

集对分析在盐城滨海湿地区域协调发展评价中的应用

石月珍,严以新

(1.河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210098;
2.河海大学交通学院、海洋学院,江苏 南京 210098)

摘要 应用集对分析的同异反态势排序法,给出了经济、社会发展态势度和资源、环境损害态势度的表示方法,并提出了经济、社会、资源与环境之间协调发展的评价模型.以盐城滨海湿地区域为例,对其协调发展进行综合评价,评价结果表明:基于联系数的同异反态势排序的经济、社会、资源与环境协调发展的评价模型具有简单实用的特点.

关键词 滨海湿地区域 协调发展 集对分析 盐城市
中图分类号 P74 X321 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2005)03-0322-05

20 世纪 90 年代初出现的集对理论,是一种新的不确定性理论^[1].集对理论的核心思想是把确定不确定视作一个确定不确定系统,在一定的背景问题下,对所论及的有一定联系的 2 个集合组成的集对所具有的特性进行同、异、反分析,从而从整体上评估被研究对象的状态和可能的趋势.

近年来,一些学者将集对分析应用于体育比赛成绩排序和学生成绩评价的研究中^[2~5],都取得了较好的效果.本文将集对分析应用于盐城滨海湿地区域经济、社会、资源与环境协调发展评价中.

1 集对分析的同异反联系数表达式及同异反态势排序

1.1 同异反联系数表达式

联系数是把研究对象与给定参考集的同—性测度、差异性测度和对立性测度联系在同一个数学表达式中的一种结构函数^[6].联系数的一般形式为

$$\mu = a + bi + cj = N_1/N + (N_2/N)i + (N_3/N)j \tag{1}$$

式中: μ ——联系数; a, b, c ——同一数、差异数、对立数,均为非负实数; N ——集对所具有的特性总数; N_1 ——集对中的 2 个集合共同具有的特性数; N_3 ——2 个集合相互对立的特性数; N_2 ——2 个集合既不共同具有,也不相互对立的特性数, $N_2 = N - N_1 - N_3$.一般情况下, $j = -1, i \in [-1, 1]$,但在实际应用中,经常不取 i 和 j 的实际值,仅把 i 和 j 看作一种标记, j 表示 c 是 a 的相反测度, i 表示 b 是介于 a 与 c 之间的测度.

在式(1)中,同一数 a 、对立数 b 和差异数 c 分别反映被研究对象正面、反面和不确定因素的值.把正面、反面、不确定这 3 个因素放在一起可以从整体上评估研究对象的状态和可能趋势.

1.2 同异反态势排序

根据联系数表达式(1)中 a, b, c 大小关系而进行的一种系统状态排序称为同异反态势排序^[2].若对每一种排序用 $[0.1, 1]$ 之间的一个相应实数值表示,则每一个数值称为态势度.基于联系数的同异反态势排序的态势度见表 1.同异反态势排序描述被研究对象系

表 1 态势度的取值

Table 1 Value of state degree

a, b, c 的关系	名称	含义	态势度
$a > c, b = 0$	准同势	系统有确定的同一趋势	1.0
$a > c > b (b \neq 0)$	强同势	系统以同一的趋势为主	0.9
$a > b \geq c$	弱同势	系统同一的趋势比较弱	0.8
$b \geq a > c$	微同势	系统同一的趋势很微弱	0.7
$a = c, b = 0$	准均势	系统的同一和对立趋势均力敌	0.6
$b < a = c$	强均势	系统的同一和对立趋势明显相等	0.5
$b \geq a = c$	弱均势	系统的同一和对立趋势相等,但不确定	0.4
$a < c, b \geq c$	弱反势	系统对立的趋势较弱	0.3
$c \geq b \geq a$	强反势	系统以对立的趋势为主	0.2
$b \leq a < c$ (含 $b = 0$)	准反势	系统对立的趋势是确定的	0.1

统处于某一态势,并反映系统各种态势之间的强弱程度.

