

文章编号:1000-0615(2002)04-0331-06

## 渔业资源可持续利用的灰色相对关联评价

陈新军<sup>1,2</sup>, 周应祺<sup>2</sup>

(1. 南京农业大学土地管理学院, 江苏 南京 210095; 2. 上海水产大学渔业战略发展研究中心, 上海 200090)

**摘要:** 渔业资源可持续利用是涉及经济、社会、资源环境等各方面的综合性问题。本文以灰色系统理论为基础, 提出了渔业资源可持续利用综合评价方法和步骤。该方法具有比传统的生物-经济模型更为全面, 它量化地反映渔业资源可持续利用的各个方面。本文以 1978-1990 年东海区渔业资源的发展状况作为实证分析, 结果表明: 1978 年以后, 东海区渔业资源可持续利用水平基本上呈现下降的趋势, 1983-1986 年处在较低的水平, 1987 年后可持续利用水平有所上升。

**关键词:** 渔业资源; 可持续利用; 综合评价; 灰色相对关联; 东海区

**中图分类号:** S911; S931      **文献标识码:** A

## Assessment of sustainable use of fisheries resources based on the methods of grey relative relationship

CHEN Xin-jun<sup>1,2</sup>, ZHOU Yin-qi<sup>2</sup>

(1. College of Land Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. Fisheries Development Institute, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** Sustainable use of fisheries resources is a comprehensive subject related to economy, society, resources and environment. The paper primary puts forward the general ways on the synthesis assessment of sustainable use of fisheries resources based on grey theory. The way possess the advantages over the traditional bio-economic models since it fully reflects the system of sustainable use of fisheries resources. The paper takes the fisheries resources in East China Sea from 1978 to 1990 as an example. The results indicate that the level of sustainable use of fisheries resources in East China Sea generally falls, the value from 1983 to 1986 dropped into the lower level, the value after 1987 improves slowly.

**Key words:** fisheries resources; sustainable use; synthesis assessment; grey relative relationship; East China Sea

20 世纪 90 年代以来, 国际社会对渔业资源可持续利用这一重大课题进行了深入而广泛地研究。渔业资源的可持续利用是指在不损及后代人满足其需求的渔业资源基础的前提下, 来满足当代人对水产品需要的资源利用的方式。但是, 渔业资源的可持续利用必须以满足经济发展对渔业资源的需

收稿日期: 2001-09-19

资助项目: 联合国粮农组织资助项目

作者简介: 陈新军(1967-), 男, 浙江义乌人, 副教授, 博士, 主要从事远洋渔业、渔业资源经济学研究。Tel: 021-65711303, E-mail: xjchen@shfu.edu.cn

求为前提,同时确保渔业资源生态质量的保持和提高。实际上,渔业资源的可持续利用不仅是一个简单的经济问题,同时也是一个包含社会、文化、制度、技术等方面的综合问题。在渔业资源可持续利用研究中,一个极为重要而现实的问题就是:如何去评价渔业资源的可持续利用水平,它的评价依据、方法和标准又如何去确定,评价体系如何建立,以全面客观地反映渔业资源可持续利用系统的各个方面。

目前对渔业资源可持续利用评价的研究主要停留在利用一些生物-经济模型,这些模型关系都是在一定的假设和理想条件下推导出来的,各种模型的计算结果往往不一致。同时,由于渔业资源具有很大的不确定性,极易受到外界环境条件的影响,利用这些模型无法反映出其不确定性以及环境变化的因子。因此,建立一种简单、实用、具有可操作性的方法,全方位地从资源、社会、经济、人口、制度以及生态等方面,来跟踪渔业资源可持续利用系统的发展状况,是一个迫切需要解决的问题。

## 1 渔业资源可持续利用综合评价的一般方法

渔业资源可持续利用综合评价量化方法的基本思路是在现有资源、社会、经济等统计数据基础上,对大量社会、经济和资源环境统计信息进行整理和综合分析,力求客观反映诸因素间相互关系和变化趋势的统计规律,并对其作出量化和评价。综合指标体系评价的量化方法很多,要做到客观地评价也有一定的难度。

