

广东省渔业资源可持续利用评价*

陈作志** 林昭进 邱永松

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

摘要 渔业资源的可持续利用是渔业可持续发展的核心问题,对其可持续利用的评价则是目前世界海洋渔业可持续发展研究的前沿及热点问题.本文以可持续利用的有关理论为基础,构建了适用于广东省渔业资源可持续利用的评价指标体系,应用层次灰色综合评判模型分析了1978—2007年间广东省渔业资源的可持续利用状况.结果表明,渔业资源的可持续利用水平在整体上呈下降趋势,1998年降至最低,仅为1978年的37.3%,最近10年间开始出现波动上升,2007年升至1978年的55.1%.综合评价结果与现实情况较为符合,故认为将层次灰色综合评判模型应用于区域渔业资源可持续利用评价是可行的.

关键词 渔业资源 可持续利用 层次分析法 灰色系统方法 广东省

文章编号 1001-9332(2010)01-0221-06 **中图分类号** Q938 **文献标识码** A

Evaluation of sustainable utilization of fishery resources in Guangdong Province. CHEN Zuo-zhi, LIN Zhao-jin, QIU Yong-song (South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2010 21(1):221-226.

Abstract: Sustainable utilization of fishery resources is the key for the sustainable development of fisheries, and its evaluation is a critical topic in the management of fisheries. Based on the theories of sustainable utilization, an index system suitable for the evaluation of the sustainable utilization of fishery resources in Guangdong Province was established, and a hierarchy and comprehensive grey evaluation model was adopted to evaluate this sustainable utilization in 1978-2007. In the study period, the utilization level of fishery resources in this province had an overall decrease, being the lowest in 1998, only 37.3% of that in 1978; but in the nearest 10 years, this utilization level had an increasing trend, with that in 2007 being 55.1% of 1978. The results of comprehensive evaluation were consistent with the observed facts, indicating that the model was feasible to evaluate the sustainable utilization of regional fishery resources.

Key words: fishery resources; sustainable utilization; analytic hierarchy process method; grey synthesis assessment; Guangdong Province.

渔业资源是人类赖以生存的基础资源,是区域经济繁荣和社会稳定的食物保障.渔业资源的合理利用程度直接关系到区域生态环境、经济和社会可持续发展.因此,全面评价渔业资源的可持续利用能力和水平可以客观地反映其利用现状和发展潜力,对其可持续利用具有重要的现实意义.

当前,国内外渔业资源专家主要从生物学、生态学角度出发,通过建立数理统计模式^[1-3]和营养动态模型^[4-5]等,对渔业资源进行综合分析评估,进而

提出可持续利用建议.这些研究所采用的方法由于结构简洁、便于应用,已成为该领域的主要研究方法.然而,由于渔业资源的可持续利用评价实际上是针对多目标、多层次的复杂系统,所需的连续性渔业数据的采集难度和参数取值差别较大,采用常规的数理统计方法会有一定的局限性.灰色系统方法较之前者则更能灵活处理“小样本”、“贫信息”的复杂系统,并且能够充分考虑资源的生物、社会和技术经济等多方面因素,全面反映资源的可持续利用水平^[6],已在渔业资源、水资源、土地资源等方面得到了很好的应用^[7-10].

广东省濒临南海,位于世界上最大的大陆和海洋交界部分,陆架宽广,拥有广阔的海洋空间和丰富

* 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2009TS13, 2010ZD01)、广东省自然科学基金博士启动基金项目和广东省908专项(GD9080205)资助.

** 通讯作者. E-mail: zczhen2000@163.com

2009-06-23 收稿, 2009-11-16 接受.