2 盐城滨海湿地区域经济、社会、资源及环境协调发展的综合评价

由于判断区域经济、社会、资源与环境系统之间是否协调发展既具有确定性、又具有不确定性的特征,因此作为应用实例,本文采用集对分析对江苏盐城滨海湿地区域经济、社会、资源及环境的协调发展进行综合评价.

2.1 指标的选取及评价标准的建立

考虑到衡量社会、经济、资源与环境发展程度的指标多、关系复杂、特性差异大^[7],所以指标的选取尽可能与国内外选用的指标一致,并遵循指标的真实性、可比性、可操作性、易获得性和简洁实用性等原则^[8].

至于评价标准,目前,除环境质量指标外,国内外对经济、社会、资源和环境类的其他指标,还没有一致认可的并令人满意的评价标准^[7].为使各评价指标具有纵向和横向可比性,应做到:(a)对于‘增长率’类指标,可参照国内外情况,结合不同发展时期的要求,制定Ⅰ级(低速)、Ⅱ级(中速)和Ⅲ级(高速)发展3级标准;(b)对于‘百分率’和‘单位均值’类型指标,可参考国内外不同类型的社会、经济发展水平,制定出适合于不同发展时期的Ⅰ级(合格)、Ⅱ级(中等)和Ⅲ级(良好)3级标准;(c)对于无法用上述两种类型表示的指标,可结合当地发展规划,制定Ⅰ级(该地区现状值)、Ⅱ级(近期目标值)和Ⅲ级(远期目标值)3级标准.对于有国家标准的环境类指标,应选取国家环境标准.

按照上述原则,选取的指标及制定的指标标准值见表 2.

表 2 评价指标及其等级
Table 2 Assessment indexes and their degrees

等级	经济发展指标					
	GDP 年增长 率/%	人均 GDP/ (元·人 ⁻¹)	农林牧渔总产值 占 GDP 比重/%	工业产值占 GDP 比重/%	人均粮食产量/ (kg·人 ⁻¹)	人均财政收入/ (元·人 ⁻¹)
I	8	3 000	30	100	500	300
II	12	5 000	60	150	700	500
III	15	8 000	100	200	1 000	700
等级	经济发展指标			社会发展指标		
	人均社会固定资产 投资/(元·人 ⁻¹)	人均社会消费 额/(元·人 ⁻¹)	人均主要港口货物 吞吐量/(元·人 ⁻¹)	人均进出口 总额/(元·人 ⁻¹)	人口密度/ (人·km ⁻²)	非农业人口占 总人口比重/%
I	1 000	1 000	1	20	700	15
II	1 500	1 500	3	60	400	25
III	2 000	3 000	5	100	250	50
等级	社会发展指标					
	农民人均纯 收入/(元·人 ⁻¹)	恩格尔 系数	城镇居民人均可支配 收入/(元·人 ⁻¹)	每万人科技 人员数/人	人口自然 增长率/%	人均邮电业务量/ (元·人 ⁻¹)
I	2 000	100	2 000	100	10	50
II	5 000	50	5 000	200	5	100
III	10 000	20	10 000	300	1	150
等级	社会发展指标		资源指标			
	人均储蓄存款 余额/(元·人 ⁻¹)	人均土地面积/ (m ² ·人 ⁻¹)	人均耕地面积/ (m ² ·人 ⁻¹)	海岸线系数/ (km·km ⁻²)	滨海湿地 利用率/%	人均滨海湿地 面积/(m ² ·人 ⁻¹)
I	2 000	1 333.4	666.70	0.01	100	666.70
II	3 500	2 666.8	1 000.05	0.05	50	1 000.05
III	5 000	4 000.2	1 666.75	0.10	20	1 333.40
等级	环境指标					
	万元 GDP 废水 排放量/t	万元 GDP SO ₂ 排放量/kg	万元 GDP 固体废弃物 产生量/kg	工业 SO ₂ 处理率/%	工业废水 处理率/%	工业固体废弃物 处理率/%
I	10	5.0	70	50	50	50
II	5	3.0	50	70	70	70
III	2	1.5	30	95	95	95

2.2 经济、社会发展态势度和资源、环境损害态势度

分别将盐城滨海湿地区域的经济、社会、资源与环境的指标值和与它们相对应的评价标准作为 2 个集合构成一个集对. 若指标体系中有 N 个评价指标, 则将这 N 个评价指标作为集对所具有的特性总数.

