

DOI: 10.5846/stxb201211101579

杨晓明,戴小杰,田思泉,朱国平.中西太平洋鲣鱼围网渔业资源的热点分析和空间异质性.生态学报,2014,34(13):3771-3778.

Yang X M, Dai X J, Tian S Q, Zhu G P. Hot spot analysis and spatial heterogeneity of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) purse seine resources in the western and central Pacific Ocean. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(13): 3771-3778.

中西太平洋鲣鱼围网渔业资源的热点分析和空间异质性

杨晓明^{1,2,3}, 戴小杰^{1,2,3,*}, 田思泉^{1,2,3}, 朱国平^{1,2,3}

(1. 大洋渔业资源可持续开发农业部共建教育部重点实验室, 上海 201306;

2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术中心, 上海 201306)

摘要: 中西太平洋是世界鲣鱼围网主要作业水域。基于我国渔船 2005—2009 年的中西太平洋鲣鱼围网生产数据, 运用空间统计方法对该水域鲣鱼资源的空间自相关性和空间异质性特征进行分析, 并结合海洋环境特征分析资源分布的热点区域。(1) 通过常规统计学计算获得鲣鱼资源的偏态 Sk 、峰态数 Ku 、变异值 Cv 、 s^2/m 和全局空间自相关 Geary c 系数, 发现中西太平洋鲣鱼资源总体上是以低密度区域为主, 高密度区域较少; 鱼类资源密度值差异较大, 资源表现出强烈集聚分布, 总体的空间自相关性中等偏弱。(2) 通过局部空间自相关的热点分析方法计算, 发现局部空间自相关性较强, 存在多个在统计学上通过显著性检验的资源热点和冷点。(3) 通过地统计方法研究鲣鱼资源的空间变异性特征和方向变异时, 空间自相关类型上最优模型是球形模型, 鲣鱼资源密度各向同性, 最大相关距离 1000km 左右。发现空间自相关引起的差异占整个差异的 50% 左右, 为中等强度变异; 在方向性变异上, 主要体现在南北向上, 其该向上结构性误差占 67%, 而东西向结构性误差占 49%。这一结果和海洋环境的南北向上结构性远好于东西向结构性有关; 从各方向的分维数看, 数值介于 1.876—1.9 之间, 数值较大, 空间自相关较弱。(4) 以资源热点区域作为区域性渔场, 结合海洋温度和叶绿素场海洋环境特征, 将中西太平洋鲣鱼资源分为 3 个不同的局部渔场, 即 2 个暖池渔场, 1 个冷舌渔场。冷舌渔场由中东太平洋赤道上升流引起, 在锋面地带提供了较为丰富的初级生产力, 便于鱼类获得丰富的食物; 暖池渔场靠近岛屿和陆地区域, 近岸上升流系统提供了丰富的初级生产力。(5) 将热点分析和渔场重心方法及栖息地指数的优缺点做了对比, 建议以后采用空间残差模型深入研究空间自相关问题。

关键词: 鲣鱼; 热点分析; 空间异质性; 中西太平洋

Hot spot analysis and spatial heterogeneity of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) purse seine resources in the western and central Pacific Ocean

YANG Xiaoming^{1,2,3}, DAI Xiaojie^{1,2,3,*}, TIAN Siqun^{1,2,3}, ZHU Guoping^{1,2,3}

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

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

3 National Distant-water Fisheries Engineering Research Center (Shanghai Ocean University), Shanghai 201306, China

Abstract: The western and central Pacific Ocean is one of the most productive purse seine skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) fisheries in the world. To understand the structural characteristics of skipjack tuna resources in the western and central Pacific Ocean, based on a Chinese fleet purse seine skipjack tuna catch and effort data from 2005—2009, the data

基金项目: 国家“863”计划项目(2007AA092202); 国家自然科学基金项目(41006106); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金新教师基金项目(20093104120005); 上海市青年科技启明星计划项目(11QA1403000); 上海市重点学科建设项目(S30702); 上海市教委创新项目(09YZ275) 共同资助

