

文章编号: 1000-0615(2003)02-0143-08

# 东海北部鲈 中心渔场形成机制的统计学

苗振清

(浙江海洋学院, 浙江 舟山 316004)

**摘要:** 鲈、蓝圆 是东海北部主要中上层鱼类, 其渔场的形成、时空变化受海洋环境因子变化的制约。研究其中心渔场的形成机制, 探究两者之间的关系对于掌握鲈 鱼洄游、分布规律、合理利用及资源保护具有重要意义。根据 1987-1990 年在 29~32°N, 124.5°E 以西海域的海洋环境调查资料和鲈 渔场资料, 在 GIS 平台上, 运用稳健统计方法分析海洋环境若干因子和中心渔场的相互关系及其时空变化, 确定形成渔场的制约因素, 并研究中心渔场的形成机制, 构建基于模糊聚类的数学模型, 通过数值试验确定以 75% 的隶属度作为判断依据, 将得出的结果用 1987-1990 年及 1997 年的资料进行验证, 发现用于指导生产能取得良好效果。研究表明, 中心渔场的特征参数为, 底层温度介于 19.0~21.0°C, 中心为 20.0°C, 盐度为 33.0~34.5, 中心为 33.75, 饵料生物量介于 137~409 mg·m<sup>-3</sup> 之间。而且中心渔场的位置和水文要素的时空变化之间存在一定的相关性, 尤其是底温和底盐, 其相关系数平方最大分别可达 0.9935 和 0.9988。构建数学模型用于东海北部鲈 中心渔场形成机制的研究, 实现对中心渔场时空预报, 在一定程度上弥补了定性分析方法的不足。

**关键词:** 东海北部; 鲈 渔场; 形成机制; 统计分析

中图分类号: S931.4 文献标识码: A

## The statistical research on the formation mechanism of central fishing ground of *Pneumatophorus japonicus* and *Decapterus maruadsi* in the north of East China Sea

MIAO Zhen-qing

(Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

**Abstract:** *Pneumatophorus japonicus* and *Decapterus maruadsi* are the main pelagic fishes in the East China Sea, the formation and the spatio-temporal variety of its fishing ground is restricted by the change of environmental factors. It is very significant to research the formation mechanism of central fishing ground and explore their relation for knowing the law of migration and distribution of *Pneumatophorus japonicus* and *Decapterus maruadsi* and rationally using and protecting marine fishery resources. Based on the data of marine environmental investigation in the west of 29~32°N, 124.5°E from 1987 to 1990, in the platform of GIS, using moderate statistic method, the study has been conducted on analyzing the relation between central fishing ground and some factors of marine environment and its alteration as the time and space change, then on determining the main effectual factors of fishing ground formation, and researching the mechanism of the formation of fishing ground. On this basis, a mathematical model is established by using fuzzy set theory. Numeric examination educed that of

收稿日期: 2003-01-21

资助项目: 国家 863 计划项目资助(2001AA623020)、国家教育部科学技术研究重点项目资助(02060)

作者简介: 苗振清(1959-), 男, 山东昌邑人, 副教授, 硕士, 主要从事海洋渔业资源与环境研究。Tel: 0580-2550004, E-mail: mzq@

using the grade of membership of 75% as the criterion. Using the data from 1987 to 1990 and that of 1997 to check the model, it is found that, applying the model to fishing production, a good result would be gotten. The conclusion is that, the characteristics parameters, bottom temperature ranges from 19.0°C to 21.0°C, bottom salinity ranges from 33.0 to 34.5, and the prey biomass ranges from 137 to 409mg·m<sup>-3</sup> and the square of correlative coefficient of bottom temperature and salinity can reach 0.9935 and 0.9988 respectively, which indicates their relation is very consanguineous. The method, that establishes the mathematical model and applies it to study the formation mechanism of central fishing ground of *Pneumatophorus japonicus* and *Decapterus maruadsi* in the North of East China Sea so as to predict the parameters of fishing ground as the change of time and space, will, to some extent, compensate for the deficiency of qualitative analysis.

