

成都市生态环境与社会经济协调发展分析^{*}

许文来¹, 张建强¹, 赵玉强², 戴本林¹, 邓瑞雪¹

(1. 西南交通大学 环境科学与工程学院 四川 成都 610034; 2 西南交通大学 生命工程学院 四川 成都 610031)

摘要: 以成都市为研究区域, 采用主成分分析法 (PCA) 确定选取的生态环境与社会经济各项指标的权重, 在此基础上建立可持续发展模型, 对该区域生态环境与社会经济的协调发展度进行了分析。分析结果表明: 成都市生态环境与社会经济之间属于协调发展类环境滞后型, 且 2001~2004 年协调发展值逐年下降, 可持续发展情况呈下降趋势。说明成都市在发展经济的同时, 必须进一步增加环保投资, 加强生态环境建设, 还应将循环经济理论应用到区域规划中, 调整产业结构, 促进生态工业、生态社会、生态服务业等的建设, 减少污染物的产生, 实现环境、经济的“双赢”, 做到真正的可持续发展。

关键词: 生态环境; 社会经济; 主成分分析法; 协调发展模型; 成都

中图分类号: X22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2007)02-0129-05

生态环境是社会经济发展的基础, 两者有着对立统一的关系^[1]。当今, 日益恶化的生态环境使人类意识到: 过去的社会经济发展是以牺牲生态环境为代价的, 人类必须谋求生态环境与社会经济的协调发展, 而对生态环境与社会经济发展协调性研究是实现这一发展战略的前提和基础^[2]。本文以成都市为例, 对该区域自 2001~2004 年生态环境和社会经济发展的纵向协调性进行了分析研究。此项研究采用主成分分析法 (PCA) 确定生态环境和社会经济的指标权重值, 在此基础上建立了可持续发展的评价模型, 探讨该区域生态环境与社会经济的相互作用规律, 为该区域的可持续发展提供了科学的决策依据。

1 区域背景

成都市是国家级卫生城市, 其温江区、郫县、都江堰市为首批国家级生态示范区, 加上正在建设的国家级生态示范区龙泉驿区、蒲江县、新津县、大邑县、彭州市、金堂县、崇州市、邛崃市, 生态示范区总面积已占成都市国土面积的 81.1%。这证明了成都市改革开放 20 多年来坚持走可持续发展道路, 已取得显著的成绩, 这是成都市拥有的一笔巨大资源, 为今后成都市发展打下了良好的基础。但是, 同时也应该看到所面临的危机: 成都市

地处中国西部, 生态环境保护任务艰巨, 资源能源利用粗放, 工业污染相当严重, 城市生活污染等日益加剧, 这说明, 成都市可持续发展道路上面临着巨大压力^[3]。

2 成都市生态环境与社会经济协调发展度分析

对生态环境与社会经济定量化研究的技术路线一般都是通过建立协调发展的指标体系并计算描述协调发展程度的指标数值的大小来判断生态环境与社会经济的协调发展度^[4]。

2.1 指标的选取

表征生态环境和社会经济发展的指标很多, 大致可做如下划分 (表 1)。

表 1 生态环境和社会经济指标

| 生态环境质量指标 | 社会经济发展指标 |
|-------------|----------|
| 环境质量 | 经济发展 |
| 万元产值工业三废排放量 | 人口素质 |
| 生态指标 | 生活水平 |
| 废物处理率 | 城市基础设施 |
| 环保投资 | 社会进步 |

为保证统计分析的准确性、全面性, 指标个数一般不小于 15 个, 并尽量选取那些数据信息能够

* 收稿日期: 2006-10-09

作者简介: 许文来 (1983), 男, 江苏泰州市人, 硕士研究生, 主要研究方向为环境规划与评价。E-mail: xuwenlai1983@163.com

准确获得的、具有代表性的指标^[5]。

2.2 指标的标准化

由于指标的量纲、数量级和变化幅度的差异,如果用原始数据进行分析,就会将不同性质、不同量纲、不同数量变化幅度的数值都统计在一起,这样势必突出某些数量级特别大的变量对结果的影响,而压低甚至排除了某些数量级很小的变量对结果的影响。因此,有必要先对指标进行标准化。由于目前国际、国内都缺乏统一的标准,因此,在进行区域生态环境与社会经济协调性研究的时候,一般参考已有的国家或国际有关标准或具有良好生态环境和社会经济协调性的区域的现状值以及研究区域的趋势外推值或规划目标值^[6]。标准化的计算公式为