在制定了评价标准的基础上, 若认定 i ($i = \text{I}, \text{II}, \text{III}$) 级作为评价标准, 在 N 个指标中, 符合 i 级标准的指标数目 N_i 为集对中 2 个集合共同具有的特征数; 凡高于 i 级标准的评价指标数目为集对中 2 个集合既不对立, 也不共同具有的特性数; 凡低于 i 级标准的评价指标数目为集对中 2 个集合相互对立的特性数.

需要指出的是, 指标值符合 I 级标准, 对效益型指标而言, 是指指标值小于等于 I 级标准, 对成本型指标而言, 是指指标值介于 I 级和 II 级之间. 指标值符合 II 级标准和三级标准的情况, 可以依次类推.

因此, 若 N 个指标中, 符合 I 级、II 级、III 级标准的指标数目分别为 N_1, N_2 和 N_3 ($N_1 + N_2 + N_3 = N$), 则认定不同等级作评价标准时, 社会、经济发展的联系度表达式中的同一数 a 、差异数 b 和对立数 c 如表 3 所示.

根据对经济、社会、资源和环境指标特征的分析, 在认定某一等级作为评价标准后, 按表 3 的方法可以得到联系数表达式中 a, b, c 的值. 对照表 1 可得到同异反态势排序的态势度, 并分别称它们为经济、社会发展态势度 d_e 和 d_s , 资源、环境损害态势度 d_r 和 d_{en} .

2.3 经济、社会、资源与环境协调发展指数

经济、社会的发展及资源、环境的变化都有类似的产生、发展和成熟 3 个阶段过程, 它们之间的相互关系可以用生长曲线描述. 定义经济、社会、资源与环境协调发展指数 I 为

$$I = \frac{1}{1 + d_r d_{en} e^{-d_e d_s}}$$

(2)

式中: d_e ——经济发展态势度; d_s ——社会发展态势度; d_r ——资源损害态势度; d_{en} ——环境损害态势度. 它们的取值区间均为 $[0, 1]$.

由式(2)可知, 当经济、社会发展态势度小 ($d_e = d_s = 0.1$), 而资源、环境损害态势度大, 即资源枯竭、污染严重 ($d_r = d_{en} = 1$) 时, 四者协调发展指数 $I_{\min} = 0.50$; 当经济、社会发展态势度大 ($d_e = d_s = 1$), 资源、环境损害态势度小, 即资源丰富、污染较轻 ($d_r = d_{en} = 0.1$) 时, 四者协调发展指数 $I_{\max} = 1.00$; 当经济、社会发展态势度和资源、环境损害态势度均处于中等水平 ($d_e = d_s = d_r = d_{en} = 0.5$) 时, $I = 0.84$.

经上述对 d_e, d_s, d_r 和 d_{en} 取某些值时的 I 值分析, 可得 I 的取值范围与协调发展评价结果之间的对应关系(表 4).

2.4 计算与讨论

本文拟评价 1999~2002 年, 盐城滨海湿地区域经济、社会、资源与环境的协调发展程度. 表 5 即为盐城滨海湿地区域各评价指标的实际值.

将经济、社会发展态势度 d_e, d_s 和资源、环境损害态势度 d_r, d_{en} 的值, 代入式(2), 计算得到盐城滨海湿地区域经济、社会、资源与环境协调发展指数 I . 经过计算, 盐城滨海湿地区域 1999~2002 年的协调发展情况为: 当取 I 级作为评价标准时, 均为基本协调发展; 当取 II 级作为评价标准时, 均为弱协调发展; 当取 III 级作为评价标准时, 均为不协调发展. 鉴于盐城区域发展状况处于中等水平, 宜取 II 级作为评价标准, 详细计算结果见表 6.

