

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第7期 Vol.34 No.7 **2014**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 7 期

2014 年 4 月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 青藏高原东北部 5000 年来气候变化与若尔盖湿地历史生态学研究进展 ..... 何奕忻, 吴 宁, 朱求安, 等 (1615)
- 天山云杉森林土壤有机碳沿海拔的分布规律及其影响因素 ..... 阿米娜木·艾力, 常顺利, 张毓涛, 等 (1626)

### 个体与基础生态

- 小兴安岭红松日径向变化及其对气象因子的响应 ..... 李兴欢, 刘瑞鹏, 毛子军, 等 (1635)
- 采伐剩余物对林地表层土壤生化特性和酶活性的影响 ..... 吴波波, 郭剑芬, 吴君君, 等 (1645)
- 庞泉沟自然保护区典型森林土壤大团聚体特征 ..... 白秀梅, 韩有志, 郭汉清 (1654)
- 思茅松天然林树冠结构模型 ..... 欧光龙, 肖义发, 王俊峰, 等 (1663)
- 镁缺乏和过量胁迫对纽荷尔脐橙叶绿素荧光特性的影响 ..... 凌丽俐, 黄 翼, 彭良志, 等 (1672)
- 斑块生境中食果鸟类对南方红豆杉种子的取食和传播 ..... 李 宁, 王 征, 鲁长虎, 等 (1681)
- 重金属铅与两种淡水藻的相互作用 ..... 刘 璐, 闫 浩, 李 诚, 等 (1690)
- 刺参养殖池塘初级生产力及其粒级结构周年变化 ..... 姜森颖, 周一兵, 唐伯平, 等 (1698)
- 控(微囊)藻鲢、鳙排泄物光能与生长活性 ..... 王银平, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等 (1707)
- 五爪金龙中香豆素类物质含量及其对福寿螺、水稻和稗草的影响 ..... 犹昌艳, 杨 宇, 胡 飞, 等 (1716)

### 种群、群落和生态系统

- 西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地评价 ..... 林 柳, 金延飞, 陈德坤, 等 (1725)
- 莱州湾鱼类群落同功能种团的季节变化 ..... 李 凡, 徐炳庆, 马元庆, 等 (1736)
- 长期不同施肥方式对麦田杂草群落的影响 ..... 蒋 敏, 沈明星, 沈新平, 等 (1746)
- 极端干旱条件下燕麦垄沟覆盖系统水生态过程 ..... 周 宏, 张恒嘉, 莫 非, 等 (1757)

### 景观、区域和全球生态

- 流域景观格局变化对洪枯径流影响的 SWAT 模型模拟分析 ..... 林炳青, 陈兴伟, 陈 莹, 等 (1772)
- 近 20 年青藏高原东北部禾本科牧草生育期变化特征 ..... 徐维新, 辛元春, 张 娟, 等 (1781)
- 丽江城市不同区域景观美学 ..... 郭先华, 赵千钧, 崔胜辉, 等 (1794)
- 珠三角河网水域栅藻的时空分布特征 ..... 王 超, 李新辉, 赖子尼, 等 (1800)
- 博斯腾湖细菌丰度时空分布及其与环境因子的关系 ..... 王博雯, 汤祥明, 高 光, 等 (1812)
- 遗传算法支持下土地利用空间分形特征尺度域的识别 ..... 吴 浩, 李 岩, 史文中, 等 (1822)
- 川西亚高山不同海拔岷江冷杉树轮碳稳定同位素对气候的响应 ..... 靳 翔, 徐 庆, 刘世荣, 等 (1831)

基于 ESDA 的西北太平洋柔鱼资源空间热点区域及其变动研究 ..... 冯永玖,陈新军,杨铭霞,等 (1841)

城乡与社会生态

基于居民生态认知的非使用价值支付意愿空间分异研究——以三江平原湿地为例.....

..... 高 琴,敖长林,陈红光,等 (1851)

浑河河水及其沿岸地下水污染特征 ..... 崔 健,都基众,王晓光 (1860)

社会生态系统及脆弱性驱动机制分析 ..... 余中元,李 波,张新时 (1870)

研究简报

等渗 NaCl 和 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>胁迫对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响 ..... 周 珩,郭世荣,邵慧娟,等 (1880)

专家观点

关于“生态保护和建设”名称和内涵的探讨 ..... 沈国舫 (1891)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 282 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 29 \* 2014-04



**封面图说:** 红豆杉人工林——红豆杉为常绿针叶乔木,树高可达 25m,属国家一级保护植物。红豆杉中含有的紫杉醇,具有独特的抗癌机制和较高的抗癌活性,能阻止癌细胞的繁殖、抑制肿瘤细胞的迁移,是世界公认的抗癌药。红豆杉在我国共有 4 个种和 1 个变种,即云南红豆杉、西藏红豆杉、东北红豆杉、中国红豆杉和南方红豆杉(变种)。由于天然红豆杉稀缺,国家严禁采伐利用,因而我国南方很多地方都采取人工种植的方法生产利用。人工种植的南方红豆杉在南方山区多呈斑块状分布,斑块生境中鸟类对红豆杉种子的传播有重要的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com



DOI: 10.5846/stxb201305191105

冯永玖, 陈新军, 杨铭霞, 霍丹, 朱国平. 基于 ESDA 的西北太平洋柔鱼资源空间热点区域及其变动研究. 生态学报, 2014, 34(7): 1841-1850.

Feng Y J, Chen X J, Yang M X, Huo D, Zhu G P. An exploratory spatial data analysis-based investigation of the hot spots and variability of *Ommastrephes bartramii* fishery resources in the northwestern Pacific Ocean. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(7): 1841-1850.

## 基于 ESDA 的西北太平洋柔鱼资源 空间热点区域及其变动研究

冯永玖<sup>1,2,3</sup>, 陈新军<sup>1,2,3,\*</sup>, 杨铭霞<sup>1</sup>, 霍丹<sup>1</sup>, 朱国平<sup>1,2,3</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 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;

3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306)

**摘要:**以西北太平洋(150°E—160°E, 38°N—45°N)柔鱼 *Ommastrephes bartramii* 为研究对象, 以 2007 和 2010 年鱿钓渔业的原始点位数据为基础, 利用常规统计和探索性空间数据分析(ESDA)中的全局空间自相关分析方法, 对西北太平洋柔鱼资源空间分布及其变动进行了研究。结果表明, 西北太平洋柔鱼资源呈现较强的聚集分布特征, 但不同空间位置差异较大。利用 GIS 和 ESDA 的局部自相关方法进行了柔鱼资源热冷点空间分布的制图, 结果显示 2007 年研究区存在 3 个显著的热点和 1 个冷点, 2010 年与之存在较为明显的差异, 具有 1 个热点和 4 个冷点。变化检测分析表明, 两个年份间出现 1 个热点区域和 1 个冷点区域未发生变化, 另有 2 个区域从 2007 年热点变成 2010 年冷点; 此外, 非热冷点之间的变动在研究区占据了主导地位。景观指数分析表明, 研究区柔鱼资源热冷点格局的复杂性和自相似性并不高, 但其异质性和聚集性非常强, 且整体性和凝聚度均很高。分析认为, 2007 年西北太平洋柔鱼渔区的形成受温度和海流的影响, 近一半作业渔区产量相对较高, 但并未充分保证空间热点的大面积形成, 空间热点和冷点分布面积大致相当; 2010 年整个西北太平洋柔鱼渔场受亲潮势力影响, 空间热点较为集中、空间冷点较多且分散。

**关键词:**柔鱼; 探索性空间数据分析; 空间热点; 空间自相关; 西北太平洋

## An exploratory spatial data analysis-based investigation of the hot spots and variability of *Ommastrephes bartramii* fishery resources in the northwestern Pacific Ocean

FENG Yongjiu<sup>1,2,3</sup>, CHEN Xinjun<sup>1,2,3,\*</sup>, YANG Mingxia<sup>1</sup>, HUO Dan<sup>1</sup>, ZHU Guoping<sup>1,2,3</sup>