$$X_{ij} = \begin{cases} X_{ij} / \lambda_{max} & \text{当指标 } X_{ij} \text{ 越大越好时} \\ \lambda_{max} / X_{ij} & \text{当指标 } X_{ij} \text{ 越小越好时} \end{cases}$$

式中: X_{ij} 为 i 个样本 j 个指标的负荷值; X_{ij} 为 i 个样本 j 个指标的实际值; λ_{max} 为对应于指标 X_{ij} 的评价标准值或规划值。

2.3 指标权重的确定

评价指标对于评价对象的影响程度是不同的。所选的指标在进入数量分析时,必须对其确定权重值。目前大部分情况下都是通过专家系统或社会调查的方法,但这两种方法有时使得研究的结果与实际严重脱节。本文将采用主成分分析法(PCA)对生态环境和社会经济发展指标进行标准化后的负荷矩阵进行分析来确定各指标的权重值。

2.3.1 计算相关系数矩阵^[7]

$$R = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1p} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{p1} & \gamma_{p2} & \dots & \gamma_{pp} \end{bmatrix}$$

式中: $\gamma_{ij} = \frac{\sum_{a=1}^p (x_{ai} - \bar{x}_i) \times (x_{aj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{a=1}^p (x_{ai} - \bar{x}_i)^2 \times \sum_{a=1}^p (x_{aj} - \bar{x}_j)^2}}$ ($i, j = 1, 2, \dots, p$), γ_{ij} 为两个指标的相关系数。

2.3.2 计算主成分的载荷^[7]

首先解特征方程: $| \lambda I - R | = 0$, 式中 λ 为特征值矩阵; I 为单位矩阵。

求出特征值 $\lambda_j (j = 1, 2, \dots, p)$, 并使其按大小顺序排列, 然后分别求出对应的特征向量 e_j , 则主成分的载荷为

$$P(Z_k, X_j) = \sqrt{\lambda_k} e_{kj}$$

式中: $j, k = 1, 2, \dots, p$; X_j 为 j 个指标; Z_k 为 k 个主成分。

2.3.3 指标权重值的确定

在第一主成分(特征值最大的主成分)中, 将各指标对应的载荷与所有指标的载荷之和的比值作为其权重值 ω_j , 即:

$$\omega_j = \frac{P(Z_1, X_j)}{\sum_{j=1}^p P(Z_1, X_j)}$$

按照上述原理和方法, 结合成都市的实际情况, 根据《成都市统计年鉴》^[8], 现选取了反映生态环境建设的 17 个指标, 反映社会经济发展的 16 个指标, 以国家一级标准和成都市有关规划标准作为生态环境指标的标准化值, 以现代化指标的目标值作为社会经济发展指标的标准化值, 对其进行了标准化处理, 并用 matlab 和 spss 软件计算出各指标的权重。结果见表 2。

2.4 生态环境与社会经济协调发展模型^[9]

生态环境与社会经济发展的协调就是要使两者之间的差距最小。利用相关数学原理和离差分析原理, 首先分别建立生态环境 $f(EE)$ 和社会经济发展 $g(SE)$ 的综合函数:

$$f_i(EE) = \sum_{j=1}^{17} \omega_j x_{ij}^*, \quad x_{ij}^* \text{ 为 } i \text{ 年 } j \text{ 个生态环境指标的标准化值。}$$

$$g_i(SE) = \sum_{j=1}^{16} \omega_j x_{ij}^0, \quad x_{ij}^0 \text{ 为 } i \text{ 年 } j \text{ 个社会经济发展指标的标准化值。}$$

