

模糊数学方法应用于 渔获群体组成小型度的分析

林光纪

(福建省水产厅)

渔获群体组成分析是水产资源研究的基本内容之一。渔获群体组成变化是衡量资源变动的一个重要指标。众所周知,我们常常分析年序渔获群体组成是否小型化并以此作为该渔获对象资源是否利用过度或资源衰退的指数。如带鱼渔获个体小型化反映了带鱼资源利用过度⁽¹⁾,大黄鱼渔获个体小型化反映了捕捞力量大于最适捕捞力量、单位努力渔获量及群体资源量下降等等。但是,目前大都是利用生物学统计方法,从均值(平均体重、体长)变化、“小型鱼”体长或体重组数量比例上进行比较,仅是定性的趋势分析。本文则从模糊数学方法入手,对渔获群体组成小型度进行计量分析,求得定量指标。

一、原理与方法

本文模糊数学分析主要采用了模糊度的海明(Haimming)距离分析方法。

1. 小型的隶属度

设以渔获群体的个体指标(本文主要采用体重或体长)为论域 U ,有限个渔获生物样本为指标: $\tilde{U} = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$

U 到 $(0, 1)$ 闭区间的任一映射 μ_A

$$\mu_A: U \rightarrow [0, 1]$$

$$\mu \rightarrow \mu_A(x)$$

都确定 U 的一个“小型”模糊子集 \tilde{A} , μ_A 叫做小型模糊子集 \tilde{A} 的隶属函数, $\mu_A(x)$ 叫做 μ 对 \tilde{A} 的隶属度。

例,以闽东渔场带鱼越冬渔获群体的体重为论域,取 $U = [0, 1600]$,用戒上型的降半岭形分布描述“小型”隶属函数:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & (x \leq 50) \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{200}(x - 150) & (50 < x \leq 250) \\ 0 & (250 < x) \end{cases} \quad (1)$$

其中体重小于50克的完全是“小型”,其隶属度为1,而体重大于250克的带鱼显然是非“小型”的(如图1)。

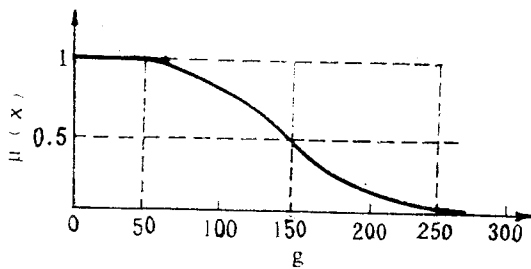
我们已有各体重组数据,根据公式(1)得到各体重组隶属度(如表1)。

并记:
$$\tilde{\mu}(x) = \frac{1}{a_1} + \frac{0.962}{a_2} + \frac{0.691}{a_3} + \frac{0.309}{a_4} + \frac{0.038}{a_5} \quad (2)$$

或把有限模糊集用模糊向量表之,即:

表1 各体重组对应的 $\mu(x)$

体重组	0—50	51—100	101—150	151—200	201—250	251以上	注: 体重 测量精度 为1克
组中值		75	125	175	225		
对应 $\mu(x)$	1	0.962	0.691	0.309	0.038	0	

图1 体重 $\mu(x)$ 曲线

$$\underline{\mu}(x) = (1, 0.962, 0.691, 0.309, 0.038)$$

2. 小型度

设论域 $U = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 对应的“小型”隶属度向量为 $\underline{\mu}(x)$, 若某年序的 a_1, a_2, \dots, a_n 所对应的权值(频率)分别为 N_1, N_2, \dots, N_n , 则该年序的渔获群体小型度为:

$$\underline{S}(x) = N_i \cdot \underline{\mu}(x) \quad (3)$$

小型度仍表现为模糊向量形式。

如由此可得闽东越冬渔获群体体重为论域的1959年渔获群体小型度:

$$\begin{aligned} \underline{S}(59) &= (0, 1.6, 7.3, 13.5, 25.3) \cdot (1, 0.962, 0.691, 0.309, 0.038) \\ &= (0, 1.54, 5.04, 4.17, 0.96) \end{aligned}$$