**Key words:** north of East China Sea; fishing ground of *Pneumatophorus japonicus* and *Decapterus maruadsi*; mechanism of formation; statistics

鲈 (*Pneumatophorus*)、蓝圆 ( *Decapterus maruadsi* ) 是东东北部主要中上层鱼类。自 20 世纪 60 年代以来, 部分学者仅就渔场和水文之间的相互关系进行了定性的探讨<sup>[1-5]</sup>。本文根据 1987- 1990 年在 29~ 32°N, 124.5°E 以西海域的海洋环境调查资料和鲈 渔场资料, 利用模糊聚类和稳健统计学方法, 对东东北部鲈 中心渔场形成机制进行定量研究, 并将结果用 1997- 1998 年的渔场资料进行验证, 旨在指导渔业生产、保护资源提供理论和实践依据。

## 1 材料和方法

主要依据“东东北部渔场鲈 等中上层鱼类进一步开发利用和渔情预报”课题组 1987- 1990 年 6- 10 月在 29~ 32°N, 124.5°E 以西海域的海洋环境调查资料和国家海洋局东海监测中心发布的南黄海、东海海况简报和同期浙江省集体渔业的渔捞资料, 运用模糊数学和稳健统计学的方法确定海区的各项表征值并分析海洋环境要素与中心渔场间的关系及其时空变化规律, 构建数学模型, 并将资料和结果显示在 GIS 平台上, 以保证使用方便、快捷。海洋由于其水流的复杂性以及复杂的生化过程导致物质分布的不规则性, 海洋环境因子的分布一般呈现偏态分布, 用平均值很难表征其分布, 采用稳健统计学中的极大似然估计(L 估计)法, 其基本原理如下: 设样本( $X^1, X^2, \dots, X^n$ )的次序统计量是  $X^{(1)} \leq X^{(2)} \leq \dots \leq X^{(m)}$ , 中位数  $T_n^{(1)}$  及其标准偏差  $S$  的计算公式为:

$$T_n^{(1)} = \begin{cases} X_{m+1}, & n = 2m + 1 \\ (X_m + X_{m+1})/2, & n = 2m \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \left[ \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^n (X_i - T_n^{(1)})^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

其中  $X_m$  和  $X_{m+1}$  分别为次序统计量中处于第  $m$  和第  $m+1$  位的样本值。而切尾均值  $T_n^{(2)}$  和 Winsor 均值  $T_n^{(3)}$  及其离散程度也可以用相应的稳健方差  $\sigma^2$  来表示。

$$T_n^{(2)} = \frac{1}{n(1-2\beta)} \sum_{(n+1)\beta < i < (n+1)(1-\beta)} X_{ni} \quad (3)$$

其中  $2\beta$  为置信度, 文中  $\beta = 0.1$ ,  $X_{ni}$  为次序统计量, 其相应的稳健方差  $\sigma_n^2$  为:

$$\sigma_n^2 = (1-2\beta)^{-2} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{(n+1)\beta < i < (n+1)(1-\beta)} \left[ \frac{(X_{ni} - T_n^{(2)})^2 + \beta(\zeta_{n,1-\beta} - T_n^{(2)})^2}{(n+1)\beta < i < (n+1)(1-\beta)} \right] \right\} \quad (4)$$

$$T_n^{(3)} = \frac{1}{n} \sum_{(n+1)\beta < i < (n+1)(1-\beta)} X_{ni} + C_{n1} \zeta_{n\beta} C_{n2} \zeta_{n,1-\beta} \quad (5)$$

其中:  $C_{n1} = [(n+1)\beta]$ ,  $C_{n2} = n - [(n+1)(1-\beta)]$  或  $n - [(n+1)(1-\beta)] + 1$  视  $(n+1)(1-\beta)$  是否为整数而定, 而  $\zeta_{n,1-\beta}$  和  $\zeta_{n\beta}$  分别为接近这一部分样品中的最大值和最小值。其相应的稳健方差  $\sigma_n^2$  为:

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{n(n+1)\beta < i < (n+1)(1-\beta)} \sum (X_{ni} - T_n^{(3)})^2 + 2\beta \left[ \frac{\zeta_{n,1-\beta} - T_n^{(3)}}{f_n \zeta_{n,1-\beta}} + \frac{\beta}{f_n \zeta_{n,1-\beta}} \right]^2 \quad (6)$$

影响鲈 渔场形成和变动的主要海洋环境因子有水文(温度、盐度及其梯度)、营养盐(主要通过其所影响的饵料的量制约)、致危物质含量(环境污染)等<sup>[1, 3]</sup>。选定(29°N、122.5~31°N、124.5°E)划分计算网格,用插值法计算网格的各项值,结合渔场资料确定渔场中各个点的海洋环境因子值用稳健统计法计算鲈 适合生长的温度、盐度和饵料生物量范围及其特征值。依据温度、盐度、饵料生物量为聚类指标,运用模糊聚类划分理论迭代求解模糊预测参数,并采用GIS技术实现数据的转存。

