

基于模糊综合评价法的东极大黄鱼(*Larimichthys crocea*)养殖区海水水质评价*

宋科 赵晟 张力 朱爱意 吴常文

(浙江海洋学院海洋科学学院 国家海洋设施养殖工程技术研究中心 舟山 316004)

摘要 采用模糊综合评价法,根据 2009 年 5 个月份和 2010 年 6 个月份的东极大黄鱼(*Larimichthys crocea*)养殖区海水水样监测数据,对该养殖区海水水质状况进行了综合评价。结果表明,在年均值的评价中,2009 年和 2010 年养殖区海水水质均为一类水,对一类水的隶属度分别为 0.53 和 0.80,说明 2010 年的水质状况好于 2009 年。2010 年 6 个监测月份的评价结果显示,各监测月份水质状况均为一类水质,但各月水质状况对一类水的隶属度值差别较大。4 月份和 5 月份的水质状况对一类水的隶属度在 0.5 以上,6 月份的水质状况对一类水的隶属度最低,仅为 0.33,其余监测月份海水水质对一类水的隶属度均小于 4、5 月份。评价结果与东极大黄鱼养殖区水质的实际状况相符,说明模糊综合评价法适用于养殖区海水水质的评价。

关键词 模糊综合评价法;海水水质;养殖区
中图分类号 S968.1

随着海水养殖产业的快速发展,养殖区海水的水质受到的影响越来越大(韩芳等, 2012; 丁子元等, 2012; 王春晓, 2012; 蒲新明等, 2012; 徐敏等, 2011)。养殖区海水的质量直接影响到养殖产品的品质,因此合理、综合的评价养殖区海水的水质状况,直接关系到养殖产品的质量。

海水水质评价是指对某一海域海水环境因子的分析,依据相应的标准对其水质优劣状况进行定量评价。通过对养殖区海水水质状况的评价,能够掌握养殖区海水水质的污染现状,以及超标的环境因子,为养殖区海水的管理提供科学信息(曾永等, 2007; 凌敏华等, 2006)。通过合理的评价,找出影响海水水质的因素,并做适当调整,可以改善水质、保证养殖区养殖产品的高产优质(徐敏等, 2011)。

目前使用的海水水质评价方法主要是单因子指数评价法。该方法简单方便,考虑所有环境因子中污

染状况最为严重的因子,即用海水水质指标中最差的单项环境因子所属水质标准类别作为该评价水体综合水质类别。传统的单因子指数评价方法由于只考虑了环境因子中受污染严重的,而忽略了其它环境因子,因此该方法对判断整个养殖海区的水质质量不够全面合理。单因子指数评价方法的评价结果,使超标最严重的环境要素成为影响整个研究区域海水水质的主要因素,而其它的环境要素的作用被低估。因此,采用单因子指数评价法判断养殖海水水质存在片面性(曾永等, 2007; Liou *et al.*, 2003, 2005; Wang, 2002)。

模糊综合评价法(fuzzy comprehensive assessment, FCA)的理论基础是模糊数学理论,模糊数学理论最早由 Zadeh 于 1965 年提出,经过近 50 年的应用与发展,该方法已经成功应用于评价河流水质(吴运敏等, 2011; 凌敏华等, 2006)、地下水水质(徐力刚等,

* 国家自然科学基金资助项目, 40971295 号, 41001001 号; 浙江省科技厅面上项目, 2009C33083 号; 国际科技合作项目, 2009DFB20290 号, 2010DFA32920 号; 2012 年浙江省大学生科技创新计划(新苗人才计划)资助项目, 2012R411046 号。宋科, E-mail: 695868070sk@sina.com

通讯作者: 赵晟, 副教授, E-mail: zhaoco@gmail.com

收稿日期: 2012-03-17, 收修改稿日期: 2012-04-29

2011)、湖泊水质(孙瑛等, 1994)等, 可以说模糊综合评价在水质评价(卢文喜等, 2011)方面的应用已经很成熟。本研究考虑到东极大黄鱼养殖区海水水质评价中存在的模糊性, 采用模糊综合评价法对其进行研究, 以期通过科学合理的评价方法, 判断该海域的水质状况、找到影响水质的因素, 为养殖区的管理以及发展提供科学依据。