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

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

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

**Abstract:** The oceanic cephalopod *Ommastrephes bartramii* is widely distributed in the northwestern Pacific Ocean and is an important target species for the fishing industries of Japan, South Korea, China and Chinese Taiwan. Owing to the effects of global climate change and increased fishing activities, the spatial patterns and hot spot dynamics of *O. bartramii* resources are changing. This study focused on *O. bartramii* resources, especially within the boundaries of 150°E—160°E and 38°N—45°N, in the northwestern Pacific Ocean. Based on original fishing data from Chinese boats, the study aimed to explore the spatial structure of *O. bartramii* resources using integrated methods of spatial statistics, global spatial autocorrelation,

**基金项目:**国家自然科学基金(41276156); 上海市科委重大项目(12231203900); 国家发改委产业化专项(2159999); 上海市自然科学基金面上项目(13ZR1419300); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金新教师类项目(20123104120002); 上海市一流学科水产学(A类)共同资助

收稿日期: 2013-05-19; 修订日期: 2013-11-19

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



change detection and landscape metrics. Classical statistics and global spatial autocorrelation-based primary analysis showed that there were vast differences in the resource abundance of *O. bartramii* over the study area. A relatively strong aggregated distribution was observed for *O. bartramii* in the northwestern Pacific Ocean. In addition, spatial hot and cold spot maps were produced for the years of 2007 and 2010 using both a geographic information system and local spatial autocorrelation methods. The maps illustrated that there were three obvious hot spots and one cold spot for *O. bartramii* in the northwestern Pacific Ocean in 2007, whereas in 2010 there was one obvious hot spot and four cold spots. Change detection demonstrated that only one spatial hot spot remained unchanged between 2007 and 2010, while two areas showed a change in status from hot to cold spots. In addition, only one of the cold spots remained unchanged between 2007 and 2010. As a result, the non-hot and non-cold spots that showed non-aggregated or random distributions dominated the pattern of *O. bartramii* in the northwestern Pacific Ocean. Landscape metrics were also employed in this study to mine the implicit information and knowledge of hot/cold spots of *O. bartramii* resources. This research demonstrated that relatively low complexity and self-similarity were observed for the *O. bartramii* resource, while strong spatial heterogeneity and aggregation, as well as high integrity and cohesion, were detected for the same fishery resource. Finally, a sea surface temperature-based analysis revealed the marine environmental characteristics and dynamics of spatial hot/cold spots of *O. bartramii* in the northwestern Pacific Ocean in both 2007 and 2010. The results showed that, owing to the influence of sea surface temperature and currents within the fishing area of the northwestern Pacific Ocean, approximately half of the area has relatively high production. However, high production alone cannot account for the hot spot clustering within most of the study area. Hence, in 2007, only 7.0% of the study area was classified as hot spots, while most of the area comprised cold spots or areas that were not statistically significant. As a result of the Oyashio Current, the fishing grounds distributed at 40°—45°N and 154°—158°E during the best fishing period displayed relatively aggregated spatial hot spots in 2010, whereas the spatial cold spots were scattered across the northwestern Pacific Ocean.

**Key Words:** *Ommastrephes bartramii*; exploratory spatial data analysis; spatial hot spot; spatial autocorrelation; northwestern Pacific Ocean

柔鱼 *Ommastrephes bartramii* 广泛分布于西北太平洋海域,是一种经济大洋性头足类,已成为日本、韩国、中国(台湾省)等国和地区的重要捕捞对象<sup>[1-2]</sup>。开展柔鱼资源时空格局分析与潜在规律的挖掘,能够为柔鱼资源的可持续开发与资源评估管理提供一定的参考依据。

目前有关学者对柔鱼基础生物学<sup>[1,3]</sup>、资源量分布变动及其机制<sup>[4-6]</sup>、资源量评估<sup>[7]</sup>等,以及时空格局及其与海洋环境的关系<sup>[8-9]</sup>、渔情预报<sup>[10-11]</sup>等领域进行较为广泛的研究。在渔业资源空间分布或格局的研究中,利用传统方法分析柔鱼资源空间变动的文献较多<sup>[5-6,8]</sup>,这些研究为初步掌握柔鱼资源分布规律奠定了基础。

传统 GIS 可直观表达渔业资源的空间分布,并通过数据或语言文字进行位置分布的描述<sup>[12]</sup>,但却无法挖掘和揭示渔业资源的全局空间分布模式和内在的空间关联关系。迄今,渔业资源相关空间问题

的深层次研究仍属鲜见,如有关渔业资源的空间聚类、渔业生态学过程和格局的空间异质性问题。针对渔业资源的空间问题,国内学者利用遥感、GIS、空间分析和地学关联规则等方法,对东海区鱼类资源的时空格局和变化进行了一系列研究<sup>[13-14]</sup>,展示了 GIS 空间分析与地统计方法在渔业资源研究中的广阔前景。近年来,杨晓明等利用空间变异函数分析了印度洋黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)围网渔获量的空间异质性<sup>[15]</sup>,并利用空间自相关和变异函数分析了中西太平洋鲷鱼(*Katsuwonus pelamis*)围网渔业资源的空间热点和空间异质性<sup>[16]</sup>;牛明香则利用空间自相关和标准差椭圆分别研究了东海鳀鱼(*Engraulis japonicus*)的空间格局与定向分布特征<sup>[17]</sup>,展示了空间统计分析在渔业资源研究中的最新成果。

探索性空间数据分析方法(ESDA)<sup>[18-19]</sup>是一种典型的 GIS 数据分析方法,能够有效探测空间数据

中潜在的关联关系并发现数据分布趋势。为此,本研究拟综合利用全局和局部空间自相关方法<sup>[20-21]</sup>,有效识别柔鱼资源的空间自相关结构、热点和冷点分布格局,利用克里金插值<sup>[23]</sup>获取柔鱼资源热冷点分布的面状格局,并利用变化检测和景观分析等方法分析柔鱼资源热冷点格局的变动,多角度揭示西北太平洋柔鱼资源的整体空间模式、热冷点区域及其变动规律,为柔鱼资源空间分布规律的掌握提供科学方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域与数据

以西北太平洋柔鱼资源为研究对象,研究范围为 150°E—160°E、38°N—45°N(图 1)。数据获取时

间为 2007 年和 2010 年,其中 2007 年为 5—11 月,2010 年为 5—12 月。本文采用的是原始数据,即每个数据点的位置就是捕捞渔船所记录的空间位置,2007 年获取 2212 个数据点,2010 年获取 7918 个数据点。将数据点的值换算为单位捕捞努力量渔获量(CPUE),用以代表每个年度的柔鱼资源丰度。本文采用的 CPUE 换算公式为  $C/E$ , 式中  $C$  表示 1 艘渔船 1d 的产量(t),  $E$  表示其对应的作业次数<sup>[22]</sup>。此外,为了准确地获取柔鱼资源空间热点范围,利用 GIS 中的不等边三角网 TIN (Triangulated Irregular Network) 方法<sup>[23]</sup>建立渔获量数据范围(图 1)。通过建立 TIN 能够剔除无渔获量的海域并产生有效数据区域,使热冷点的分析不受或少受无数据区域的影响,从而提高空间分析的可靠性。

