

灰色关联度法在区域生态示范建设可持续发展分析中的应用

黄惠¹, 马俊杰¹, 王伯铨¹, 林积泉¹, 周立波¹, 张铭²

(1. 西北大学 环境科学系, 陕西 西安 710069; 2. 陕西省环保局, 陕西 西安 710004)

摘要: 为了分析区域生态示范建设的可持续发展程度, 以吴旗县为例, 选取区域生态示范建设可持续发展的指标, 并构建了适宜的指标体系, 用灰色关联分析法对指标体系进行了分析, 计算出可持续发展的关联度和关联系数。根据关联度和关联系数得出该区域可持续发展的水平和趋势, 同时指出了规划中某些不合理的方面, 对生态示范区的可持续发展提供了定性和定量的依据。针对不足之处提出了有关意见和建议, 以使可持续发展目标能够顺利实现。

关键词: 区域生态示范建设; 可持续发展; 灰色关联分析; 关联度; 关联系数

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)02-0048-05

中图分类号: O159; X171.1

Application of Gray Relational Degree Method in Sustainable Development Analysis of Regional Ecological Construction

HUANG Hui¹, MA Jun-jie¹, WANG Bo-duo¹, LIN Ji-quan¹, ZHOU Li-bo¹, ZHANG Ming²

(Department of Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi Province, China;

2. Shaanxi Environmental Protection Bureau, Xi'an 710004, Shaanxi Province, China)

Abstract: In order to analyse the degree of the sustainable development of the ecological construction, we choose some suitable indice and set up the index system. Then use the gray relational method to analyze the index system and calculate the gray relational grade and the gray relational coefficient. In accordance with the results, the standard and the trend of the sustainable development have been measured. The sustainable development of the ecological region has been given the quantitative and the qualitative basis. With the suggestion brought forward, the goal of the sustainable development should be smoothly achieved.

Keywords: regional ecological construction; sustainable development; gray relational analysis; gray relational grade; gray relational coefficient

区域生态示范建设是以社会、经济、环境协调发展为目的, 在保持生态良性循环的相对独立性及其社会经济开放性的同时, 使区域得到可持续发展的活动, 同时为其它区域的建设起到示范作用。区域生态建设规划的实质就是运用生态学、生态经济学及相关学科的原理, 根据社会、经济、自然条件特点, 提出不同层次的开发战略和发展决策, 合理布局与安排农、林、牧、副、渔业和工矿交通事业, 以及住宅、行政和文化设施等, 调控区域内社会、经济及自然亚系统各组分的关系, 使之达到资源综合利用、环境保护与经济增长的良性循环^[1]。目前, 国内外已有许多区域可持续发展状况的分析方法, 如层次分析法^[2]、主成分分析法等, 但层次分析法的权重确定往往带有较大的主观因素, 而主成分分析需要大量的数据支撑, 且要求

主成分的贡献率要达到 85% 以上^[3], 尤其是我国区域生态建设规划的统计数据十分有限, 数据灰度较大, 加上人为的原因, 使得以上方法往往较难达到解决问题的目的^[4]。本文以陕北吴旗县为例, 试图采用灰色关联分析法分析区域生态示范建设的可持续发展程度及生态示范区规划的合理性, 为区域生态示范建设规划和可持续发展提供科学依据。

1 区域生态示范建设的可持续发展评价指标体系

区域生态建设的可持续性涉及区域社会、经济、资源、环境等多个方面, 因此, 其可持续发展评估是一个由涵盖领域广泛的众多因子构成的复杂系统。这些因子之间的相互作用和相互制约关系直接或间接

收稿日期: 2004-07-28

资助项目: 陕西省教育厅专项科研基金资助项目(01JK109)

作者简介: 黄惠(1981—), 女(汉族), 广东台山人, 硕士生, 主要从事环境评价与规划研究工作。电话(029)82336087, E-mail: smallbb_hh@yahoo.com.cn; hh_bird@hotmail.com。

