

区域生态经济评价模型及实证研究

郭莉, 郭亚军

(东北大学工商管理学院, 沈阳 110004)

摘要:生态效率是基于环境-经济系统相互关系的定量描述,搭建了经济效益和环境效益之间的桥梁。基于区域生态效率增长与环保投入的平衡关系,本文构建了区域生态经济评价模型,以反映一个地区在一定环保投入条件下的环境改善效果,并对中国30个城市的经济环境协调状况进行综合评价,力求为现阶段中国区域生态经济状况提供新的可行评价方法。

关键词:生态经济;区域生态效率;环保投入;评价模型

中图分类号:F062.2 **文献标志码:**A

一、引言

随着生态环境的持续恶化和资源的日渐枯竭,“以少生多”、“资源生产力”等理念逐渐成为经济发展模式转变的关键因素,如何对区域经济发展的生态化水平进行科学的定量评价成为学术界研究的热点之一。1992年WBCSD提出的生态效率(Eco-Efficiency)概念为区域生态经济评价提供了思路^[1]。作为环境-经济系统相互作用关系的定量描述,生态效率体现了持续改善的目标,同时避免了传统的指标体系结构复杂或指标难以量化的问题,具有很强的实践指导性和可操作性^{[2][3]}。目前,国外有学者已对生态效率展开了相关研究。比如,Helminen(2000)^[4]测算了芬兰和瑞典的纸浆造纸业的生态效率,采用的方法是附加值与环境影响指数的比值,其中附加值为销售收入扣除生产成本,环境影响指原材料消耗和三废排放。Joost(2000)^[5]建立了生态成本/价值比率模型,其中生态成本是在假设企业为达到可持续发展目标而必须采取污染防治措施的基础上计算的虚拟成本,而价值包括企业形象、产品质量和服务质量。然而,目前国外对生态效率的研究主要是集中在企业层面,虽然有学者提出区域生态效率的概念^[6],但没有对其测算方法进行深入研究。

在区域生态效率的测算方面,国内学者展开了

一些探索性研究。廖红(2002)^[7]测算了天津开发区1998-2000年SO₂、燃料煤等16项污染物或资源消耗的生态效率,但未对区域生态效率进行系统综合评价。李刚(2002)^[8]选取经济系统8项指标和环境系统7项指标,采用因子分析法对江苏省进行了综合评价,将生态效率定义为两个子系统因子综合得分的比值。该方法存在两个问题:一是混淆了主成分分析法和因子分析法^[9];二是因子旋转不能保证最小因子负荷指标一定为正值。与此同时,文献[7]和[8]的测算中均忽视了生态效率增长与环保投入的平衡关系。基于此,本文建立了反映一个地区的环境-经济相互作用关系的生态经济模型,并以中国30个城市为样本进行实证分析,从而得出相应结论。

二、模型构建与变量选择

(一)区域生态经济评价模型

生态效率是指在提供具有竞争力的商品和服务以满足人们需求、提高生活品质的同时,在产品和服务的整个生命周期内将其对环境的负面影响和自然资源的耗用,逐渐减少到地球可承受的程度^[1]。区域生态效率指经济发展水平和环境影响价值的比值,其内涵包括:(1)集成经济绩效和环境绩效的双重目标,反映经济系统实现经济和环境的双赢状态^[1];(2)为决策者提供不断改进的管理手段。生

收稿日期:2006-04-15

作者简介:郭莉(1977—),女,辽宁铁岭人,东北大学工商管理学院讲师,管理学博士,研究方向:技术创新与产业生态管理。

态效率跟踪经济系统的资源生产力 (Resource Productivity), 不断识别绩效提升的潜在机会, 由此推动生产技术、消费方式的持续创新; (3) 以工业企业为突破口。围绕工业活动对环境的冲击, 通过生态设计、污染预防等途径, 切实将工业系统纳入整个社会的可持续发展中。

对于发展中国家而言, 薄弱的经济基础面临巨大竞争压力, 而经济的快速发展又容易造成生态环境破坏, 经济发展和环境保护处于两难境地。现阶段我国各地区应从自身经济状况出发, 确立合理科学的生态效率目标, 注重环保投资下的环境改善效果, 并非一味追求生态效率越高越好。因此, 在测算区域生态效率的同时, 应该考察生态效率增长是以多大环保投入为代价的, 只有在较小的环保投入的前提下达到既定的生态效率目标才符合生态与经济的协调原则。环保投入用环保投资指数表示, 由此建立由纵轴的环保投资指数和横轴的区域生态效率构成的区域生态经济评价模型。