表 6 的计算结果表明, 虽然盐城滨海湿地区域 1999~2002 年的经济、社会、资源与环境的协调发展指数逐年有所上升, 但仍属于弱协调发展. 在这 4 年中, 尽管经济、社会的发展态势度较大, 但资源、环境的损害态势度也比较大, 最终导致整个区域的协调发展指数处于弱协调发展区间. 这与盐城滨海湿地区域在 1999~2002 年期间重视经济、社会发展, 而轻视资源保护、环境污染治理的情况相符.

表 3 联系数 a, b, c 的计算式

Table 3 Expression of connection number a, b and c

评价标准	a	b	c
I 级标准	N_1/N	$(N_2 + N_3)/N$	0
II 级标准	N_2/N	N_3/N	N_1/N
III 级标准	N_3/N	0	$(N_1 + N_2)/N$

表 4 I 取值区间与评价结果的对应关系

Table 4 Corresponding relation between value range of I and assessment result

I 值区间	(1.00, 0.92)	(0.92, 0.84)	(0.84, 0.72)	(0.72, 0.50)
评价结果	协调发展	基本协调发展	弱协调发展	不协调

表 5 1999 ~ 2000 年盐城滨海湿地区域各评价指标的实际值

Table 5 Real value of assessment indexes from 1999 to 2000 for coastal wetland region of Yancheng City

经济发展指标						
年份	GDP 年增长 率/%	人均 GDP/ (元·人 ⁻¹)	农林牧渔总产值 占 GDP 比重/%	工业产值占 GDP 比重/%	人均粮食产量/ (kg·人 ⁻¹)	人均财政收入/ (元·人 ⁻¹)
1999	8.59	6026.8	81.21	155.08	749.66	264.72
2000	11.06	6469.4	77.26	145.92	652.68	284.29
2001	12.45	7159.8	74.30	153.85	641.16	336.55
2002	13.76	8111.4	69.92	158.16	630.30	434.76
经济发展指标				社会发展指标		
年份	人均社会固定资产 投资/(元·人 ⁻¹)	人均社会消费 额/(元·人 ⁻¹)	人均主要港口货物 吞吐量/(元·人 ⁻¹)	人均进出口 总额/(元·人 ⁻¹)	人口密度/ (人·km ⁻²)	非农业人口占 总人口比重/%
1999	1321.00	1726.04	1.41	21.39	430.07	18.40
2000	1335.80	1856.27	1.40	31.30	431.45	21.88
2001	1594.61	2023.64	1.41	27.25	438.45	22.76
2002	2079.96	2235.77	1.21	37.63	431.05	28.06
社会发展指标						
年份	农民人均纯 收入/(元·人 ⁻¹)	恩格尔 系数	城镇居民人均可支配 收入/(元·人 ⁻¹)	每万人科技 人员数/人	人口自然 增长率/%	人均邮电业务量/ (元·人 ⁻¹)
1999	3375.4	45.47	4795.5	185.11	2.25	70.95
2000	3484.6	45.10	4913.5	195.29	3.15	91.43
2001	3656.6	44.48	5100.5	193.27	1.27	106.46
2002	3859.2	41.33	5622.5	170.58	1.50	118.69
社会发展指标			资源指标			
年份	人均储蓄存款 余额/(元·人 ⁻¹)	人均土地面积/ (m ² ·人 ⁻¹)	人均耕地面积/ (m ² ·人 ⁻¹)	海岸线系数/ (km·km ⁻²)	滨海湿地 利用率/%	人均滨海湿地 面积/(m ² ·人 ⁻¹)
1999	2719.2	2326.78	913.38	0.0545	67	993.38
2000	3018.6	2320.12	1140.06	0.0545	70	986.72
2001	3493.2	2320.12	1140.06	0.0545	72	986.72
2002	4153.2	2320.12	1133.39	0.0545	75	993.38
环境指标						
年份	万元 GDP 废水 排放量/t	万元 GDP SO ₂ 排放量/kg	万元 GDP 固体废弃物 产生量/kg	工业 SO ₂ 处理率/%	工业废水 处理率/%	工业固体废弃物 处理率/%
1999	2.96	3.48	54.22	2.0	35.14	70.2
2000	3.84	2.21	46.60	11.0	39.30	88.1
2001	7.56	2.18	36.99	6.6	43.04	87.4
2002	6.62	1.67	37.32	6.9	45.00	90.6

