

生态城市“经济—环境—社会”耦合模型构建及应用

——以合肥市为例

王虹

(马鞍山师范高等专科学校 外语与旅游系, 安徽 马鞍山 243041)

摘要:根据经济系统、环境系统和社会系统相互作用关系建立了“经济—环境—社会”耦合模型,并以合肥市为例分析得出结论:(1)经济、环境和社会三大系统在多层次相互作用下的高度、复杂耦合力对生态城市建设产生综合作用;(2)“经济—环境—社会”耦合模型在发展轨迹呈现出低水平耦合型、拮抗型、磨合型、协调型四大模式和“协调—不协调—再协调”的状态过程,且四大模式会交替演变进行,总体趋向协调与合理化;(3)采用灰色关联度分析表明,“经济—环境—社会”耦合模型取得了较好的研究效果。

关键词:生态城市;经济—环境—社会;耦合模型;合肥

中图分类号:F293.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-1972(2015)03-0089-06

DOI:10.13573/j.cnki.sjzxyxb.2015.03.017

0 引言

生态城市是1971年由联合国教科文组织在“人与生物圈计划”中提出,是一个可持续发展的理想城市模式,人与自然和谐发展,自然、经济技术与人文环境完全融合,物质、能量、信息得到高效利用,人类的生产力和创造力最大限度地发挥,是一种生态、高效、和谐的理想聚居环境^[1]。目前学术界已将“生态城市”作为一个重要的热点问题进行研究,国内外许多城市也已开展了“生态城市”的建设实践^[2-6]。

现阶段,国内外对于生态城市的评价研究主要是以可持续发展为理论基础,以城市的可持续发展能力为评估对象,而针对城市社会—经济—生态符合系统三者间相互作用关系的研究相对较少^[7-10]。

笔者以生态城市建设为分析目标,以协调生态建设、经济增长、社会发展、资源优化配置为重点,建立“经济—环境—社会”耦合模型,并以安徽省合肥市为案例地,进行多系统集成分析与动态预测,为合肥生态城市的规划和建设提供更精确有力的理论依据,也为其他类似地区的生态城市建设提供理论支持与实践指导。

1 “经济—环境—社会”耦合模型

1.1 耦合模型构建的理论基础

耦合最初作为物理学概念,是指两个(或两个以上的)体系或运动形式通过各种相互作用而彼此影响的现象。这一概念后来被引入对系统关系的研究,用于描述系统或要素相互彼此间的作用影响。进一步从协同学的角度看,对系统间耦合作用和协调程度的研究,可以用来判断系统在达到临界区域时走向何种序与结构,或决定了系统由无序走向有序的趋势。

在此基础上,可以用耦合的理论对城市复合系统的内部特征进行分析与研究。城市复合系统包含的社会、经济和生态环境三个系统相互之间通过各自的耦合元素产生作用彼此影响的现象,即定义为城市的社会—经济—生态环境耦合。当系统之间或系统内部要素之间配合得当、互惠互利时,为良性耦合;反之,相互磨

收稿日期:2014-06-18

基金项目:安徽高校省级科学研究基金(2011sk540);安徽省优秀青年人才基金(2010SQRW182);省校旅游管理特色专业建设基金(20101231;2008xjtszy01)

作者简介:王虹(1969-),女,安徽当涂人,副教授,主要从事生态旅游和旅游地理研究。

擦、彼此掣肘时,为恶性耦合。耦合度就是描述系统或要素彼此相互作用影响的程度。

生态城市“经济-环境-社会”是一个具有高度复杂性、不确定性、多层次性的开放系统。构成该系统的诸要素之间存在着多重关联的相互依存、相互作用关系,既相互促进又相互制约,既有积极的正面影响又有消极的负面影响。对其多重相互作用机理的研究,是生态城市实现系统耦合协调发展的首要问题。