的海洋资源. 近几十年来, 由于广东省海洋渔业经济的持续快速发展, 捕捞强度不断加大, 生态平衡遭到破坏, 渔业资源持续衰退, 已经处于严重的过度捕捞状态, 可持续发展正面临巨大挑战^[11]. 本文通过主成分分析法构建了适合广东省渔业资源可持续利用的指标体系, 再运用灰色系统方法中的层次灰色综合评价模型, 系统地评价了近 30 年来(1978—2007 年) 广东省渔业资源的利用状况, 以期为可持续发展提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 渔业资源可持续利用评价指标体系的构建

渔业资源可持续利用是一个复杂的大系统, 涉及社会、经济、技术、资源和环境等因素, 因此, 评价指标体系应主要包括资源环境、社会和经济 3 个子系统. 由于指标体系的多层次、多系统和多类型等特点, 为了满足其完备性和针对性, 往往需要选取很多指标. 但这些指标彼此间又有一定的相关性, 所以本文使用主成分分析法^[12]对初次选定的指标进行筛选, 以累计方差贡献率大于 85% 为基准, 选取主要指标进行解释.

基于科学性、实用性、综合性及资料的可得性等原则, 初步选定了 23 个评价指标(表 1). 其中, 资源环境子系统(X_1)包括鱼类占捕捞产量比重 X_{11} 、优质鱼类占海洋捕捞产量的比重 X_{12} 、非选择性渔具占海洋捕捞产量的比重 X_{13} 、单船海洋捕捞产量 X_{14} 、机动渔船每吨位海洋捕捞产量 X_{15} 和年每千瓦海洋捕捞产量 X_{16} 等 6 个指标. 其中, X_{11} 和 X_{12} 指标主要反映资源的质量.

社会子系统(X_2)包括海洋捕捞专业劳力 X_{21} 、海洋捕捞兼业劳力 X_{22} 、海洋捕捞劳力占渔业劳力的比重 X_{23} 、海洋捕捞劳力占渔业人口的比重 X_{24} 、水产品人均占有量 X_{25} 、渔业劳力占渔业人口比重 X_{26} 等 6 个指标. 其中, X_{21} 、 X_{22} 和 X_{23} 指标主要衡量渔业劳动力结构和资源可持续发展的协调度, X_{26} 则反映渔业资源满足人民群众生活需求的程度.

经济子系统(X_3)包括海洋捕捞产量 X_{31} 、海洋捕捞产量占海洋渔业产量的比重 X_{32} 、海洋捕捞产量占渔业总产量的比重 X_{33} 、渔业总产值占大农业产值的比重 X_{34} 、机动渔船船数 X_{35} 、机动渔船总吨位 X_{36} 、机动渔船总功率 X_{37} 、渔民人均收入 X_{38} 、渔民劳均收入 X_{39} 、渔民劳均海洋捕捞产量 X_{310} 、渔民人均海洋捕捞产量 X_{311} 等 11 个指标. 其中, X_{31} 反映资源的可持续生产能力, X_{32} 、 X_{33} 和 X_{34} 反映产业结

构, X_{38} 、 X_{39} 、 X_{310} 和 X_{311} 则反映经济效益.

表 1 广东省渔业资源可持续利用评价指标体系、权重和主成分系数

Tab. 1 Index system, weight factors and coefficients of principal component of sustainable utilization for fishery resources in Guangdong Province

子系统 Subsystem	变量 Variable	权重 Weight	主成分系数 Principal component	
			PC1	PC2
X_1	X_{11}	0.124	0.985	-0.658
	X_{12}	0.071	-0.965	0.411
	X_{13}	0.125	-0.242	0.361
	X_{14}	0.058	0.160	-0.145
	X_{15}	0.064	-0.558	0.572
	X_{16}	0.065	0.423	-0.402
X_2	X_{21}	0.031	0.716	-0.716
	X_{22}	0.022	0.784	-0.833
	X_{23}	0.014	-0.966	0.811
	X_{24}	0.021	-0.527	0.621
	X_{25}	0.009	-0.416	0.905
	X_{26}	0.011	0.031	0.025
X_3	X_{31}	0.055	0.924	-0.893
	X_{32}	0.016	-0.862	0.874
	X_{33}	0.024	-0.922	0.941
	X_{34}	0.021	0.934	-0.926
	X_{35}	0.042	0.872	-0.841
	X_{36}	0.074	0.959	-0.921
	X_{37}	0.066	0.962	-0.940
	X_{38}	0.034	-0.887	0.894
	X_{39}	0.016	-0.899	0.905
	X_{310}	0.021	-0.860	0.807
	X_{311}	0.016	-0.881	0.805
方差贡献率 Variance contribution rate (%)				
累计方差贡献率 Accumulative variance contribution rate (%)			82.918	90.125