反映出区域的整体发展状态³。由于不同的区域在自然资源条件、社会经济发展状况、生态环境现状等方面存在差异,因此如何针对不同的区域制定一套既可以全面反映区域的发展水平,又可以突出各个区域特色的适宜指标体系就变得十分重要。

1.1 指标选取的原则

区域可持续发展评估指标的选取须从区域可持续发展目标出发,以区域具体特征为依据,按照生态经济学规律要求,以综合性、导向性、层次性、完备性、可比性、可操作性和因地制宜性为原则,根据区域的本质特征,从协调社会经济发展与生态环境保护关系的角度来选择⁶。

1.2 指标体系的建立

区域生态示范建设指标体系的构建基本上依据国家有关标准,结合各个区域的实际情况进行,主要分为经济发展、环境保护、社会进步这3类一级指标和若干具体的二级指标。二级指标包括定性指标和定量指标。具体选取可根据研究区域的实际情况和特殊条件,首先依据国家标准。例如我国在生态示范区、生态市、生态省建设中提出的相应指标要求;其次可选取国际组织和国际机构制定的相应标准;最后还可参照同类先进地区已建立的指标体系。

1.2.1 定量指标 定量指标包括农民年人均纯收入、单位GDP能耗、森林覆盖率、水土流失治理度、农用塑料薄膜回收率、化肥施用强度、环保投资占GDP比例、人口自然增长率、初中教育普及率、城市化水平、科学和教育经费占GDP比例等。

1.2.2 定性指标 对于大气环境质量、水环境质量、声环境质量等定性指标值可按照国家规定的环境质量标准 and 不同功能区进行赋值。对于大气环境质量,将达到《环境空气质量标准》(GB3095-1996)功能区二级标准的赋值为1,达不到标准的以达标率为指标值。对于地表水环境质量,达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的赋值为1,达不到的以达标率为指标值。声环境质量达到《城市区域环境噪声标准》(GB3096-93)功能区标准的赋值为1,达不到标准的以达标率为指标值。

2 区域生态示范建设的可持续发展灰色关联分析

2.1 灰色关联分析原理

灰色关联分析的基本思路是:由各比较数列集构成的曲线族与参考数列曲线进行几何相似度的比较,来确定比较数列集与参考数列间的关联度,两者的几何形状越相似,则关联度越大,反之越小。

由此可以推论,可用灰色关联分析法来评价区域生态示范建设规划前后以及不同规划时段的可持续发展程度,并可据此衡量规划的合理性,即将区域的现状及规划的阶段目标分别与最优指标进行灰色关联分析,根据灰色关联度和灰色关联系数,评价区域生态建设规划的阶段性目标是否有利于区域可持续发展水平的提高,以及区域可持续发展的推进程度。

2.2 灰色关联分析模型

若区域生态示范建设规划指标有 k 个,有 i 个规划阶段,则可建立现状年和每个规划目标年的指标数列,假设为 $X_i(k)$,

$$X_i(k) = [x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)] \\ (i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n)$$

2.2.1 确定参考标准数列⁷ 对各个时段进行评价时,首先要制定评价标准,标准的选取必须遵循可比性和先进性原则。用灰色关联方法进行综合评价时,参考标准数列由国家提供的生态示范区建设最优指标组成(若指标超过国家最优指标,则以此指标作为最优指标),计作 X_0 。于是得到如下数据列:

$$X_0(k) = [x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)]$$

2.2.2 指标值的无量纲化处理 由于各评价指标的含义和目的不同,因而指标值通常具有不同的量纲和数量级,为了便于进行比较,需对各指标按下式进行无量纲化处理,以减少随机因素的干扰。

$$X'_i(k) = X_i(k) / X_i$$

其中, $X_i = \frac{1}{1+m} \sum_{i=0}^m x_i(k)$, ($k = 1, 2, 3, \dots, n$)