一般来说,评价量化的一般步骤为:①建立一般指标体系。一般可持续发展指标体系由目标层、准则层和指标层组成,准则层又可分为若干分准则层;②指标权重的确定;③指标的初值化或归一化处理;④综合评价指标的计算方法;⑤评价结果的分析。其中指标权重和综合评价指标的计算是量化方法中的重要内容。

### 1.1 指标权重的确定

由于评价指标体系的指标内涵不同,对可持续发展的重要性也不同,因此在对其进行综合评价时,需要确定指标的权重大小,即根据指标的相对重要性和指标对综合评价的贡献来确定。确定权重的方法有很多,本文采用的方法为常用的层次分析法。

### 1.2 评价指标初值化方法

综合评价的目标体系一般呈现递阶结构形式,根据多目标决策的显著特点之一,即目标间的不可公度性(是指各个目标没有统一的度量标准),因而各指标间难以进行比较。为了避免计算结果受指标量纲和数量级的影响,保证其客观性和科学性,在进行综合评价之前,必须对原始数据进行标准化处理,统一变换到[0, 1]范围内,即对评价指标属性值进行量化。然而,由于评价指标的类型往往不同,因此其属性值量化的方法也应不同。系统评价的指标一般可分为下列几种:成本型(越小越好型)、效益型(越大越好型)、适中型(既不能太大又不能太小为好型)和区间型(属性值在某一固定区间内为好型)<sup>[1]</sup>。此外,对某些不能定量只能进行定性评价的指标,则可以采用选择评价等级(如优、较优、一般、较差、差等)隶属的方法确定,从而将定性的判定有效地转化为定量的分析。

### 1.3 综合评价的量化方法

综合指标体系评价的量化方法很多,很多学者在量化方法方面作了大量的尝试与实际应用。在本研究中,作者采用灰色相对关联量化方法,它就是利用灰色系统理论中的关联度分析原理,对多因素所影响的事物或经济现象作出全面、系统、科学的评价。其具体的评价方法如下<sup>[2]</sup>:

假定现对  $m$  个样点进行评价,评价指标体系由  $n$  个指标组成。每一个样点的所有指标实测值就构成了一个数据列。记为:

$$x_i(k) = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)\} \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

在参与评价的  $m$  个样点中,分别选取最优值,所有的单项指标最优值即可组成参考数据列,记为

$$x_0(k) = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)\}$$

参考数据列的数值是各个样点在各指标体系中所达到的最优水平。实际上,参考数列是各样点中的“理想模式”。并以此作为灰色系统评价的标准,用其它样点和其进行对比分析,作出定量评价。

上述的  $m+1$  个数列  $\{x_0\}, \{x_1\}, \{x_2\}, \dots, \{x_m\}$ , 若量纲或数量级或指标类型不同,则要进行初始化或归一化处理,使得评价结果具有可比性,并减少随机因素的干扰。

计算各样点与评价标准  $\{x_0\}$  的关联系数  $\theta_i(k)$ 。用下式计算:

$$\theta_i(k) = \frac{\Delta_{\min} + R\Delta_{\max}}{\Delta_i(k) + R\Delta_{\max}} \quad (i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中,  $\Delta_i(k) = |x_i(k) - x_0(k)|$ ;

$$\Delta_{\min} = \min_i [\min_k \Delta_i(k)];$$

$$\Delta_{\max} = \max_i [\max_k \Delta_i(k)];$$

$R$  为分辨系数 ( $0 < R < 1$ ), 一般取 0.5。

灰色关联度定义为:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \theta_i(k)$$

该关联度表示样点与最优评价标准在全部指标上的关联程度。 $R$  值越大,说明评价指标值越好。在实际应用中,各评价指标的重要程度用权重  $W_i$  来表示,从而得到更为客观的关联度:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n W_i \cdot \theta_i(k) \quad (2)$$