X_1 资源环境子系统 Resources & environment subsystem; X_2 社会子系统 Social subsystem; X_3 经济子系统 Economic subsystem. X_{11} 鱼类占捕捞产量比重 Percent of economic fish yield over total catch; X_{12} 优质鱼类占海洋捕捞产量的比重 Percent of yield of the high quality fish over total catch; X_{13} 非选择性渔具占海洋捕捞产量的比重 Percent of yield of non-selective gear over total catch; X_{14} 单船海洋捕捞产量 Catch per fishing boat; X_{15} 机动渔船每吨位海洋捕捞产量 Catch per tonnage of motorized fishing boats; X_{16} 年每千瓦海洋捕捞产量 Annual catch per kilowatt of motorized fishing boats. X_{21} 海洋捕捞专业劳力 Number of marine fishing laborers; X_{22} 海洋捕捞兼业劳力 Number of part-time fishing laborers; X_{23} 海洋捕捞劳力占渔业劳力的比重 Percent of number of marine fishing laborers over fisheries laborers; X_{24} 海洋捕捞劳力占渔业人口的比重 Percent of number of marine fishing laborers over fisheries population; X_{25} 水产品人均占有量 Aquatic products per capita; X_{26} 渔业劳力占渔业人口比重 Percent of number of fisheries laborers over fisheries population. X_{31} 海洋捕捞产量 Total harvest; X_{32} 海洋捕捞产量占海洋渔业产量的比重 Percent of catch over marine fishery production; X_{33} 海洋捕捞产量占渔业总产量的比重 Percent of catch over total fishery production; X_{34} 渔业总产值占大农业产值的比重 Percent of fishery production value over agriculture production value; X_{35} 机动渔船船数 Number of motorized fishing boats; X_{36} 机动渔船总吨位 Total tonnage of motorized fishing boats; X_{37} 机动渔船总功率 Total kilowatt of motorized fishing boats; X_{38} 渔民人均收入 Income per fisherman; X_{39} 渔民劳均收入 Income per fishing laborer; X_{310} 渔民劳均海洋捕捞产量 Catch per fishing laborer; X_{311} 渔民人均海洋捕捞产量 Catch per fisherman. 下同 The same below.

1.2 基于层次灰色综合评判模型的渔业资源可持续利用评价

1.2.1 渔业资源可持续利用层次灰色综合评判模型

层次灰色综合评判模型是以灰色关联分析法为基础,结合层次分析法和几何拓展的最小二乘准则建立的.过程如下:

1)建立指标值矩阵并进行初值化处理 将广东省渔业资源可持续利用系统的 n 个评价年份、 m 个评价指标按照不同属性指标的隶属函数进行数据初值化处理,得到属性指标值矩阵 X :

$X = (x_{ij})_{n \times m}$ ($j = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n$)
式中 x_{ij} 为第 i 项评价指标在第 j 个评价年份上的指标值.

2)建立最优向量 G 和最差向量 B 规格化处理后的指标体系中,最大值为最优向量(即对渔业资源利用水平影响最大),最小值则为最差向量(即对渔业资源利用水平影响最小),公式分别为:

$$G = (g_1, g_2, \dots, g_m) = (x_{11} \vee x_{12} \vee \dots \vee x_{1m}, x_{21} \vee x_{22} \vee \dots \vee x_{2m}, \dots, x_{n1} \vee x_{n2} \vee \dots \vee x_{nm})$$
$$B = (b_1, b_2, \dots, b_m) = (b_{11} \wedge b_{12} \wedge \dots \wedge b_{1m}, b_{21} \wedge b_{22} \wedge \dots \wedge b_{2m}, \dots, b_{n1} \wedge b_{n2} \wedge \dots \wedge b_{nm})$$

式中: \vee 、 \wedge 分别为最大、最小运算符.

