

DOI: 10.5846/stxb201405130975

赵海龙, 陈新军, 方学燕. 基于栖息地指数的东太平洋黄鳍金枪鱼渔场预报. 生态学报, 2016, 36(3): - .

Zhao H L, Chen X J, Fang X Y. Forecasting fishing ground of Yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean based on the habitat suitability index. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(3): - .

基于栖息地指数的东太平洋黄鳍金枪鱼渔场预报

赵海龙^{1,4}, 陈新军^{1,2,3,4,*}, 方学燕^{1,4}

1 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306

2 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306

3 上海海洋大学大洋渔业可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306

4 远洋渔业协同创新中心, 上海 201306

摘要:黄鳍金枪鱼是东太平洋海域重要的金枪鱼种类之一,也是我国金枪鱼延绳钓的主要捕捞对象之一。根据 2011 年东太平洋海域(20°N—35°S, 85°W—155°W)延绳钓生产统计数据,结合表温(SST)和海面高度(SSH)的遥感数据,采用频次分析法获得黄鳍金枪鱼分布的 SST 和 SSH 适宜范围;运用一元非线性回归方法,以渔获量为适应性指数,按季度分别建立了基于 SST 和 SSH 的长鳍金枪鱼栖息地适应性指数,采用算术平均法获得基于 SST 和 SSH 环境因子的栖息地指数综合模型,并用 2012 年各月实际作业渔场进行验证。结果显示,黄鳍金枪鱼渔场多分布在 SST 为 24—29℃、SSH 为 0.3—0.7 m 的海域。采用一元非线性回归建立各因子适应性指数模型在统计上均为显著($P < 0.05$)。经与 2012 年实际生产情况比较,作业渔场预报准确性达 66%以上。本研究获得栖息地指数模型可为金枪鱼延绳钓渔船寻找中心渔场提供参考。

关键词:黄鳍金枪鱼; 渔情预报; 东太平洋; 栖息地指数; 海洋环境因子

Forecasting fishing ground of Yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean based on the habitat suitability index

ZHAO Hailong^{1,4}, CHEN Xinjun^{1,2,3,4,*}, FANG Xueyan^{1,4}

1 College of Marine Sciences of Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

2 National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

3 The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

4 Collaborative Innovation Center for Distant-water Fisheries, Shanghai 201306, China

Abstract: Yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, is a species of tuna found in the eastern Pacific Ocean, and has been one of the main targets of purse seine and longline fisheries since the 1970s. Chinese longline tuna fleets started to capture this species in 1999. According to the catch statistics from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), during the period between 2008 and 2012, the annual catch of *T. albacares* ranged from 185 000 t to 260 000 t with an average of 213 000 t. The formation of *T. albacares* fishing grounds is considered to be complicated, and may be affected by many environmental factors. Many methods have been used to predict the location of fishing grounds. These include habitat suitability index (HSI), which is generally used to describe the quality of fish habitat, but recently has been applied to predict the location of fishing grounds. HSI models can be also used to inform fishery management and fish conservation. In this study, a HSI model was developed to predict the locations of *T. albacares* fishing grounds in the eastern Pacific using

基金项目:国家 863 计划(2012AA092303); 国家发改委产业化专项(2159999); 上海市科技创新行动计划(12231203900)

收稿日期:2014-05-13; 网络出版日期:2015- -

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xjchen@shou.edu.cn

sea surface temperature (SST) and sea surface height (SSH) as explanatory environmental variables. The suitable ranges of SST and SSH were estimated using the frequency analysis method. Catch data for *T. albacares* were used as a suitability index, and quarterly suitability curves based on SST and SSH were derived using non-linear regression. Catch data were obtained from the Chinese longline fishery operating in the eastern Pacific Ocean (20°N—30°S and 85°W—155°W) in 2011. The spatial resolution of catch and environmental data is 1 degree latitude by 1 degree longitude, and data were recorded monthly. The HSI model was set up using an arithmetic mean model (AMM). The model was validated using separate a data set (2012 catch data from the same area). The *T. albacares* fishing grounds were mainly located in the waters with SST 24—29°C and SSH 0.3—0.7 m. The suitability index model for each factor (SST and SSH) was significant ($P < 0.05$). The accuracy with which fishing grounds were predicted for each quarter in 2012 varied from 60% to 71%, with an average of 66%. The actual *T. albacares* fishing grounds were almost all located in the forecast areas in all months. The HIS forecasting model developed in this study could provide valuable information for finding *T. albacares* fishing grounds in the eastern Pacific Ocean. However, in order to better forecast *T. albacares* fishing grounds using HIS models, more environmental factors should be included in the model, such as water temperature structure, sea front, Chlorophyll-a, and El Niño–Southern Oscillation (ENSO) index.