收稿日期: 2012-11-10; 网络出版日期: 2014-02-25

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

were summarized by year and by yearly average for $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ areas, and the spatial autocorrelation and spatial heterogeneity of skipjack tuna resources were calculated by using a spatial statistical method. The hot spot areas of skipjack tuna resources were analyzed with marine environment factors (sea surface temperature and chlorophyll concentration) to determine the reasons for hot spot formation. The methods and conclusions are as follows. (1) Through conventional statistics calculations we obtained the skewness value, Kurtosis number, coefficient of variation, and global spatial autocorrelation Geary c index of skipjack tuna resources, and found that the density of skipjack tuna resources was low in most of the western and central Pacific, but high density areas could be found in some “hot spot”. Fish resources exhibited spatial distribution differences and showed strong concentration distribution spatial patterns. As a whole, there was medium spatial autocorrelation. (2) Through hotspot analysis, we found that local spatial autocorrelation of skipjack tuna resources was strong. There was more than one “hot spot” and “cold spot” that were statistically significant. (3) When studying the spatial heterogeneity and directional variation of skipjack tuna resources by using geostatistical methods, we obtained the semivariograms parameters and best-fitting semivariogram models. The best-fitting semivariogram model was the sphere model. The average spatial correlation distance (the geostatistical range) was about 1000 km. Approximately 50% variation was explained by spatial autocorrelation, and the rate of spatial autocorrelation was moderate. In directional variation, the structure of the south-north direction was stronger than that of the east-west direction. The rate of structure variation was 67% in the south-north direction and 49% in the east-west direction. This conclusion is consistent with marine environmental structure in which spatial distribution has better regularity and structure in the south-north direction compared with the east-west direction. The fractal dimension value of different directions was from 1.876 to 1.9; therefore, spatial autocorrelation was weak. (4) This paper regards skipjack tuna resource hotspot areas as regional fishing grounds. Respectively mapped fishing grounds overlapped with sea surface temperature and chlorophyll concentration. The fishing grounds of skipjack tuna resources in the western and central Pacific Ocean were divided into two different local fishing grounds: cold-tongue and warm-pool ground. The cold-tongue fishing ground, which is caused by the Middle East Pacific equatorial upwelling, provided more abundant primary productivity in the frontal zone, and hence more food for fish. The warm-pool fishing ground is nearer to the mainland and islands where coastal upwelling system can provide primary productivity. (5) Finally, we compared the method of hot spot analysis with that of fishing ground gravity and habitat suitability index, and identified advantages and disadvantages of those methods. Future studies will involve using the space residual model to solve spatial autocorrelation problems.

Key Words: *Katsuwonus pelamis*; hot spot analysis; spatial heterogeneity; western and central Pacific Ocean

世界主要金枪鱼产量的 60%—70% 来自太平洋水域^[1], 又有 76% 来自中西太平洋^[2] 和 56% 的产量来自围网捕捞^[2-3], 围网的鲣鱼 (*Katsuwonus pelamis*) 渔获比例约为 70%—80%^[4]。虽然近年鲣鱼开发强度不断加大, 但仍认为其资源状况良好, 其补充量稳定, 渔获量低于最大可持续渔获量 (MSY) 处于中度以下开发水平^[5], 而且相对金枪鱼鲣鱼个体小, 生活在水体中上层, 生命期短, 补充和恢复较快, 海洋环境变动对资源补充量的影响在很大程度上也影响到产量^[6]。

目前, 国内外对中西太平洋围网渔业的研究通常都是建立和渔业资源量和海洋环境之间的量化关系研究^[7-11]; 或者通过空间量算获得渔场在不同海洋环境条件下变动规律^[11-14]。空间自相关方法现在已经应用到渔业资源调查和渔业资源评估中^[15-17],

还没有发现将空间自相关和空间异质性方法应用到渔业资源空间分布研究中, 本研究认为鱼类是以个体、种群、群落的形式分布在特定空间上, 具有高度的空间自相关性和空间异质性, 经典统计学受基本假设的限制, 在研究个体、种群和群落空间异质性或空间自相关方面具有较多缺陷。空间数据的两个重要的本质特征即空间自相关性和空间异质性^[18]。空间自相关性好表明变量的空间分布较好地表达和记录, 能够较好地模拟和预测; 而空间异质性能定量解答变量的空间分布的方向性、结构性特征和变量分布的随机性与结构性比例等问题。因此, 本文采用空间统计方法探索中西太平洋鲣鱼资源空间自相关和空间异质性特征, 并结合海洋环境因子对资源热点区域结合影响的主导性因子, 结果可为中西太平洋鲣鱼资源渔场的开发及渔业管理对策提

供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究数据

本研究鲉鱼围网数据来源于中国远洋渔业协会金枪鱼工作组, 时间跨度为 2005—2009 年, 提取出空间分辨率经纬度为 $30' \times 30'$, 时间分辨率为天的时空数据表, 计算了在 5a 平均场情况下, 各网格中对应的鲉鱼渔获量和作业网(天)次。并以平均网产量(渔获量除以作业网次)代表鱼类资源密度。

由于我国在中西太平洋海域围网作业船次和作业位置分布的局限, 因此为降低区域边界对结果所造成的影响, 本研究确定研究的空间经度范围为 140° — 175° E、纬度范围为 10° — 10° N (图 1)。海洋环境数据采用了 <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> 提供的海洋表面温度和叶绿素浓度数据。

1.2 全局空间自相关系数计算

本研究采用自相关系数 Geary c 系数进行分析, 以定量获得总体渔业资源空间自相关特征指标:

$$c = \frac{(n-1) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - x_j)^2}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