3)计算灰色关联度 第 j 个对象向量 X_j 与最优向量 G 的关联系数为:

$$\xi_j(X_j, G) = \frac{\min_j \min_i |x_{ij} - g_i| + \rho \max_j \max_i |x_{ij} - g_i|}{|x_{ij} - g_i| + \rho \max_j \max_i |x_{ij} - g_i|}$$

第 j 个对象向量 X_j 与最差向量 B 的关联系数为:

$$\xi_j(X_j, B) = \frac{\min_j \min_i |x_{ij} - b_i| + \rho \max_j \max_i |x_{ij} - b_i|}{|x_{ij} - b_i| + \rho \max_j \max_i |x_{ij} - b_i|}$$

式中 ξ 为分辨系数 $\xi \in [0, 1]$ 本研究取 $\xi = 0.5$,第 j 个对象向量 X_j 与最优向量 G 的关联度为:

$$U(X_j, G) = \sum_{i=1}^n w_i \xi_i(X_j, G)$$

第 j 个对象向量 X_j 与最差向量 B 的关联度为:

$$U(X_j, B) = \sum_{i=1}^n w_i \xi_i(X_j, B)$$

其中 W 为权重向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$, $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

4)建立评价模型 假设第 j 个对象向量 X_j 以 u_j 从属于最优向量 G ,那么即以 $(1 - u_j)$ 从属于最差向

量 B .为了建立系统的综合评价模型,我们将经典最小二乘准则作合理拓展,提出目标函数:

$$\min \{ F(u) = \sum_{j=1}^n [(1 - u_j) \gamma(X_j, G)]^2 + [u_j \gamma(X_j, B)]^2 \}$$

其中 μ 为系统的最优解向量 $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$.

由 $\partial F(u) / \partial u_j = 0$ 得

$$u_j = \frac{1}{1 + \left[\frac{\gamma(X_j, B)}{\gamma(X_j, G)} \right]^2}$$

上式即为灰色综合评价评判模型.利用该模型得到第 j 个评价对象向量 X_j 从属于最优向量的程度,即反映该评价对象的优劣程度,再根据 U_j 的大小对各个评价对象进行优次排序,以达到评判的目的.

1.2.2 广东省渔业资源可持续利用层次灰色综合评价

1)数据来源 考虑到广东省渔业资源的利用状况和社会经济发展水平,特别是数据的可获得性和真实性,在征求有关专家意见的前提下,决定选取改革开放以来,即 1978—2007 年广东省水产年统计资料,包括《中国渔业统计四十年》^[13]、《中国渔业统计汇编》(1989—1998 年)^[14-15]、南海区渔业统计资料汇编(1985—2005 年,内部资料)和中国渔业统计年鉴 2007^[16]、2008 年^[17].

2)指标初值化处理 为了消除不同量纲对计算结果的影响,对灰关联属性指标值矩阵进行初值化处理.指标类型不同,初值化处理方法也不同,具体方法见罗小明等^[6].依据模式评价指标对渔业资源利用水平的影响属性,即成本型指标数量越小越好,效益型指标数量越大越好,本文中数据初值化的效益型指标有 X_{11} 、 X_{12} 、 X_{14} 、 X_{15} 、 X_{16} 、 X_{25} 、 X_{38} 、 X_{39} 、 X_{310} 、 X_{311} ,其余则为成本型.

效益型指标初值化:

$$x'_{ij} = \frac{x'_{ij} - m}{M - m}$$

成本型指标初值化:

$$x_{ij} = \frac{m - x'_{ij}}{M - m}$$

式中 m 和 M 分别为第 i 个指标的最小值和最大值.

经初值化处理的结果见表 2.限于篇幅,仅列出几个具有代表性的年份数据.