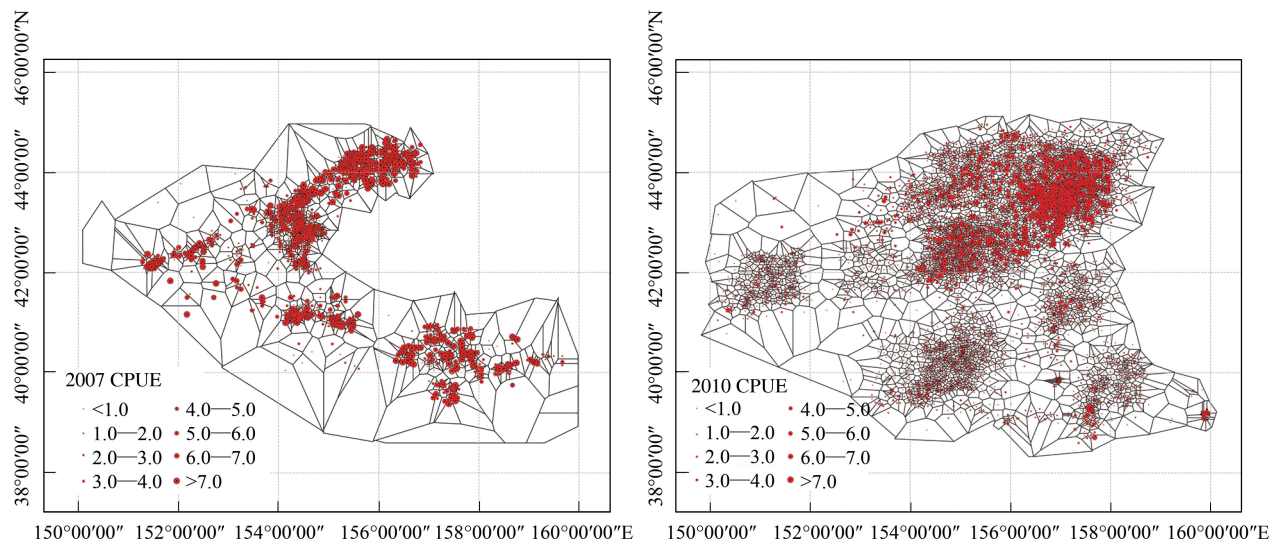


图 1 研究区域与数据

Fig.1 The study area and the dataset used

### 1.2 全局空间自相关分析方法

为研究柔鱼资源在全局空间上可能存在的聚集、离散或随机模式,采用 ESDA 方法中的全局空间自相关统计量 Moran's  $I$  进行度量,其计算公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [w_{ij}(x_i - \bar{X})(x_j - \bar{X})]}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}, (i \neq j) \quad (1)$$

式中,  $n$  是参与分析的要素数量(即样本数量),  $x_i$  是要素  $i$  的属性值,  $x_j$  是要素  $j$  的属性值,  $\bar{X}$  是全部要素的平均值,  $w_{ij}$  是空间权重矩阵,表示要素  $i$  和  $j$  的邻

近关系,它可以根据邻接标准或者距离标准来度量。 $w_{ij}=1$  表示第  $i$  和  $j$  个要素相邻,  $w_{ij}=0$  表示第  $i$  和  $j$  个要素不相邻。

全局空间自相关 Moran's  $I$  值域范围为  $[-1, 1]$ , 该值大于 0 表示正相关,小于 0 表示负相关; Moran's  $I$  绝对值越大表示空间分布的自相关程度越高,表明空间分布呈现聚集现象; Moran's  $I$  绝对值越小代表空间分布的自相关程度越低,说明空间分布呈现分散格局;当 Moran's  $I$  值等于 0 时,表示空间分布呈现随机分布<sup>[24]</sup>。在实际计算中 Moran's  $I$  返回另外两个值:  $Z$  得分和  $P$  值,其中  $Z$  得分是  $I$  标准差的倍数,当  $Z$  较大时表示要素呈聚集分布状态。  $P$  值表

示样本空间模式是某一随机分布的概率,当  $P$  值很小时表示探测所得的空间模式不太可能是随机分布,当  $P$  值较大则表示空间模式为随机分布的概率较大<sup>[24]</sup>。

### 1.3 局部空间自相关分析方法

全局空间自相关统计量 Moran's  $I$  反映的是柔鱼资源空间整体自相关状态,侧重于柔鱼资源的全局空间模式<sup>[18-21]</sup>,但是却无法揭示资源局部的分布状态。此外,全局空间自相关还存在一些局限性,例如整体聚集的情况下可能存在局部的随机分布,同样整体随机分布的情况下也可能存在局部聚集分布。因此,通过局部空间自相关统计量分析不仅可以识别局部分布特征,更能探测柔鱼资源的热点和冷点区域<sup>[18-21]</sup>。

Getis-Ord  $G_i^*$  是空间热点分析中常用的方法,该统计量产生两个值:即每个要素的  $Z$  得分和显著性  $P$  值。Getis-Ord  $G_i^*$  统计量的计算公式如下:

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

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,其意义与式(1)相同,  $n$  是要素数量,  $\bar{X}$  为均值,  $S$  为标准差。  $G_i^*$  统计结果返回  $Z$  得分和  $P$  值,其意义与全局空间自相关类似。当  $Z$  得分大于 2 倍标准差,表示空间热点区域;当  $Z$  得分介于 1 倍与 2 倍标准差之间、-2 倍与 -1 倍标准差之间,均表示可能出现一定的热冷点分布,但不能否定随机分布的可能;当  $Z$  得分介于 -1 倍与 1 倍标准差之间,则表示空间模式有极大可能是随机分布;当  $Z$  得分小于 -2 倍标准差,表示空间冷点区域<sup>[24]</sup>。此外,热点区域表示要素高值被高值包围,而冷点表示要素低值被低值包围,可用于揭示柔鱼资源渔获量高值或者低值在空间上发生聚类的位置<sup>[16]</sup>。

### 1.4 柔鱼资源空间热冷点格局的评价方法

与传统研究不同,本文侧重从地理信息科学的视角去解释渔业资源空间格局及其变动。GIS 中图层叠置方法 (Overlay) 是空间分析的经典方法,在遥感与 GIS、资源与环境等领域中应用广泛<sup>[23]</sup>。本研究中,利用叠置方法分析柔鱼资源热冷点格局随时间的变化。

同时,从生态学和空间科学的角度来看,柔鱼资源热冷点分布图的基本组成单元是斑块 (Patch),因此是一种典型的景观镶嵌图,故而非常适合于利用景观指数 (Landscape Metrics) 来评价和分析其结构<sup>[25-26]</sup>。景观指数是能够高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置的简单定量指标<sup>[27-29]</sup>。景观指数包括景观层次 (Landscape-level)、类型层次 (Class-level) 和斑块层次 (Patch-level) 3 种指标<sup>[26]</sup>,可从不同层次评价渔业资源的空间热冷点结构。

## 2 结果

### 2.1 常规统计与全局空间自相关分析

为了解柔鱼资源整体情况,对其获取的样本数据进行常规统计量及全局空间自相关统计量测算 (表 1)。结果显示,柔鱼样本在 2007 和 2010 年的偏态 Sk 均大于 0,频数分布均为正偏;2007 年的峰态 Ku 小于 3,呈现平峰分布,表明高产值海域较多,2010 年的峰态 Ku 大于 3,呈现尖峰分布,表明 2010 年低产值海域较多;变异值 Cv 显示,柔鱼样本量在 2007 和 2010 年的 Cv 值均大于 0,表明不同空间位置柔鱼资源差异较大,而 2010 年差异程度大于 2007 年;此外,2007 和 2010 年的  $S^2/m$  值均大于 1,表明柔鱼资源呈现较强的聚集分布特征。

全局自相关 Moran's  $I$  统计量表明,西北太平洋柔鱼资源在 2007 和 2010 年均均为正相关,且呈现一定的聚集特征,印证了  $S^2/m$  的计算结果。同时,两个年份的  $Z$  得分均非常高,且  $P$  值均为 0,表明柔鱼资源呈现出显著的聚集分布模式。

表 1 西北太平洋柔鱼资源样本统计参数及全局空间自相关

Table 1 Statistics and global spatial autocorrelation for the fishery resource of *O. bartramii* in the northwestern Pacific Ocean