1 研究方法

模糊综合评价法是在评价系统中引入模糊数学理论, 对系统中存在的模糊性问题进行定量化处理。模糊数学理论将研究系统中的不确定性通过隶属度加以量化, 确定评价因子与评价标准之间的相关关系, 再利用评价因子的权重, 计算得到最终的评价结果。模糊综合评价法的具体步骤(曾永等, 2007): (1) 建立水质评价因子集合以及等级集合; (2) 建立单因子评价矩阵; (3) 确定各因子的权重; (4) 建立水质评价模型, 计算评价结果。

1.1 建立水质评价因子集合及等级集合

评价因子集合为: $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n\}$, 其中, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n$ 为参与评价的 n 个评价因子。

评价等级集合为: $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_i, \dots, s_m\}$, 其中, $s_1, s_2, s_3, \dots, s_i, \dots, s_m$ 为参与评价的 m 个评价等级标准。

1.2 建立单因子评判矩阵

海水水质的优劣具有一定的模糊性, 即对于任何具体海域的海水水质, 既不能说它是绝对的优质, 也不能说是绝对的劣质, 而只能说它对不同的水质标准而言, 有不同程度的隶属关系即隶属度(韩茜等, 2006; 赵跃龙等, 1998)。评价指标可分为正向指标和负向指标 2 种, 它们的隶属度计算公式有所不同。对正向指标而言, 其计算公式如下(以第 i 项指标 x_i 为例, x_i 为第 i 项指标的实际值, s_{ij} 为第 i 项指标的第 j 级等级标准值)(冉圣宏等, 2002)。对负向指标隶属度的计算方法与正向指标类似。

1.2.1 正向指标

(1) 当第 i 项指标 x_i 的实际值小于等于其对应的第 1 级水质标准值时, 它对第 1 级的隶属度为 1 (隶属度值用 r 表示), 而对其它水质标准等级的隶属度为 0, 即当 $x_i \leq s_{i,1}$ 时,

$$r_{i,1} = 1 \quad r_{i,2} = r_{i,3} = \dots = r_{i,i} = \dots r_{i,m} = 0 \quad (1)$$

(2) 当第 i 项指标 x_i 的实际值介于其对应的第 j

级和第 $j+1$ 级水质标准值之间时, 它对第 $j+1$ 级水质标准等级的隶属度为 $r_{i,j+1}$, 计算公式见(2):

$$r_{i,j+1} = (x_i - s_{i,j}) / (s_{i,j+1} - s_{i,j}) \quad (2)$$

对第 j 级水质标准等级的隶属度为 $r_{i,j}$, 计算公式见(3):

$$r_{i,j} = 1 - (x_i - s_{i,j}) / (s_{i,j+1} - s_{i,j}) \quad (3)$$

而对其它水质标准等级的隶属度为 0。

(3) 当第 i 项指标 x_i 的实际值大于等于其对应的第 m 级水质标准值时, 它对 m 级的隶属度为 1, 而对其它水质等级的隶属度为 0, 即当 $x_i \geq s_{i,m}$ 时,

$$r_{i,m} = 1 \quad r_{i,1} = r_{i,2} = r_{i,3} \dots = r_{i,i} = \dots r_{i,m-1} = 0 \quad (4)$$

1.2.2 负向指标

(1) 当第 i 项指标 x_i 的实际值大于等于其对应的第 1 级水质标准值时, 它对第 1 级的隶属度为 1 (隶属度值用 r 表示), 而对其它水质标准等级的隶属度为 0, 即当 $x_i \geq s_{i,1}$ 时,

$$r_{i,1} = 1 \quad r_{i,2} = r_{i,3} = \dots = r_{i,i} = \dots r_{i,m} = 0 \quad (5)$$