式中, x_i 和 x_j 是变量 x 在相邻配对空间单元的取值, $\bar{x}$ 是平均值, w_{ij} 表示相邻权重(相邻为 1, 否则为 0), n 是样本点总数。 c 系数的取值一般在 0—2 之间: 大于 1 表示负相关, 等于 1 表示不相关, 而小于 1 表示正相关^[8]。

1.3 局部自相关分析方法——热点分析

对地理问题的影响, 常常导致误差服从正态分布假设的回归模型的无效, 同时一些全局性的统计分析方法不能直接应用于空间建模^[19]。本研究采用局部自相关分析方法——热点分析方法。

热点分析是根据在一定的分析规模内的所有要素, 计算每个要素 Getis-Ord G_i^* 统计值, 得到每个要素的 z 得分和 p 值^[20-21], 要成为热点需要两个条件, 首先是要素值为高值, 但可能不是统计学上的显著性热点; 其次被同样高值的要素包围, 成为统计学上的显著性热点^[9-10]。通过热点分析, 可得知鲉鱼资源高值或者低值在空间上发生聚类的位置。

Getis-Ord G_i^* 局部统计可表示为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} \right)^2}{n-1}}} \quad (2)$$

式中, x_j 是要素 j 的属性值, w_{ij} 表示要素 i 和 j 之间的空间权重(相邻为 1, 不相邻为 0), n 是样本点总数。 $\bar{X}$ 为均值, S 为标准差, G_i^* 统计结果是 z 得分。表示如果 z 得分值为 +2.5, 表示结果是 2.5 倍标准差。统计学上的显著性正 z 得分表示热点, z 得分越高, 表示热点聚集就越紧密; 负值表示冷点, z 得分越低, 冷点的聚集就越紧密^[20-21]。

1.4 空间异质性计算

空间异质性能定量解答变量的空间分布的方向性、结构性特征和变量分布的随机性与结构性比例等问题。

空间异质性分析采用地统计方法进行, 地统计学分析步骤: (1) 对渔获量数据用单样本 Kolmogorov-Smirnov (KS) 方法进行正态分布检验, 如不符合进行对数转换达到地统计分析要求, 符合要求后, 计算变异函数; 由于渔获率不符合正态分布, 对其值加 1 后取其自然对数值作为分析样本属性值, 分别计算了各向同性和各向异性半方差变异曲线。(2) 变异函数的计算、定义和检验。

半方差函数分析基本原理和方法见参考文献^[19, 22-23]。在地统计学中, 变量 Z 是一个区域化变量, 具有随机性和结构性。变量 Z 的空间异质性可分解成两部分, 即空间自相关部分和随机变异部分, 这两部分都可通过变异函数的分解量化^[19, 22]。

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (3)$$

式中, $N(h)$ 是距离等于 h 时点对数, $Z(x_i)$ 是位置 x_i 的实测值, $Z(x_i + h)$ 是位置 x_i 距离为 h 处样点的值。

分维数 D , 由变异函数 $\gamma(h)$ 和间隔距 h 之间的关系确定, 分别取对数做图, 可得双对数曲线。分维数 D 可用下面公式估算:

$$D = 2 - m/2 \quad (4)$$

式中, m 为双对数曲线的斜率。 D 是一个无量纲数, D 值介于 1 和 2 之间。 $D = 2$ 时意味着区域化变量的分布是完全随机的, 没有空间自相关性。 $D = 1$

则说明区域化变量具有严格的线性分布,空间相关性强。 D 值越小,空间自相关性越强^[19,22]。

2 结果与分析

2.1 鲔鱼资源的全局空间自相关性

对鲔鱼资源密度样本进行常规统计计算(表1)。表中可见所有偏态 $Sk>0$,频数分布为正偏,峰态数 $Ku>3$,高狭峰,说明所有年份中西太平洋鲔鱼

资源密度分布以低密度区域为主,高密度区域较少;变异值 Cv 较高,表明各点鱼类资源密度值差异较大。从统计学角度,当 $s^2/m=1$ 时为随机分布, <1 时为均匀分布, >1 时为集聚分布。由表1中可发现远大于1,表明资源为强烈集聚分布。从全局自相关系数 c 值($0<c<1$),看出中西太平洋鲔鱼渔业资源密度存在空间自相关性,自相关性中等偏弱。

表 1 鲔鱼资源样本统计参数
Table 1 Statistics for the resource of skipjack tuna in Western and Central Pacific Ocean

