10-14~10-20 | 10-21~10-27 | 124.09°E, 34.56°N | 3 | 123.85°E, 34.58°N | 5 | 69.82 |
| 10 | 10-21~10-27 | 10-28~11-03 | 124.36°E, 33.64°N | 2 | 124.82°E, 33.43°N | 5 | 92.84 |
| 11 | 10-28~11-03 | 11-04~11-10 | 124.33°E, 34.11°N | 4 | 124.67°E, 34.47°N | 4 | 70.18 |
| 12 | 11-18~11-24 | 11-25~12-01 | 124.55°E, 34.50°N | 4 | 124.43°E, 34.36°N | 4 | 85.38 |
| 13 | | | 平均 | | | | 76.66 |

注:日期为 2005 年

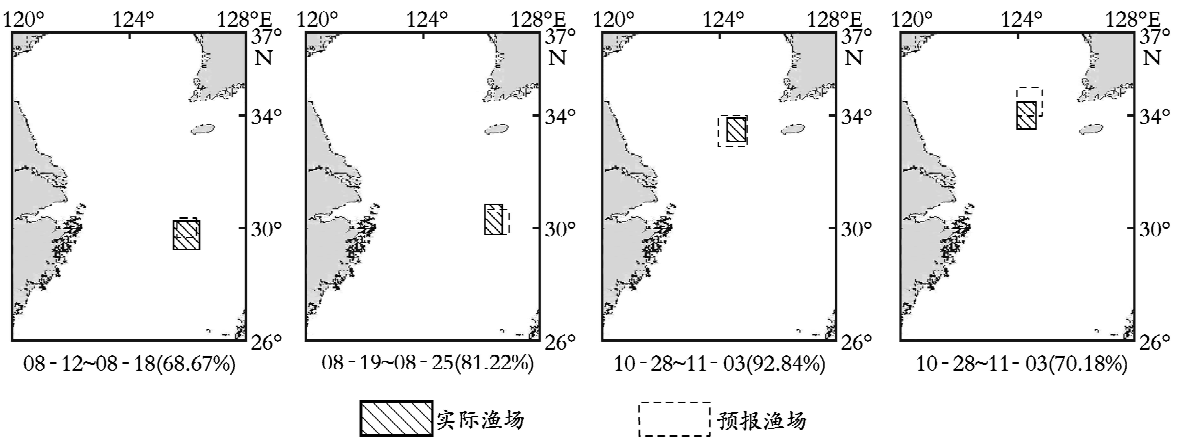


图 1 预报渔场和实际渔场的比较

Fig. 1 Comparison between predicted and actual fishing grounds

3 讨论

现有的中心渔场预报专家系统,如西北太平洋柔鱼中心渔场预报专家系统^[11]和东海区中心渔场预报专家系统^[8],平均预报精度分别为 63% 和 76%。本实验中的预报精度略有提高,可能原因有:(1) 现有预报系统一般只采用海表温度一个预报因子,本实验中增加了海表叶绿素 a 浓度以及它们的梯度 3 个因子。(2) 现有预报系统的检索相似距是互相独立的,作者设定了上级结果的相似距对下级检索的影响权重因子。在某些月

份,尤其是 SST 异常的年份,预报渔场的位置和海洋环境场具有更大的联系,即二级检索结果的相似距对预报结果有更大的影响。(3) 本实验中心渔场的重心位置的计算,以及相似结果的统计加权平均,都是以小渔区为单位计算的,这也可能使预报精度提高。(4) 不同时间的试验性预报,可能也会使预报精度不同。

4 结语

以海表面温度 SST、叶绿素 a 及其它们的梯度作为预报因子,利用案例推理方法,进一步研究渔场

渔情的分析预报,并采用少量规则修正预报结果,研究表明预报精度略有提高。但是渔场的分布除受 SST,叶绿素 a 影响外,还与盐度、海面高度、海面风场等环境因子相关。因此在开发利用鱼类资源的同时,需要获取多种环境参数,进行多角度综合分析,以求为渔业生产和管理服务。

致谢:生产数据由中国水产科学研究院东海水产研究所提供,在此深表感谢!