## 2 结果

### 2.1 海洋环境主导因子对鲈 中心渔场形成的影响

计算表明东海北部近海夏秋汛鲈 中心渔场分布与温度、盐度和饵料条件等海洋环境因子的关系极为密切;台湾暖流水舌锋位置的变动对渔场位置的影响很大,且其势力的变化能影响到渔汛的早晚和持续时间,温度、盐度跃层对渔场的范围有直接影响。

#### 2.1.1 鲈 中心渔场的海洋环境主导因子统计特征

鲈 适应的温度盐度范围和饵料情况是影响其分布的重要因子,这是由生态耐受特性所决定的。通常渔场特征值的确定,都是选取平均值的方法,仅考虑其范围的最大值和最小值,很难去除其中的异常值,本研究将渔场资料输入GIS,根据计算区域划分网格,确定渔场各个计算网格中的值(图1),以鱼发旺季8月份为例用稳健统计学方法确定其统计特征(表1、表2)。同样可以计算出7月和9月的稳健统计分布。

表1 1987-1990年历年8月渔场海洋环境主导因子统计结果

Tab.1 The statistic result of main marine environmental factor in August from 1987 to 1990

项 目 item	饵料生物量( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) quantity of bait organisms				底层温度( $^{\circ}\text{C}$ ) temperature of bottom layer				盐度 salinity			
	1987	1988	1989	1990	1987	1988	1989	1990	1987	1988	1989	1990
平均值 average	325	317	264	211	20.0	20.3	21.5	20.5	33.08	33.39	32.26	33.97
标准偏差 standard deviation	61.72	85.93	87.12	36.87	0.35	0.26	0.63	0.42	0.58	0.46	0.94	0.29
变异系数 coefficient variance	0.18	0.27	0.33	0.17	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00
置信区间 confidence interval	246~ 405	206~ 425	151~ 376	163~ 258	19.6~ 20.5	20.0~ 20.7	20.6~ 22.3	19.9~ 21.0	32.32~ 33.82	32.78~ 33.97	31.03~ 33.47	33.59~ 34.34
最大值 max	434	445	407	277	20.5	20.0	22.6	21.1	34.59	34.50	34.00	34.50
最小值 min	184	164	23.5	115	18.3	21.0	20.1	19.1	31.50	32.40	30.39	33.40
中位数 median	334	348	276	213	20.1	20.4	21.5	20.6	33.10	33.30	32.30	34.00
标准偏差 standard deviation	43.2	44.19	59.2	25.59	0.19	0.2	0.5	0.19	0.4	0.29	0.70	0.20
切尾均值 trimmed mean	292	287	242	189	17.9	18.2	19.3	18.2	29.42	29.88	28.98	33.50
标准偏差 standard deviation	9.57	11.19	20	7.22	0.21	0.2	0.46	0.27	0.37	0.38	0.70	0.43
Winsor 化均值 Winsorized mean	326	316	268	212	20.1	20.3	21.5	20.5	33.06	33.39	32.27	33.98
标准偏差 standard deviation	9.57	11.19	20.24	7.22	0.21	0.22	0.46	0.27	0.37	0.38	0.7	0.43
海洋环境特征值 environmental eigenvalue	292	287	242	189	20.1	20.4	21.5	20.6	33.06	33.30	32.27	34.00
特征值置信区间 confidence interval	227~ 405	187~ 410	137~ 380	161~ 259	19.6~ 20.4	20.0~ 20.7	20.6~ 22.3	19.9~ 20.9	32.29~ 33.79	32.87~ 34.12	31.00~ 33.59	33.59~ 34.40

表 2 8 月鲈 适应的温度、盐度范围统计结果  
 Tab. 2 The statistic result of scale of adopted temperature and salinity for *Pneumatophorus japonicus* and *Decapterus maruadsi* in August

区域 region	温度范围(°C) scope of temperature	聚类中心 clustering center	盐度范围 scope of salinity	聚类中心 clustering center	饵料(mg·m <sup>-3</sup> ) bait organisms
底层 bottom layer	19.6~ 22.3	20.64	31.00~ 34.40	33.20	> 137
栖息水层 inhabit water layer	19.0~ 25.5	22.25	31.00~ 34.50	32.75	> 150