年份 Year	最大值 Max./ (T/d)	均值 $m$ / (T/d)	标准差 $S$ Std deviation	偏态 Skewness	峰态 Kurtosis	$Cv=s/m$	$S^2/m$	Global Moran's $I^*$	$Z$ 得分 Z-score <sup>*</sup>	$P$
2007	18	5.2114	2.7278	0.9835	1.3936	0.5234	1.4278	0.1619	177.8163	0.0000
2010	15	2.0018	1.4959	1.9772	6.8805	0.7473	1.1179	0.2453	409.6437	0.0000

\* : Global Moran's  $I$ 、Z-score 和  $P$  均为全局空间自相关统计量



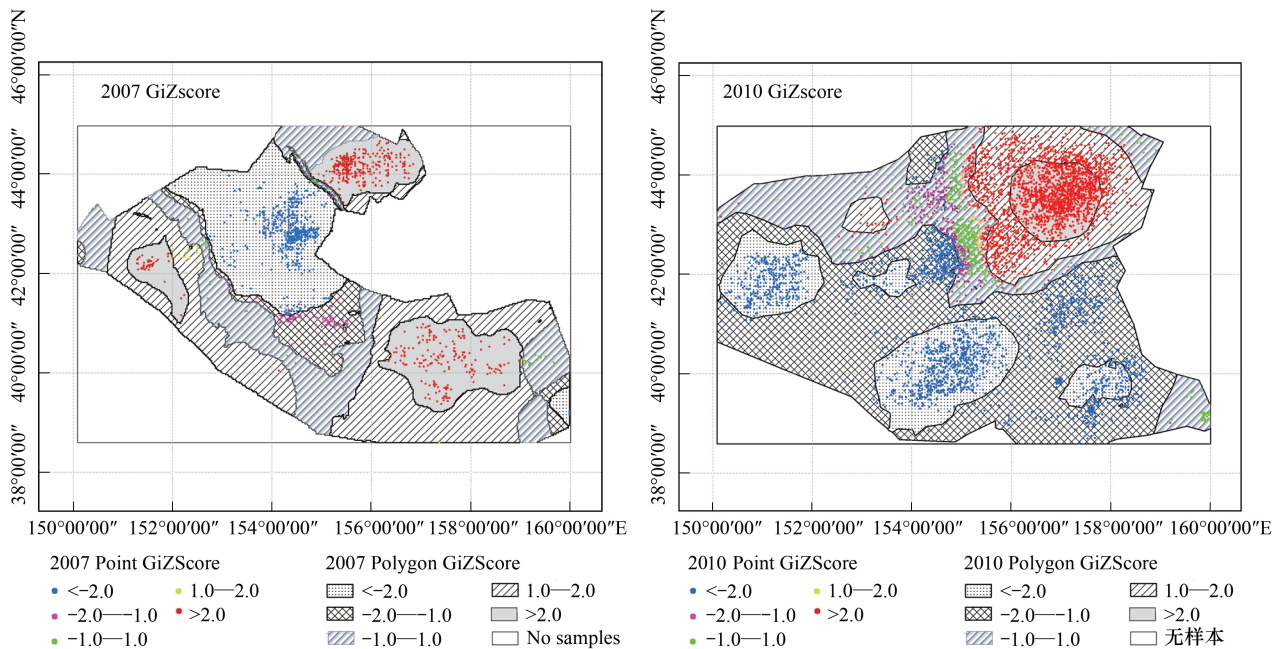


图2 西北太平洋柔鱼资源空间热点和冷点分布特征比较(2007 和 2010 年)

Fig.2 A comparison of distribution of hot/cold spots between 2007 and 2010 for the fishery resource of *O. bartramii* in the northwestern Pacific Ocean

## 2.2 局部空间自相关与空间热冷点分布格局

根据上述理论和方法,在 ArcGIS 桌面软件中对 2007 和 2010 年进行计算和渲染,所得的热冷点区域分布如图 2。其中,GiZscore 表示 Getis-Ord  $G_i^*$  值的 Z 得分,点状 GiZscore 是利用 ArcGIS 渲染之后的可视化图形,而面状 GiZscore 为经过 ArcGIS 克里金插值方法得到的可视化结果<sup>[24,30]</sup>。

图 2 表明,2007 年柔鱼资源的空间热点有 8 个区域,但面积足够大且视觉上可见的只有 3 个,其中心位置分别为 156°E/44°N(A 区)、152°E/42°N(B 区)和 158°E/40°N(C 区),其中 A 区柔鱼资源高值最为密集,C 区密集度次之但范围最大,而 B 区密集度最低且范围最小;同时 2007 年具有 3 个冷点区域,但只有 1 个冷点区域范围较大且视觉上可见,其中心位置为 154°E/43°N(D 区)。图 2 表明,2010 年柔鱼资源的空间热点有 1 个区域,其中心位置为 157°E/43°N(E 区),与 2007 年空间热点 A 区在空间距离上较为接近,但其范围和密集度大于 2007 年 A 区;此外,2010 年具有 5 个冷点区域,其中 4 个区域视觉上可见,中心位置分别为 151°E/42°N(F 区)、153°E/42°N(G 区)、155°E/40°N(H 区)和 157.5°E/39.5°N(I 区),其中 H 区范围最大且资源低值的密集度也较大,G 区范围最小且低值密集度也最小。

## 2.3 空间热冷点的构成

为了研究柔鱼资源空间热冷点的构成及百分比,基于面状的空间热点区域,对 GiZscore 值包含的 5 种类型和“无 sample”数据区进行统计如图 3。图 3 表明,2007 年无数据区域占研究区范围 46.1%,2010 年无数据区则仅占 26.8%。2007 年热点区域占 10.4%,2010 年仅占 3.8%,表明柔鱼资源高值被高值包围的范围减少;2007 年冷点区域占 11.3%,2010 年占 13.1%,比之 2007 年增加了近 2%,表明柔鱼资源低值被低值包围的范围有所增大;不管是

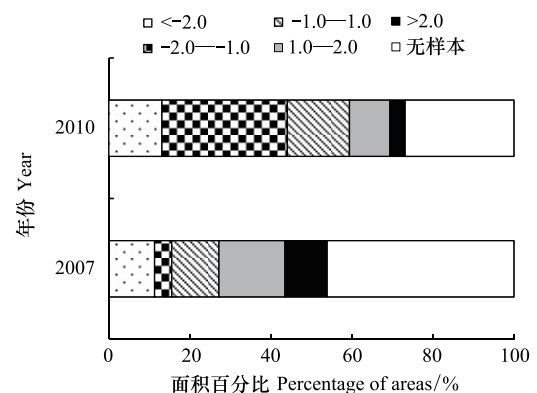


图3 2007 和 2010 年西北太平洋柔鱼资源热冷点构成

Fig.3 Percentage of hot/cold spots for the fishery resource of *O. bartramii* in the northwestern Pacific Ocean in 2007 and 2010, respectively

2007 年还是 2010 年,其余非热点和冷点(即聚集性不显著或呈随机分布)所占的面积较大,尤其是 2010 年 GiZscore 值在 $[-2.0, -1.0]$ 范围内的面积达到了 31.0%,表明研究区内大部分渔获量并不高。对比 2010 年原始点位数据,CPUE $\leq 2.0$ 的数据点为 4048 个,占总数据量的 70.5%。