2.2.3 关联系数和关联度的计算 在无量纲化处理后,就可以计算此区域现状年及各个规划目标年的指标与评价标准的关联系数:

$$\xi_{ik} = \frac{\Delta_{\min} + R \cdot \Delta_{\max}}{\Delta_{i(k)} + R \cdot \Delta_{\max}} \\ (i = 1, 2, \dots, m), (k = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中: $\Delta_{i(k)} = |X'_i(j) - X'_0(j)|$; $\Delta_{\min} = \Delta_{\min}$

($\min_k \Delta_{i(k)}$); $\Delta_{\max} = \Delta_{\max}$ ($\max_k \Delta_{i(k)}$);

R ——分辨系数,其作用在于提高关联系数之间的差异显著性,一般取 $R = 0.5$ 。

在所有指标权重相同时的关联度为:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_{i(k)} \quad (2)$$

若指标权重不相同,则关联度为:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_{i(k)} \cdot W_{i(k)}$$

显然,关联度越大,说明相应的规划指标越靠近最优指标值,规划越合理,可持续发展程度越高。

3 实证研究

3.1 研究区概况

吴旗县土地总面积 3 791.2 km², 位于陕西省延安市西北部, 地处黄土高原丘陵沟壑区, 属中温带半干旱大陆性季风气候。年平均降水量 418.8 mm, 年内和年际变化大; 人均水资源拥有量为 1 344.6 m³, 低于全国和陕西省的平均水平; 境内沟壑密布, 地表支离破碎, 植被稀疏, 水土流失极为严重, 水土流失面积占全县总面积的 77.69%, 属强度水土流失区。另外, 沙尘暴、洪涝等自然灾害也非常突出, 对农业生产威胁较大。

2002 年, 全县总人口 1.21 × 10⁵ 人, 其中农业人口 1.04 × 10⁵ 人, 非农业人口 1.39 × 10⁴ 人。全县 GDP 5.93 × 10⁸ 元, 人均国民生产总值 4 903 元, 农民人均纯收入 1 543 元。从社会经济来看, 吴旗县存在城镇化水平不高, 城镇体系发育不完全, 基础设施发展缓慢, 资金缺乏, 科学技术和管 理落后, 政策不合理, 法律意识薄弱等问题。

3.2 可持续发展指标体系的灰色关联分析

根据吴旗县社会经济、环境方面的基本情况, 结合地方的区域特征, 选取经济发展, 环境保护, 社会进步这三大方面 22 个指标进行分析评价。采取均值化方法对原始比较数列及参考标准数列进行无量纲化处理, 其结果如表 1 所示。

3.3 关联系数和关联度的计算

将均值化后的指标值根据式(1)计算每个比较数列对参考标准数列在各个指标上的关联系数后, 根据式(2)计算出每个规划年限的总体关联度(表 2)。

3.4 结果分析与讨论

从关联度计算的结果(表 2)可看出, 吴旗县 2002 年指标体系的总体关联度为 0.54, 说明与最优值相差较大, 可持续发展程度较低; 到 2010 年时, 关联度上升为 0.70, 在原来的基础上提高 29.6%, 区域生态示范建设已见成效, 可持续发展程度有了一定提高; 到 2015 年时, 关联度为 0.86, 提高了 59.3%, 区域生态示范建设有了显著的成效, 可持续发展程度已达到较高水平。虽然到 2015 年总体关联度仍无法达到最优值, 但每个规划阶段的关联度都是稳步上升的, 可见其发展潜力是很大的, 只需继续努力, 找出差距并及时修正, 最终可以达到可持续发展的目标。

根据关联系数的结果, 从各指标与最优指标的差距及指标在各规划阶段进程来分析, 有些指标的提 高幅度很小, 并与最优值的差距较大, 成为制约区域可持续发展建设的瓶颈, 需要更多的关注及有效的措施

予以改进; 还有一些指标的规划进程有一些不合理的地方, 在各规划年限内的增幅或是过慢或是过快, 能否得到资源、环境、经济和社会的有效支撑需要引起足够的重视, 使规划目标能够顺利地实现。