参考文献:

[1] 丁仁福,俞连福,颜尤明. 东海区渔业资源调查和区划 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1987. 392-401.

[2] 程家骅,林龙山. 东海区鲈鱼生物学特性及其渔业现状的分析研究 [J]. 海洋渔业, 2004, 26(2): 73-78.

[3] 郑元甲,陈雪忠,程家骅,等. 东海大陆架生物资源与环境 [M]. 上海: 科学技术出版社, 2003. 348-350.

[4] Ichiro A. A prototype expert system for predicting fishing condition of anchovy (Engraulidae) off the coast of Kanagawa Prefecture [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1989, 55(10): 1 777-1 783.

[5] 叶施仁,史忠植. 基于 CBR 的中心渔场预报 [J]. 高技术通讯, 2001, 5: 64-68.

[6] 杜云艳,周成虎,邵全琴,等. 地理案例推理及其应用 [J]. 地理学报, 2002, 3: 151-158.

[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): 600-606.

[8] 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, 2006, 7(2): 69-72.

[9] 杜云艳,周成虎,邵全琴,等. 东海区海面温度与中上层渔获量关系的时空分析 [J]. 高技术通讯, 2001, 2: 56-60.

[10] 张甲申,苏奋振,杜云艳. 东海区中上层鱼类资源与海面温度关系 [J]. 资源科学, 2004, 5: 147-152.

[11] 樊伟. 卫星遥感渔场渔情分析应用研究 [D]. 上海: 华东师范大学. 2004.

[12] Jeffrey J. The transition zone chlorophyll front, dynamic global feature defining migration and forage habitat for marine resources [J]. *Progress in Oceanography*, 2001, 49(1): 469-483.

[13] 樊伟,崔雪森,沈新强. 西北太平洋巴特柔鱼渔场与环境因子关系研究 [J]. 高技术通讯, 2004, 10: 84-89.

[14] 陈雪冬,崔雪森. 卫星遥感在中东太平洋大眼金枪鱼渔场与环境关系的应用研究 [J]. 应用技术, 2006, 1: 25-28.

[15] 史忠植. 高级人工智能 [M]. 北京: 科学出版社, 1998. 78-100.

[16] 杜云艳,周成虎,邵全琴,等. 东海区海洋渔业资源环境的空间聚类分析 [J]. 高技术通讯, 2002, 1: 91-95.

[17] 宋海棠,陈阿毛,丁天明,等. 浙江近海鲈参鱼资源利用研究 [J]. 浙江水产学院学报, 1995, 14(1): 2-13.

[18] 张月霞,苗振清,卢占晖. 基于 GIS/RS 的东海南部渔场海面温度与中上层鱼类渔获量的关系 [J]. 浙江海洋学院学报, 2007, 26(6): 12-17.

Predicting fishing ground of *Scomber japonica* in East China Sea based on case-based reasoning

ZHANG Yue-xia^{1,4}, QIU Zhong-feng², WU Yu-mei³, MIAO Zhen-qing⁴

(1. Marine Monitoring and Forecasting Center of Zhejiang Province, Hangzhou 310007, China; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. East China Sea Fisheries Research Institute, Shanghai 200090, China; 4. Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

Received: Sep., 28, 2007

Key words: central fishing ground; intelligence prediction; case-based reasoning; East China Sea; *Scomber japonicu*

Abstract: In this presentation, considering the comparability weight, the capture data of *Scomber japonicu* in the East China Sea collected from four major fishery companies during 1998~2005 and sea surface temperature (SST) and chlorophyll a (Chlo-a) derived from satellite images are used to forecast central fishing grounds. The presentation also gives some forecast examples, and the results show the forecast accuracy is up to 75%. This method can offer information for marine fisheries production and fishery managing departments.

(本文编辑:刘珊珊)