年份 Year	最大密度 Maximum density/ (t/d)	均值 Mean/(t/d)	标准差 S Std deviation	偏态 Skewness	峰态 Kurtosis	$Cv=S/m$	s^2/m	Geary c^*
平均场 Average	190	13.077	16.865	3.67	24.85	1.29	21.75	0.820
2005	200	15.075	27.039	3.30	14.50	1.79	48.50	0.896
2006	200	15.03	24.434	3.04	12.92	1.63	39.72	0.841
2007	230	13.048	21.167	4.28	30.38	1.62	34.34	0.739
2008	150	10.74	17.352	3.18	13.97	1.62	28.03	0.943
2009	247	14.767	24.151	4.42	28.89	1.64	39.50	0.944

* : Geary's c 的 p 值都小于 0.01,高度显著

2.2 鲔鱼资源局部空间自相关性

局部空间自相关性采用了热点分析方法,对中西太平洋鲔鱼资源密度 5a 平均样本进行计算。结

果表明,中西太平洋海域鲔鱼资源存在 3 个较大的独立的热点地带(图1),标志为 z 值大于+1.65($P<0.10$),意味着在这个区域内渔业资源密度高值被高

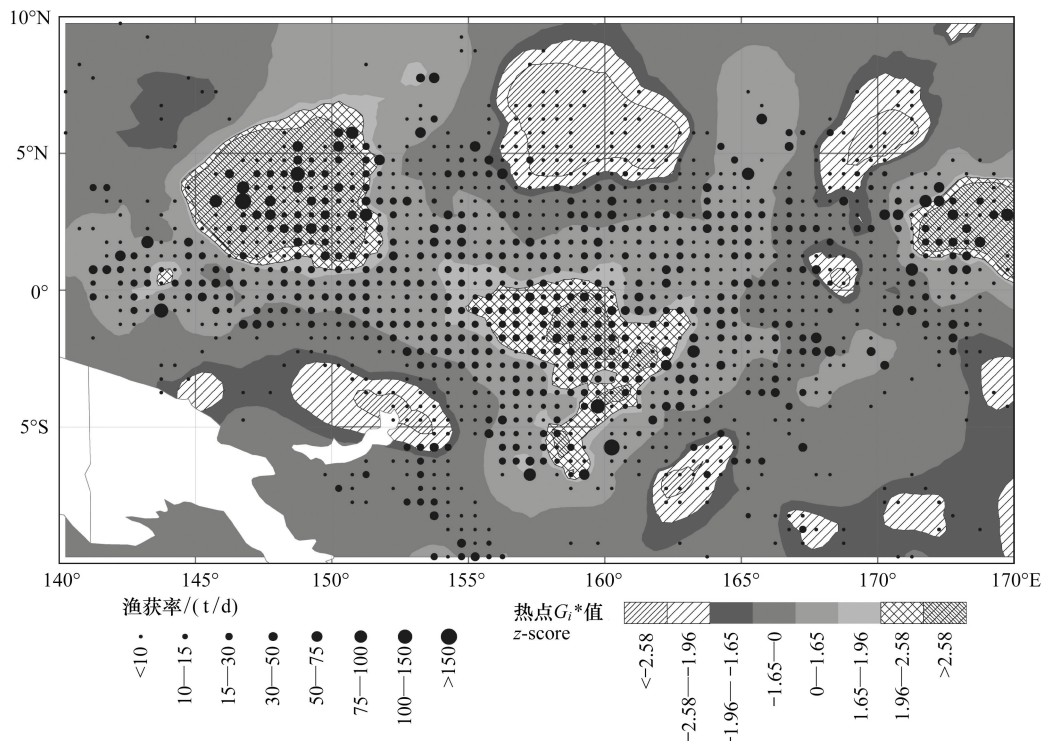


图 1 中西太平洋鲔鱼渔业资源密度空间分布和热点分布特征
Fig.1 The density distribution of skipjack tuna recourses in Western and Central Pacific Ocean

值包围分布,这个区域空间自相关性强且为正相关;4个以上冷点地带,其标志为 z 值小于 -1.65 ($P < 0.10$),表示在这个区域内渔业资源密度较低值,且其周围值也较低,这种情况发生概率较大,空间自相关性强且为正相关。绝大部分随机分布区域 z 值位于 $-1.65 \sim +1.65$ 之间,这些区域内渔业资源密度高值和低值之间空间自相关性弱,分布为随机性分布。热点分析能够很好发现空间相关性区域聚集特征。

结合全局空间自相关性分析可知,鲣鱼资源在宏观空间上空间自相关性较弱。由热点的特征表明,这个区域为某些局部自相关性很强,整体自相关性表现并不强烈,资源密度呈现“冷”、“热”不均的局部性分布特征。其中鲣鱼资源热点区域也是本研究重点分析的区域。