由表可见, 3 个因子中除了饵料生物量不符合正态分布以外, 其余两者均为正态分布, 变异系数均非常小, 因此将饵料生物量作为判断鲈 中心渔场的一个辅助参数。

2.1.2 鲈 中心渔场与台湾暖流水舌锋位置的关系

根据底层盐度 34 作为判断台湾暖流舌锋的指标, 计算舌锋所在位置并和鲈 中心渔场数据进行比较, 结果表明同一时期暖流水强的年份, 渔场位置则偏北, 弱的年份, 渔场位置偏南。如 1987 年 8 月, 暖流舌锋位于 30° 30' N (弱年), 其位置比较偏南, 中心渔场位于 30°N 附近, 而 1988 年 8 月, 暖流舌锋北移(强年), 则渔场位置相对偏北, 位于 31°N 附近。

台湾暖流舌锋影响温盐分布可以通过断面温盐分布来表征, 台湾暖流舌锋影响到的区域温度下降, 盐度上升, 进而反映到各断面的温度降低。盐度降低, 渔场位置除了逐渐北移以外并有向外海移动的趋势(表 3)。

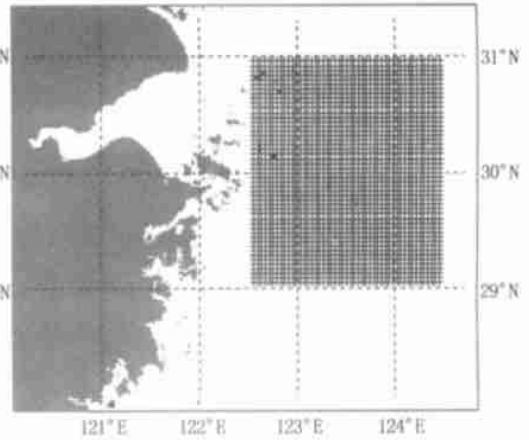


图 1 计算网格划分图

Fig. 1 The setting of calculate grid

表 3 1987- 1990 渔场各断面温盐统计

Tab. 3 The statistic result of temperature and salinity cross-section of fishing ground from 1987 to 1990

断面 cross-section	31°N, 122.5~ 124°E				30°N, 122.5~ 124°E				29°N, 122~ 123.5°E				渔场位置 location		
	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	°N	°E	
1987	7	27.0	18.9	23.71	33.57	24.5	21.0	28.04	31.90	27.0	18.9	29.65	34.14	29.0	122.7
	8	26.8	20.5	20.73	31.77	27.2	20.0	28.03	32.69	26.2	20.7	31.65	33.28	30.4	123.3
	9	24.0	20.9	29.44	32.69	23.6	21.7	27.33	32.98	24.2	20.9	31.20	32.32	31.0	123.4
1988	7	25.3	19.0	25.42	33.61	27.7	19.5	30.99	34.43	27.8	20.2	32.07	34.51	28.4	122.3
	8	27.7	20.7	25.78	32.10	28.0	21.8	31.36	34.45	27.7	19.4	30.55	33.42	31.3	123.3
	9	21.2	22.2	27.80	32.50	22.2	21.0	30.21	32.02	-	-	-	-	31.5	123.5
1989	7	24.2	21.4	29.97	32.98	24.8	20.2	31.03	32.28	25.7	20.5	31.08	33.95	28.7	122.4
	8	26.1	22.5	27.56	30.34	26.6	23.2	27.68	31.05	27.8	23.4	27.93	31.94	31.5	123.5
	9	25.8	24.1	27.57	31.66	25.0	23.0	18.59	31.20	25.8	22.1	27.70	31.50	31.6	123.7
1990	7	26.2	20.2	21.09	33.59	24.8	22.1	30.72	32.81	25.6	19.0	32.34	34.26	28.5	122.5
	8	28.8	21.6	28.75	33.68	28.1	21.7	32.71	33.51	28.5	18.5	32.95	34.25	31.0	123.4
	9	24.2	21.5	28.52	33.30	25.4	23.2	30.69	32.08	-	-	-	-	30.9	123.3

注: 表中 T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> 分别为表层水温和底层水温, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> 分别为表层盐度和底层盐度

Notes: in this table, the sign T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub> are the symbol of water temperature in the surface and bottom layer individually, the sign S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> are the symbol of salinity in the surface water and bottom layer water individually