Key Words: *Thunnus albacares*; fishing ground forecasting; eastern Pacific; habitat suitability index; environmental data

黄鳍金枪鱼 (*Thunnus albacares*) 是一种高度洄游的大洋性鱼类, 在东太平洋是延绳钓的重要捕捞对象^[1]。影响黄鳍金枪鱼渔场分布的环境因子很多, 涉及水温、水温垂直结构、叶绿素和溶解氧等^[2-10]。Romana^[8]指出黄鳍金枪鱼的中心渔场分布受 20 °C 等温线影响。Song 等^[9]分析得出黄鳍金枪鱼的垂直分布和温跃层有关。但 Maury 等^[10]指出, 在延绳钓渔业中, 表温对黄鳍金枪鱼的单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 影响较小, 因为其主要分布在深层海域。综合前人研究成果, 认为影响黄鳍金枪鱼渔场分布的因素是多方面的, 但是目前的研究往往采用单一因子进行分析^[5-10], 各因素没有进行有机整合, 也没有建立相应的渔场预报模型。栖息地指数 (Habitat Suitability Index, HSI) 常被用来描述野生动物的栖息地质量, 目前已被用于鱼类渔场的预报中^[11-12], 它能够把各种环境因子有机的整合在一起。为此, 本研究利用我国东太平洋黄鳍金枪鱼延绳钓生产统计数据, 对黄鳍金枪鱼渔场的空间分布特征进行分析, 探讨海洋环境因子与黄鳍金枪鱼产量和 CPUE 的关系, 并建立黄鳍金枪鱼栖息地适应性模型, 为东太平洋黄鳍金枪鱼中心渔场预报提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

生产统计资料来自上海金优远洋渔业有限公司 2011—2012 年在东太平洋公海金枪鱼延绳钓生产数据。其中 2011 年的数据用于黄鳍金枪鱼栖息地研究, 2012 年的数据用于栖息地指数模型验证。共 6 艘生产船, 每艘船吨位均为 157 t, 主机功率均为 407kW, 冷海水保鲜。作业海域为东太平洋海域 (20°N—35°S, 85°W—155°W)。数据包括作业时间、作业位置、黄鳍金枪鱼产量 (kg) 和钩数。

海表温 (SST) 数据来自美国国家航空航天局的遥感资料 (<http://poet.jpl.nasa.gov/>), 其数据空间分辨率为 1°×1°。海面高度 (SSH, 单位 m) 的数据来自哥伦比亚大学卫星遥感网站 (<http://iridl.ldeo.columbia.edu/docfind/databrief/cat-ocean.html>), 空间分辨率为 1°×1°。时间和区域与生产统计数据相同。

1.2 渔场分布与海表温、海面高度的关系分析

首先以经纬度 1°×1°为空间统计单位, 按月对其作业位置、产量和放钩数进行初步统计, 并计算平均每千钩产量 (CPUE, kg/千钩)。利用频度分析法按 SST 1 °C 为组距、SSH 0.1 m 为组距, 分别分析各月产量、CPUE 与 SST 和 SSH 的关系, 获得各月作业渔场 SST 和 SSH 的最适范围。