表 1 吴旗县生态示范建设规划指标体系

项目	规划基础年 (2002 年)	规划目标年 (2010 年)	规划目标年 (2015 年)	参考指标值 ^⑧	
经济发展	人均国内生产总值	0.44	0.77	1.35	1.44
	农民年人均纯收入	0.44	0.71	1.43	1.43
	单位 GDP 能耗	1.12	1.07	1.01	0.80
	单位 GDP 水耗	1.32	1.20	1.07	0.40
环境保护	森林覆盖率	0.63	0.84	1.07	1.45
	水土流失治理度	0.83	0.86	1.16	1.16
	大气环境质量	0.79	1.07	1.07	1.07
	地面水环境质量	0.00	1.33	1.33	1.33
	声环境质量	0.72	1.09	1.09	1.09
	城镇生活污水集中处理率	0.35	0.84	1.40	1.40
	城镇生活垃圾无害化处理率	0.63	0.95	1.14	1.27
	城镇人均公共绿地面积	0.09	0.94	1.35	1.62
	农村生活用能中新能源所占比例	0.26	0.85	1.45	1.45
	秸秆综合利用率	0.63	0.94	1.19	1.25
	规模化畜禽养殖场粪便综合利用率	0.84	1.05	1.05	1.05
	农用塑料薄膜回收率	0.53	1.07	1.20	1.20
社会进步	化肥施用强度	1.27	1.06	0.91	0.76
	农村卫生厕所普及率	0.74	0.92	1.11	1.23
	环境保护投资占 GDP 比例	0.46	0.70	0.81	2.03
	初中教育普及率	0.89	1.00	1.05	1.05
	城市化水平	0.41	0.85	1.20	1.54
科技、教育经费占 GDP 比例	0.72	0.87	0.96	1.45	

首先, 单位 GDP 水耗、森林覆盖率、环境保护投资占 GDP 比例、科技、教育经费占 GDP 比例等数据和最优值相差较大, 这些指标对区域生态示范建设的可持续发展有很大的制约作用, 需要重点提高和改善, 其中, 单位 GDP 水耗在各规划阶段内关联系数为 0.46, 0.50, 0.54, 增幅非常小并且到规划完成时与最优值的差距仍然很大, 这就说明耗水量大很可能成为区域生态示范建设的瓶颈, 需要给予足够的重视并采取相应的措施予以改进。建议通过产业结构及生产力布局的调整, 使区域内水资源能以极高的利用效率组合到各个生产过程中, 并大力在企业内部推行清洁

生产和污水的综合利用来降低单位 GDP 水耗; 森林覆盖率各个阶段的关联系数为 0.49, 0.56, 0.67。

表 2 吴旗县生态建设规划指标关联系数和关联度

一级指标	二级指标	规划基础年 (2002 年)	规划目标年 (2010 年)	规划目标年 (2015 年)
经济发展	人均国内生产总值	0.44	0.54	0.90
	农民年人均纯收入	0.44	0.52	1.00
	单位 GDP 能耗	0.71	0.74	0.79
	单位 GDP 水耗	0.46	0.50	0.54
环境保护	森林覆盖率	0.49	0.56	0.67
	水土流失治理度	0.70	0.72	1.00
	大气环境质量	0.74	1.00	1.00
	地表水环境质量	0.37	1.00	1.00
	声环境质量	0.68	1.00	1.00
	城镇生活污水集中处理率	0.43	0.58	1.00
	城镇生活垃圾无害化处理率	0.55	0.71	0.86
	城镇人均公共绿地面积	0.34	0.54	0.74
	农村生活用能中新能源所占比例	0.40	0.57	1.00
	秸秆综合利用率	0.56	0.72	0.93
	规模化畜禽养殖场粪便综合利用率	0.79	1.00	1.00
	农用塑料薄膜回收率	0.54	0.86	1.00
	化肥施用强度	0.61	0.72	0.84
	农村卫生厕所普及率	0.62	0.72	0.87
	环境保护投资占 GDP 比例	0.33	0.37	0.39
社会进步	初中教育普及率	0.83	0.94	1.00
	城市化水平	0.41	0.53	0.70
	科技、教育经费占 GDP 比例	0.52	0.58	0.62
	关联度	0.54	0.70	0.86