### 2.1.3 鲈 中心渔场与温盐跃层的关系

渔汛期间, 渔场温度、盐度跃层经历产生、强盛、消亡的过程, 7月份表层温度上升, 一般形成微弱跃层, 8月份渔场温、盐分布的夏季特征明显, 整个渔场从北到南均有温、盐跃层产生, 且处于强盛时期, 跃层对于鲈 鱼的集群能够产生很大的影响, 在跃层强盛期间, 鱼群的分布空间缩小, 密度加大, 栖息于跃层的上方或下方(图2)。

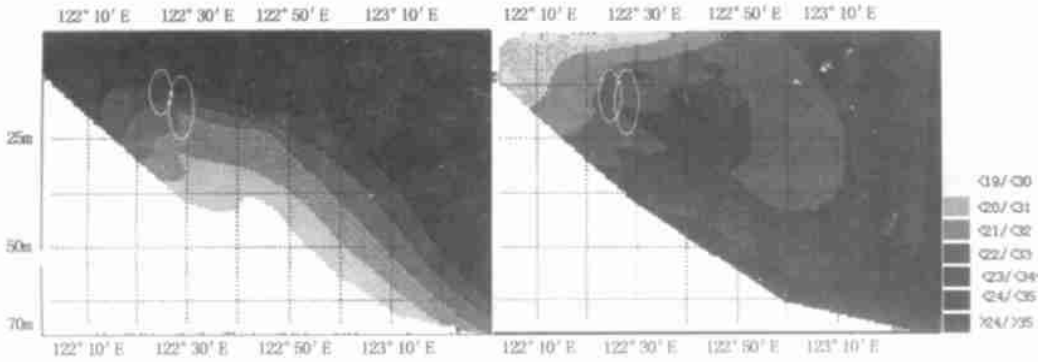


图2 1987年8月29°N断面的渔场和等温、盐线的分布图

Fig. 2 The distribution of isothermal and isosaline of 29°N cross-section in October, 1987

注: 左图为温度断面分布, 右图为盐度断面分布, 画圈为渔场区, 图例中左边为温度(°C), 右边为盐度

Notes: The left figure is the distribution of temperature and the right one is that of salinity, the circle region is that of fishing ground, the left of the outline is the value of temperature(°C), the right one is salinity

## 2.2 海洋环境主导因子和鲈 渔场变化规律及其相关性分析

### 2.2.1 渔场的空间分布与海洋环境主导因子之间的关系

从渔场的统计特性(表2)可以看出, 中心渔场总是出现在一定的海洋环境特征值附近, 在8月份, 温度表现为底层温度值介于19.6~22.3°C之间, 盐度表现为其值介于31.00~34.40之间, 而且在梯度较大的地方容易集群, 一般中心渔场的饵料生物量多处于250~400 mg·m<sup>-3</sup>(图3)。

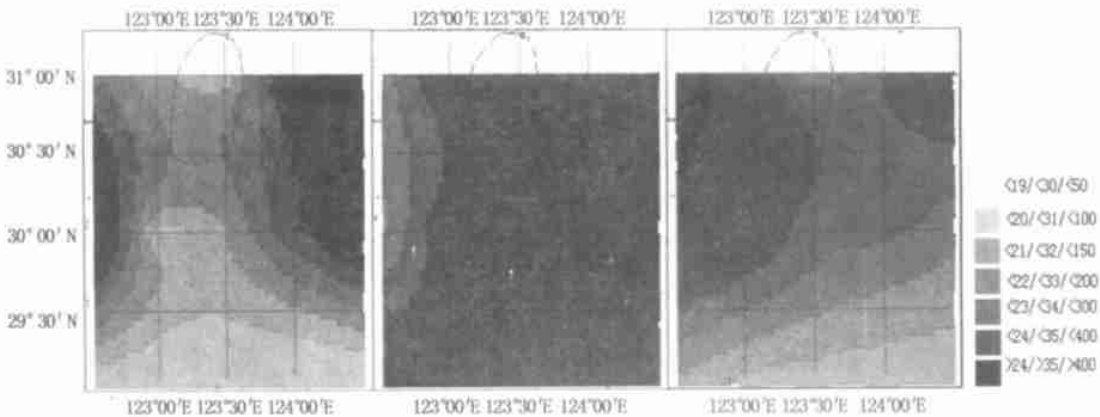


图3 1990年8月海洋环境主导因子和中心渔场平面分布图

Fig. 3 The flat distribution of main marine environmental factor and central fishing ground in October, 1990

注: A- 底温分布与渔场, B- 底盐分布与渔场, C- 为饵料分布与渔场. 从左到右依次为温度(°C)、盐度和饵料生物量(mg·m<sup>-3</sup>)