1.3 栖息地模型的建立

通常在作业渔船下钩之前,船长会根据探深仪映像、海洋环境状况、周围渔船作业情况进行综合判断,使得作业渔船往往会集中在某一区域生产,同时作业渔船之间会产生相互干扰,从而影响 CPUE 值^[13-14]。因此,本研究以产量作为表征栖息地指数的指标。分 1—3 月、4—6 月、7—9 月和 10—12 月各季节分别建立基于 SST、SSH 的适应性指数(SI)模型。本文假定最高产量(PRO_{max})为黄鳍金枪鱼资源分布最多的海域,认定其栖息地指数为 1;作业产量为 0 时,则认定是长鳍金枪鱼资源分布较少的海域,认定其 HSI 为 0^[15]。SI 计算公式如下:

$$SI_i = \frac{PRO_i}{PRO_{i,max}} \quad (1)$$

式中, SI_i 为 i 季度的适应性指数; $PRO_{i,max}$ 为 i 季度的最大产量。

利用一元非线性回归分别建立 SST 与 SI、SSH 与 SI 之间的关系模型,利用 DPS7.5 软件求解。利用算术平均法(arithmetic mean model, AMM)^[11,16]计算栖息地综合指数(HSI),HSI 在 0(不适宜)到 1(最适宜)之间变化。算术平均值法在金枪鱼栖息地指数模型中得到较好应用^[12,17-18]。计算公式为:

$$HSI = (SI_{SST} + SI_{SSH})/2 \quad (2)$$

式中, SI_{SST} 、 SI_{SSH} 分别为基于 SST、SSH 的适应性指数。

1.4 中心渔场预报验证

(1) 将 2012 年生产统计数据(PRO)和栖息地指数(HSI)均分为 5 个级别^[19]。将产量统计数据(PRO)采用自然边界法(Natural Breaks)^[20]进行划分, $0 \leq PRO < 500$ t,记为等级 1; $500 \leq PRO < 1000$ t,记为等级 2; $1000 \leq PRO < 5000$ t,记为等级 3; $5000 \leq PRO < 10000$ t,记为等级 4; $PRO > 10000$ t,记为等级 5。同样,HSI 也划分为 5 个等级,即: $0.0 \leq HSI < 0.1$,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; $0.7 \leq HSI \leq 1.0$,记为等级 5。

(2) 对于同一个作业渔区($1^\circ \times 1^\circ$),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 2,则认为模型预报正确;如果级别相差之绝对值大于等于 2,则认为模型预报不正确^[19]。

2 结果

2.1 产量和 CPUE 的逐月分布

分析认为,高产(月产量超过 200 t)分布在 2—3 月和 6 月,产量最高为 2 月,达到 250 t 以上(图 1b),占全年总产量的 12.6%,其 CPUE 为 79.5 kg/千钩(图 1a)。产量最低的为 4 月,仅为 77.8 t(图 1b),占全年总产量的 3.9%,其 CPUE 为 31.2 kg/千钩(图 1a)。

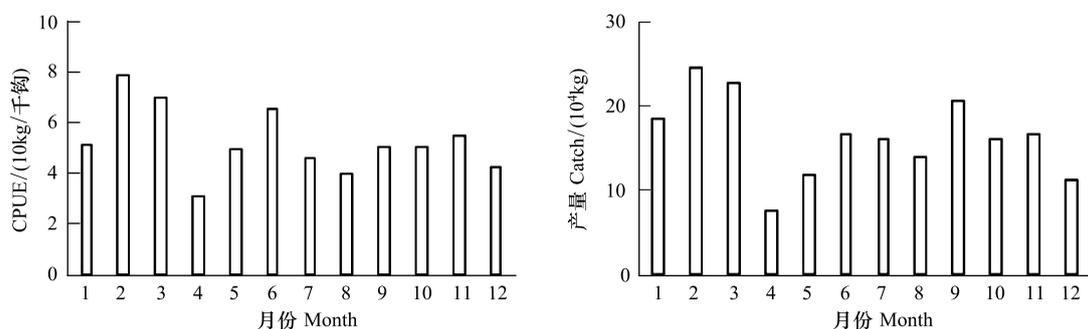


图 1 黄鳍金枪鱼延绳钓产量和单位捕捞努力量渔获量(CPUE)月变化
Fig. 1 Monthly catch and catch per fishing unit (CPUE) of yellowfin tuna