可以看出森林覆盖率在规划期内并没有得到很大提高且与最优值仍有一定差距, 但由于吴旗县地处黄土高原丘陵沟壑区, 其自然地理因素的制约使得森林覆盖率在短时间内不可能得到较大幅度的提高。应实行封山育林、退耕还林, 以飞播造林和人工造林促进天然林更新, 并结合农村农民的脱贫致富大力鼓励种植经济林来持续提高森林覆盖率; 环保投资占 GDP 比例在各规划年限内的关联系数分别为 0.33, 0.37, 0.39。到规划结束也就是 2015 年为止, 环保投资在 GDP 中的比重提高幅度很小, 这就说明规划忽略了对环境的保护和治理, 很可能造成社会经济的高速发展与环境日益恶劣的矛盾, 这不符合可持续发展的

原则, 应加大环境保护投资力度, 多渠道筹集资金, 积极建设环保基础设施, 如集中污水处理厂、垃圾填埋场、集中供热等, 完善环境监管系统, 提高环境保护的规范化监督和管理, 引进和培养高素质的环境管理人员, 鼓励和支持环保产业的发展, 培育环保市场的形成, 还应加强治理后成果的巩固和提高, 避免出现边治理边破坏的现象, 实现环境保护与社会、经济的协调发展; 科技、教育经费占 GDP 比例在各规划年限内的关联系数分别为 0.52, 0.58, 0.62。可以看出科技、教育经费的投入并没有得到改善, 这与我国的科教兴国战略不相符, 并且将会制约区域的进一步发展。区域的发展离不开人才的支撑, 区域生态示范建设需要大量拥有高科技知识和先进科技理念的人才, 只有加大对科技和教育的经费投入, 才能为实现真正意义上的区域生态示范建设奠定坚实的科技基础。因此, 应加强科研和技术开发应用, 缩短技术成果转化速度, 加大科技支持力度, 鼓励、扶植、培育新的经济增长点, 积极引进专业人才和实用技术, 努力推动普通教育、职业教育和特殊教育的协调发展, 提高人口素质, 重点建设教育质量高、师资条件好的中小学, 加快文化基础设施建设, 以满足城乡居民不断增长的物质文化生活要求, 培养多层次的科技、管理和教育人才。

其次, 一些指标和最优值差距不是很大或是可达到最优值的要求, 只要通过积极不懈的努力, 差距可以进一步缩小, 规划目标也可顺利实现。在工业企业内部, 大力推行清洁生产, 通过继续增加企业资金投入和技术改造力度, 广泛推广新技术、新设备来实现减耗增效的目标, 使单位 GDP 能耗得到有效降低; 大力推广使用石油液化气、天然气燃料, 使用低硫、低灰优质煤, 扩大集中供热覆盖面积, 并控制二次扬尘污染来改善大气环境质量; 进行县城过境公路建设, 严格施工管理, 改善居住、文教区环境噪声; 通过使用先进的垃圾综合处理技术对垃圾进行无害化处理, 提倡居民生活垃圾的分类收集, 提高垃圾的回用率来提高垃圾的综合处理率; 以道路、庭院为依托, 结合合理的土地利用调整, 大力开展植树种草, 提高绿化率; 以生态农业为基础, 提高有机肥施用面积, 逐步减少化肥的施用量; 加快城镇体系建设, 调整城市布局结构, 明确功能分区, 同时应注意加强计划生育工作的力度, 控制人口增长的数量, 实现以城带乡、以乡促城的互利发展格局, 使城市化水平得到提高。