3. 线性距离及小型化

根据海明(Haimming)距离公式, 并考虑正负, 设 \underline{A}_j 是论域 U 的某年序模糊小型度, \underline{B} 为论域 U 的总年序均值模糊小型度, \underline{A}_j 与 \underline{B} 之间的线性距离为:

$$d(\underline{B}, \underline{A}_j) = \sum_{i=1}^n [S_B(x_i) - S_{A_j}(x_i)] \quad (4)$$

其中若 $S_B(x_i) - S_{A_j}(x_i) > 0$, 则称 \underline{B} 对 \underline{A} 的“正距”;

若 $S_B(x_i) - S_{A_j}(x_i) < 0$, 则称 \underline{B} 对 \underline{A} 的“负距”;

若 $S_B(x_i) - S_{A_j}(x_i) = 0$, 则称“0距”。

正距即表现为 \underline{A} 较 \underline{B} 大, 为非小型; 负距即表现为 \underline{A} 较 \underline{B} 小, 则为小型。

若 i 年, $i+1$ 年, \dots , $i+m$ 年对应的 $d_i, d_{i+1}, \dots, d_{i+m}$ 连续出现负距, 则说明 i 年后至 $i+m$ 年为小型化。

二、实例计算

实例材料取自福建省闽东渔场的越冬带鱼渔获生物学资料, 主要是体长(肛长)和体重数据¹⁾。

体长或体重数据序列, 由1959—1982年共19个年序列, 其中1967—1970年及1977年数据暂缺。

1) 朱耀光等, 1985. 福建省海区带鱼的生物学及资源变动研究报告. 福建省水产研究所调查研究报告 1:1—36.

根据定义, 及上节公式 (1) — (3), 已求得体重隶属度为:

$$\mu(x) = (1, 0.962, 0.691, 0.309, 0.038)$$

同理, 以体长 (肛长) 为论域, 取 $V = [0, 500]$, 同样用戒上型的降半岭分布描述“小型”隶属度函数。

$$\mu(y) = \begin{cases} 1 & (y \leq 150) \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{100} (y - 200) & (150 < y \leq 250) \\ 0 & (y > 250) \end{cases} \quad (5)$$