2.2 产量、CPUE 与 SST 的关系

由图 2 可知,1—3 月产量和 CPUE 较高的 SST 为 24—27 °C;4—6 月产量和 CPUE 较高的 SST 为 25—

29 °C;7—9 月份产量与 CPUE 较高的 SST 基本为 26—28 °C,此外发现在 SST 为 24 °C 以下海域,其产量和 CPUE 分布有些不一致。10—12 月产量和 CPUE 较高的 SST 为 25—28 °C。

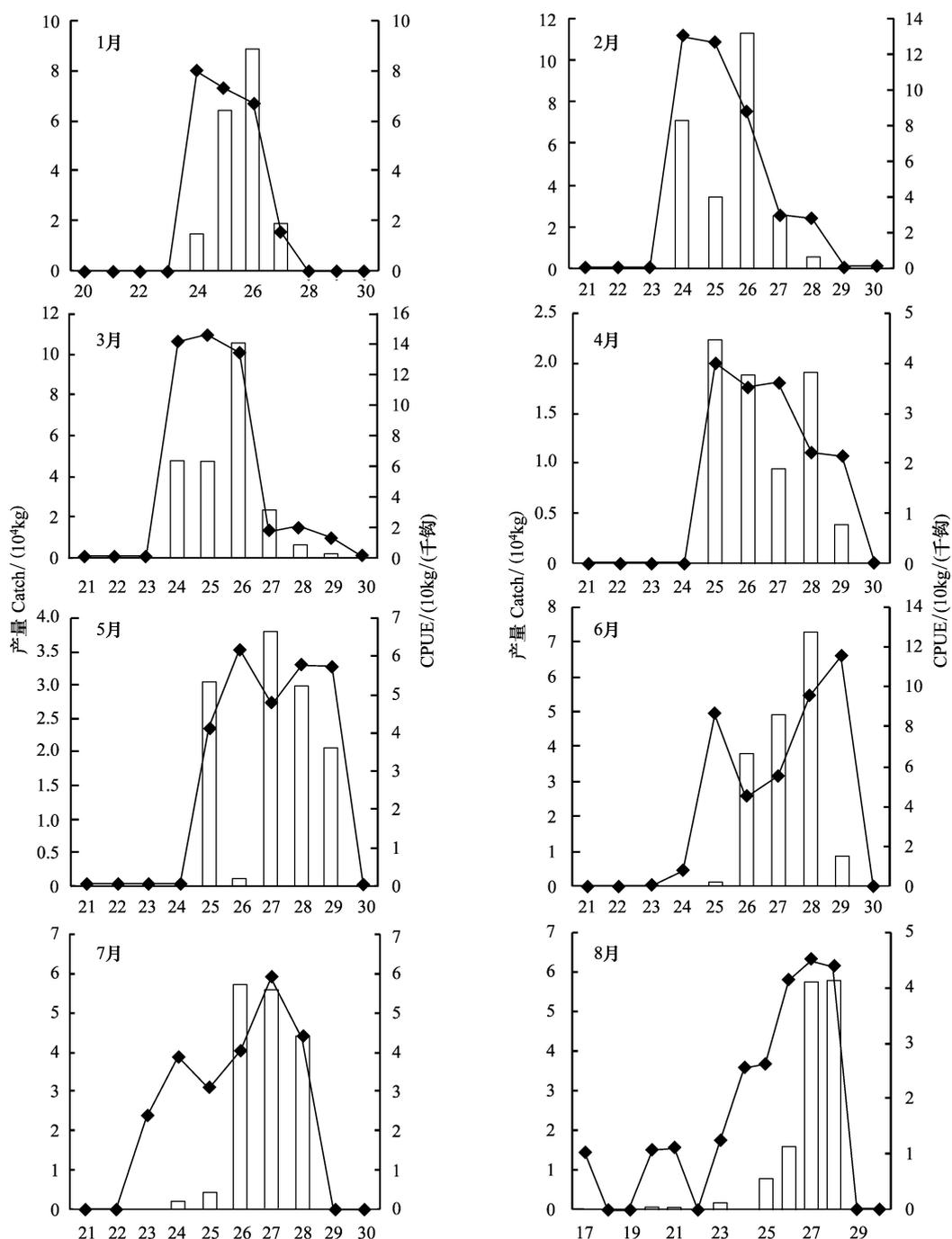


图2 黄鳍金枪鱼延绳钓月产量和 CPUE 与表温关系

Fig. 2 Monthly catch and CPUE of Yellowfin tuna with the changes of sea surface temperature