此外, 有一些指标在各规划时段内的进程不十分合理, 需要得到更多的重视, 为规划目标的最后实现提供依据。其中, 人均国内生产总值和农民年人均纯

收入指标,从 2002 年到 2010 年并没有得到较大程度改善,而从 2010 年到 2015 年却有了极大增幅,为保证规划目标的实现,应不断进行产业结构的优化并积极推进经济增长方式的转变,即由单一型向多样型、由数量型向效益型、由传统型向现代型转变,以保证经济的持续有效增长。在继续开发利用石油这个地下资源优势的同时,应把重点转向地上农、林、牧资源的开发和利用,并以高技术含量的特色生态农业与环保产业作为区域产业的主体,同时发展以旅游、信息服务、流通服务高效管理为特征的第三产业。尽快将资源优势转化为产品优势,并以产业链延长及加环来强化工农业发展,增加国内生产总值和农民年人均纯收入。水土流失治理度的关联系数分别为 0.70, 0.72, 1.00。由于吴旗县的自然地理位置及气候因素等制约条件,虽然水土治理已经卓有成效,但是每年仍有大量的新增水土流失面积,因此水土流失治理仍是规划治理的重中之重。应以小流域为单元,以工程措施、林草措施与水保耕作措施相结合,以治坡与治沟相结合为对象,加大资金、人力、技术、机具等各项投入,进行小流域水土流失综合治理。地表水环境质量的关联系数在各规划年限内分别为 0.37, 1.00, 1.00, 可看出从 2002 年到 2010 年,地表水环境质量有了很大程度的提高,这就要求加大对地表水的污染控制并采取非常有效的监管措施来实现规划目标。鉴于地表水环境的主要污染物为 BOD5 和石油类,应继续完善污水收集系统,积极建设雨污分流管线,建设县城集中式污水处理厂,积极推行已处理污水的综合利用,实现污水资源化,缓解水资源短缺的压力;同时完善采油和石油加工企业污水处理系统,推广石油污水回注技术,禁止采油污水直接排放,减轻地表水环境压力。

4 结 论

通过建立区域生态示范建设的可持续发展评价指标体系,利用灰色关联分析对现状年和规划目标年

的指标进行分析和评价。通过关联系数可看出各个指标的发展状况与最优值的差距,分析区域可持续发展的制约指标,以便及时调整措施做出改进。在宏观上,关联度体现出各个规划年限所有指标综合作用的整体特征,给出了规划的可持续发展进度及规划合理性的验证。在微观上,关联系数给出了规划具体指标的量化途径及指标在不同规划阶段的进程,便于及时发现和解决问题。根据吴旗县的评价结果,区域生态示范建设规划前的灰色关联度为 0.54,可持续发展程度比较低,建设规划后分别上升为 0.70 和 0.86,表明可持续程度有所提高。本文虽然只通过吴旗县来分析问题,但对其它区域生态示范建设也有借鉴意义。

该方法原理简单,易操作,且结果可靠,适用于区域生态示范建设可持续发展的评价及规划合理性的验证,但鉴于每种分析方法都有其自身的优缺点,该方法的实用性和适用性还有待在实践中不断完善和修正。

[参 考 文 献]

- [1] 刘康,李团胜.生态规划——理论、方法与应用[M].化学工业出版社,2004.232—240.
- [2] 程淑兰,潘宝林.安徽省岳西县生态示范区评价指标体系和可持续发展度研究[J].农村生态环境,2000,16(3):27—30.
- [3] 任若恩,王惠文.多元统计数据分析——理论、方法、实例[M].北京:国防工业出版社,1997.92—119.
- [4] 刘思峰,郭天榜,党耀国,等.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,1999.40—77.
- [5] 马乃喜,惠泱河.生态环境保护理论与实践[M].陕西人民出版社,2002.234—236.
- [6] 朱小兵.生态示范区可持续发展能力评价初步研究[J].中国人口·资源与环境,2001,11(52):105—107.
- [7] 罗均,吕恬生,王琦.产品设计质量灰色系统综合评价方法的研究[J].机械科学与技术,2000,19(5):747—749.
- [8] 张坤民,温宗国,杜斌,等.生态城市评估与指标体系[M].北京:化学工业出版社,2003.387—389.