$$\therefore \mu(y) = (1, 0.976, 0.794, 0.500, 0.206, 0.024) \quad (6)$$

其次, 根据各年体重资料 $(N_{ij})_{i \times j}$ (其中, j ——年序, i ——体重组别) 计算出 $S_j(x)$

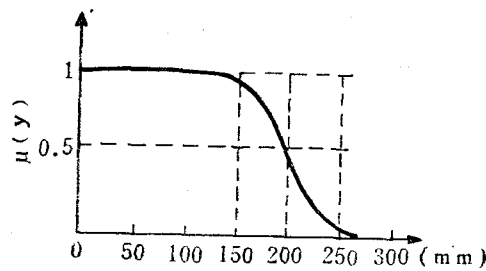


图2 各体长组的隶属函数 $\mu(y)$

	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5		N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
59	0	1.6	7.3	13.5	25.3	59	0	15.4	5.04	4.17	0.96
60	0.5	0.9	0.9	1.8	22.8	60	0.5	0.87	0.62	0.56	0.87
61	0	0.7	1.3	5.2	35.3	61	0	0.67	0.90	1.61	1.34
62	0	0	0	1.1	11.9	62	0	0	0	0.34	0.45
63	0	0.1	2.8	21.8	30.5	63	0	0.10	1.93	6.74	1.16
64	0	1.4	14.0	21.2	14.9	64	0	1.35	9.67	6.55	0.57
65	0	2.4	5.4	13.9	29.8	65	0	2.31	3.73	4.30	1.13
66	0	1.6	6.8	16.7	37.4	66	0	1.54	4.70	5.16	1.42
(N_{ij})=71	0	0.8	16.0	16.0	29.0	71	0	0.77	11.06	4.97	1.10
72	0	0.5	7.7	14.1	25.5	72	0	0.48	5.32	4.36	0.97
73	0	1.7	16.4	22.4	36.3	73	0	1.64	11.33	6.92	1.38
74	0	0.8	3.3	15.6	39.8	74	0	0.77	2.28	4.82	1.51
75	0	0.2	4.5	11.8	35.5	75	0	0.19	3.11	3.65	1.35
76	0	0.8	6.2	5.1	16.5	76	0	0.77	4.28	1.58	0.63
78	0	2.0	43.0	24.0	10.0	78	0	1.92	29.71	7.42	0.38
79	0	2.4	27.2	22.9	22.1	79	0	2.31	18.80	7.08	0.84
80	0	0	14.0	10.0	24.0	80	0	0	9.67	3.09	0.91
81	0	0.2	16.0	18.8	19.8	81	0	0.19	11.06	5.81	0.75
82	0.2	8.6	22.3	28.7	15.5	82	0.2	8.27	15.41	8.87	0.59

以及, 总体年序

$$N_B = (0.02, 1.5, 11.5, 16.7, 26.6)$$

(7)

对应小型度

$$\tilde{S}_B(\mathbf{x}) = \tilde{\mu}(\mathbf{x}) \cdot N_B = (0.02, 1.44, 7.95, 5.16, 1.01) \quad (8)$$

根据式(4), 且

$$\sum_{i=1}^5 \tilde{S}_B(\mathbf{x}) = 15.58 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} d(B, A_j(\mathbf{x})) &= \sum_{i=1}^5 \tilde{S}_B(\mathbf{x}) - \sum_{i=1}^5 \tilde{S}_j(\mathbf{x}) \\ &= (3.87, 12.16, 11.06, 14.79, 5.65, -2.66, 4.11, \\ &\quad 2.76, -1.19, 4.45, -5.69, 6.20, 7.28, 8.32, \\ &\quad -23.85, -13.45, 1.91, -2.23, -17.76)^T \end{aligned} \quad (10)$$

同理, 以体长为论域

$$(N_{ij}) = \begin{pmatrix} 0 & 0.3 & 0.9 & 4.4 & 6.3 & 16.3 \\ 0 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 2.3 & 22.4 \\ 0 & 0 & 0 & 1.3 & 1.4 & 22.8 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0 & 3.4 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.8 & 10.6 & 31.5 \\ 0 & 0.2 & 0.8 & 5.5 & 16.0 & 20.0 \\ 0 & 0.2 & 3.1 & 2.6 & 7.2 & 26.8 \\ 0 & 0.4 & 0 & 2.8 & 12.8 & 37.8 \\ 0 & 0 & 1.2 & 6.1 & 16.9 & 35.7 \\ 0 & 0.2 & 0.5 & 6.2 & 10.9 & 28.5 \\ 0 & 0 & 0.9 & 8.7 & 14.7 & 35.1 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.8 & 4.0 & 24.4 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.2 & 7.9 & 36.1 \\ 0 & 0.1 & 1.6 & 4.2 & 5.6 & 19.3 \\ 0 & 0 & 2.3 & 28.6 & 27.7 & 18.0 \\ 0.1 & 0.5 & 4.2 & 18.3 & 20.9 & 27.9 \\ 0 & 0 & 6.0 & 6.0 & 12.0 & 30.0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 10.3 & 16.6 & 21.3 \\ 0 & 0.4 & 2.1 & 17.8 & 27.7 & 21.1 \end{pmatrix}$$

$$N_B(\mathbf{y}) = (0.01, 0.15, 1.3, 6.8, 12.2, 26.8) \quad (11)$$

$$\tilde{S}_B(\mathbf{y}) = \tilde{\mu}(\mathbf{y}) \cdot N_B(\mathbf{y}) = (0.01, 0.15, 1.03, 3.4, 2.51, 0.64) \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^6 \tilde{S}_B(\mathbf{y}) = 7.74 \quad (13)$$