柱状为产量;线段为 CPUE;表温为 SST (sea surface temperature)

2.3 产量、CPUE 与 SSH 的关系

由图 3 可知,1—3 月产量最高时的 SSH 为 0.3 m,1 月和 3 月 CPUE 最高时的 SSH 为 0.3 m,2 月 CPUE 最高时 SSH 为 0.2 m;4—5 月产量和 CPUE 较高的 SSH 为 0.3—0.8 m;6 月产量和 CPUE 最高的 SSH 均为 0.6 m;7 月和 8 月产量最高时的 SSH 为 0.6m,7 月和 8 月 CPUE 最高的 SSH 为 0.5 m;9 月和 10 月产量最高时的 SSH 为 0.4 m,但其 CPUE 最高的 SSH 分别为 0.3 m 和 0.5 m;11 月和 12 月产量和 CPUE 均最高的 SSH 分

别为 0.6 m 和 0.4 m。

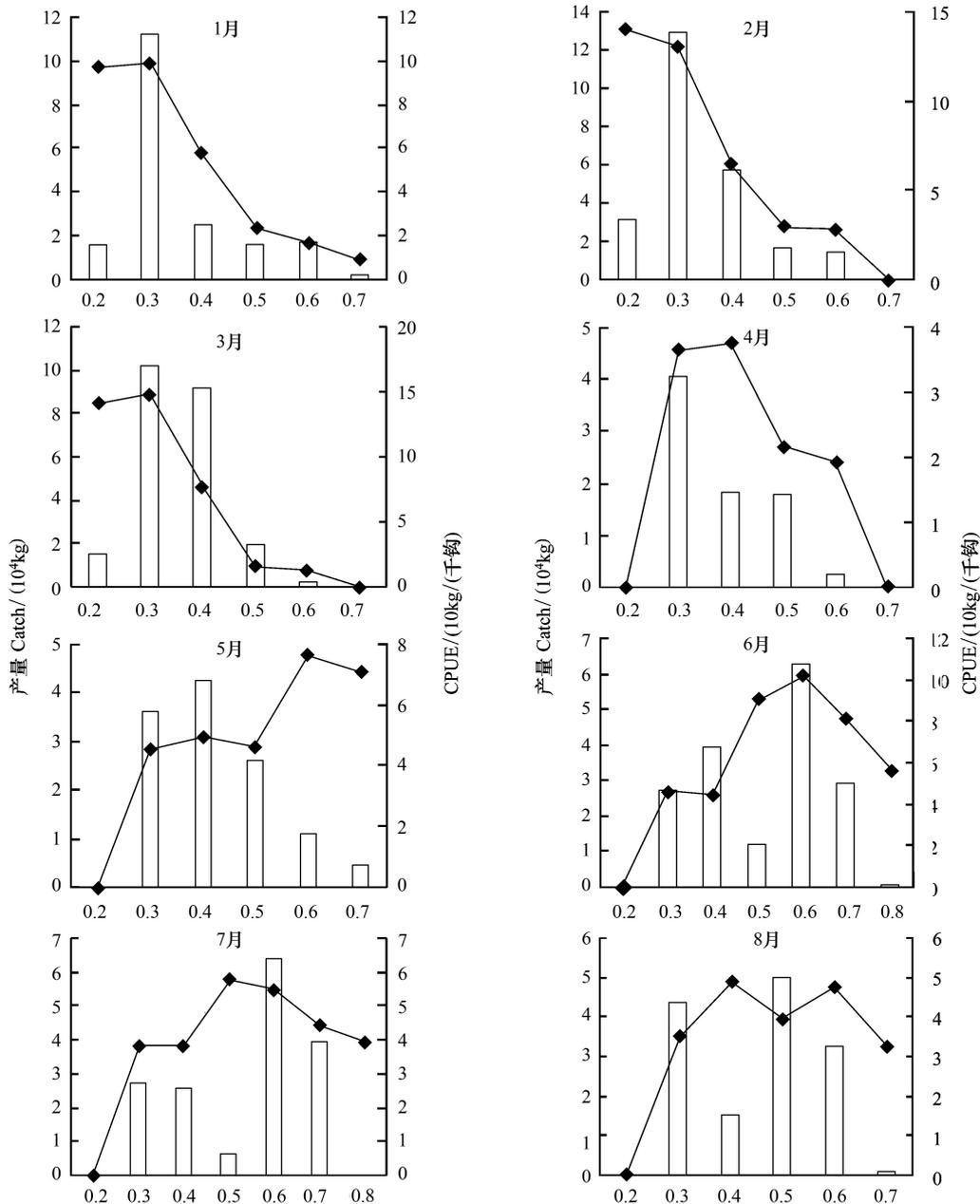


图3 黄鳍金枪鱼月产量和 CPUE 与海面高度的关系

Fig. 3 Relationship between monthly catch and CPUE of yellowfin tuna and sea surface height

图中:柱状为产量;线段为 CPUE;海面高度为 SSH (sea surface height)

2.4 HSI 模型的建立

利用一元非线性回归模型拟合以 SST 和 SSH 为基础的 SI 曲线。拟合的 SI 曲线模型见表 1,在统计上均为显著($P < 0.05$)。

2.5 模型验证分析

表 2 可反映出各月份 HSI 为 0.6 以上时的作业点个数,其各月占全月作业点数的比重在 60%—75%。HSI 为 0.6 以上时,全年作业点个数为 265 个,占总作业点数的 66.42%,因此模型能够较好的反映东太平洋黄鳍金枪鱼渔场的分布情况。

表 1 基于单因子的各月黄鳍金枪鱼栖息地指数模型

Table 1 The habitat suitability index model based on one factor for yellowfin tuna

月份 month	变量 variable	栖息地指数模型 habitat suitability index model	P 值 P value
1—3 月	SST	$SI = \exp(-2.3503 \times (SST - 28.9017))^2$	0.0001