2.3 鲣鱼资源空间异质性

为了获得鲣鱼资源密度的变异特征,量化空间自相关性在空间变异的比列,采用地统计学方法对

2005—2009 年围网鲣鱼渔获率平均场进行处理,获得变异函数的理论参数,结果如表 2。其中方向角度为计算方向与正北方向的顺时针夹角。

结果可见,在空间自相关类型上最优模型是球形模型,该模型空间上的相关性随距离增大迅速减小,和局部空间自相关性较强一致。

表 2 中发现,鲣鱼资源密度各向同性最大相关距离 1000km 左右和各方向异质性的最大相关距离(大约在 950km)相似,这和热点的空间分布特征近圆形相吻合(图 1)。基台值通常表示系统内部总的方差,包括结构性方差和随机性方差,因此,结构方差与系统总方差(基台值)之比即结构部分引起的空间异质性占系统总变异的比列。从系统总方差(基台值)看,东西向 $N90^\circ$ 系统方差较小,东南-西北向 $N135^\circ$ 较大,说明鲣鱼资源密度分布受到这个方向生态环境动力过程影响较大,图 1 中热点分布图也可以发现这一现象。

表 2 鲣鱼平均资源密度的变异函数参数

Table 2 Semivariograms parameters for the density of skipjack tuna resource

	最优模型 Optimal models	块金方差 Nugget C_0	结构方差 Structure C	自相关范围 Range a /km	基台值 Sikll C_0+C	结构比 Structure rate C/C_0+C	分维数 Fractal dimension D
各向同性 ISO	球形	0.992	1.007	1083	1.9985	0.50	1.892
南北向 $N0^\circ$	球形	0.993	1.364	951	2.3574	0.67	1.887
东北-西南 $N45^\circ$	球形	0.993	1.133	930	2.1256	0.53	1.879
东西向 $N90^\circ$	球形	0.875	0.852	964	1.7267	0.49	1.9
东南-西北 $N135^\circ$	球形	1.015	1.056	980	2.0716	0.51	1.876

2.4 鲣鱼资源热点和海洋环境的关系分析

本研究以 2006 年的年平均叶绿素浓度和海面温度为例,分别绘制了渔获率热点空间分布和海

洋环境关系图(图 2)。图 2 左图中可见,左侧 2 个热点区域的叶绿素值为 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 左右,3 个热点区域(白线包围)在空间位置上都处于叶绿素浓度高值

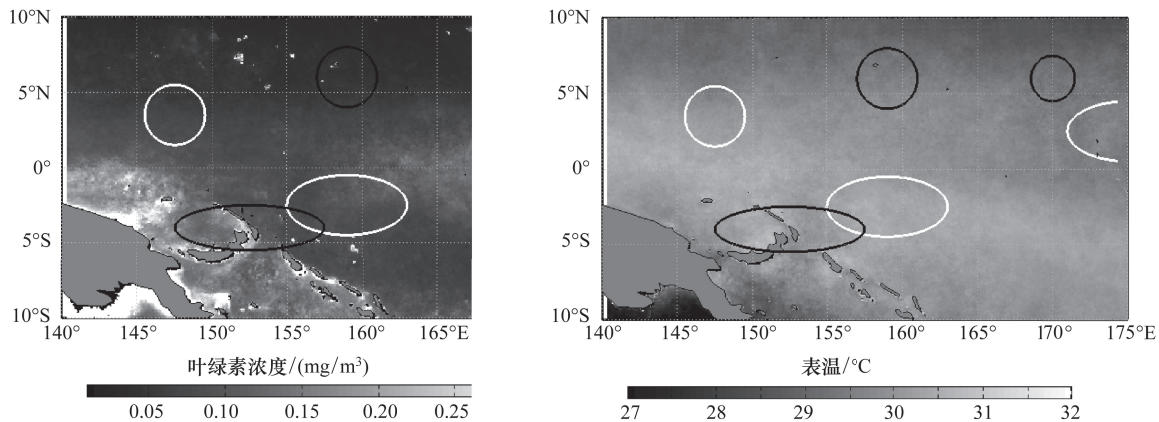


图 2 西太平洋年平均叶绿素浓度表温空间分布图(2006 年)

Fig.2 The distribution of annual composite Chlorophyll a concentration and Sea Surface Temperature in Western Pacific Ocean (2006)

图中白线包围区域表示热点区域,黑线包围区域表示冷点区域

区域内和边缘附近;而冷点区域大部分都处于叶绿素浓度较低区域(1个近陆地区域除外)。

本研究海域中西太平洋热带海域是一个“暖池-冷舌海洋生态系统”海域^[10,14,24],在图2右图中,左侧的2个热点区域基本在中西太平洋的“暖池”区域内,温度范围基本在30—31℃;而最右侧1个热点区域位于“冷舌”区域里,年平均海表温29℃左右。可见从环境背景上推导3个热点区域其形成因素,存在一定差异。左侧两个区域,位于“暖池生态系统”内,空间分布范围大,整体资源热度都较好,是主要的鲣鱼分布区域,其环境特征是高温和相对较低叶绿素浓度;右侧的1个热点区域范围较小,位于“冷舌生态系统”内,环境特征是温度较低,而叶绿素浓度值较高。