## 2.4 空间热冷点的变动

基于 GIS 的空间叠置分析,本文检测了柔鱼资源热冷点在空间位置上的变动(图 4)。

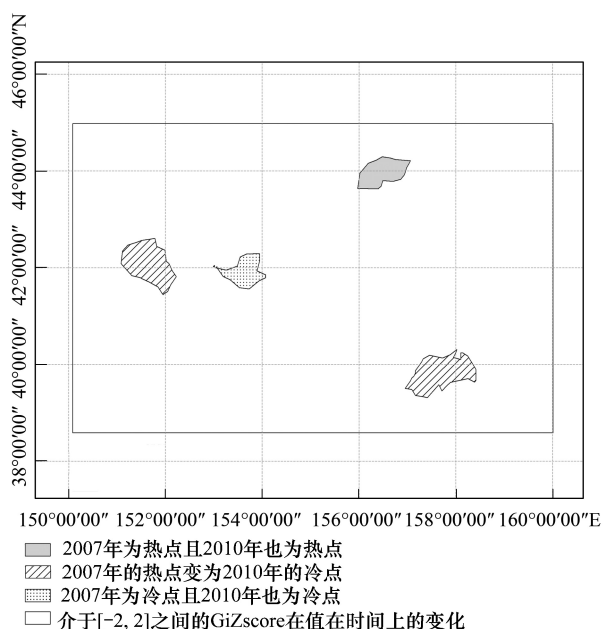


图 4 2007 和 2010 年西北太平洋柔鱼资源热冷点变动的比较  
Fig.4 A comparison of hot/cold spots change between 2007 and 2010 for the fishery resource of *O. bartramii* in the northwestern Pacific Ocean

图 4 表明,对比 2007 和 2010 年仅有 1 个区域为空间热点不变,其中心位置为  $156.5^{\circ}\text{E}/44^{\circ}\text{N}$ ;从 2007 年空间热点变成 2010 年空间冷点的区域有 2 个,中心点分别位于  $151.5^{\circ}\text{E}/42^{\circ}\text{N}$  和  $157.5^{\circ}\text{E}/39.5^{\circ}\text{N}$ ;对比 2007 和 2010 年呈现空间冷点不变的区域有 1 个,其中心位置为  $156.5^{\circ}\text{E}/44^{\circ}\text{N}$ 。此外,聚集性不显著或呈随机分布的非热点和冷点区域之间的变动,在研究区域占据了主导地位,但是热点和冷点之间的变动是本区域的柔鱼资源的关键性信息。

## 3 分析与讨论

### 3.1 关于渔区划分和 TIN 预处理

在传统渔业资源研究中,无论是有关渔情预报<sup>[1-2,11]</sup>、HSI 建模<sup>[10]</sup>还是空间分析<sup>[13-17]</sup>,均将渔获

量分成不同的渔区进行统计,如  $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$  为一个渔区。这样的渔区划分方法非常经典,也具有其理论依据与实践意义,在渔业资源研究中被广泛接受。从空间角度来看,渔区的划分是否能够准确地代表采样点的空间特性,是需要结合渔业捕捞作业和空间采样理论来综合考虑的。在这方面,形成了一个既有实践价值又具有科学意义的主题,即渔业资源 CPUE 的标准化<sup>[22]</sup>。渔区划分和 CPUE 标准化之后的空间数据,在空间中形成了规则的分布模式。但是,渔业资源的空间分析主要是从空间视角对其分布进行考察;而从 GIS 的角度来看,空间分析偏好不规则的数据分布形式,并从中挖掘潜在的规律<sup>[24]</sup>。因此,本文利用的数据为原始捕捞记录数据,即每个数据点位置就是捕捞渔船所记录的空间位置,其属性值即为 CPUE。基于这种不规则的原始空间数据,能够获取更为准确的空间热点和冷点区域。

此外,研究范围( $150^{\circ}\text{E}$ — $160^{\circ}\text{E}$ 、 $38^{\circ}\text{N}$ — $45^{\circ}\text{N}$ )内很多区域是没有渔业捕捞数据的,即渔船并没有到达这些区域生产。但是,这并不表明这些区域没有渔业资源。如果将这些没有数据的区域纳入空间热点的研究,很可能会增加空间分析的不确定性和误差。因此,将无数据区域划分为“*No samples*”类型,不参与空间热点的分析,这将极大降低 GIS 空间分析的不确定性。然而,无数据区域的确定是一个困难的问题。本文采用了 GIS 中的 TIN 三角网方法<sup>[23]</sup>,将数据采样区域和无采样区域分开。规则的渔区分布数据不能体现 TIN 的不规则特性,很难构造有效的 TIN 三角网,再次印证了利用原始数据进行分析的必要性。由于 GIS 中的 TIN 三角网必须是凸包<sup>[23]</sup>,而图 1 中所示的 TIN 包含了凹多边形,因此它实际上并不是 GIS 中的标准 TIN 三角网。这是因为,如果采用标准 TIN,很多无渔获量区域将被包括在有数据的区域内。因此,本文对标准 TIN 进行修改,将被包含在标准 TIN 内、但无渔获量的区域剔除,形成了图 1 所示的三角网。由于剔除了数据无关区域,故而在点状和面状热冷点区域的探测中,由于原始数据造成的误差则会减小;因此,TIN 三角网的构建能够很好地辅助柔鱼资源的空间热点分析,从而减小分析的不确定性。

### 3.2 基于景观指数的空间热冷点格局评价

本文同时采用了景观和类型两种层次的指数,

分别对柔鱼资源的空间热冷点进行评价。景观层次指数评价的是柔鱼资源每一年的整体空间结构,类型层次指数评价的是柔鱼资源的热点、冷点或随机分布等每一类型的空间结构。在计算景观指数时去除了“No samples”,即将无样本的海域当作背景进行处理,结果分别见表 2 和表 3。

表 2 中 NP 指数显示,2007 和 2010 年西北太平洋柔鱼资源分别包含 31 和 19 个斑块,表明 2007 年热冷点的组成结构较 2010 年复杂;LPI 指数表示景观中最大斑块占整体景观的比例,对应 2007 和 2010 年的 GiZscore 值,最大斑块所属类型分别为“1.0—2.0”和“-2.0—-1.0”,与图 3 所示结果一致;LSI 指数大于 1,表明热冷点格局的几何形状稍显复杂,但是这种复杂程度并不高;PAFRAC 指数的意义为热

冷点格局的分维数,表 2 中具体数值说明其复杂性和自相似并不高,但 2007 年比 2010 年复杂程度稍高;CONTAG 指数较高,表明热冷点格局的聚集性非常强,即存在优势热点或冷点斑块;DIVISION 指数介于 0 到 1 之间,0 表示热冷点只由 1 个斑块组成,而 1 表示热冷点由很多复杂的斑块组成,表 2 显示了在斑块组成结构上 2007 年的复杂程度高于 2010 年;同时,SHDI 和 SIDI 指数均表明了柔鱼资源热冷点格局的多样性呈均衡化趋势,也说明了柔鱼资源的异质性较强。该空间异质性反映出,在空间结构上有多种类型的柔鱼分布形式(热点、冷点、统计不显著和随机分布等),交错地存在于西北太平洋海域,且在各个方向上其分布性质也不相同。

表 2 景观层次的柔鱼资源空间热冷点格局评价

Table 2 Landscape-level metrics of hot/cold spots for the fishery resource of *Ommastrephes bartramii* in the northwestern Pacific Ocean

年份 Year	NP	LPI/%	LSI	PAFRAC	CONTAG	DIVISION	SHDI	SIDI
2007	31	16.2849	3.4097	1.2031	47.7832	0.9641	1.5378	0.7744
2010	19	30.0079	3.2199	1.1542	52.4525	0.8763	1.4241	0.7236

NP:区域中与周围环境在外貌和性质上有别的均质性生态景观单元的数量;LPI:景观中最大斑块占整体景观的比例;LSI:反映斑块形状的破碎化程度和复杂程度;PAFRAC:景观中斑块的自相似及复杂程度的指标;CONTAG:景观中不同斑块类型的非随机性或聚集程度;DIVISION:景观分裂指数;SHDI:香浓多样性指数,表明斑块类型的均衡化趋势;SIDI:辛普森多样性指数,意义与 SHDI 类似<sup>[26-29]</sup>

表 3 中 NP 指数显示了热点、冷点等各类型 GiZscore 值对应的斑块数量,对应于“>2.0”为空间热点,对应于“<-2.0”为空间冷点,同时各类型斑块的总数与表 2 一致;LPI 指数揭示各类型中最大斑块占总景观(热点和冷点分布)面积的比例,如 2010 年