1.2 耦合轨迹与模式

根据经济、环境、社会耦合程度,参考国际国内研究成果和国外生态城市建设典范,借鉴孙晓鸣等^[21]制定的标准层,将生态城市建设划分为四个模式:低水平耦合型、拮抗型、磨合型、协调型,或低级共生、不甚协调发展、相对协调发展、最佳协调发展,且这四大耦合模式与生态城市发展阶段及生态城市评价等级存在一一对应关系(表 1)。比较生态城市建设与发展各阶段特点,可以发现,城市发展目标总体遵循着“经济效益为主——经济效益+生态效益——经济效益+生态效益+社会效益”的规律。

表 1 生态城市发展阶段与耦合模式对照表

生态城市 发展阶段	耦合模式	协调度	评价等级	特征
初级阶段	低水平耦合型	低级共生	L4	盲目利用环境资源,城市发展高速低质,经济与社会效益关系对立,城市生态化程度较低
开发阶段	拮抗型	不甚协调发展	L3	重点利用环境资源,经济与社会效益关系不断调和,城市生态化与生态城市标准尚有一定的距离,城市复合系统的结构功能还需进一步优化协调
发展阶段	磨合型	相对协调发展	L2	普遍利用环境资源,城市发展中速中质,经济与社会效益相互促进,以国家环保部制定的生态城市考核指标标准值为准,基本达到生态城市要求
发达阶段	协调型	最佳协调发展	L1	创新利用环境资源,城市发展稳速高质,经济与社会效益协同发展,城市生态系统功能健康、协调,经济、社会高度发展,复合系统结构功能协调稳定,城市生态化程度很高

1.3 指标体系的建立

在生态城市评价指标体系 20 来年的相关研究中^[11-21],不同的构建方法与模式被探讨和使用,按照构建思路的不同,主要可归纳为以下 3 种不同的模式,即社会—经济—环境三要素模式、结构—功能—协调度模式以及压力—状态—响应系统关系模式,通过 3 种模式的指标体系进行比较和分析,结合本研究对经济—环境—社会耦合关系评价的要求,加强对系统组成要素的结构辨识,将区域复合系统按其系统功能属性进行指标领域的划分,注重指标的归属特征,以利于理解和操作。

遵循整体对应、比例适当、重点突出、总量指标与均值指标相结合、数据可获性与可比性等原则,根据生态城市经济、环境与社会耦合协调发展的作用机理,构建了三者耦合协调度指标体系(见表 2),原始数据来源于 2001-2009 年《安徽统计年鉴》和 2001-2009 年《合肥市统计年鉴》。

1.4 模型构建

按照生态城市建设的基本要求,“经济—环境—社会”耦合系统是一个以生态环境为主线的耦合系统。城市各自的环境生态系统与经济系统、社会系统之间所形成的不同尺度、不同层面的非线性耦合关系,是建立“经济—环境—社会”协调发展耦合模式的主要依据和总体思路。通过前述指标体系的构建,明确了生态城市经济—社会—环境耦合度的评价内容和基础,进一步建立相应的指标体系综合评价方法。在确定指标体系的基础上,研究从两个层次对合肥市复合系统耦合情况进行评价分析。首先是整体评价,通过对区域复合系统耦合水平综合指数的计算,得出生态城市经济—环境—社会整体藕合水平的判断;进而,运用模型分析区域的经济、社会和环境子系统之间各要素的相互作用关系,从而深入研究生态城市复合系统藕合作用的内在机制和制约因素。