3)指标权重的确定 由于指标内涵不同,在渔业资源可持续利用中的重要程度也不同,需要根据

表 2 渔业资源指标的初值化处理
Tab.2 Initialization processing results of fisheries resource indicators

指 标 Indicator	年份 Year								
	1978	1988	1989	1995	1998	1999	2002	2005	2007
X ₁₁	1	0.435	0.485	0.387	0.143	0.194	0.160	0.132	0
X ₁₂	0.014	0.413	0.415	0.545	0.688	0.681	0.796	0.843	1
X ₁₃	0.500	0.411	0.446	0.268	0.089	0	0.911	0.964	0.982
X ₁₄	1	0.029	0.059	0.231	0.297	0.299	0.266	0.230	0.221
X ₁₅	1	0.029	0.110	0.619	0.733	0.743	0.638	0.610	0.610
X ₁₆	1	0	0.010	0.178	0.157	0.174	0.099	0.072	0.094
X ₂₁	1	0.661	0.703	0.702	0.176	0.411	0.122	0.279	0.371
X ₂₂	1	0.659	0.766	0.538	0.440	0.562	0.534	0	0.009
X ₂₃	0	0.391	0.261	0.522	0.478	0.391	0.348	0.870	1
X ₂₄	0.330	0	0.322	0.470	0.455	0.523	0.480	0.592	0.659
X ₂₅	0.031	0.250	0.279	0.577	0.943	0.967	0.977	0.915	0.838
X ₂₆	0.609	0	0.435	0.391	0.522	0.522	0.522	0.304	0.348
X ₃₁	0.931	0.685	0.611	0.221	0	0.006	0.070	0.152	0.294
X ₃₂	0.004	0.174	0.136	0.282	0.721	0.750	0.843	0.948	1
X ₃₃	0	0.417	0.378	0.536	0.744	0.774	0.862	0.957	1
X ₃₄	0.853	0.594	0.596	0.226	0.151	0.111	0	0.099	0.208
X ₃₅	1	0.225	0.222	0.238	0.191	0.199	0.185	0.179	0.005
X ₃₆	1	0.447	0.383	0.171	0	0.008	0.026	0.092	0.075
X ₃₇	1	0.562	0.489	0.223	0	0.022	0.010	0.065	0.028
X ₃₈	0	0.133	0.161	0.366	0.702	0.711	0.735	0.806	0.996
X ₃₉	0	0.164	0.198	0.453	0.737	0.708	0.805	0.806	0.957
X ₃₁₀	0.119	0.298	0.433	0.803	0.863	0.977	0.822	0.576	0.577
X ₃₁₁	0.077	0.389	0.367	0.671	0.701	0.727	0.618	0.534	0.531

指标的相对重要性和对综合评价的贡献来确定指标权重值.通过咨询 10 名多年从事海洋渔业教学、科学研究和管理的专家,首先确定各子系统的权重,再确定子系统内指标的权重,最后,综合分析确定各指标权重,并对因子权重的判断矩阵进行一致性检验.

AHP 法确定因子权重从上到下为目标层 A、对象层 B 和指标层 C.各层次具体判断矩阵构造方法是:在进行区域渔业资源可持续利用等级的目标层(A)下,以 C 为指标层,进行构造 B 的判断矩阵;以 B 为指标层,构造 A 的判断矩阵.不同判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} 、一致性指标 CI 和一致性指标 CR 值如下:

A - B : $\lambda_{\max} = 5.213$; $CI = 0.014$; $CR = 0.011$

B₁ - C₁₋₆ : $\lambda_{\max} = 8.145$; $CI = 0.018$; $CR = 0.015$

B₂ - C₇₋₁₂ : $\lambda_{\max} = 8.625$; $CI = 0.023$; $CR = 0.041$

B₃ - C₁₃₋₂₃ : $\lambda_{\max} = 6.984$; $CI = 0.041$; $CR = 0.054$

由于 CI 值均小于 0.1,认为判断矩阵的一致性可以接受.最终确定的指标权重值为:资源环境因子 0.5068 ;社会因子 0.1082 ;经济因子 0.385 ,各子系

统内部指标的权重见表 1.