Notes: A- the distribution of temperate of the bottom layer and the fishing ground; B- the distribution of salinity of the bottom layer and the fishing ground; C- the distribution of bait organism and fishing ground; In the cutline, from left to right is the value of temperature(°C), salinity and the quantity of bait organisms (mg·m<sup>-3</sup>) in turn

## 2.2.2 中心渔场空间位置的变化及与水文因子变化的相关性分析

渔场空间位置的变化与海洋环境因子的变化是息息相关的。由表3~5(表5中黑体部分为相关系数相对较大者)可知,渔场的空间位置随时间的变化与海洋环境因子之间存在一定的相关性,尤其是与表层盐度、底层温度和底层盐度之间的相关性。

表4 1987-1990年7-9月份水文要素稳健统计

Tab. 4 The hydrographical moderate statistic result of July to September from 1987 to 1990

项目 item	1987			1988			1989			1990		
	7	8	9	7	8	10	7	8	9	7	8	9
T <sub>1</sub> (°C)	26.8	26.8	24.1	25.6	28.2	21.3	24.9	26.9	25.4	25.6	28.4	24.7
T <sub>2</sub> (°C)	19.1	19.6	21.4	18.9	20.8	22.0	20.0	23.1	24.0	20.4	19.8	23.38
S <sub>1</sub>	27.74	26.93	29.72	30.41	31.12	32.03	31.10	27.88	24.96	28.26	31.66	31.41
S <sub>2</sub>	33.87	34.48	33.99	34.41	34.43	32.28	34.05	32.75	31.76	34.29	34.39	32.83

注:表中T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>分别为表层水温和底层水温,S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>分别为表层盐度和底层盐度

Notes: In this table, the sign T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub> are the symbol of water temperature in the surface and bottom layer individually and the sign S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> are the symbol of salinity in the surface and bottom layer water individually

表5 中心渔场位置与水文要素随时间变化的相关性

Tab. 5 The correlation between the change of the site of central fishing ground and the change of hydrograph

R <sup>2</sup>	年变化 variety as the year change				月变化 variety as the month change		
	1987	1988	1989	1990	7	8	9
表温与经度 surface temperature and longitude	0.3721	0.1894	0.3403	0.1444	0.1177	0.0471	0.0163
表温与纬度 surface temperate and latitude	0.5348	0.1187	0.4505	0.1001	0.0432	0.0616	0.0578
底温与经度 bottom temperature and longitude	<b>0.5795</b>	<b>0.9511</b>	<b>0.9935</b>	0.0686	0.0005	<b>0.5816</b>	0.1632
底温与纬度 bottom temperate and latitude	<b>0.7344</b>	<b>0.9001</b>	<b>0.9661</b>	0.1057	0.0397	<b>0.6641</b>	0.0765
表盐与经度 surface salinity and longitude	0.1301	<b>0.8203</b>	<b>0.8813</b>	<b>0.9988</b>	0.7153	0.0015	0.6374
表盐与纬度 surface salinity and latitude	0.2583	<b>0.7390</b>	<b>0.7392</b>	<b>0.9930</b>	0.1991	0.0815	0.2481
底盐与经度 bottom salinity and longitude	0.2909	0.3884	<b>0.9119</b>	0.1278	<b>0.6215</b>	<b>0.7888</b>	<b>0.4848</b>
底盐与纬度 bottom salinity and latitude	0.1556	0.2952	<b>0.8379</b>	0.1749	<b>0.9669</b>	<b>0.4169</b>	<b>0.6332</b>

## 2.3 东海北部鲈 渔场形成机制

### 2.3.1 渔场形成机制的数学模型构建

将各个月份鲈 适应的温、盐范围以及选取的聚类中心值,进行综合分析,确定判断渔场的温度、盐度的范围分别为:底层温度介于19.0~21.0°C,中心为20.0°C,盐度为33.0~34.5,中心为33.75;栖息水层温度介于19.0~25.5°C,中心为22.25°C,盐度为31.0~34.5,中心为32.75。在渔场判断中将处于鲈 鱼适温、适盐范围内的区域认为是可能形成渔场的一个条件。根据资料计算确定 $137\sim 409\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 作为高产量渔场的指示饵料量的下限,只要生物量大于该值就认为有可能形成渔场。