因此

$$d(B, A_j(y)) = \sum_{i=1}^6 \widetilde{S}_B - \sum_{i=1}^6 \widetilde{S}(y) = (7.74)_{1 \times j} -$$

4.89	2.89
2.15	5.59
1.49	6.25
0.38	7.36
3.42	4.32
7.36	0.38
6.08	1.66
5.34	2.40
9.34	-1.60
6.63	1.11
8.93	-1.19
2.21	5.53
3.66	4.08
5.96	1.78
22.27	-14.53
18.05	-10.31
10.95	-3.21
9.40	-1.66
17.18	-9.44

(14)

我们把体重模糊度 $d(x)$ 与体长模糊度 $d(y)$ 列成表2, 并求其均值。

由计算, 可得出结果:

(1) 从表2可以明显地看出, 自1978年之后, 表现为负距。说明1978年之后, 鱼体趋于小型变化。从其数值分析, 负距值在-19.19至-0.65之间波动, 并非呈现逐年渐进的小型化。

(2) 因为闽东越冬带鱼群体体长(L), 与体重(W)之间近似存在 $W = aL^3$ 关系, 所以 $d(x)$, $d(y)$ 表现方向及波动趋向基本一致。

(3) $-\frac{\sum d}{2}$ 值是闽东渔场越冬带鱼群体小型度的数量指标。它本质地反映了鱼体小型程度。这一度量比起用体长平均变异数, 说明鱼体小型化更能客观地反映实际。

三、结 语

本文应用模糊数学方法^[2]介绍及通过实例计算, 分析出的定量指标, 能较真实地反映鱼体的小型程度, 并且负距越大, 则说明鱼体组成越小, 反之亦然。本文采用的正负距线性距离计算较简便, 也通俗易懂, 并且把原有的小型化趋势分析提高到定量分析。

但有两点需要说明: 一是渔获群体小型的模糊分析, 还可以有其他的数学分析方法, 还可以从优势体长组变化、均值变化等数据着手, 也可以结合实际加权处理; 二是本文仅以闽东冬汛带鱼为例作一剖析, 对于其他渔场的带鱼, 或其他鱼(虾蟹类等)同样都可以用此分析法。

本文选择的年序数据的短缺是一遗憾, 分析过程也出现年序中断, 但对整个过程判断影响不大。

表2 闽东越冬带鱼小型化线性距离值

年 序	59	60	61	62	63	64	65	66	71	72
d(x)	3.87	12.16	11.06	14.79	5.65	-2.66	4.11	2.76	-1.19	4.45
d(y)	2.89	5.59	6.25	7.36	4.32	0.38	1.66	2.40	-1.60	1.11
$\frac{\Sigma d}{2}$	3.38	8.88	8.66	11.08	4.99	-1.14	2.89	2.58	2.40	2.78
年 序	73	74	75	76	78	79	80	81	82	
d(x)	-5.69	6.20	7.28	8.32	-23.85	-13.45	1.91	-2.23	-17.76	
d(y)	-1.19	5.53	4.08	1.78	-14.53	-10.31	-3.21	-1.66	-9.44	
$\frac{\Sigma d}{2}$	-3.44	5.87	5.68	5.05	-19.19	-11.88	-0.65	-1.95	-13.60	

主要参考文献

- [1] 吴家骝等, 1979年。浙江近海及邻近海区带鱼资源变动与合理利用的研究。海洋渔业3:6—10。
 [2] 贺仲雄编, 1981年。模糊数学及其应用。天津科学技术出版社。

FUZZY MATHEMATICAL METHOD USED TO ANALYZE THE COMPONENTS SIZE OF FISH CATCH

Lin Guangji

(Aquatic product department of Fujian Province)

Abstract

Fuzzy mathematic method was used to analyze the component size of fish catch in the sea off the northern Fujian Province. Results of analysis show that the greater the negative matrix, the smaller the component of fish size, and vice versa. The method uses the positive and negative linear distances which are easy to operate and can advance the analysis to a higher level.