按照环保投资指数和区域生态效率的大小将不同经济系统划分为四个状态: (1) 完全生态经济, 即环保投资少而区域生态效率高, 这是最为理想的发展状态; (2) 不完全非生态经济, 即环保投资较少, 区域生态效率也较低; (3) 不完全生态经济, 即区域生态效率较高, 而环保投资也较多; (4) 完全非生态经济, 即区域生态效率低而环保投资高。区域生态经济模型的实证分析思路如图 1 所示。首先对样本的环境影响价值进行综合评价, 同时对其工业总产值进行规范化处理, 在此基础上, 根据公式 (2) 测算生态效率, 然后考察对应的环保投资指数, 判断该样本的生态经济状态。

(二) 变量设置

1. 环保投资指数。环保投资指数是指当年地区环境保护投资额占当年地区国内生产总值的百分比, 这一指标可以直接从《中国环境统计年鉴》中得到。计算公式为

环保投资指数 = $\frac{\text{地区环境保护投资(万元)}}{\text{地区国内生产总值(万元)}} \times 100\%$ (1)

2. 区域生态效率。区域生态效率为经济发展水平和环境影响价值的比值, 计算公式为:

$EE_m = \frac{EDL_m}{EI_m}$ (2)

其中, EDL_m 为第 m 个地区的经济发展水平, 用工业总产值表示, 选用该指标主要出于经济发展水

平与环境影响指标统计口径一致性的考虑。 EI_m 为第 m 个地区的环境影响价值, 本文选取工业废水排放、工业废气排放、工业 SO_2 排放、固体废弃物排放、燃煤消费、原煤消费、原料油消费和工业用水量等 8 项指标来表示 (如表 1), 这里采用改进的因子分析法进行综合评价, 1.3 节将专门对此作以讨论。

表 1 区域生态效率评价指标体系

目标层	准则层	指标层
区域生态效率	经济发展水平	工业总产值
	环境影响价值	工业废水排放量
		工业废气排放量
		工业 SO_2 排放
		固体废弃物排放量
		燃煤消费总量
		原煤消费总量
		原料油消费总量
		工业用水量

考虑到区域生态效率中分子和分母的评价值量纲不同, 为使指标具有可比性, 在分析中对二级指标分别进行无量纲化处理, 具体方法是:

$y_i^* = \frac{y_i - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}}$ (3)

式中, y_i^* 是经过无量纲化处理后的指标值, y_i 是第 i 个地区的原始数值, $y_{\min}$, $y_{\max}$ 分别为中的最小值和最大值。工业总产值和环境影响的公共因子分别进行无量纲化处理。实证分析研究框架如图 1 所示。将经过处理的无量纲数据分别代入公式 (2), 可以测算区域生态效率。该指数大于 1, 表明该地区经济发展基本能够弥补由此造成的环境破坏; 反之, 则表明该地区经济发展水平超过了生态环境能够承受的程度。

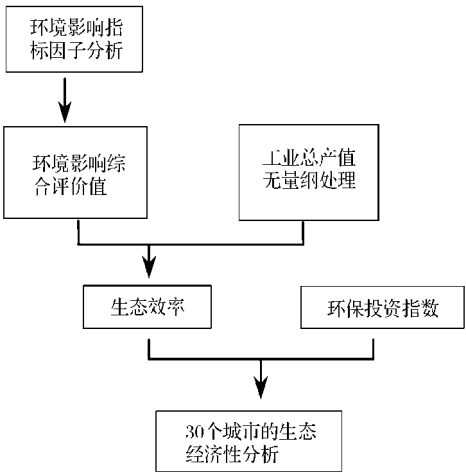


图 1 实证分析研究框架

(三) 对环境影响价值的综合评价

为避免环境影响价值指标中重复性、相关性指标的同时列入,这里采用因子分析法,通过对变量的相关系数矩阵内部结构的研究,找出能控制所有变量的少数几个随机变量,去描述多个变量之间的相关关系,少数几个随机变量称为环境影响的公共因子。