根据渔场与海洋环境主导因子之间的关系,确定如下隶属函数:

$$X_i = \begin{cases} 0 & T_i < T_d, T_i > T_u, S_i > S_u, S_i < S_d, F_i < F_{min} \\ \left[ \left( \frac{|T_i - T_{0l_{max}} - |T_i - T_{0l_{min}}|}{|T_i - T_{0l_{max}}|} \right)^2 + \left( \frac{|S_i - S_{0l_{max}} - |S_i - S_{0l_{min}}|}{|S_i - S_{0l_{max}}|} \right)^2 \right]^{1/2} & \text{其它条件} \end{cases} \quad (7)$$

其中,  $X_i$  为第  $i$  个计算网格中能够形成中心渔场的隶属度,  $T$ 、 $S$  和  $F$  分别为温度、盐度和饵料生物量,  $K_i$  为第  $i$  个网格内的温度或盐度,  $K_0$  为表 2 中确定的中心渔场的聚类中心 ( $K = T, S, F$ )。经过数值试验, 确定一个最小隶属函数值 75%, 作为判断中心渔场的条件。

### 2.3.2 模型计算结果

将各种资料输入地理信息系统 (GIS) 作为输入接口, 计算程序用 FORTRAN 语言编制, 输出到 GIS 接口作为图层输出, 结果见图 4。

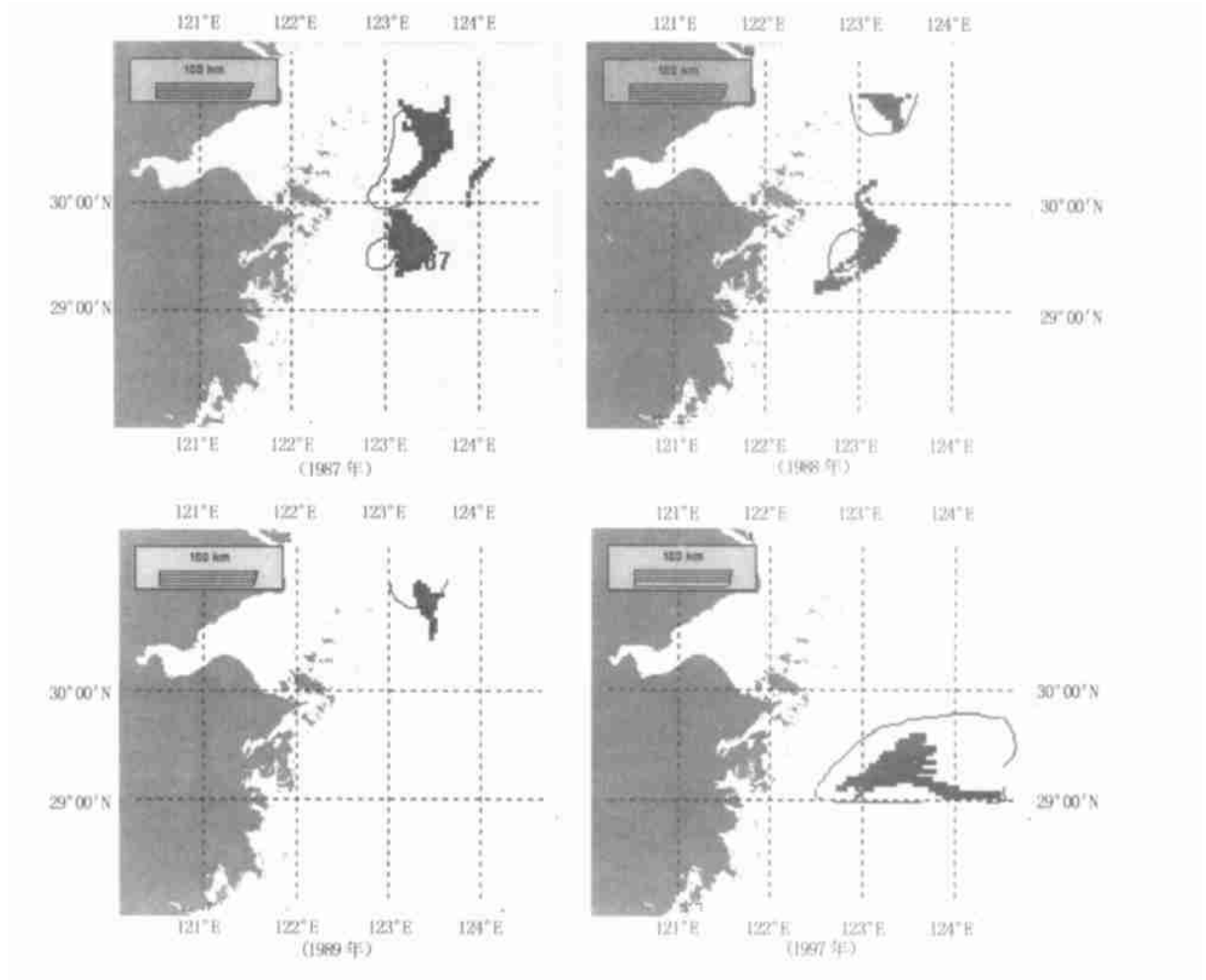


图 4 数学模型计算结果图

Fig. 4 The calculation result of the model

注: 图中白色画圈区域为实际渔场分布, 黑色部分为计算渔场分布

Notes: in this figure the white region is the distribution of actual fishing ground and the black one is the result of the mathematical model

由图可知, 该模型不但对 1987-1989 年中心渔场位置的预测比较准确, 而且对最近的 1997 年的预测中心渔场位置也和实际渔场位置基本吻合。显然, 如果将其用于指导生产可以取得良好的成效。

### 3 讨论

用稳健统计学方法对鲈 中心渔场和海洋环境特征进行定量化分析研究,通过 GIS 平台实现了对海洋环境及渔场信息直观、快捷、准确的表达,具有传统定性分析方法无可比拟的优越性。

基于模糊数学方法构建的渔场形成机制的数学模型,将温度、盐度和饵料生物量以外的因素“黑箱化”,其计算所得的鲈 中心渔场的位置与实际情况相吻合。但是其中也存在一定的误差,尤其是当饵料生物量比较匮乏的时候,这主要是由于一方面忽略了部分其他影响因素,另一方面对生物本身对不利条件的趋避机理缺乏研究,可望通过对渔场内营养机制的研究提高精度。本模式的聚类中心是在 1987-1990 年鲈 鱼中心渔场的海洋环境主导因子的统计特征研究的基础上得出的,虽然在 1997 年的结果验证中也表现出了其准确性,但是需要通过更多年资料的统计得出更加合理的聚类中心以提高普适性。