(2) 当第 i 项指标 x_i 的实际值介于其对应的第 j 级和第 $j+1$ 级水质标准值之间时, 它对第 $j+1$ 级水质标准等级的隶属度为 $r_{i,j+1}$, 计算公式见(6):

$$r_{i,j+1} = (s_{i,j} - x_i) / (s_{i,j} - s_{i,j+1}) \quad (6)$$

对第 j 级水质标准等级的隶属度为 $r_{i,j}$, 计算公式见(7):

$$r_{i,j} = 1 - (s_{i,j} - x_i) / (s_{i,j} - s_{i,j+1}) \quad (7)$$

而对其它水质标准等级的隶属度为 0。

(3) 当第 i 项指标 x_i 的实际值小于其对应的第 m 级水质标准值时, 它对 m 级的隶属度为 1, 而对其它水质等级的隶属度为 0, 即当 $x_i \leq s_{i,m}$ 时,

$$r_{i,m} = 1 \quad r_{i,1} = r_{i,2} = r_{i,3} = \dots = r_{i,i} = \dots r_{i,m-1} = 0 \quad (8)$$

依据计算得到的各评价因子的隶属度, 建立单因素评判矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \dots & r_{1,i} & \dots & r_{1,m} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \dots & r_{2,i} & \dots & r_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{j,1} & r_{j,2} & \dots & r_{j,i} & \dots & r_{j,m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n,1} & r_{n,2} & \dots & r_{n,i} & \dots & r_{n,m} \end{bmatrix}$$

1.3 确定各评价因子的权重

海水水质的现状是多个环境因子共同作用的结果, 并且评价的各因子对水质影响的贡献率各不相同, 因此需要对每个环境因子赋予不同的权重, 组成各评价环境因子的权重矩阵 W :

$$W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_i, \dots, w_n\} \quad (9)$$

式中, w_i 是第 i 个评价环境因子的权重数。

本研究利用专家打分法, 确定养殖区各评价环境因子对养殖海水水质的贡献率。

1.4 建立水质评价模型

通过公式(10)计算水质的综合评价指数:

$$V = W \times R \quad (10)$$

式中, V 为综合评价结果, W 为各评价环境因子的权重矩阵, R 为评判矩阵。

依据评判结果, 取 $y = \max(v_i) (i = 1, 2, 3, \dots, m)$, 即矩阵 V 中最大值对应的等级, 得到评价海域水质相

应的评价等级。

2 案例研究

本研究在浙江大海洋科技有限公司位于舟山东极海域的养殖基地进行。养殖区位于 $30^{\circ}12'17.9''N$, $122^{\circ}41'55.4''E$ 。养殖区海水样品各监测环境因子的数据均来自 2009 年 5 个月份和 2010 年 6 个月份对东极大黄鱼养殖网箱中表层海水水样的监测。具体数据见表 1、表 5 和表 6。

表 1 2009 年和 2010 年东极大黄鱼养殖区各环境因子的年平均值

Tab.1 The annual average value of each environmental factor of the *L. crocea* mariculture areas at Dongji in 2009 and 2010

年份	DO(mg/L)	COD(mg/L)	无机磷(mg/L)	无机氮(mg/L)	油类(mg/L)	粪大肠杆菌(个/L)
2009	—	0.38	0.02	0.39	0.0019	23
2010	7.18	0.50	0.02	0.52	0.0248	<20

依据《海水增养殖区监测技术规程》(国家海洋局, 2002)对监测环境因子的要求以及相关评价指标的标准值, 本研究对 2009—2010 年东极大黄鱼养殖区海水水质环境因子中的溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、总无机氮、活性磷酸盐、油类、粪大肠杆菌 6 个环境因子进行了综合评价。水质评价的标准是依据《海水水质标准》(GB 3097-1997) (国家海洋局, 1998), 划分为 4 个等级。

东极大黄鱼养殖区海水水质评价, 环境因子的集合为: $X = \{DO; COD; \text{活性磷酸盐}; \text{总无机氮}; \text{油类}; \text{粪大肠杆菌}\}$ 6 个评价指标。

依据海水水质标准, 划分的具体评价等级集合: $S = \{\text{四类水}; \text{三类水}; \text{二类水}; \text{一类水}\}$ 共分为 4 个等级。

东极大黄鱼养殖区海水水质的优劣有一定的模糊性, 适合利用模糊综合评价法进行评价。所有评价指标可分为正向指标和负向指标 2 种, 其中, 属于正向指标的环境因子有 DO; 属于负向指标的环境因子有 COD、活性磷酸盐、总无机氮、油类、粪大肠杆菌。它们的隶属度计算公式不同。对属于正向指标的环境因子 DO 而言, 其计算公式依据公式(1)—公式(4)计算。对属于负向指标的环境因子的隶属度, 计算方法则依据公式(5)—公式(8)计算。