3 讨论和展望

3.1 中西太平洋鲣鱼资源的空间统计特征

本研究围绕中西太平洋鲣鱼资源的空间分布结构性特征展开,根据我国渔船2005—2009年的中西太平洋鲣鱼围网生产数据,其时空精度较高,获得了鲣鱼资源的空间自相关性和空间异质性特征。发现中西太平洋鲣鱼资源总体上是以低密度区域为主,高密度区域较少,鱼类资源密度值差异较大,资源表现出强烈集聚分布,总体的空间自相关性中等偏弱。从结构误差占系统误差比例看,通常认为如果该比例大于75%,属于强的空间自相关,说明具有很好的空间结构性;若比值在25%—75%之间,属于中等程度自相关;若比值小于25%,属于弱的空间相关,反映随机部分引起的空间异质性程度起主要作用^[25]。在用定量研究发现,中西太平洋鲣鱼围网资源密度在各个方向的结构比例都在50%左右,方向上的差异较小,表明中西太平洋鲣鱼资源密度为中等程度的空间自相关,结构性相对较好;相对不同方向而言,南北向的结构性相对较强为67%,主要是相关引起的变异,东西向结构性相对较弱为49%。这和海洋环境特征的南北向上结构性远好于东西向结构性有直接关联。从可作为随机变异量度的分维数看,数值介于1.876—1.9之间,数值较大,但各向分维值差异较小,表明在资源分布在各个方向上存在自相关性,但其随机性变异引起的变异总体上较大。

通过热点区域与海洋环境空间分布叠加分析可

知(图2),鲣鱼资源的食物来源由中东太平洋赤道上升流和近岸上升流系统导致的较为丰富的初级生产力提供。根据文献^[12,24]金枪鱼鱼群往往在锋面地带获得丰富的食物,和本文的热点区域基本吻合。从目前国内外研究情况看,对鲣鱼资源和温度关系的研究较多,如Lehody等^[12]认为鲣鱼渔获重心与29℃等温线变化基本一致,胡奎伟等^[7]认为鲣鱼资源量集中出现在SST为28—30℃之间海域。黄逸宜^[8]得出中西太平洋的28—29℃可作为渔场分布的指标。本研究的3个主要热点区域的表面温度有一定的差异,在暖池生态系统中温度要比上述结果高些,冷舌生态系统中温度和上述研究相似,可能与本文研究范围较上述研究较小有关。

根据热点分析结果并结合海洋环境场特征,本研究将鲣鱼资源在研究海域分为3个不同原因的局部渔场,2个暖池渔场,1个冷舌渔场。鲣鱼的食物来自初级生产力较高的海域,金枪鱼鱼群往往在锋面地带获得丰富的食物,这也是热点海域渔场形成的重要原因。

3.2 热点分析工具

本研究采用热点分析工具来划分统计意义的鲣鱼资源高低属性值的空间聚集。从文献材料看^[9,11,13],空间领域研究鲣鱼资源的方法主要为渔场重心方法和栖息地指数方法,采用空间统计方法相对较少。本研究对3种方法做了一个初步对比,结果如表3所示。总体而言,3种方法各有优缺点,能够相互补充和印证。其中栖息地指数方法应用最为广泛,其次为渔场重心方法;热点分析方法在渔业上应用,我国还没有相关文献报道,在国外已经有了热点分析的报告和研究工作^[26]。由于根据生产资料单要素计算得来,而且结果具有统计学意义,全局和局部细节都能较好表达,并能够较为直接清晰表现渔业资源分布情况,因此应用前景将会不断拓展。现在的一些工具软件如ArcGIS和R语言中,已经提供相关的计算软件包和工具。同时通过局部信息和海洋环境结合分析,能够用于探讨渔业资源和环境的关系。

3.3 展望

空间统计学的应用研究是当今统计学的热点前沿。空间自相关分析应用研究的下一步工作为时空自回归模型,包括多要素的回归模型的建立。中西

太平洋鲣鱼资源分布的空间自相关性的存在,使得普通线性回归模型不再有效,现在许多研究工作采用的是空间残差自回归模型^[17,27-28],结合一些模型如广义回归模型 GLM 等,这些模型能够有效解决空间自相关问题,同时提高了回归模型的精度。