用稳健统计学和模糊聚类方法,采用 GIS 技术,通过对渔场和海洋环境因子之间的定量分析,构建数学模型用于东海北部鲈 中心渔场形成机制的研究,实现对中心渔场时空预报,在一定程度上弥补了传统定性分析方法的不足,对指导生产与保护资源具有一定的理论和现实意义。

#### 参考文献:

- [1] Miao Z Q. Relation between *Pneum atophorus* and carangidae fishing grounds in the summer-autumn and ocean hydrologic environment in the northern part of the East China Sea[J]. J Zhejiang Coll Fish, 1993, 12(1): 32- 39. [苗振清. 东海北部近海夏秋季鲈 鱼渔场与海洋水文环境的关系[J]. 浙江水产学院学报, 1993, 12(1): 32- 39.]
- [2] Li P, Miao Z Q, Shui B N. Species composition and quantitative distribution of zooplankton in Zhejiang fishing ground during the fishing seasons of summer and autumn[J]. J Zhejiang Coll Fish, 1995, 14(1): 20- 28. [李 平, 苗振清, 水柏年. 夏秋汛浙江渔场浮游动物的种类组成及数量分布[J]. 浙江水产学院学报, 1995, 14(1): 20- 28.]
- [3] Yang H, Zhang S Y, Dai X J, et al. Characteristics of water masses and its influence on mackerel scad fishery in the East China Sea in the summer[J]. J Fish China, 2001, 25(3): 209- 214. [杨 红, 章守宇, 戴小杰, 等. 夏季东海水团变动特征及对鲈 渔场的影响[J]. 水产学报, 2001, 25(3): 209- 214.]
- [4] Liu S X, Han S X, Wei Y K. Analysis of water-masses of northwestern Dong Hai Sea and their relations to fishing ground[J]. J Fish China, 1984, 8(2): 125- 133. [刘树勋, 韩士鑫, 魏永康. 东海西北部水团分析及与渔场的关系[J]. 水产学报, 1984, 8(2): 125- 133.]
- [5] Zhu D K, Yu C G. The relation on the environment of fishing ground with the occurrence of hairtail in winter off the middle part of Zhejiang[J]. J Fish China, 1987, 11(3): 195- 203. [朱德坤, 俞存根. 冬汛浙江中部渔场与带鱼汛期的关系[J]. 水产学报, 1987, 11(3): 195- 203.]