式中:  $\sum_{k=1}^n W_i = 1 (i = 1, 2, \dots, n)$

由于参考数据列是最优的评价标准,是各评价样点中最完美的“理想模式”,因此相对于“理想模式”而言,可以认为各样点综合评分依次为  $r_1, r_2, \dots, r_n$ , 并获得综合指标值量化的优劣次序,从而作出科学的评价与分析。

## 2 实证分析

本文以东海区渔业资源可持续利用状况作为实证分析。在一般指标体系的基础上,考虑到东海区渔业资源的利用状况和社会经济发展水平,特别是指标数据的可得性和数据的真实性,并征求有关专家的意见,决定选取改革开放以来,即 1978 - 1990 年东海区渔业资源作为实证进行分析<sup>①</sup>。

### 2.1 筛选评价指标

评价指标体系包括了资源环境、社会和经济三个子系统,资源环境子系统包括了营养级  $R_{101}$ 、优质鱼类占海洋捕捞产量的比重  $R_{102}$ 、非选择性渔具占海洋捕捞产量的比重  $R_{103}$ 、单船海洋捕捞产量  $R_{104}$ 、机动渔船每吨位海洋捕捞产量  $R_{105}$  和每千瓦海洋捕捞产量  $R_{106}$  等 6 个指标(见表 1); 社会子系统包括了海洋捕捞专业劳力  $R_{201}$ 、海洋捕捞兼业劳力  $R_{202}$ 、海洋捕捞劳力占渔业劳力的比重  $R_{203}$ 、海洋捕捞劳力占渔业人口的比重  $R_{204}$ 、水产品人均占有量  $R_{205}$ 、渔业人口  $R_{206}$  等 6 个指标(见表 2); 经济子系统包括了海洋捕捞产量  $R_{301}$ 、海洋捕捞产量占海洋渔业产量的比重  $R_{302}$ 、海洋捕捞产量占渔业总产量的比重  $R_{303}$ 、渔业总产值占大农业产值的比重  $R_{304}$ 、机动渔船船数  $R_{305}$ 、机动渔船总吨位  $R_{306}$ 、机动渔船总功率  $R_{307}$ 、渔民人均收入  $R_{308}$ 、渔民劳均收入  $R_{309}$ 、渔民劳均海洋捕捞产量  $R_{310}$ 、渔民人均海洋捕捞产量  $R_{311}$  等 11 个指标(见表 3)。

① 农业部东海区渔政渔港监督局,东海区渔业指挥部编。东海区渔业资源动态监测网、东海区渔业资源管理咨询委员会十周年专辑(1987 - 1997 年)(内部资料),13 - 16。

表 1 资源环境子系统各个指标的原始数据

Tab.1 Primary data of each indicator in the resource-environment subsystem

年份	$R_{101}$	$R_{102}$	$R_{103}$	$R_{104}$	$R_{105}$	$R_{106}$
1978	2.64	63.19	43.6	69.785	2.609	1.178
1979	2.72	59.12	41.1	59.446	2.244	1.050
1980	2.730	46.48	56.9	51.047	1.547	1.038
1981	2.720	51.06	58.5	43.156	1.479	0.956
1982	2.640	48.18	62.2	36.684	1.435	0.935
1983	2.630	38.60	64.5	29.152	1.299	0.875
1984	2.540	41.03	67.7	24.835	1.258	0.891
1985	2.560	39.08	62.3	23.188	1.299	0.868
1986	2.520	37.62	67.6	21.735	1.285	0.881
1987	2.500	37.92	67.1	18.889	1.286	0.821
1988	2.400	30.40	68.3	17.795	1.173	0.727
1989	2.430	36.13	69.9	19.636	1.280	0.683
1990	2.490	36.12	72.4	18.894	1.232	0.663

考虑到原始数据间存在量纲不同和指标间数量级存在明显的差异,因此在计算各子系统中指标间的相关系数之前,应进行初值化处理。然后根据处理结果,计算各子系统内部指标间的相关系数,并建立相应的相关系数矩阵。对相关系数矩阵进行如下的主成分分析和独立性分析。