注 评价指标值数据来源于《江苏统计年鉴》、《盐城统计年鉴》和《盐城年鉴》。

表 6 计算及评价结果

Table 6 Result of calculation and assessment

年份	d_e	d_s	d_r	d_{en}	I	协调评价结果
1999	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7576	弱协调发展
2000	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7946	弱协调发展
2001	0.7	0.8	0.7	0.6	0.8065	弱协调发展
2002	0.7	0.8	0.7	0.6	0.8065	弱协调发展

3 结 论

- a. 用集对分析进行经济、社会、资源与环境协调发展评价时,不受评价指标多少的限制,计算简便,而且评价方法直观,可比性强,该方法也可尝试用于其他领域的综合评价。
- b. 用 d_e, d_s, d_r 和 d_{en} 描述经济、社会、资源与环境协调发展的指数模型,揭示了四者之间相互影响和相互制约的协调发展关系。
- c. 盐城滨海湿地区域协调发展评价结果显示,该区域 1999 ~ 2002 年的经济、社会、资源与环境的协调发展指数都属于弱协调发展,与实际情况相符。
- 滨海湿地区域协调发展反映的是该区域经济社会的发展与其资源环境质量和容量的协调相容。由于资

源环境资料获取难度较大,因此本文在选取评价指标时,对资源环境质量和容量的指标选取有失全面,这些不足之处有待在以后的研究中加以改进.

参考文献:

[1] 赵克勤,宣爱理.集对论——一种新的不确定性理论方法与应用[J].系统工程,1996,14(1):18—23.
[2] 张林凤.同异反态势排序在体育系统工程中的应用[J].系统工程,1998,16(3):70—72.
[3] 徐金尧,张林凤.同异反态势排序在体育科学研究中的应用[J].中国体育科技,1999,35(4):7—9.
[4] 蒋云良.基于同异反态势排序的学生成绩分析[J].数理统计与管理,2001,20(1):26—29.
[5] 蒋云良.基于 SPA 的学生成绩态势分析[J].数理统计与管理,2003,22(6):5—8.
[6] 赵克勤.集对分析及其初步[M].杭州:浙江科学技术出版社,2000.31—56.
[7] 吴林娣,方国伟.环境与社会、经济协调发展评价指标体系初探[J].上海环境科学,1995,14(7):2—5.
[8] 金建君,恽才兴,巩彩兰.海岸带可持续发展及其指标体系研究——以辽宁省海岸带部分城市为例[J].海洋通报,2001,20(1):61—66.

Application of set pair analysis to coordinated development
evaluation of coastal wetland region in Yancheng City

SHI Yue-zhen^{1,2}, YAN Yi-xin²

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources
and Hydraulic Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;
2. College of Traffic and Ocean Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract :By use of similar, different, and converse state ordering of the set pair analysis, the state degrees of economy and society development and the state degrees of damages to resource and environment were expressed, and an evaluation model for coordinated development of economy, society, resource, and environment was presented. With Yancheng City as an example, a comprehensive evaluation was performed for its coordinated development. The result shows that the present model based on similar, different, converse state ordering of connection numbers is simple and practicable.

Key words :costal wetland region ; coordinated development ; set pair analysis ; Yancheng City