由于各公共因子的方差贡献率仅表明其涵盖各指标信息量的大小,无法真实反映各公共因子对整体环境影响的重要程度,因此不宜将其作为权重。同时,由于国内城市生态化建设刚刚起步,环境影响中的各指标作用尚不能被清晰的了解,所以对不同因素的贡献还缺乏科学上的一致认同,不宜采用专家打分法确定指标权重。基于此,本文采用 Monte Carlo 模拟法设定各公共因子的权重,其优点在于指标的重要程度一旦被识别,就可以根据各指标权重的经验分布,直接计算综合得分,而不必再对每项指标逐一打分。为便于计算,这里设定指标权重服从(0,1)均匀分布。环境影响综合评价的实证分析思路如图 2 所示。

基本思路是:采用因子分析法计算各样本的公共因子,无量纲化处理后得到 P_i ,根据公共因子的个数 N 确定每次产生随机数的个数,用 EXCEL 生成服从(0,1)均匀分布的随机数,将规范化处理后的随机数记为权重 R_i ,最后对 P_i 和 R_i 做“线性合成”,得到环境影响综合得分 B 。上述过程重复 400 次, B 的均值即为样本的环境影响价值。

三、实证分析

(一) 样本的选择

表 2 环境影响指标旋转后的因子负荷矩阵

项目 变量	工业废气 排放量	工业用 水量	燃煤消 费总量	原料油消 费总量	原煤消 费总量	固体废弃 物排放量	工业 SO ₂ 排放	工业废水 排放量
公共因子 1	.967	.925	.923	.899	.681	-.114	.476	.564
公共因子 2	.201	.248	.277	-.104	.345	.955	.826	.648

表 3 环境影响指标旋转后的因子得分矩阵

项目 变量	工业废气 排放量	工业用 水量	燃煤消 费总量	原料油消 费总量	原煤消 费总量	固体废弃 物排放量	工业 SO ₂ 排放	工业废水 排放量
公共因子 1	.237	.217	.211	.272	.131	-.203	-.013	.043
公共因子 2	-.063	-.030	-.015	-.217	.066	.540	.364	.252

2. 区域生态效率和环保投资指数的测算结果。
用 EXCEL 随机数发生器生成 400 对服从(0,1)均

匀分布的随机数,并进行规范化处理,同时对公共因子做无量纲化处理,然后采用线性加权法计算每个

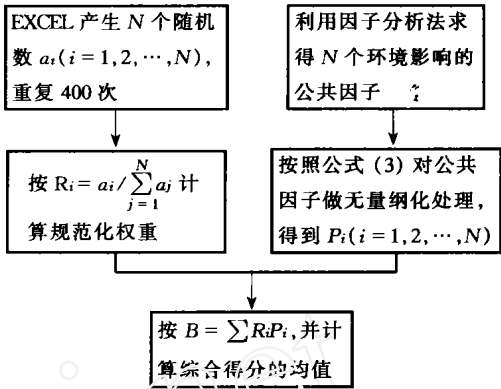


图 2 环境影响综合评价的实证分析思路图

根据数据的可获取性和有代表性两个原则,本文选取 2002 年全国 30 个重点环保城市为样本,原始数据全部来源于《中国环境统计年鉴 2003》。

(二) 数据分析与结果

1. 环境影响价值的因子分析。在统计软件 SPSS11.5 上对选取的 8 项环境影响指标变量进行因子分析。首先计算相关系数矩阵及相应主成分的特征根贡献率,对主成分进行旋转直到公共因子有明确解释为止。从累计贡献率看,前 2 个公共因子的累计贡献率接近 85 %,包含了原始变量中的足够信息。进一步计算旋转后的因子负荷矩阵(表 2)和因子得分矩阵(表 3)。从表 2 可见,第一公共因子中工业废气排放、工业用水量、燃煤消耗、原煤消耗和原料油消耗量的负载较大,故反映的是资源消耗程度。第二公共因子中固体废弃物排放、工业 SO₂ 排放和工业废水排放的负载较大,故反映的是污染排放程度。

样本的 400 个环境影响综合得分,并对其出现的概率进行统计分析,发现每个样本的环境影响综合得分都基本服从正态分布,与实际情况比较接近(篇幅所限,详细过程略)。由此计算环境影响综合得分的均值即为环境影响价值,进一步计算每个样本的生态效率,结果如表 4 所示。