2 结果与分析

2.1 主成分分析

由表 1 可知,各子系统指标的前 2 个主因子累积贡献率均超过 90%,说明可以用来代表可持续利用指标的所有信息.资源环境子系统的第 1 主成分因子中, X_{11} 、 X_{12} 的绝对值最大,属于决定因子.其中 X_{11} 为正值,表示渔获物组成中经济鱼类的比例越大,渔业资源的质量越好.第 2 主成分因子中, X_{12} 的负值最大,表示渔获物组成中虾蟹类的比例越大,渔业资源的可持续能力越低.

社会子系统的第 1 主成分因子中, X_{21} 、 X_{22} 、 X_{26} 为正值,其余为负值, X_{23} 的负值最大,因此这一主成分表示资源可持续的程度以及满足人民群众生活需求的程度等.海洋捕捞劳力在渔业人口中的比例越大,表示资源的可持续程度越低.第 2 主成分中的主导因子 X_{25} ,表示如果水产品人均占有量越高,渔业资源满足人民群众生活需求的程度也越高.

在经济子系统中,第 1 主成分因子的绝对值都较大,其中, X_{32} 、 X_{33} 、 X_{38} 、 X_{39} 、 X_{310} 、 X_{311} 指标为负值,其余为正值.反映了渔业生产、经营活动中,捕捞的

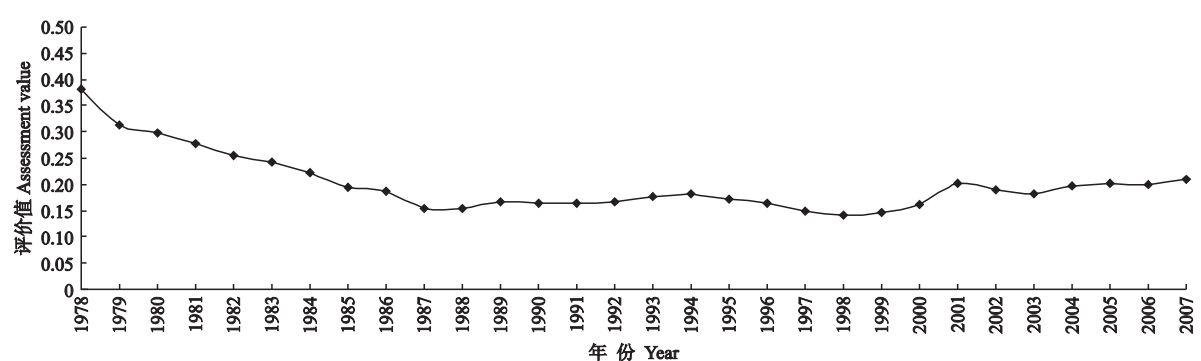


图1 广东省渔业资源可持续利用的评价结果

Fig.1 Assessment results of sustainable utilization of fishery resources in Guangdong Province.

比较效益越高,海洋捕捞产量的比重越大,资源的可持续利用水平就越低。第2主成分中起主要作用的是 X_{32} 、 X_{33} 、 X_{38} 、 X_{39} ,它们主要反映渔业资源对产业发展的支撑能力。总投入增加的同时,如果收入也同时增加,说明资源的支撑能力强。

2.2 可持续利用的层次灰色综合评价

层次灰色综合评价模型是利用评价对象与最优参考向量和最劣参考向量的关联程度来评价该对象的优劣,即综合评价值越大,该评价对象的可持续利用水平越高,反之则低。本研究的评价结果见图1。

总体而言,近30年间,广东省渔业资源可持续利用水平基本上呈逐步下降的趋势。其中,1978—1987年下降较快,1987年降到0.148,以后的10年间(1988—1998年)则一直徘徊在极低的水平,1998年仅为0.142,为1978年的37.3%。这一评价结果与陈新军等^[18]对东海区渔业资源可持续利用的评价结果基本相同。实际上,广东省海洋渔业资源早在20世纪70年代就已捕捞过度,尤其是一些优质的经济鱼类,如红鳍笛鲷(*Lutjanus erythropterus*)、灰裸顶鲷(*Gymnocranius griseus*)、点石鲈(*Pomadasys kaakan*)和黄牙鲷(*Dentex tumifrons*)等,目前数量已经很少。20世纪80年代以来,主要捕捞对象是一些广泛分布的小型中上层鱼类和生命周期较短的底层鱼类,但其中大多数种类也已过度利用,渔获率呈明显下降趋势^[19-20]。