表 3 热点分析、渔场重心和栖息地指数方法异同

Table 3 Hotspots analysis, center-gravity of fishing ground and the habitat suitability index (HSI) comparison			
名称 Name	热点分析 Hotspots analysis	渔场重心 Center-gravity of fishing ground	栖息地指数 Habitat suitability index
主要应用特点 Main application characters	解释和描述渔业资源分布特征和形成原因;进行景观格局对生态过程的敏感性分析和模拟	研究鱼群的迁徙路径和方向、海洋环境对鱼群的栖息地和迁徙的影响方面	根据海洋环境推算渔业资源状况的空间分布情况
较为理想状况(根据算法推知) Ideal conditions from algorithms	获取的调查或生产数据是均匀全面分布	这种鱼种的迁徙是整体呈团块状移动,而非多个分支方向迁徙;没有或较少跨界迁徙	要求是整个海域的渔场形成原因要一致,如某个区域包括了上升流渔场和海山渔场两种类型,渔场的环境条件可能会完全不同
优点 Advantages	根据生产资料单要素计算得来,而且结果具有统计学意义;宏观和局部细节都能较好表达	根据生产资料单要素计算得来,计算简便;能够推知环境变化对其的宏观分布的影响	充分利用海洋环境和渔业生产资料的关系;利用环境资料能够较好地对渔场进行预测
缺点 Disadvantages	对数据的分布要求高,一些数据缺失部分有影响;环境因素没能综合进来	对局部的特征缺少描述,缺乏细节特征表达	会在一些局部地区形成较大误差
要求(条件) Demands	需要数据资料较为丰富,科学合理处理缺失部分的数据	对鱼群的迁徙特性较为了解,根据迁徙特征分区域进行计算可能效果更好	分区域、分季节分别计算其栖息地指数

同时,由于采用的数量空间覆盖不足,因此在研究范围上只能是相对较小的一块海域。中西太平洋热带海域的 ENSO 对其影响明显,由于数据原因,本文中没有办法进行区分处理,因此无法详细描述 ENSO 现象对资源丰度在空间统计特征上的影响。

References:

[1] Miao Z Q, Huang X C. Distant-water tuna fisheries. Shanghai: Shanghai Science and Technology Literature Press, 2003.1-242

[2] Xie Y L. Status and Perspectives of the Western and Central Pacific Ocean Tuna Fisheries (1). Modern Fisheries Information, 2002, 17(9): 18-20.

[3] Qi J J, Wang M Y. The present status and prospects of tuna purse seine fishery in the world. Marine Fisheries, 2001, 23 (1): 18-20.

[4] Zou Z L. Develop tuna purse seine fishery feasibility study report. Distant Water Fishery, 2000, (6):1-3.

[5] Zhao R X, Miao S C. Stock Status and Catch of Skipjack Tuna *Katsuwonus pelamis* in the WCPO. Modern Fisheries Information, 2005, 20(3),12-14.

[6] Hoyle S, Kleiber P, Davies N, Langley A, Hampton J. Stock assessment of skipjack tuna in the western and central Pacific Ocean. Noumea, New Caledonia; Secretariat of the Pacific Community. WCPFC-SC7-SA-WP-04. 2011.

[7] Hu K W, Zhu G P, Wang X F, XU L X. Spatio-temporal distribution of skipjack tuna(*Katsuwonus pelamis*) abundance and its relationship with sea surface temperature in Western and Central Pacific Ocean. Marine Fisheries, 2011, 33(4):417-422.

[8] Huang Y Y. The distribution of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) purse-seine catch and its relationship with sea surface temperature in Western and Central Pacific Ocean[D]. Jilong: Taiwan Ocean University,1995.

[9] Shen J H, Chen X D, Cui X S. Analysis on spatial-temporal distribution of skipjack tuna catches by purse seine in the Western and Central Pacific Ocean. Marine Fisheries, 2006, 28 (1): 0013-0019.

[10] Tseng C T, Sun C L, Yeh S Z, Chen S C, SU W C. Spatio-temporal distributions of tuna species and potential habitats in the Western and Central Pacific Ocean derived from multi-satellite data. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31 (17/18):4543-4558.

[11] Guo Ai. Preliminary study on the fluctuation of resources and fishing ground of skipjack for tuna purse seining in the WCPO [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2008.

[12] Lehoday P, Bertignac M, Hampton J, Lewis A, Picaut J. El Niño Southern Oscillation and tuna in the Western Pacific. Nature, 1997, 389:715-718.