(1)选出相关置信度有一半以上(含一半)大于 0.95 的指标,在资源环境子系统中有  $R_{101}$ 、 $R_{102}$ 、 $R_{103}$ 、 $R_{104}$ 、 $R_{105}$  和  $R_{106}$  指标;在社会子系统中有  $R_{201}$ 、 $R_{202}$ 、 $R_{205}$  和  $R_{206}$  指标;在经济子系统中有  $R_{301}$ 、 $R_{302}$ 、 $R_{303}$ 、 $R_{304}$ 、 $R_{305}$ 、 $R_{306}$ 、 $R_{307}$ 、 $R_{308}$ 、 $R_{309}$ 、 $R_{310}$  和  $R_{311}$  指标。筛掉的指标有  $R_{203}$  和  $R_{204}$ ,这些指标独立性较高,它们将与后面独立性分析得到的指标共同构成各子系统的评价指标。

表 2 社会子系统各指标的原始数据

Tab.2 Primary data of each indicator in the social subsystem

年份	$R_{201}$	$R_{202}$	$R_{203}$	$R_{204}$	$R_{205}$	$R_{206}$
1978	341 835	54 122	75.15	21.64	4.83	1 830 102
1979	344 977	56 376	68.92	21.27	4.41	1 887 286
1980	359 779	70 734	61.34	22.19	4.56	1 940 048
1981	381 907	71 528	61.47	22.76	4.60	1 992 514
1982	366 601	54 552	52.89	19.99	5.07	2 106 660
1983	320 813	72 239	44.59	18.06	5.31	2 175 966
1984	344 289	74 907	50.80	21.32	5.96	1 966 558
1985	361 232	106 680	50.22	20.32	6.71	2 302 175
1986	408 852	100 521	52.31	21.83	7.73	2 333 331
1987	427 508	106 877	52.34	22.72	8.84	2 352 121
1988	442 793	121 914	51.42	23.31	9.68	2 423 091
1989	416 503	109 142	50.05	21.75	10.1	2 417 011
1990	419 822	104 249	48.97	20.76	10.9	2 524 825

(2)在上面选出的 21 项指标中,选出相关系数有一半以上(包括一半)大于总体平均相关系数的指标。符合上述条件的指标,在资源环境子系统中有  $R_{103}$  和  $R_{104}$ ;在社会子系统中有  $R_{202}$  和  $R_{205}$ ;在经济子系统中有  $R_{302}$ 、 $R_{303}$ 、 $R_{304}$ 、 $R_{305}$ 、 $R_{306}$ 、 $R_{307}$  和  $R_{309}$ 。筛掉了  $R_{101}$ 、 $R_{102}$ 、 $R_{105}$ 、 $R_{106}$ 、 $R_{201}$ 、 $R_{206}$ 、 $R_{301}$ 、 $R_{308}$ 、 $R_{310}$  和  $R_{311}$  共 10 项指标。

(3)辨别真假相关,合并真相关系数在 0.9 以上的指标。上面筛掉的 10 项指标,加上第一次筛掉的 2 项指标,共计 12 项指标。它们是:  $R_{101}$ 、 $R_{102}$ 、 $R_{105}$  和  $R_{106}$ ;  $R_{201}$ 、 $R_{203}$ 、 $R_{204}$  和  $R_{206}$ ;  $R_{301}$ 、 $R_{308}$ 、 $R_{310}$  和  $R_{311}$ 。此时,各子系统内指标的相关系数除假相关外,均小于 0.9。