确定两者之间协调性 C 的计算公式为:

$$C = \left\{ \frac{f_i(EE) \times g_i(SE)}{\left[\frac{f_i(EE) + g_i(SE)}{2} \right]^2} \right\}^k$$

式中: k 为调节系数, 且 $k \geq 2$ 这里取 $k = 6$

协调性虽然反映了生态环境与社会经济发展的同步性, 但尚未表征出其总体的发展水平, 故在 C 值的基础上加入表征总体发展水平的成分, 构建可持续发展模型如下:

$$D = \sqrt{C \times T}$$

其中: $T = \frac{f_i(EE) + g_i(SE)}{2}$; T 为环境与经济的综合评价指数。

D 值反映一个城市或区域在不同的发展阶段或同一时期不同城市或区域之间环境与经济的协调状况。

表 2

成都市生态环境与社会经济指标标准化值及权重

| 类型 | 指标名称 | 标准化值 | | | | | 权重 |
|----------------------|----------------------|------|------|------|------|--------|--------|
| | | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | |
| 生态环境指标 | 工业废水达标率 | 0.89 | 1.13 | 1.13 | 1.14 | 1.15 | 0.0637 |
| | 工业粉尘处理率 | 0.84 | 0.87 | 0.90 | 0.98 | 0.99 | 0.0738 |
| | 万元产值工业废水排放量 | 0.81 | 0.84 | 0.83 | 0.84 | 0.85 | 0.0707 |
| | 万元产值工业废气排放量 | 0.77 | 0.82 | 0.79 | 0.81 | 0.83 | 0.0599 |
| | 万元产值工业固废排放量 | 0.86 | 0.91 | 0.91 | 0.93 | 0.93 | 0.0720 |
| | 绿化覆盖率 | 0.66 | 0.63 | 0.69 | 0.84 | 1.03 | 0.0645 |
| | 环保投资占 GDP 比率 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.07 | 0.11 | 0.0282 |
| | 人均公共绿地面积 | 0.27 | 0.28 | 0.62 | 0.70 | 0.92 | 0.0704 |
| | 污水处理率 | 0.86 | 0.94 | 0.94 | 0.91 | 1.09 | 0.0584 |
| | 人均生活垃圾清运量 | 1.36 | 1.30 | 1.21 | 1.09 | 0.91 | 0.0721 |
| | 区域噪音年均值 | 1.12 | 1.12 | 1.11 | 1.10 | 1.10 | 0.0704 |
| | 交通噪音年均值 | 1.24 | 1.24 | 1.23 | 1.23 | 1.22 | 0.0678 |
| | SO ₂ 年均浓度 | 0.71 | 0.75 | 0.72 | 0.74 | 0.77 | 0.0584 |
| | NO ₂ 年均浓度 | 1.56 | 1.61 | 1.72 | 1.52 | 1.61 | 0.0001 |
| COD 年均值 | 0.78 | 0.75 | 0.56 | 0.51 | 0.63 | 0.0564 | |
| BOD ₅ 年均值 | 0.85 | 0.80 | 0.65 | 0.54 | 0.56 | 0.0719 | |
| 石油类年均值 | 0.24 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.23 | 0.0404 | |
| 社会经济指标 | 人均 GDP | 1.71 | 1.93 | 2.14 | 2.37 | 2.73 | 0.0792 |
| | 第三产业占 GDP 比重 | 0.91 | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 0.91 | 0.0231 |
| | 高新产业占工业产值比重 | 0.58 | 0.72 | 0.76 | 0.74 | 0.73 | 0.0583 |
| | 社会劳动生产力 | 0.30 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.47 | 0.0790 |
| | 教育支出占 GDP 比重 | 0.20 | 0.21 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.0500 |
| | 万人卫生床位数 | 1.03 | 1.00 | 1.15 | 1.15 | 1.18 | 0.0706 |
| | 在岗职工平均工资 | 0.95 | 1.18 | 1.26 | 1.40 | 1.61 | 0.0790 |
| | 人均社会消费零售总额 | 1.87 | 2.10 | 2.35 | 2.53 | 2.83 | 0.0797 |
| | 人均日常生活用水量 | 0.46 | 0.46 | 0.48 | 0.49 | 0.53 | 0.0746 |
| | 人均可支配收入 | 2.55 | 2.71 | 2.99 | 3.21 | 3.46 | 0.0794 |
| | 万人拥有机动车数 | 0.13 | 0.33 | 0.34 | 0.31 | 0.85 | 0.0678 |
| | 人均居住面积 | 0.58 | 0.6 | 0.64 | 0.67 | 0.71 | 0.0792 |
| | 人均道路面积 | 0.46 | 0.65 | 0.84 | 1.25 | 1.27 | 0.0764 |
| | 千户电脑数 | 0.9 | 1.25 | 1.32 | 1.51 | 2.11 | 0.0763 |
| 广播电视覆盖率 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.97 | 0.0055 | |
| 科技人员比重 | 4.12 | 5.40 | 4.44 | 4.80 | 4.84 | 0.0221 | |