	SSH	$SI = \exp(-13.5723 \times (SSH - 0.3164))^2$	0.0001
4—6 月	SST	$SI = \exp(-0.9552 \times (SST - 25.2295))^2$	0.0001
	SSH	$SI = \exp(-263.4040 \times (SSH - 0.6039))^2$	0.012
7—9 月	SST	$SI = \exp(-2.4802 \times (SST - 27.0033))^2$	0.0003
	SSH	$SI = \exp(-276.0040 \times (SSH - 0.6042))^2$	0.023
10—12 月	SST	$SI = \exp(-2.5119 \times (SST - 26.1759))^2$	0.031
	SSH	$SI = \exp(-215.8058 \times (SSH - 0.3189))^2$	0.028

SSH(sea surface height) 为海面高度;SST(sea surface temperature) 为表温

表 2 各月份不同栖息地指数(HSI)值下的实际作业点个数

Table 2 The fishing areas under different habitat suitability index (HSI) values

HSI	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.
[0,0.2)	3	1	2	0	1	3	2	3	0	4	1	1
[0.2,0.4)	2	4	4	1	3	7	7	5	5	7	3	2
[0.4,0.6)	8	3	3	6	4	3	9	7	6	5	5	4
[0.6,0.8)	8	7	5	4	9	12	14	13	10	12	6	7
[0.8,1)	13	9	11	13	15	18	13	17	17	13	9	10

HSI 为栖息地指数 habitat suitability index

2.6 渔情预报验证结果

由表 3 可知,1—3 月份作业渔区数为 35 个,利用 HSI 模型预报正确的为 21 个,预报准确率为 60%;4—6 月份作业渔区数为 24 个,预报准确率为 62%;7—9 月份作业渔区数为 28 个,预报准确率为 68%;10—12 月份作业渔区 41 个,预报准确率为 71%。1—12 月份平均预报准确率为 66%。