表 2 生态城市经济—环境—社会耦合度指标体系及权重

子系统	评价指标	权重
经 济 子 系 统	X_{11} 人均国内生产总值	0.105 5
	X_2 年人均财政收入	0.105 2
	X_{13} 农民年人均纯收入	0.105 2
	X_{14} 城镇居民年人均可支配收入	0.105 7
	X_{15} 第三产业占 GDP 比例	0.197 8
	X_{15} 单位 GDP 能耗	0.188 9
	X_{16} 单位 GDP 水耗	0.191 7
环 境 子 系 统	X_{21} 森林覆盖率	0.075 3
	X_{22} 建成区绿化覆盖率	0.127 0
	X_{23} 城市空气质量达二级标准天数	0.063 1
	X_{24} 集中饮用水源水质达标率	0.122 8
	X_{25} 城镇生活污水集中处理率	0.074 8
	X_{26} 噪声达标区覆盖率	0.074 5
	X_{27} 城镇生活垃圾无害化处理率	0.122 8
	X_{28} 工业固体废物处理率	0.069 0
	X_{29} 城镇人均公共绿地面积	0.053 7
	X_{210} 环境保护投资占 GDP 比例	0.143 9
	X_{211} 工业废水排放达标率	0.073 1
社 会 子 系 统	X_{21} 城市生命线系统完好率	0.099 5
	X_{21} 城市化水平	0.109 4
	X_{33} 城镇恩格尔系数	0.173 9
	X_{34} 高等教育入学率	0.108 3
	X_{35} 城市燃气普及率	0.110 6
	X_{36} 城镇居民人均居住面积	0.111 1
	X_{37} 人均道路面积	0.110 7
	X_{38} 人口自然增长率	0.176 5

复合生态系统耦合水平综合指数,其大小直接反映了区域社会—经济—生态复合系统耦合发展的水平.其计算公式为:

$$G=\left|\frac{X_1*X_2*X_3}{[(X_1+X_2+X_3)/3]^3}\right|^3. \tag{1}$$

其中, G 为“区域耦合水平综合指数”,作为对系统耦合水平的整体判断; X_1, X_2, X_3 为各子系统综合评分.

2 案例分析

2.1 研究区概况

合肥是安徽省省会,位于中国中部(北纬 32°,东经 117°),江淮之间、巢湖之滨,是我国唯一濒临五大淡水湖的省会城市.作为全国著名的科教之城,2005 年合肥市委、市政府提出把合肥建设成“宜居、宜商、宜游”的现代化滨湖大城市,并明确要求“十一五”期间完成创建“国家生态园林城市”的目标.《皖江城市带承接产业转移示范区规划》也明确指出,要把区域资源承载力和生态环境容量作为承接产业转移的重要依据.2005-2007 年为合肥市建设生态城市的起步阶段,全面实施《合肥生态市建设总体规划》.值得注意的是,

2006 年,合肥市出台了“一号文件”《关于加快新型工业化发展的若干政策(试行)》,强化了城市发展中“工业先行”的战略,并提出了一系列具体措施.合肥市城市发展理念由之前的“科教兴市”转而“工业立市”.此后,以坚实的工业实力为基础,合肥市城市生态化建设的基本措施开始发挥效应,生态城市建设的效果开始显现.

经过多年的努力,合肥的生态环境有了重大改善,总体上是往好的方向加速发展.但是,由于以前“老账”的积压,经济社会发展进程的加快,人口的快速集聚以及人们对生态环境要求越来越高,目前合肥城市生态建设仍然面临许多困难和问题.尤其是当前合肥正在加快现代化滨湖大城市建设,并于 2010 年初正式加入长三角.不久前,国务院正式批准实施皖江城市带承接产业转移示范区发展规划,如何科学建设好示范区,一时间成为各级政府、企业管理者、学者关注的热点.合肥市作为示范区的核心城市,城市地位在区内、区外都得到了极大提升,如何承接产业转移,特别是如何把生态城市建设与技术创新更好地有机结合起来,将其作为案例地进行研究具有重要的示范意义.

2.2 生态城市综合指数

根据《合肥市统计年鉴》(2001–2009 年)及合肥市国民经济和社会发展统计公报中的统计数据,代入生态城市综合指数评估指标体系,根据要求的指标标准化和权重的确定进行计算.综合指数计算最关键的就是指标权重的赋值.主成分分析法,可在保证原始数据信息丢失最小的情况下对高维变量空间进行降维处理,把多个指标转化为几个综合指标^[22].笔者应用主成分分析法分别确定两级三系统 26 个指标的权重,消除赋值的主观随意性与指标信息特征被弱化或强化的现象,权重赋值情况见表 2.依据式(1),得出近 10 年合肥市生态城市综合指数,见表 3,其变化趋势见图 1.