表 4 30 个城市生态效率和环保投资指数

城市	生态效率	环保投资指数	城市	生态效率	环保投资指数	城市	生态效率	环保投资指数
北京	1.2958	4.29	上海	1.6895	3.00	武汉	0.7664	2.32
天津	1.7724	2.65	南京	1.1802	2.54	长沙	1.3121	2.04
石家庄	0.8664	2.07	苏州	0.8363	2.37	广州	1.3899	2.19
太原	0.2659	2.66	宁波	1.0201	2.70	北海	0.0000	1.84
呼和浩特	0.5043	2.19	合肥	1.3370	2.50	重庆	0.3623	2.05
沈阳	1.2429	3.05	厦门	4.8722	2.34	成都	0.7313	2.17
大连	1.8172	2.16	济南	0.9920	2.25	贵阳	0.3484	2.49
抚顺	0.8346	2.00	青岛	3.6206	2.12	西安	1.3924	2.42
长春	2.9359	2.05	日照	0.3571	2.26	兰州	0.7884	2.47
哈尔滨	1.4169	1.70	郑州	0.6747	2.12	西宁	0.3996	3.16
生态效率平均值		1.23	环保投资指数平均值		2.40	样本城市个数		30

(三) 样本城市的生态经济性分析

将上述数据绘制成图,可以更为直观的反映各样本城市的二者之间关系(如图 3)(为简明起见,图中仅对分布在完全生态经济状态内的城市做出标注)。以 30 个城市生态效率和环保投资指数的平均值(分别为 1.23 和 2.40)作为两个分界点,划分为四个状态(象限 代表样本处于完全生态经济状态;象限 代表样本处于不完全非生态经济状态;象限 代表样本处于完全非生态经济状态;象限 代表样本处于不完全生态经济状态)。

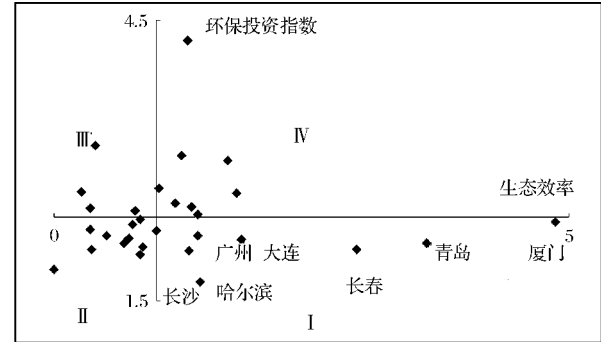


图 3 30 个城市生态效率与环保投资的散点图

从图 4 可以看出,厦门、青岛、长春、哈尔滨、大连、广州、长沙(位于第 象限)属于生态经济型城市,最具可持续发展潜力;位于第 象限的兰州、贵阳、太原、西宁等四个城市的环保投入与生态效率增长水平不相匹配,处于完全非生态经济状态。其余如天津、西安、上海、沈阳等城市(位于第 、 象限的城市)均为准生态经济型城市,只要找准方向就可以迈进生态经济状态。

四、结论与本文的创新之处

通过上述分析可以得到以下几个结论:

第一,区域生态经济评价模型是一个衡量环境 和经济协调程度的综合性模型。它反映了地区环境保护过程的经济效率,也就是说,区域生态经济模型既考虑到经济发展对环境的负面影响,也考虑到经济投入所产生的环境改善效果,是环境 - 经济系统的相互作用关系的客观描绘,适用于生态工业园、生态城市和生态省的可持续发展评估。而且由于生态效率指标具有持续改善和简单易操作的特点,因而便于为区域的生态化建设提供理论指导。

第二,区域生态效率是衡量经济发展和环境保护协调程度的综合性指标。环境保护工作做得好,而经济发展水平低,生态效率也不会高(如日照市)。经济发展和环境保护二者不可偏废。目前,环境问题已经引起足够的重视,但与此同时,环保的前提和目标是经济的可持续发展,因此,在环境承载力允许范围内应加快经济发展速度。像重庆、太原等经济基础薄弱而环境欠账严重的城市容易进入路径锁定状态,也就是说,经济发展水平低,环保欠账多且环保投资能力有限,而经济亟待发展又可能造成更大的环境破坏,因此,如何通过技术创新、产业政策或者区域合作突破这种路径锁定是值得研究的课题。