依据计算得到的各环境因子的隶属度, 建立单因子评判矩阵如下:

2009 年各环境因子评判矩阵

$$R_{2009} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1.0 \\ 0 & 0 & 1.0 & 0 \\ 0 & 0.9 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

2010 年各环境因子评判矩阵

$$R_{2010} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1.0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0 \\ 0 & 0 & 1.0 & 0 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

依据各评价环境因子对海水水质状况的贡献率, 赋予的权重值见表 2。

表 2 模糊评价法中各环境因子的权重值

Tab.2 The weight value of each environmental factor in fuzzy comprehensive assessment

具体指标	2009 年	2010 年
DO	0.27	0.27
COD	0.17	0.17
无机磷	0.10	0.10
无机氮	0.10	0.10
油类	0.17	0.17
粪大肠杆菌	0.20	0.20

运用模糊综合评价法, 对东极大黄鱼养殖区养殖海水得到的具体评价结果见表 3、表 7、表 8、表 9。分析发现, 东极大黄鱼养殖区海水水质的年均值均

属于一类水,各监测月份的水质状况达到二类水或者一类水,水质总体状况良好,适合大黄鱼的养殖。另外,运用模糊综合评价法和单因子指数评价方法的评价结果差异非常明显,见表 4、表 7、表 8。运用模糊综合评价法的评价结果明显好于单因子指数法。

表 3 2009 年和 2010 年的海水水质隶属度

Tab.3 The membership degree of seawater quality in 2009 and 2010

年份	四类水	三类水	二类水	一类水
2009	0.00	0.10	0.10	0.53
2010	0.10	0.00	0.10	0.80

表 4 2009 年和 2010 年两种评价方法的结果

Tab.4 The results of two assessment methods in 2009 and 2010

方法	2009 年	2010 年
模糊评价法	一类水	一类水
单因子法	三类水	四类水

表 5 2009 年各监测月份各环境因子的值

Tab.5 Environmental factor value of each monitoring month in 2009

月份	COD(mg/L)	油类(mg/L)	无机氮(mg/L)	无机磷(mg/L)	粪大肠菌群(个/L)
8 月	—	—	0.295	0.017	—
9 月	0.16	0.0076	0.845	0.019	<20
10 月	0.3	<0.0035	0.170	0.026	20
11 月	0.54	<0.0035	0.290	0.029	70
12 月	0.51	<0.0035	0.330	0.028	<20

表 6 2010 年各监测月份各环境因子的值

Tab.6 Environmental factor value of each monitoring month in 2010

月份	COD	油类	无机氮	无机磷	粪大肠菌群	溶氧
4 月	0.70	<0.0035	0.28	0.019	<20	—
5 月	0.39	0.0073	0.07	0.015	—	—
6 月	0.43	<0.0035	1.07	0.023	—	—
7 月	0.53	0.0053	0.83	0.015	—	—
8 月	—	0.0054	0.63	0.013	—	7.18
11 月	0.44	0.0160	0.24	0.023	—	—

表 7 2009 年各监测月份水质的两种评价方法的结果

Tab.7 The results of water quality of each monitoring month in 2009 with two assessment methods

方法	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
模糊评价法	二类水	一类水	一类水	一类水	一类水
单因子法	二类水	四类水	三类水	三类水	三类水

表 8 2010 年各监测月份水质的两种评价方法的结果

Tab.8 The results of water quality of each monitoring month in 2010 with two assessment methods

方法	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	11 月
模糊评价法	一类水	一类水	一类水	一类水	一类水	一类水
单因子法	二类水	一类水	四类水	四类水	四类水	三类水

对 2009 年和 2010 年各监测月份的水质进行分析发现,尽管养殖海水的年均值达到海水水质标准中对一类水水质的要求,但该海水养殖区各监测月份的海水水质状况存在差别。例如:研究中 2009 年 8 月份的养殖海水水质状况属于二类水。