2.5 生态环境与社会经济协调发展类型的分类体系及评价标准^[10]
根据 D 值的大小将某地的生态环境与社会发

展协调性划分成三大类, 在每一个大类中再根据 $f(EE)$ 与 $g(SE)$ 的对比关系, 进一步划分出三个亚类(表 3)。

表 3 生态环境与社会经济发展协调性分类

| D 值 | 类型 | $f(EE)$ 与 $g(SE)$ 的对比关系 | 亚类 |
|-------------|-------|-------------------------|--------------|
| 0.6 ~ 1 | 协调发展类 | $f(EE) > g(SE)$ | 协调发展类经济滞后型 |
| | | $f(EE) = g(SE)$ | 协调发展类经济环境同步型 |
| | | $f(EE) < g(SE)$ | 协调发展类环境滞后型 |
| 0.50 ~ 0.59 | 过度发展类 | $f(EE) > g(SE)$ | 过度发展类经济滞后型 |
| | | $f(EE) = g(SE)$ | 过度发展类经济环境同步型 |
| | | $f(EE) < g(SE)$ | 过度发展类环境滞后型 |
| 0 ~ 0.39 | 失调衰退类 | $f(EE) > g(SE)$ | 失调衰退类经济损益 |
| | | $f(EE) = g(SE)$ | 失调衰退类经济环境共损型 |
| | | $f(EE) < g(SE)$ | 失调衰退类环境损益型 |

3 结果分析及预测

调发展的评价标准，成都市生态环境与社会经济协调发展度计算结果及协调发展度类型见表 4 和图 1、图 2。

根据上述计算模型以及生态环境与社会经济协

表 4 成都市生态环境与社会经济发展协调性分析结果

| 年份 | $f(EE)$ | $g(SE)$ | 协调度 C | 协调发展度 D | 协调发展类经济滞后型 |
|------|---------|---------|-------|---------|------------|
| 2000 | 0.816 4 | 1.026 3 | 0.83 | 0.87 | 协调发展类环境滞后型 |
| 2001 | 0.837 5 | 1.173 6 | 0.83 | 0.91 | 协调发展类环境滞后型 |
| 2002 | 0.834 2 | 1.259 7 | 0.74 | 0.88 | 协调发展类环境滞后型 |
| 2003 | 0.837 3 | 1.378 3 | 0.65 | 0.85 | 协调发展类环境滞后型 |
| 2004 | 0.876 7 | 1.562 4 | 0.57 | 0.83 | 协调发展类环境滞后型 |