表 3 经济子系统各指标的原始数据

Tab.3 Primary data of each indicator in the economic subsystem

年份	$R_{301}$	$R_{302}$	$R_{303}$	$R_{304}$	$R_{305}$	$R_{306}$	$R_{307}$	$R_{308}$	$R_{309}$	$R_{310}$	$R_{311}$
1978	152.00	91.43	78.58	1.6	1.66	54.90	129.05	190.7	329	3.84	0.83
1979	142.07	89.97	76.12	1.5	1.86	61.41	135.28	216.5	404	3.54	0.75
1980	144.27	89.58	75.13	1.7	2.22	73.24	114.73	257.0	520	3.34	0.74
1981	145.43	89.39	74.25	2.0	2.74	79.85	128.26	310.5	603	3.33	0.72
1982	152.95	88.70	72.85	2.1	3.42	87.41	141.5	324.7	691	3.48	0.72
1983	147.63	87.59	69.85	2.3	4.13	92.68	150.6	371.0	755	3.73	0.67
1984	160.08	85.48	66.91	2.7	4.98	98.22	161.2	576.0	1153	3.55	0.81
1985	168.34	84.33	62.58	3.5	5.97	106.53	178.5	710.0	1420	3.64	0.73
1986	181.85	84.64	60.14	4.1	6.96	117.62	196.6	906.0	1658	3.53	0.77
1987	201.88	84.29	59.07	4.8	9.14	134.20	232.6	1202.0	2224	3.67	0.85
1988	202.78	83.18	56.36	5.5	9.48	143.93	266.9	1559.0	2713	3.67	0.83
1989	216.00	83.59	56.62	6.0	10.29	157.76	304.8	1229.0	2236	4.15	0.89
1990	229.71	84.07	56.97	6.5	10.72	164.38	334.4	1351.0	2510	5.47	0.90

(4)不同子系统间的独立性分析。建立上述 12 项指标的相关系数矩阵,辨识真假相关,合并真相关系数 0.9 以上的指标,得到最后的评价指标(相关系数矩阵见表 4)。

表 4 评价指标相关系数矩阵

Tab.4 The correlation coefficient matrix of assessment indicators

	$R_{101}$	$R_{102}$	$R_{105}$	$R_{106}$	$R_{201}$	$R_{203}$	$R_{204}$	$R_{206}$	$R_{301}$	$R_{308}$	$R_{310}$	$R_{311}$
$R_{101}$	0.6855	0.8984	-0.8395	0.8326	-0.6328	0.5873	-0.2094	-0.8351	1.0000	-0.9001	-0.4724	-0.7249
$R_{102}$	-0.3857	-0.8564	0.8148	-0.8914	0.8607	-0.3938	0.4112	0.8861	-0.9001	1.0000	0.5682	0.8441
$R_{105}$	-0.0126	-0.4484	0.6964	-0.7631	0.3713	-0.4514	-0.1778	0.6738	-0.4724	0.5682	1.0000	0.6624
$R_{106}$	-0.2115	-0.5810	0.7868	-0.7981	0.7677	-0.1922	0.4674	0.6533	-0.7249	0.8441	0.6624	1.0000
$R_{201}$	1.0000	0.6088	-0.5624	0.3136	-0.1274	0.5382	0.0452	-0.3632	0.6855	-0.3857	-0.0126	-0.2115
$R_{203}$	0.6088	1.0000	-0.7936	0.7952	-0.5244	0.6809	-0.0725	-0.8077	0.8984	-0.8564	-0.4484	-0.5810
$R_{204}$	-0.5624	-0.7936	1.0000	-0.8887	0.5386	-0.6984	0.0029	0.7728	-0.8395	0.8148	0.6964	0.7868
$R_{206}$	0.3136	0.7952	-0.8887	1.0000	-0.6517	0.6076	-0.0743	-0.8856	0.8326	-0.8914	-0.7631	-0.7981
$R_{301}$	-0.1274	-0.5244	0.5386	-0.6517	1.0000	0.0518	0.6963	0.7240	-0.6328	0.8607	0.3713	0.7677
$R_{308}$	0.5382	0.6809	-0.6984	0.6076	0.0518	1.0000	0.6185	-0.5664	0.5873	-0.3938	-0.4514	-0.1922
$R_{310}$	0.0452	-0.0725	0.0029	-0.0743	0.6963	0.6185	1.0000	0.0634	-0.2094	0.4112	-0.1778	0.4674
$R_{311}$	-0.3632	-0.8077	0.7728	-0.8856	0.7240	-0.5664	0.0634	1.0000	-0.8351	0.8861	0.6738	0.6533