表 3 生态城市综合指数及经济、环境、社会系统指数

年份	经济(X_1)	环境(X_2)	社会(X_3)	综合指数(G)
2000	0.556 312	0.806 919	0.758 701	0.716 347 3
2001	0.652 397	0.861 162	0.719 403	0.755 923 3
2002	0.564 743	0.857 417	0.738 304	0.733 227 1
2003	0.560 077	0.899 010	0.797 392	0.765 841 4
2004	0.610 878	0.919 509	0.823 354	0.797 184 1
2005	0.710 977	0.892 508	0.838 264	0.821 236 9
2006	0.758 768	0.887 608	0.964 955	0.870 992 9
2007	0.849 52	0.913 028	0.924 542	0.897 034 9
2008	0.932 423	0.898 464	0.918 085	0.914 574 7
2009	0.950 781	0.996 986	0.917 691	0.959 642 8

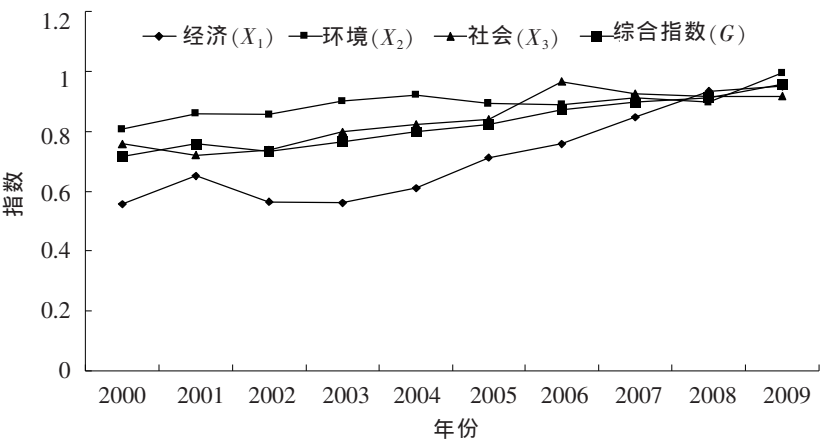


图 1 生态城市综合指数及经济、环境、社会系统指数演变轨迹

2000–2005 年,合肥市不断加大环保投入,重点实施了巢湖污染底泥清淤和十五里河综合治理、南淝河综合治理、煤气改造、城市固体废弃物处置项目等城市环境基础设施建设工程,先后建成王小郢、望塘、朱砖井等一批污水处理项目,环境保护投资占地区生产总值的比重达到 2%,全面提高环境质量,为此后的经济飞跃打下了良好的基础。

2007–2009 年,合肥市经济指标获得极大提升,堪称是飞跃,而环境和社会指标仍维持水平发展态势,反映出经济效益对社会的反馈是有限的,说明了生态城市建设存在质与量的差距,只有三者同步发展,才能消除生态城市建设各个环节的“短板”,获得质的提升。

10 年间,合肥市经济发展方面的指标比较稳定,除第三产业占 GDP 比例在 2004 达到 5 年最大值此后又有所下降外,其余指标数据每年都较前年有所改进。特别是刚刚过去的 2014 年,合肥地区生产总值突破 2 000 亿元大关,达到 2 102.12 亿元,增长 17.3%,已经连续 6 年保持在 17%以上;而生态环境保护以及社会进步指标数据则出现曲折反复的现象,说明在生态环境保护及社会进步方面,发展并不稳定,还须采取切实可行的措施来保证生态城市建设不断取得新成绩,从而为城市经济与社会的快速、高质量发展提供良好的生态环境支持系统。

2.3 灰色系统关联分析

灰色系统关联分析方法是对系统所包含的相互联系、相互影响、相互制约的因素之间,关联程度进行定量比较的一种研究方法,其实质就是对关联序列进行相似或相异程度的分析计算。事物之间、因素之间关联性的“度量”称为关联度。它根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系是否紧密。如曲线越接近,相应序列之间的关联度越大,反之相应序列之间的关联度就越小。关联度越大,表明该因子的影响力越大^[23]。将生态城市综合指数作为母序列,而指标体系中的 26 个指标作为子序列进行灰色系统理论的关联度分析并排序,结果如下:

表 4 生态城市综合指数 G 与 26 个指标关联系数 g(G)列表

指标	关联系数	指标	关联系数	指标	关联系数	指标	关联系数
x_{11}	0.922 63	x_{21}	0.811 93	x_{28}	0.698 8	x_{34}	0.874 29
x_{12}	0.914 93	x_{22}	0.794 51	x_{29}	0.852 56	x_{35}	0.862 66
x_{13}	0.916 4	x_{23}	0.696 42	x_{210}	0.597 01	x_{36}	0.862 96
x_{14}	0.923 24	x_{24}	0.684 11	x_{211}	0.651 79	x_{37}	0.866 68
x_{15}	0.713 56	x_{25}	0.864 44	x_{31}	0.765 34	x_{38}	0.693 62
x_{16}	0.673 3	x_{26}	0.788 46	x_{32}	0.858 76		
x_{17}	0.786 78	x_{27}	0.684 11	x_{33}	0.630 75		

关联序: $x_{14}>x_{11}>x_{13}>x_{13}>x_{34}>x_{37}>x_{25}>x_{36}>x_{35}>x_{32}>x_{29}>x_{21}>x_{22}>x_{26}>x_{17}>x_{31}>x_{15}>x_{28}>x_{23}>x_{38}>x_{27}>x_{24}>x_{16}>x_{211}>x_{33}>x_{210}$ 。

从分析结果来看,城镇居民年人均可支配收入、人均国内生产总值、农民年人均纯收入、年人均财政收入等经济系统指标与生态城市综合指数相关度高;而高等教育入学率、人均道路面积、城镇生活污水集中处理率、城镇居民人均居住面积、城市燃气普及率、城市化水平等社会系统指标则与生态城市综合指数相关度较经济系统次之;而森林覆盖率、建成区绿化覆盖率、噪声达标区覆盖率、单位 GDP 水耗、工业固体废物处理率、城市空气质量达二级标准天数、城镇生活垃圾无害化处理率、集中饮用水源水质达标率、单位 GDP 能耗、工业废水排放达标率等环境系统指标与生态城市综合指数相关度最低。其中,环境保护投资占 GDP 比例与生态城市综合指数关联程度最低,显示了环保投资的效益显现具有时间上的滞后性,需要政府持续不断地加强环保投资。综上所述,生态城市综合指数 G 与三大系统的影响因素之间的耦合度总体态势为:经济>社会>环境。也印证前文所述:经济系统是驱动器和牵引器,社会支撑保障系统是稳定器,生态环境系统是基础和平台。

3 结论

“经济—环境—社会”三大系统之间是相互影响、相互制约和相互促进的,通过构建耦合模型分析,并得出以下结论:

- 1)经济系统、环境系统和社会系统在多层次相互作用下的高度、复杂耦合力对生态城市建设产生综合作用。

2)“经济—环境—社会”耦合模型在发展轨迹呈现出低水平耦合型、拮抗型、磨合型、协调型四大模式,并具有各自特点.根据耦合度的变化,合肥市“经济—环境—社会”耦合关系发展经历了由低级共生、相对协调发展发展到不甚协调发展,目前正处于磨合与反复调试阶段,因此当前持续的环保资金投入是关键,优化经济结构,发展循环经济,促进城市可持续发展是手段.

3)通过灰色关联度分析,分析得出生态城市综合指数受到多因素综合影响和驱动,并对驱动力大小依次排序,为生态城市建设实践如何区分估量影响因子提供决策依据.