第三,对于经济投入未能产生环境改善预期效果的不完全(非)生态经济城市(如郑州、重庆等),在环境保护中应更加注重源头治理和污染防治,强调优选先进的治理技术和设备,实施高效治理项目的

环保政策,发挥科技、文化、政策等因素的协同作用,推进高新技术产业化和循环经济的实施。

第四,模拟赋权法是 Monte Carlo 模拟应用到指标赋权的一种新思路。本文采用服从(0,1)均匀分布的随机数作为权重计算综合得分,其结果等同于算术平均加权法的结果,但一旦环境影响中各指标变量的重要程度被识别或公认,就可以根据其服从的经验分布(如指数分布)直接赋权。在环境影响综合评价中以方差贡献率确定权重的主成分分析法值得商榷。

最后,本文工作仅是一个尝试和开端。由于对区域生态效率的理解不同,因而采用的经济和环境指标或者确定权重的方法可能有所差异,所得到的结论将会有所不同,这些问题都有待于今后深入研究。但需要注意的是,生态环境建设中考虑投入与产出平衡关系是本文提供的值得借鉴的评价思路。

参考文献

[1] Desimone, L. D. & Popoff, F. Eco - efficiency: The Business Link to Sustainable Development [R]. World Business Council

for Sustainable Development (WBCSD), 1997.

[2] 郭莉, 苏敬勤. 产业生态化发展的路径选择:生态工业园和区域副产品交换[J]. 科学与科学技术管理, 2004(8):73 - 77.

[3] 岳媛媛, 苏敬勤. 生态效率:国外的实践与我国的对策[J]. 科学学研究, 2004(2):170 - 173.

[4] Riina - Riitta Helminen. Developing Tangible Measures For Eco - efficiency: The Case Of The Finnish And Swedish Pulp And Paper Industry [J]. Business Strategy and the Environment, 2000, 9:196 - 210.

[5] Joost G. Vogtlander, Arianne Bijma, Han C. Brezet. Communicating the eco - efficiency of products and services by means of the eco - costs/ value model [J]. Journal of Cleaner Production. 2002, 10: 57 - 67.

[6] Hinterberger, F., Bamberger, K., Manstein, C., Schepelmann, P., Schneider, F. and Spangenberg J., Eco - efficiency of regions, How to improve competitiveness and create jobs by reducing environmental pressure[C]. Government of Carinthia, Austrian Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water, Wien: SERI, 2000, November, 30.

[7] 廖红. 环境管理理论与方法体系探索及在区域可持续发展中运用的实例研究[D]. 南开大学博士论文, 2002, 4.

[8] 李刚. 1991 ~ 2000 年江苏省环境 - 经济系统生态效率研究 [D]. 南京大学博士论文, 2002, 6.

[9] 白雪梅, 赵松山. 对主成分分析综合评价方法若干问题的探讨[J]. 统计研究, 1995(6):47 - 51.

Evaluation Model of Balancing Regional Economy and Ecology Based on the Empirical Analysis

GUO Li, GUO Ya - jun

(School of Management, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

Abstract: Eco - efficiency bridges an industrial enterprise's economic benefit and environmental benefit by using its economic achievement to measure its environmental performance. The evaluation model of balancing regional economy and ecology is established based on the two indexes of the eco - efficiency and the environmental investment; and the environmental protection pilot cities are taken as the samples for the empirical analysis, so as to provide a new way for sustainable development evaluation.

Key words: Ecological economy; Regional eco - efficiency; Environmental investment; Evaluation Model

(上接第 123 页)

The City Circulates the Economic Development Level Comprehensive Evaluation ——To Take Province of Liaoning as an Example

FENG Yan, XU Xiao - Qi, WANG Yan

(Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China)

Abstract: Many cities of our country have already faced the more and more serious resources, the environment problem, development circular economy is a valid means that resolves these problems, also is important path that changes the city development mode, and improves the city ability of keep on developing. Comprehensive evaluation is a necessary step that carries on circular economy, this paper set up evaluations index sign system of circular economy level according to rules of developing circular economy, those are the using of the resources, the pollution exhaust, the economic society development and the ecosystem environment quantity. Making use of the comprehensive evaluation method, to take province of Liaoning as an example, To compare some cities of Liaoning province the level of development circular economy.

Key words: Circular economy; Comprehensive evaluation; Index sign system