表 3 渔场预报结果统计

Table 3 The results of forecasting fishing ground

月份 Month	作业渔区数 Number of fishing area	预测正确的渔区数 Number of predicted area with correction	比例 Percentage(%)
1—3 月 Jan. to Mar.	35	21	60
4—6 月 Apr. To Jun.	24	15	62
7—9 月 Jul. to Sep.	28	19	68
10—12 月 Oct. to Dec.	41	29	71
合计 Total	128	84	66

3 讨论与分析

(1) 温度是影响海洋鱼类活动最重要的环境因子之一,直接或间接地影响到鱼类资源量的分布、洄游和空间集群等^[21],本文着重对东太平洋黄鳍金枪鱼渔场分布及其与 SST 关系进行了分析,并建立了基于 SST 的 SI 模型;通过产量、CPUE 分析了其作业渔场的季节变化,得出了黄鳍金枪鱼渔场空间分布的一些初步规律,

作业渔场多分布在 SST 为 24—29 °C 的海域,约占总渔获量的 96% 以上,上述 SST 范围可作为全年各月中心渔场分布的指标之一。尽管所分析的数据来源和空间尺度不一,但本研究结果与崔雪森等^[22]的研究结论基本一致。研究结果可为渔业生产提供参考。

(2) SSH 虽然没有像水温那样显著地影响着鱼类活动,但是 SSH 也是影响鱼类洄游、集群和分布的关键性因素之一^[13]。本文分析了黄鳍金枪鱼渔场分布及其与 SSH 关系,并建立基于 SSH 的 SI 模型,作业渔场多分布在 SSH 为 0.3—0.7 m 的海域,约占总渔获量的 95% 以上,上述 SSH 范围可作为全年各月中心渔场分布的指标之一。

(3) 本研究根据已建立的栖息地指数模型,利用 SST 和 SSH 两个海洋环境因子对东太平洋黄鳍金枪鱼渔场进行了预测。根据 2012 年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 66%。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(表 3)。因此,本研究所建立的渔情预报模型用来预测东太平洋黄鳍金枪鱼渔场是可行的。当然,渔情预报的精度和检验方法还有进一步改进的地方,比如在模型构建应考虑更多的环境因子,并且要不断更新生产统计数据来完善渔情预报模型。研究结果对指导渔业生产节省生产成本有实际意义。

(4) 通过分析 CPUE 和产量与 SST、SSH 的关系,发现最适的 SST 和 SSH 的范围并不完全一致。因为在商业化作业海域,船长一方面通常是依靠探鱼仪来寻找中心渔场,同时往往根据船队的作业情况来寻找渔场,因此往往会集中在一个海域进行集中作业。因此,在作业集中的海域产量往往会比较高,同时也影响到 CPUE 值;相反,一些作业渔船少的区域,其 CPUE 有可能较高。因此,在今后的研究中需要针对不同作业类型和不同渔业,研究采用 CPUE 和产量哪一个更为合适。

尽管上述建立的东太平洋黄鳍金枪鱼栖息地指数模型有较高的精确度,但是黄鳍金枪鱼渔场还与 500 m 以内水层的水温结构、叶绿素浓度、温跃层、饵料生物分布、锋面以及 厄尔尼诺-南方涛动(ENSO) 等有关^[2-4,8-9],这些因素对黄鳍金枪鱼渔场均有一定的影响。因此,在以后的研究中需综合考虑上述因子,以进一步完善黄鳍金枪鱼栖息地模型,为海洋渔业生产提供科学参考。

参考文献 (References):