## 2.2 指标权重的确定

经过对 15 名多年从事海洋渔业教学、科学研究、渔业管理的专家进行问卷调查,采用层次分析法确定各子系统以及各子系统内部指标的权重,并通过了一致性检验。由于渔业资源可持续利用系统是一个以可再生资源为核心的资源型系统,是建立在强可持续性基础上的,其最重要前提就是要确保资源环境子系统的可持续发展,因此其选取的权重为最大,为 0.524 5;其次是经济子系统,为 0.306 7;最后是社会子系统,为 0.168 8。各子系统内部指标的权重见表 5。

表 5 各子系统及其指标的权重

Tab.5 The weight of each sub-system and its indicator

指标	indicator	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_{101}$	$R_{102}$	$R_{105}$	$R_{106}$	
权重	weight	0.5245	0.1688	0.3067	0.1621	0.1574	0.2537	0.4267	
指标	indicator	$R_{201}$	$R_{203}$	$R_{204}$	$R_{206}$	$R_{301}$	$R_{308}$	$R_{310}$	$R_{311}$
权重	weight	0.2857	0.2857	0.2857	0.1429	0.2136	0.3592	0.2136	0.2136

## 2.3 评价结果

利用上述灰色相对关联分析方法,对1978-1990年间东海区渔业资源可持续利用的状况进行评价,其评价结果见表6。

表6 1978-1990年东海区渔业资源可持续利用的评价结果

Tab.6 The assessment results of sustainable use of fisheries resources from 1978 to 1990 in East China Sea

年份	Year	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
评价价值	value	0.7473	0.6541	0.5579	0.5401	0.4703	0.4234	0.4347	0.4330	0.4550	0.4915	0.5165	0.4691	0.5252

## 2.4 评价结果的分析

从表6的评价结果,可看出:1978-1990年间东海区渔业资源可持续利用水平基本上呈现下降的趋势。其中1983-1986年的可持续利用水平较低,1983年的可持续利用水平为最低,1990年可持续利用水平仅为1978年的75%。这一评价结果,基本符合东海区渔业资源开发利用的现实。80年代以后,东海区渔业资源已被过度开发和利用,特别是1983年,由于近海渔业资源的严重衰退,而外海的一些资源如马面鲀、鲈等资源还没有得到大规模地开发和利用。以后由于外海一些中上层鱼类资源的开发和利用,促进了其可持续利用水平的提高。

因此,通过实证分析,我们认为渔业资源可持续利用综合评价具有比通常的生物-经济的资源评估模型考虑的问题更为全面,因为它从渔业资源可持续利用系统的经济、社会、资源、环境等各个方面来全面反映和评价资源利用的状况,更具有现实意义。通过以东海区实证分析,其评价结果与现实情况是基本一致的,同时将一些定性的描述性的问题转化为定量分析,对实现渔业资源可持续利用具有重要的作用。

### 参考文献:

- [1] Wang Z J. Multiobjective comprehensive evaluation method for complex object systems based on B-P neural networks[J]. Mini-micro Systems, 1995, 16(1): 26-31. [王宗军. 基于B-P神经网络的复杂对象系统多目标综合评价方法及其应用[J]. 小型微型计算机系统, 1999, 16(1): 26-28.]
- [2] Li S P. Grey system appraisal of benefits of comprehensive management for soil and water conservation[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1994, 14(5): 13-18. [黎锁平. 水土保持综合治理效益的灰色系统评价[J]. 水土保持通报, 1994, 14(5): 13-18.]
- [3] Fishery Administration of Agriculture Ministry of People's Republic of China, ed. China Fishery Statistics for 40 years[M]. Beijing: China Ocean Press, 1991. [中华人民共和国农业部水产司编. 中国渔业统计四十年[M]. 北京: 海洋出版社, 1991.]
- [4] Fishery Administration of Agriculture Ministry of People's Republic of China, ed. Compilation of China Fishery Statistics(1989-1993)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1996. [中华人民共和国农业部渔业局编. 中国渔业统计汇编(1989-1993)[M]. 北京: 海洋出版社, 1996.]