1999年,为了恢复和可持续利用渔业资源,农业部在南海区实施了伏季休渔制度,并调整海洋捕捞结构和经济增长方式,大力开展人工鱼礁建设和增殖放流。2002年,广东省通过了“关于建设人工鱼礁保护海洋资源环境”的议案,决定未来10年投资8亿元在12个沿海市建设100座人工鱼礁礁区。目前,广东省已全面进行了大规模的人工鱼礁建设和增殖放流,有效地提高了渔业资源的可持续利用水

平,对改善海域生态环境和恢复渔业资源起到了十分重要的作用。1999—2007年,渔业资源可持续利用水平开始波动上升,2007年达到1978年的55.1%(图1)。

3 讨 论

20世纪90年代以来,随着“可持续发展”思想的提出,对渔业资源的可持续利用研究日益成为学术界和管理者共同关注的主要课题。“中国21世纪议程”的生物多样性保护中,明确指出我国“自然资源 and 生物多样性的保护”的总方针和政策,即“全面规划,积极保护,科学管理,持续利用”^[21]。显然,海洋渔业资源的可持续利用是我国新时期渔业管理的重要课题,也是渔业可持续发展的本质和核心问题。没有渔业资源的可持续利用就谈不上渔业的可持续发展。本文以灰色系统模型评价法为基础,结合层次分析法,评价了近30年来广东省渔业资源的可持续利用水平。结果表明,整体上呈现持续下降趋势,1987年仅为1978年的38.8%,以后的十年间(1988—1998年)则一直徘徊在极低的水平,1999年后有所改善,评价等级值由0.142上升到0.210。总体来讲,尽管广东省渔业资源的可持续利用水平目前仍较低,但已逐渐出现好转的趋势。这一评价结果与实际情况非常吻合,也进一步证明了应用层次分析-灰色系统模型综合评价法进行区域渔业资源可持续利用评价是可靠的,且灵敏度较高。

渔业资源是一个综合的、复杂的灰色大系统,对其进行综合评价,不仅要考虑系统自身的特征,更关键的是对评价指标的选择和目标值的确定。本文综合考虑了资源环境、社会和经济等方面的指标,主成分分析的结果表明,这些指标通过渔业资源的利用方式、生产效益等方式来影响渔业资源的质量和数量,从而能全面地反映广东省渔业资源的利用状况

和发展潜力。然而,渔业资源除了受上述因子影响外,还受到自然环境因子^[22]、生态系统健康状况^[5]及劳动力素质^[8]等影响。由于资料收集的限制,有些指标并没有包括在内,在以后的研究中需要积累更多的资料以进行更深入的研究。