参考文献:

- [1] 刘力.国外城市生态研究的主要方向与研究进展[J].世界地理研究,2001,10(3):87-91.
- [2] ROSELAND M. Dimension of the Eco-city[J]. Elsevier Science, 1997, 14(4):197-202.
- [3] WHITEHEAD M. Analyzing the Sustainable City: Nature, Urbanization and the Regulation of Socio-environmental Relations in the VK[J]. Urban Studies, 2003, (7):1183-1206.
- [4] 洪亮平.城市设计历程[M].北京:中国建筑工业出版社,2002:152-155.
- [5] 李杨帆,朱晓东,黄贤金.城市生态系统的概念模型与等级结构研究[J].城市发展研究,2005,12(4):37-38.
- [6] 沈清基.城市空间结构生态化基本原理研究[J].中国人口.资源与环境,2004,(6):6-11.
- [7] 邓清华.生态城市空间结构研究[J].热带地理,2003,23(3):279-283.
- [8] 郭荣朝,顾朝林,曾尊固,等.生态城市空间结构优化组合模式及应用——以襄樊市为例[J].地理研究,2004,23(3):25-27.
- [9] 王发曾.开封市生态城市建设中的开放空间系统优化[J].地理研究,2004,23(3):281-291.
- [10] 冯启凤,曹荣林.国内外生态城市建设比较研究[J].浙江大学学报(理学版),2006,33(3):346-350.
- [11] 宋冬梅,肖笃宁,申元村.我国沿海地区生态城市建设评价[J].地理科学进展,2004,23(4):80-86.
- [12] 吴琼,王如松,李宏卿,等.生态城市指标体系与评价方法[J].生态学报,2005,25(8):2090-2095.
- [13] 申玉铭,张云.北京市生态城市建设能力的机理与综合评价——基于城市化与生态化视角[J].人文地理,2006,(3):19-23.
- [14] 徐琳瑜,杨志峰,李巍.城市生态系统承载力理论与评价方法[J].生态学报,2005,25(4):771-777.
- [15] 周宾,陈兴鹏,吴士锋,等.中观经济—社会—环境耦合系统发展的稳健性研究——以甘肃省各市州发展情况为例[J].安徽农业科学,2009,37(12):5567-5571.
- [16] 陈静,曾珍.社会、经济、资源、环境协调发展评价模型研究[J].科学管理研究,2004,22(3):9-12.
- [17] 魏荣荣,成官文,罗介均,等.柳州市社会、经济、资源、环境协调发展评价[J].广州环境科学,2009,24(1):40-44.
- [18] 李堂军,王建奎,李菁.区域经济、社会与环境协调发展模糊评价模型与应用[J].山东科技大学学报,2008,27(2):99-104.
- [19] 李勇进,陈兴鹏,拓学森,等.甘肃省“资源—环境—经济系统”动态仿真研究[J].中国人口资源与环境,2006,16(4):94-98.
- [20] 马交国,杨永春.生态城市理论研究进展[J].地域研究与开发,2004,23(6):40-44.
- [21] 孙晓明,柏益尧,左玉辉.生态城市评价中的RBF神经网络模型——以厦门市为例[J].环境保护科学,2005,31(131):43-48.
- [22] 何亮.主成分分析在SPSS中的应用[J].山西农业大学学报,2007,6(5):20-22.
- [23] 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.

(责任编辑 李健飞)

Construction and Application of Coupling Model “Economy-Environment-Society” of Ecocity: A Case Study of Hefei City

WANG Hong

(Department of Foreign Languages & Tourism, Maanshan Teacher's College, Maanshan, Anhui 243041, China)

Abstract: According to the relations of economic system, environmental system and social system, a coupling model of “economy-environment-society” is set up. Taking Hefei City for example, conclusion can be drawn that, (1) in interact height, the system of “economy-environment-society” generates a comprehensive impact on eco-city construction at many levels; (2) in the development track, the coupling model of “economy-environment-society” demonstrates four major modes and a course of “coordination-incongruity-recoordination”, and then four major modes will go on alternatively, and tend to rationalization; (3) gray relational analysis proves that the coupling model of “economy-environment-society” has obtained good research effect.

Key words: eco-city; model of economy-environment-society; coupling model; Hefei