中 30.0079%表示 GiZscore 值介于-2.0 和-1.0 之间的面积占总景观的比例;LSI 表明各类型结构的复杂性,可以看出 2007 年空间热点的复杂程度(2.5146)大于 2010 年(1.1345),2007 年有 8 个热点而 2010 年只有 1 个热点,很显然 2007 年更加复杂;与此类

表 3 类型层次的柔鱼资源空间热冷点格局评价

Table 3 Class-level metrics of hot/cold spots for the fishery resource of *Ommastrephes bartramii* in the northwestern Pacific Ocean

年份 Year	空间热冷点 Hot/Cold spots	NP	LPI/%	LSI	IJI	COHESION	DIVISION	AI
2007	>2.0	8	5.7816	2.5146	21.4769	98.6967	0.9955	98.5103
	1.0—2.0	9	9.3199	5.0506	50.0000	99.1187	0.9873	96.8180
	-1.0—1.0	6	6.6647	4.7110	67.2694	98.8160	0.9947	96.5395
	-2.0—-1.0	5	3.5828	4.6412	49.1255	98.1711	0.9987	94.3356
	<-2.0	3	16.2849	1.8364	17.1953	99.3280	0.9880	99.2108
2010	>2.0	1	3.7564	1.1345	0.0000	98.6933	0.9986	99.7695
	1.0—2.0	2	9.2049	2.4691	45.4337	99.1891	0.9915	98.4677
	-1.0—1.0	5	12.8751	3.8091	49.2476	99.2928	0.9831	97.6315
	-2.0—-1.0	6	30.0079	3.8246	48.4071	99.7475	0.9099	98.3298
	<-2.0	5	7.0042	2.5785	0.0000	98.6430	0.9933	98.5594

LPI:景观中最大斑块占某类型景观的比例;IJI:散布与并列指数;COHESION:斑块的整体性和凝聚度;AI:斑块异质性增加与景观多样性退化过程中的景观聚集指数;其余 NP、LSI 和 COHESION 的意义与表 2 相同,但在本表中属于类型层次<sup>[26-29]</sup>



似,2007 年的空间冷点复杂程度低于 2010 年; IJI 指数表明, 其值越高则热冷点的空间异质性越高, 各类型之间的连接性下降, 这说明 2007 年柔鱼资源的异质性高于 2010 年, 而 2010 年热点 ( $>2.0$ ) 和冷点 ( $<-2.0$ ) 呈规则形状分布的趋势 (IJI 为 0) 较明显; COHESION 指数表明了柔鱼资源空间热冷点各类型的关联程度, 从具体数据可知 COHESION 较大且接近于 100, 表明各类型的整体性和凝聚度均很高; 表 3 中各类型的 AI 指数均较大且接近于 100, 表明各类型的聚集度较高。

可见, 将柔鱼资源的热冷点空间格局看成一种景观分布, 利用景观和类型层次两种指数对其进行刻画和分析, 能够深入挖掘其内在结构与特征。总结起来, 西北太平洋柔鱼资源的空间特征包括: 1) 中

心位置位于  $156.5^{\circ}\text{E}/44^{\circ}\text{N}$  的区域可能是多年的热点和高产量区域; 2) 冷点或统计不显著的区域在该海域是优势斑块; 3) 热冷点格局的聚集性非常强; 4) 资源分布的异质性较高。

### 3.3 空间热冷点与海表温的关系

柔鱼资源热冷点格局的变动, 很大程度上反映了中心渔场的变动, 而引起这种变动的因素是多方面的, 如渔业捕捞本身、海洋环境要素 (亲潮、表温及饵料对象等) 以及全球气候变化等。本文以国际海洋水色协调组 (IOCCG, <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) 提供的年平均海表温度 (Annual Mean SST) 为例, 分析柔鱼资源空间热冷点分布与海洋环境的关系 (图 5)。

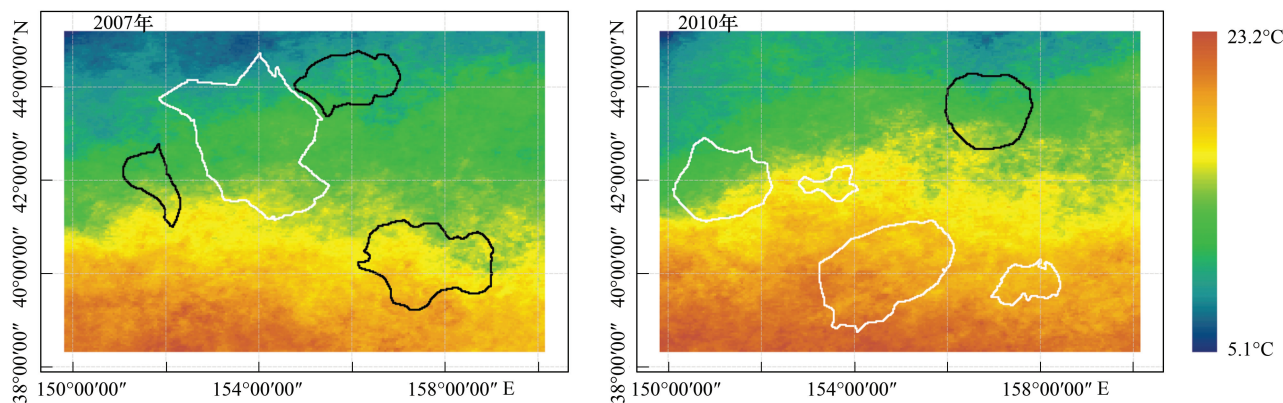


图 5 西北太平洋年平均海表温度与柔鱼空间热冷点的关系 (2007 和 2010 年)

Fig.5 The relationship between annual mean sea surface temperature and hot/cold in the northwestern Pacific Ocean in both 2007 and 2010

黑线: 热点区域, 白线: 冷点区域

根据图 5 中西北太平洋柔鱼资源热冷点与年平均海表温的叠加显示, 同时结合日本气象厅发布的数据和报告 (<http://www.data.kishou.go.jp>), 可知 2007 年西北太平洋海域平均海表温度总体上略低于正常水温, 但从 6 月中旬开始在整个盛渔期平均海表温有不同程度的升高, 月平均增长  $3^{\circ}\text{C}$ , 持续至 10 月中旬开始有所回落。此阶段黑潮和亲潮交汇相互作用最为强烈, 2007 年亲潮势力为 1997 年以来最弱, 但是受影响的水域面积较小, 相对来说黑潮势力占主导优势<sup>[1]</sup>。黑潮自  $31^{\circ}\text{N}$  向北蜿蜒, 2 月产生了向东的离岸流, 并形成几个小分支蜿蜒至西北太平洋<sup>[9]</sup>。西北太平洋柔鱼渔区的形成受温度和海流的影响, 近一半作业渔区产量相对较高, 但并未充分保证空间热点的形成 (图 2), 最终形成空间热冷点分

布面积大致相当的格局。

图 5 表明西北太平洋海域 2010 年平均海表温度稍高于 2007 年, 亦为非大弯曲年份。该年亲潮势力强盛, 3 月到达  $37^{\circ}\text{N}$  附近, 至 5 月亲潮最南端靠近  $39^{\circ}\text{N}$ , 慢慢形成了暖涡, 在暖涡附近产生的上升流带来了丰富的营养盐等条件, 形成了一个中心渔场, 一直持续至 8 月<sup>[1]</sup>。同时 2010 年黑潮势力较弱, 越往东流力量越弱, 没有形成主流。因此整个西北太平洋柔鱼渔场受亲潮势力影响, 盛渔期渔场集中分布在  $40^{\circ}-45^{\circ}\text{N}$ 、 $154^{\circ}-158^{\circ}\text{E}$ , 随亲潮的流动渔场有所迁移<sup>[1]</sup>。根据本文对空间热冷点分布的探测, 显示在  $38^{\circ}-45^{\circ}\text{N}$ 、 $150^{\circ}-160^{\circ}\text{E}$  海域空间冷点较多, 较为分散, 大多分布在  $43^{\circ}\text{N}$  以南; 而热点区域非常集中于  $42^{\circ}-45^{\circ}\text{N}$ 、 $155^{\circ}-158^{\circ}\text{E}$  海域 (图 2)。这与受