参考文献

- [1] Gulland JA. Fish Stock Assessment a Manual of Basic Methods. New York: John Wiley & Sons Inc, 1983
- [2] Schaefer MB. A study of the dynamics of the fishery for yellow fin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, 1957, **2**: 245–285
- [3] Fox WW. An exponential yield model for optimizing exploited fish populations. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1970, **99**: 80–88
- [4] Ryther JH. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*, 1969, **166**: 72–76
- [5] Chen Z-Z(陈作志), Qiu Y-S(邱永松), Jia X-P(贾晓平). Mass-balance ecopath model of the Beibu Gulf Ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology(应用生态学报)*, 2006, **17**(6): 1107–1112 (in Chinese)
- [6] Luo X-M(罗小明), Yang H-H(杨惠鹄). A grey comprehensive evaluation model. *System Engineering and Electronics(系统工程与电子技术)*, 1994, **16**(9): 18–25 (in Chinese)
- [7] Chen X-J(陈新军). Application of Grey Theory on Fisheries Science. Beijing: China Agriculture Press, 2003 (in Chinese)
- [8] Ni H-E(倪海儿), Lu J-H(陆杰华). Construction and evaluation of indicator system for sustainable use of fishery resources in Zhoushan Fishing ground. *Chinese Journal of Applied Ecology(应用生态学报)*, 2003, **14**(6): 985–988 (in Chinese)
- [9] Yu S-K(于少康), Ding Z-M(丁志敏), Yuan F(袁方). An evaluation of sustainable use of land resources – A case study of Lushan District, Jiangxi Province. *Scientific and Technological Management of Land and Resources(国土资源科技管理)*, 2008, **25**(5): 72–78 (in Chinese)
- [10] Zeng Q(曾群), Cai S-M(蔡述明). Quantitative evaluation on the sustainable application of water resource in Wuhan city. *Resources and Environment in the Yangtze Basin(长江流域资源与环境)*, 2005, **14**(4): 429–434 (in Chinese)
- [11] Qiu Y-S(邱永松), Zeng X-G(曾晓光), Chen T(陈涛). Fishery Resources in South China Sea and Fishery Management. Beijing: Ocean Press, 2008 (in Chinese)
- [12] Ma R-Y(麻荣永), Zheng E-W(郑二伟), Wang K(王魁), et al. Application of the main component analysis method in the comprehensive evaluation of the water resources sustainable utilization in Guangxi Province. *Journal of Guangxi University(Natural Science)(广西大学学报·自然科学版)*, 2008, **33**(1): 16–19 (in Chinese)
- [13] Fishery Department of the Ministry of Agriculture, the People's Republic of China(农业部渔业局). Fishery Statistics of China in Forty Years. Beijing: Ocean Press, 1991 (in Chinese)
- [14] Fishery Department of the Ministry of Agriculture, the People's Republic of China(农业部渔业局). Compilation of the Statistics of Chinese Fishery(1989–1993). Beijing: Ocean Press, 1996 (in Chinese)
- [15] Fishery Department of the Ministry of Agriculture, the People's Republic of China(农业部渔业局). Compilation of the Statistics of Chinese Fishery(1994–1998). Beijing: Ocean Press, 2000 (in Chinese)
- [16] Fishery Department of the Ministry of Agriculture, the People's Republic of China(农业部渔业局). China Fisheries Yearbook in 2007. Beijing: Ocean Press, 2007 (in Chinese)
- [17] Fishery Department of the Ministry of Agriculture, the People's Republic of China(农业部渔业局). China Fisheries Yearbook in 2008. Beijing: Ocean Press, 2008 (in Chinese)
- [18] Chen X-J(陈新军), Zhou Y-Q(周应祺). Study on the synthesis assessment of sustainable use of fisheries resources based on grey theory. *Journal of Fishery Science of China(中国水产科学)*, 2004, **11**(suppl.): 91–95 (in Chinese)
- [19] Wang Y-Z(王跃中), Yuan W-W(袁蔚文). Changes in demersal trawl fishery resources in northern South China Sea as revealed by demersal trawling. *South China Fisheries Science(南方水产)*, 2008, **4**(2): 26–33 (in Chinese)
- [20] Chen Z-Z(陈作志), Qiu Y-S(邱永松). Stock variation of *Parargyrops edita* Tanaka in Beibu Gulf. *South China Fisheries Science(南方水产)*, 2005, **1**(3): 26–31 (in Chinese)
- [21] ACCA(Administrative Center for China's Agenda 21, 中国21世纪议程管理中心). China's Agenda in 21st Century – White Paper on China's Population, Environment, and Development. Beijing: China Environmental Science Press, 1994 (in Chinese)
- [22] Li K-J(李冠军), Qiu Y-S(邱永松), Wang Y-Z(王跃中). Influence of natural environment change on fishery resources in Beibu Gulf. *South China Fisheries Science(南方水产)*, 2007, **3**(1): 7–13 (in Chinese)

作者简介 陈作志,男,1978年生,博士,助理研究员。主要从事渔业资源和渔业生态学研究,发表论文20多篇。E-mail: zzchen2000@163.com

责任编辑 肖红