表 9 中,4 月份和 5 月份对一类水的隶属度在 0.5 以上,而 6 月份对一类水的隶属度降到 0.33。另外,6 月份之后的各监测月份养殖区海水水质对一类水的隶属度均小于 4、5 月份。

3 讨论

由表 4、表 7、表 8 看出:利用单因子评价法和模糊综合评价法,对东极大黄鱼养殖区水质状况的评价结果差别非常大。表 4 中给出使用模糊综合评价法和单因子指数评价法对应的 2009 年和 2010 年东极大黄鱼养殖区海水水质状况。运用模糊综合评价法得到这两年的水质状况均为一类水水质,而单因子指

表 9 2010 年各监测月份水质对一类水的隶属度
Tab.9 The membership degree to the class 1 of each monitoring month in 2010

月份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	11 月
隶属度	0.66	0.53	0.33	0.43	0.47	0.40

数评价法得到的评价结果, 2009 年水质为三类水, 2010 年水质为四类水。对 2009 年 5 个监测月份和 2010 年 6 个监测月份的养殖海水水质状况分别用两种方法评价, 结果也表现为: 模糊综合评价法的结果均好于单因子指数评价法的评价结果。具体评价结果见表 7 和表 8。模糊综合评价法综合考虑了各环境因子, 采用专家打分法确定的各环境因子的权重, 合理地给出了各环境因子对养殖水体水质的贡献率, 其评价结果全面反映了各监测指标对水质的影响。且用模糊综合评价法得到的评价结果更符合实际的水质状况。而单因子指数法只考虑所有环境因子中受到污染最严重的, 因此使用该方法得到的水质评价结果具有片面性, 不能够全面科学地代表整个养殖区海水的水质状况。

养殖海水水质状况是受多个环境因子共同作用的结果, 而各种环境因子之间也存在着各种复杂的联系, 这种联系存在着模糊性。各种超标环境因子对养殖海水水质状况的影响程度也存在模糊性。养殖区水环境是一个多环境因子耦合的复杂动态系统, 具有精确与模糊、确定与不确定的特性, 根据单一环境因子的监测结果往往不能做出综合性的评价(卢文喜等, 2011)。而模糊综合评价法则可以考虑所有调查的环境因子, 依据各自的权重, 综合考虑所有调查因子对养殖区环境的作用, 评价东极养殖区水体的现状。

运用模糊评价法评价发现 2010 年 6 个月的水质状况均为一类水质, 但是进一步分析发现各监测月份水质状况对一类水的隶属度值差别较大。表 9 中, 4 月份和 5 月份对一类水的隶属度在 0.5 以上, 而其余监测月份养殖区海水水质对一类水的隶属度均小于 4、5 月份。具体分析各监测月份的环境因子, 发现导致 6 月份之后水质状况差的主要原因是无机氮含量的升高, 11 月份是无机磷含量较高。结合东极大黄鱼养殖区的实际情况, 6 月份购置鱼苗放于海水中开始人工养殖, 随之投饵也开始, 导致从 6 月份开始养殖区海水中无机氮含量的明显升高, 无机磷有增高趋势。

4 结论

本文采用模糊综合评价法对舟山市东极大黄鱼

养殖区的海水水质状况做了综合评价, 对年均值的研究结果表明: 2009 年和 2010 年的水质状况均为一类水, 且 2010 年的水质整体状况好于 2009 年。对各监测月份的研究结果表明: 养殖区 2009 年和 2010 年各监测月份的海水水质为二类水或者一类水, 水质状况能够保证产出的大黄鱼的质量。2010 年 6 个监测月份的结果表明, 6 月份的水质状况对一类水的隶属度最低, 其余监测月份海水水质对一类水的隶属度均小于 4、5 月份。在 2010 年的 6 月份和之后的监测月份, 东极大黄鱼养殖区海水中无机氮和无机磷明显升高, 说明养殖海域的海水水质状况受到养殖活动中投饵的影响。因此养殖过程中投饵是影响养殖区海水水质的重要因素。