- [1] Avise J C, Lansman R A. Polymorphism of mitochondrial DNA in populations of higher animals // Nei M, Koehn R K. Evolution of Genes and Proteins. Sunderland, Mass: Sinauer Associates Inc., 1983:147-164.
- [2] Holland K N, Brill R W, Chang R K C. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fisheries Bulletin, 1990, 88(3): 493-507.
- [3] Brill R W, Block B A, Boggs C H, Bigelow K A, Freund E V, Marcinek D J. Horizontal movements and depth distribution of large adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes. Marine Biology, 1999, 133(3): 395-408.
- [4] Dagorn L, Holland K N, Hallier J P, Taquet M, Moreno G, Sancho G, Itano D G, Aumeeruddy R, Girard C, Million J, Fonteneau . Deep diving behavior observed in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). Aquatic Living Resources, 2006, 19(1): 85-88.
- [5] Lee P F, Chen I C, Tseng W N. Distribution patterns of three dominant tuna species in the Indian Ocean [EB/OL]. [2011-01-28]. <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap564/p564.htm>.
- [6] Mohri M, Nishida T. Consideration on distribution of adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean based on Japanese tuna longline fisheries and survey information. IOTC Proceedings, 2000, 3: 276-282.
- [7] Marsac F. Changes in depth of yellowfin tuna habitat in the Indian Ocean: an historical perspective 1955-2001. IOTC Proceedings, 2002, 5: 450-458.
- [8] Romena N A. Factors affecting distribution of adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and its reproductive ecology in the Indian Ocean based on Japanese tuna longline fisheries and survey information. IOTC Proceedings, 2001, 4: 336-389.
- [9] Song L M, Zhang Y, Xu L X, Jiang W X, Wang J Q. Environmental preferences of longlining for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the tropical high seas of the Indian Ocean. Fisheries Oceanography, 2008, 17(4): 239-253.
- [10] Maury O, Gascuel D, Marsac F, Fonteneau A, Rosa A L D. Hierarchical interpretation of nonlinear relationships linking yellowfin tuna (*Thunnus*

- albacares) distribution to the environment in the Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2001, 58(3): 458-469.
- [11] Brown S K, Buja K R, Jury S H, Monaco M E. Habitat suitability index models for eight fish and invertebrate species in Casco and Sheepscot Bays, Maine. *North American Journal of Fisheries Management*, 2000, 20(2): 408-435.
- [12] 冯波, 陈新军, 许柳雄. 应用栖息地指数对印度洋大眼金枪鱼分布模式的研究. *水产学报*, 2007, 31(6): 805-812.
- [13] 陈新军. 渔业资源与渔场学. 北京: 海洋出版社, 2004.
- [14] 陈新军. 渔业资源经济学. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [15] Mohri M, Nishida T. Seasonal changes in bigeye tuna fishing areas in relation to the oceanographic parameters in the Indian Ocean. *Journal of National Fisheries University*, 1999, 47(2): 43-54.
- [16] Hess G R, Bay J M. A regional assessment of windbreak habitat suitability. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2000, 61(2): 239-256.
- [17] Wang C H, Wang S B. Assessment of South Pacific albacore stock (*Thunnus alalunga*) by improved Schaefer model. *Journal of Ocean University of China*, 2006, 5(2): 106-114.
- [18] Zainuddin M, Saitoh K, Saitoh S. Albacore (*Thunnus alalunga*) fishing ground in relation to oceanographic conditions in the western North Pacific Ocean using remotely sensed satellite data. *Fisheries Oceanography*, 2008, 17(2): 61-73.
- [19] 高峰, 陈新军, 范江涛, 雷林, 官文江. 西南大西洋阿根廷滑柔鱼中心渔场预报的实现及验证. *上海海洋大学学报*, 2011, 20(5): 754-758.
- [20] Smith R M. Comparing traditional methods for selecting class intervals on choropleth maps. *The Professional Geographer*, 1986, 38(1): 62-67.
- [21] Viñas J, Alvarado Bremer J R, Pla C. Inter-oceanic genetic differentiation among albacore (*Thunnus alalunga*) populations. *Marine Biology*, 2004, 145(2): 225-232.
- [22] 崔雪森, 樊伟, 张晶. 太平洋黄鳍金枪鱼延绳钓渔获分布及渔场水温浅析. *海洋通报*, 2005, 24(5): 54-59.