亲潮势力影响的渔区所在海域基本一致,反应了柔鱼鱼群为集中分布,并指示了中心渔场所在的区域。

#### 4 结论

本文利用 ESDA 中全局和局部空间自相关方法,对西北太平洋柔鱼资源的分布格局进行了探索性分析。基于局部空间自相关方法,对 2007 和 2010 年西北太平洋柔鱼资源的空间热冷点结构进行了可视化制图,结果显示该区域 2007 年存在 3 个显著的热点和 1 个冷点,2010 年存在 1 个热点和 4 个冷点;聚集性不显著或呈随机分布的非热冷点区域之间的变动,在研究区域占据了主导地位。结合海洋环境因素,并利用百分比堆积图、空间变化检测和景观指数等方法进行了深入分析与挖掘,揭示了西北太平洋柔鱼资源中的内在特征。

此外,所有空间分布及其规律均是在建立在某种空间尺度的基础之上的。本文采用不是经过渔区划分的柔鱼资源数据,而是捕捞作业的原始点位数据,因此在后续研究中将对建立在渔区划分之上的热冷点格局进行补充分析,并与本研究的结果进行比较,同时考虑渔区空间尺度对热冷点分析的影响。

#### References:

- [ 1 ] Chen X J, Tian S Q, Chen Y, Cao J, Ma J, Li S L, Liu B L. Fishery Biology for *Ommastrephes Bartramii* in the Northwestern Pacific Ocean. Beijing: Science Press of China, 2011.
- [ 2 ] Chen X, Liu B, Chen Y. A review of the development of Chinese distant-water squid jigging fisheries. Fisheries Research, 2008, 89 (3): 211-221.
- [ 3 ] Lin Q, Jin X S, Zhang B. Trophic interactions, ecosystem structure and function in the southern Yellow Sea. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2013, 31(1): 46-58.
- [ 4 ] Liu W, Lin Z J, Jiang Y E, Huang Z R. Spatial distribution of demersal fishery resources in the continental shelf of the northern South China Sea. Journal of Tropical Oceanography, 2011, 30 (5): 95-103.
- [ 5 ] Li S F, Yan L P, Li H Y, Li J S, Cheng J H. Spatial distribution of cephalopod assemblages in the Region of the East China Sea. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(6): 936-944.
- [ 6 ] Chen X J, Xu L X, Tian S Q. Spatial and temporal analysis of *Ommastrephes bartramii* resources and its fishing ground in North Pacific Ocean. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(4): 334-342.
- [ 7 ] Wang H Z, Li C H, Jia X P. The fishery production from the north part of the South China Sea using the primary production method. Marine Fisheries Research, 2005, 26(3): 9-15.
- [ 8 ] Yang S L, Zhang Y, Zhang H, Wang D, Ma J J, Zhang J, Cui X S. The relationship between the temporal-spatial distribution of fishing ground of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and thermocline characteristics in the tropic Indian Ocean. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(3): 671-679.
- [ 9 ] Wang W Y, Zhou C H, Shao Q Q, Mulla D J. Remote sensing of sea surface temperature and chlorophyll-a: Implications for squid fisheries in the north-west Pacific Ocean. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(17/18): 4515-4530.
- [ 10 ] Feng Y J, Chen X J, Yang X M, Gao F. HSI modeling and intelligent optimization for fishing ground forecasts using a genetic algorithm. Acta Ecologica Sinica, 2013, doi: 10.5846/stxb201212171813.
- [ 11 ] Fan W, Cui X S, Wu Y M, Zhou W F, Chen X Z. Key technologies of operational application in fishing ground analysis and forecasting. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20 (1): 234-241.
- [ 12 ] Xu H L, Ma Z H, Qiao X T, Yang Y. Status of research and application of Geographic Information System (GIS) in Chinese marine fishery. Marine Science Bulletin, 2012, 31(1): 113-119.
- [ 13 ] Shao Q Q, Zhou C H, Shen X Q, Yang C J. Operational GIS and RS technology & methods for marine fishery. Journal of Remote Sensing, 2003, 7(3): 194-200.
- [ 14 ] Su F Z, Du Y Y, Yang X M, Liu B G. Geo-association rule with spatiotemporal reasoning. Geo-information Science, 2004, 6(4): 66-70.
- [ 15 ] Yang X M, Dai X J, Zhu G P. Geostatistical analysis of spatial heterogeneity of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) purse seine catch in the western Indian Ocean. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(15): 4682-4690.
- [ 16 ] 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, 2013, doi: 10.5846/stxb201211101579.
- [ 17 ] Niu M X. Spatiotemporal Dynamics of Anchovy Population and Its Response to Environmental Factors in the Yellow Sea Based on Ocean RS and GIS [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2012.
- [ 18 ] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics. Geographical Analysis, 1992, 24(3): 189-206.
- [ 19 ] Anselin L. Local indicators of spatial association-LISA. Geographical Analysis, 1995, 27(2): 93-115.
- [ 20 ] Zhang S L, Zhang K. Contrast study on Moran and Getis-Ord indexes of local spatial autocorrelation indices. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2007, 27(3): 31-34.
- [ 21 ] Zhang S L, Zhang K. Comparison between general Moran's Index and Getis-Ord General G of spatial autocorrelation. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2007, 46(4): 93-97.
- [ 22 ] Tian S Q, Chen Y, Chen X J, Xu L X, Dai X J. Impacts of spatial scales of fisheries and environmental data on catch per unit effort standardization. Marine and Freshwater Research, 2009, 60 (12): 1273-1284.
- [ 23 ] Longley P A, Goodchild M, Maguire D J, Rhind D W.

- Geographic Information Systems and Science 3ed ed. New York: Wiley, 2009.
- [24] Mitchell A. The ESRI Guide to GIS Analysis (Volume 2). California: ESRI Press, 2005.
- [25] Wu J G. Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2007.
- [26] McGarigal K, Cushman S A, Ene E. FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. Computer Software Program Produced by the Authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>, 2012 (accessed 10 May 2013).
- [27] Feng Y J, Han Z. RS and GIS derived spatio-temporal evolution of water landscape in coastal areas: A case study of Shanghai section on the northern Bank of Hangzhou Bay. Remote Sensing for Land and Resources, 2011, 23(1): 123-127.
- [28] Feng Y J, Liu Y, Han Z. Land use simulation and landscape assessment by using genetic algorithm based on cellular automata under different sampling schemes. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(4): 957-963.
- [29] Feng Y J, Han Z. Impact of neighbor configurations on spatially-explicit modeling results. Geographical Research, 2011, 30(6): 1055-1065.
- [30] Liu A L, Wang P F, Ding Y Y. An Introduction to Geostatistics. Beijing: Science Press of China, 2012.
- [8] 杨胜龙, 张禹, 张衡, 王栋, 马军杰, 张晶, 崔雪森. 热带印度洋黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系. 生态学报, 2012, 32(3): 671-679.
- [10] 冯永玖, 陈新军, 杨晓明, 高峰. 基于遗传算法的渔情预报 HSI 建模与智能优化. 生态学报, 2013, doi: 10.5846/stxb201212171813.
- [11] 樊伟, 崔雪森, 伍玉梅, 周为峰, 陈雪忠. 渔场渔情分析预报业务化应用中的关键技术探讨. 中国水产科学, 2013, 20(1): 234-241.
- [12] 徐海龙, 马志华, 乔秀亭, 杨翼. 我国海洋渔业地理信息系统发展现状. 海洋通报, 2012, 31(1): 113-119.
- [13] 邵全琴, 周成虎, 沈新强, 杨崇俊. 海洋渔业遥感地理信息系统应用服务技术和方法. 遥感学报, 2003, 7(3): 194-200.
- [14] 苏奋振, 杜云艳, 杨晓梅, 刘宝银. 地学关联规则与时空推理的渔业分析应用. 地球信息科学, 2004, 6(4): 66-70.
- [15] 杨晓明, 戴小杰, 朱国平. 基于地统计分析西印度洋黄鳍金枪鱼围网渔获量的空间异质性. 生态学报, 2012, 32(15): 4682-4690.
- [16] 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和空间异质性分析. 生态学报, 2013, doi: 10.5846/stxb201211101579.
- [17] 牛明香. 基于海洋遥感和 GIS 的黄海鲷鱼种群时空动态及对海洋环境因子的响应[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [20] 张松林, 张昆. 空间自相关局部指标 Moran 指数和 G 系数研究. 大地测量与地球动力学, 2007, 27(3): 31-34.
- [21] 张松林, 张昆. 全局空间自相关 Moran 指数和 G 系数对比研究. 中山大学学报: 自然科学版, 2007, 46(4): 93-97.
- [25] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [27] 冯永玖, 韩震. 基于遥感和 GIS 的海岸带水域生态景观格局演变研究——以杭州湾北岸上海市段为例. 国土资源遥感, 2011, 23(1): 123-127.
- [28] 冯永玖, 刘艳, 韩震. 不同样本方案下遗传元胞自动机的土地利用模拟及景观评价. 应用生态学报, 2011, 22(4): 957-963.
- [29] 冯永玖, 韩震. 元胞邻域对空间直观模拟结果的影响. 地理研究, 2011, 30(6): 1055-1065.
- [30] 刘爱利, 王培法, 丁园圆. 地统计学概论. 北京: 科学出版社, 2012.