参 考 文 献

- 丁子元, 邵 鹏, 宋昀鹏等, 2012. 天津市池塘和工厂化海水养殖现状及发展对策. 天津水产, (1): 1—3
- 王春晓, 2012. 我国水产养殖节能减排问题分析. 农业经济与管理, (5): 87—91
- 卢文喜, 李 迪, 张 蕾等, 2011. 基于层次分析法的模糊综合评价在水质评价中的应用. 节水灌溉, (3): 43—46
- 冉圣宏, 金建君, 薛纪渝, 2002. 脆弱生态区评价的理论与方法. 自然资源学报, 17(1): 117—122
- 孙 瑛, 陈广桐, 1994. 模糊数学方法在湖泊水质评价中的应用. 山东工业大学学报, 24(6): 154—158
- 吴运敏, 陈求稳, 李 静, 2011. 模糊综合评价在小流域河道水质时空变化研究中的应用. 环境科学学报, 31(6): 1198—1205
- 国家海洋局, 1998. 中华人民共和国国家标准. 海水水质标准. GB 3097-1997. 北京: 中国环境出版社, 1—7
- 国家海洋局, 2002. 海水增养殖区监测技术规程. 北京: 国家海洋局, 3—7
- 赵跃龙, 张玲娟, 1998. 脆弱生态环境定量评价方法的研究. 地理科学进展, 17(1): 67—72
- 徐 敏, 李应森, 郝玉凤, 2011. 养殖水体富营养化及综合修复技术研究. 第三届全国现代生态渔业可持续发展交流研讨会专刊. 北京: 中国水利技术信息中心, 133—137
- 徐力刚, 叶 昌, 张 奇等, 2011. 基于模糊模式识别的地下水水质综合评价研究. 水文地质工程地质, 38(5): 7—12
- 凌敏华, 左其享, 2006. 水质评价的模糊数学方法及其研究. 人民黄河, 28(1): 34—39
- 韩 芳, 霍元子, 杜 霞等, 2012. 象山港网箱养殖对水域环境的影响. 上海海洋大学学报, 21(5): 825—830
- 韩 茜, 熊黑钢, 李 德, 2006. 新疆脆弱生态区定量评价及发展对策. 城市环境与城市生态, 19(3): 73—78
- 曾 永, 樊引琴, 王丽伟等, 2007. 水质模糊综合评价法与单因子指数评级法比较. 人民黄河, 29(2): 45
- 蒲新明, 傅明珠, 王宗灵等, 2012. 海水养殖生态系统健康综

- 合评价:方法与模式. 生态学报, 32(19): 6210—6222
- Liou S M, Lo S L, Hu C Y, 2003. Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. *Water Research*, 37(6): 1406—1416
- Liou Y T, Lo S L, 2005. A fuzzy index model for trophic status evaluation of reservoir waters. *Water Research*, 39(7): 1415—1423
- Wang H Y, 2002. Assessment and prediction of overall environmental quality of Zhuzhou City. *Journal of Environmental Management*, 66(3): 329—340

FUZZY COMPREHENSIVE ASSESSMENT ON WATER QUALITY OF *LARIMICHTHYS CROCEA* MARICULTURE AREAS AT DONGJI

SONG Ke, ZHAO Sheng, ZHANG Li, ZHU Ai-Yi, WU Chang-Wen
(*Marine Science College of Zhejiang Ocean University, National Engineering Research Center of Marine Facilities Aquaculture, Zhoushan, 316004*)

Abstract We assess the surface seawater quality of *Larimichthys crocea* mariculture areas at Dongji comprehensively using fuzzy comprehensive assessment (FCA), based on the monitoring data of 5 months in 2009 and 6 months in 2010. The results indicate that: the annual average value of the water quality in 2009 and 2010 both belonged to class 1, the membership degree to class 1 was 0.53 and 0.80, respectively. The membership degree to class 1 in 2010 was higher than in 2009. In a word, the water quality condition in 2010 was better than in 2009. In the assessment of each monitoring month, the water quality condition of 6 months in 2010 all belonged to class 1, however, the membership degrees of each month was obviously different. The membership degree to class 1 of April and May were both above 0.5, while the one of the other months were less than 0.5. The result is coincident with the fact, which indicates the method can be used in the water quality comprehensive evaluation of mariculture areas.

Key words fuzzy comprehensive assessment (FCA); seawater quality; mariculture areas