- [13] Zhou S F, Shen J H, Fan W. Impacts of the El Niño Southern Oscillation on skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) purse-seine fishing grounds in the Western and Central Pacific Ocean. *Marine Fisheries*, 2004, 26 (3): 167-172.
- [14] Sugimoto T, Kimura S, Tadokoro K. Impact of El Nino events and climate regime shift on living resources in the western North Pacific. *Progress in Oceanography*, 2001, 49: 113-127.
- [15] Rivoirard J, Simmonds J, Foote K G, Fernandes P, Bez N. *Geostatistics for Estimating Fish Abundance*. New York: Wiley Blackwell, 2000.
- [16] Petitgas P. Geostatistics in fisheries survey design and stock assessment: models, variances and applications. *Fish and Fisheries*, 2001, 2(3): 231-249.
- [17] Nishida T, Chen D G. Incorporating spatial autocorrelation into the general linear model with an application to the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) longline CPUE data. *Fisheries Research*, 2004, 70(2/3): 265-274.
- [18] Wang Y F, He H L. *Spatial data analysis method*. Beijing: Science Press, 2007: 104-113.
- [19] Wu J G. *Landscape Ecology-Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2007: 125-147.
- [20] Getis A, Ord J K. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 1992, 24 (3): 189-206.
- [21] Anselin L. Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, 1995, 27: 93-115.
- [22] Wang Z Q. *Geo-Statistics and Its Application in Ecology*. Beijing: Science Press, 1999: 1-192.
- [23] Chilès J P, Delfiner P. *Geostatistics: Modeling spatial uncertainties (Wiley Series in Probability and Statistics)*. Wiley, 2011: 1-629.
- [24] Anonymous (Oceanic Fisheries Programme of SPC). *Oceanographic Variability [2012- 11- 12]*. http://www.spc.int/OceanFish/images/OFP/EMA/Environmental/Oceanographic_Variability.pdf.
- [25] Wang J, Fu B J, Qiu Y, Chen L D. Spatiotemporal Variability of Soil Moisture in Small Catchment on Loess Plateau-Semivariograms. *Acta Geographica Sinica*, 2000, (04): 428-438.
- [26] Zainuddina M, Kiyofujia H, Saitohb K, Saitoha S. Using multi-sensor satellite remote sensing and catch data to detect ocean hot spots for albacore (*Thunnus alalunga*) in the northwestern North Pacific. *Deep-Sea Research II*, 2006, 53: 419-431.
- [27] Zhang X F. *Data analysis method and applied research of spatial autocorrelation-A case study in the influence of South-Asian tsunami on the marine ecological factors [D]*. Lanzhou: Lanzhou University, 2009.
- [28] Yang C, Yan Z W, Shao Y H. Statistical downscale model for daily precipitation based on Tweedie distribution. *Journal of Beijing Normal University(Natural Science)*, 2009, 45: 531-536.

参考文献:

- [1] 苗振清, 黄锡昌. 远洋金枪鱼渔业. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2003: 1-242.
- [2] 谢营梁编译. 中西太平洋金枪鱼渔业的现状和展望(1). 现代渔业信息, 2002, 17(9): 18-20.
- [3] 齐建军, 王明彦. 世界金枪鱼围网渔业的现状与前景. 海洋渔业, 2001, 23(1): 18-20.
- [4] 邹志来. 发展金枪鱼围网渔业的可行性研究报告. 远洋渔业, 2000, (6): 1-3.
- [5] 赵荣兴, 缪圣赐. 中西太平洋鲣鱼的资源状况及产量. 现代渔业信息杂志, 2005, 20(3): 12-14.
- [7] 胡奎伟, 朱国平, 王学昉, 许柳雄. 中西太平洋鲣鱼丰度的时空分布及其与表温的关系. 海洋渔业, 2011, 33(4): 417-422.
- [8] 黄逸宜. 中西太平洋鲣鱼围网渔业渔获分布及其与水温之关系[D]. 基隆: 台湾海洋大学硕士论文, 1995.
- [9] 沈建华, 陈雪冬, 崔雪森. 中西太平洋金枪鱼围网鲣鱼渔获量时空分布分析. 海洋渔业, 2006, 28(1): 13-19.
- [11] 郭爱. 中西太平洋金枪鱼围网鲣鱼渔况变动规律初步研究[D]. 上海: 上海海洋大学硕士论文, 2008.
- [13] 周魁芳, 沈建华, 樊伟. ENSO 现象对中西太平洋鲣鱼围网渔业的影响分析. 海洋渔业, 2004, 26(3): 167-172.
- [18] 王远飞, 何洪林. 空间数据分析方法. 北京: 科学出版社, 2007: 104-113.
- [19] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级(第2版). 北京: 高等教育出版社, 2007: 125-147.
- [22] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999: 1-192.
- [25] 王军, 傅伯杰, 邱扬, 陈利顶. 黄土丘陵小流域土壤水分的时空变异特征——半变异函数. 地理学报, 2000, (4): 428-438.
- [27] 张新峰. 空间自相关的数据分析方法与应用研究——以南亚海啸对海洋生态因子的影响为例[D]. 兰州: 兰州大学, 2009.
- [28] 杨赤, 严中伟, 邵月红. 基于 Tweedie 分布的日降水量统计降尺度模型. 北京师范大学学报(自然科学版), 2009, 45: 531-536.