#### 参考文献:

- [1] 陈新军, 田思泉, 陈勇, 曹杰, 马金, 李思亮, 刘必林. 北太平洋柔鱼渔业生物学. 北京: 科学出版社, 2011.
- [4] 刘维, 林昭进, 江艳娥, 黄梓荣. 南海北部陆架区底层渔业资源的空间分布特征. 热带海洋学报, 2011, 30(5): 95-103.
- [5] 李圣法, 严利平, 李惠玉, 李建生, 程家骅. 东海区头足类群聚空间分布特征的初步研究. 中国水产科学, 2006, 13(6): 936-944.
- [6] 陈新军, 许柳雄, 田思泉. 北太平洋柔鱼资源与渔场的时空分析. 水产学报, 2003, 27(4): 334-342.
- [7] 王增焕, 李纯厚, 贾晓平. 应用初级生产力估算南海北部的渔业资源量. 海洋水产研究, 2005, 26(3): 9-15.



# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.7 Apr., 2014 (Semimonthly)

## CONTENTS

### Frontiers and Comprehensive Review

- The 5000-year climate change of northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and historical ecology of Zoige wetlands ..... HE Yixin, WU Ning, ZHU Qiu'an, et al (1615)
- Altitudinal distribution rule of *Picea schrenkiana* forest's soil organic carbon and its influencing factors ..... Aminem ELI, CHANG Shunli, ZHANG Yutao, et al (1626)

### Autecology & Fundamentals

- Daily stem radial variation of *Pinus koraiensis* and its response to meteorological parameters in Xiaoxing'an mountain ..... LI Xinghuan, LIU Ruipeng, MAO Zijun, et al (1635)
- Effects of logging residues on surface soil biochemical properties and enzymatic activity ..... WU Bobo, GUO Jianfen, WU Junjun, et al (1645)
- Characteristics of soil macroaggregates under typical forests in Pangquangou Nature Reserve ..... BAI Xiumei, HAN Youzhi, GUO Hanqing (1654)
- Modeling tree crown structure of Simao pine (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) natural forest ..... OU Guanglong, XIAO Yifa, WANG Junfeng, et al (1663)
- Influence of magnesium deficiency and excess on chlorophyll fluorescence characteristics of Newhall navel orange leaves ..... LING Lili, HUANG Yi, PENG Liangzhi, et al (1672)
- Seed foraging and dispersal of Chinese yew (*Taxus chinensis* var. *mairei*) by frugivorous birds within patchy habitats ..... LI Ning, WANG Zheng, LU Changhu, et al (1681)
- Interactions between heavy metal lead and two freshwater algae ..... LIU Lu, YAN Hao, LI Cheng, et al (1690)
- Annual variations of the primary productivity and its size-fractioned structure in culture ponds of *Apostichopus japonicus* Selenka ..... JIANG Senhao, ZHOU Yibing, TANG Boping, et al (1698)
- Growth and photosynthetic activity of *Microcystis* colonies after gut passage through silver carp and bighead carp ..... WANG Yinping, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (1707)
- Contents of two coumarins in *Ipomoea cairica* and their effects on *Pomacea canaliculata*, *Orzya sativa*, and *Echinochloa crusgalli* ..... YOU Changyan, YANG Yu, HU Fei, et al (1716)

### Population, Community and Ecosystem

- Population and habitat status of Asian elephants (*Elephas maximus*) in Mengla Sub-reserve of Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan of China ..... LIN Liu, JIN Yanfei, CHEN Dekun, et al (1725)
- Seasonal changes of functional guilds of fish community in Laizhou Bay, East China ..... LI Fan, XU Bingqing, MA Yuanqing, et al (1736)
- Effect of long-term fertilization pattern on weed community diversity in wheat field ..... JIANG Min, SHEN Mingxing, SHEN Xinpeng, et al (1746)
- Ecological process of water transformation in furrow and ridge mulching system in oat field under extreme drought scenario ..... ZHOU Hong, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (1757)

### Landscape, Regional and Global Ecology

- Simulations and analysis on the effects of landscape pattern change on flood and low flow based on SWAT model ..... LIN Bingqing, CHEN Xingwei, CHEN Ying, et al (1772)
- Phenological variation of alpine grasses (Gramineae) in the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China during the last 20 years ..... XU Weixin, XIN Yuanchun, ZHANG Juan, et al (1781)
- Landscape aesthetics in different areas of Lijiang City ..... GUO Xianhua, ZHAO Qianjun, CUI Shenghui, et al (1794)
- Temporal and spatial pattern of *Scenedesmus* in the river web of the Pearl River Delta, China ..... WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (1800)

- Spatiotemporal dynamics of bacterial abundance and related environmental parameters in Lake Bosten ..... WANG Bowen, TANG Xiangming, GAO Guang, et al (1812)
- Scale domain recognition for land use spatial fractal feature based on genetic algorithm ..... WU Hao, LI Yan, SHI Wenzhong, et al (1822)
- Relationships of stable carbon isotope of *Abies faxoniana* tree-rings to climate in sub-alpine forest in Western Sichuan ..... JIN Xiang, XU Qing, LIU Shirong, et al (1831)
- An exploratory spatial data analysis-based investigation of the hot spots and variability of *Ommastrephes bartramii* fishery resources in the northwestern Pacific Ocean ..... FENG Yongjiu, CHEN Xinjun, YANG Mingxia, et al (1841)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Spatial differentiation research of non-use value WTP based on the residents' ecological cognition: taking the sanjiang plain as a case ..... GAO Qin, AO Changlin, CHEN Hongguang, et al (1851)
- Contamination characteristics in surface water and coastal groundwater of Hunhe River ..... CUI Jian, DU Jizhong, WANG Xiaoguang (1860)
- Social ecological system and vulnerability driving mechanism analysis ..... YU Zhongyuan, LI Bo, ZHANG Xinshi (1870)
- Research Notes**
- Effects of iso-osmotic  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  and NaCl stress on growth and physiological characteristics of cucumber seedlings ..... ZHOU Heng, GUO Shirong, SHAO Huijuan, et al (1880)
- View Point**
- The discussion about the designation and content of ecological conservation and construction ..... SHEN Guofang (1891)

# 《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 魏辅文

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 7 期 (2014 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 7 (April, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元