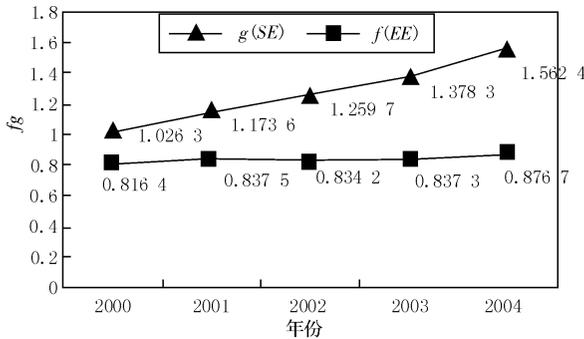


图 1 200~2004年 $f(EE)$ 与 $g(EE)$ 变化曲线

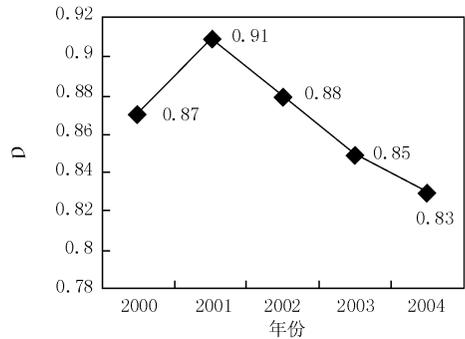


图 2 2000~2004年协调发展度 D 值年变化曲线

从图 1可以看出，成都市从 2000 ~ 2004年的发展过程中，社会经济发展水平呈稳步上升趋势，生态环境状况各年份基本持平，没有改善。从 $f(EE)$ 与 $g(SE)$ 对比来看，5年中生态环境建设远落后于社会经济发展。

从图 2可以看出，成都市 5年来生态环境与社会经济之间属于协调发展类，但是值得注意的是 2001 ~ 2004年 D 值在逐渐下降，说明可持续发展情况呈下降趋势。

结合表 2及成都市的具体情况可知成都市生态

环境存在如下问题：

(1)地表水污染比较严重，无法达到要求的地表水标准。COD、BOD₅尤其是石油类是主要污染物，年均值均超标，且污染物浓度呈上升趋势，这与工业废水的排放量过大、人口数量过多导致生活污水总量过高、水源供水能力偏小等有直接联系。如不以积极有效的措施加以控制、管理、改善，地表水水质污染将越来越严重。

(2)大气中硫氧化物污染严重。虽然 SO₂ 年均浓度呈下降趋势，但仍未达到国家二级标准，未来

几年随着工业的发展和机动车数量的增多, 硫氧化物的浓度仍有可能上升。

(3)环保投资较少、生活垃圾管理不到位、人均公共绿地面积偏低、万元产值工业三废排放量较大等也是生态环境综合函数值低的主要原因。

4 结论

可持续发展模型虽然简单, 但它却综合了生态环境与社会经济发展的协调状况及所处的发展层次, 因而具有简便、概括、综合的特点及较高的稳定性和较广的适用范围, 可用于不同城市(或区域)之间、同一城市(或区域)在不同时期的生态环境与社会经济发展协调状况的定量评价和比较。同时, 可为从数理统计的角度确定指标的权重值做出探索^[11]。通过此模型的运算结果: 近年来虽然成都市 $D > 0.8$ 但 $f(EE) \ll g(SE)$, 这说明成都市在发展经济的同时, 必须进一步增加环保投资, 加强生态环境建设, 控制人口增长, 普及和提高大众环境意识, 推进管理体制改革, 还应将循环经济理论应用到区域规划中, 调整产业结构, 促进生态工业、生态社会、生态服务业等的建设, 减少污染物的产生, 实现环境与经济的“双赢”, 做到真正的可持续发展。

参考文献:

- [1] 朱晓华, 肖芹, 殷红卫. 试论环境安全与人类道德观的转变[J]. 灾害学, 2001, 16(3): 82-86
- [2] 徐肇忠. 城市环境规划[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1999, 60.
- [3] 张建强. 成都市发展生态产业探析[J]. 生态经济, 2004(8): 152-153
- [4] 王长征, 刘毅. 经济与环境协调研究进展[J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 58-65
- [5] 朱玉仙, 黄义星, 王丽杰. 水资源可持续开发利用综合评价方法[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2002, 32(1): 55-57.
- [6] 宋水昌, 由文辉, 王祥荣. 城市生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2000, 242-243
- [7] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996, 39-44.
- [8] 成都市统计局. 成都市 2005年统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006
- [9] 刘耀林, 刘艳芳, 梁勤欧. 城市环境分析[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1999, 183-185
- [10] 杨士弘. 城市生态环境学[M]. 北京: 科学出版社, 2003, 184-187
- [11] 严登华, 何岩, 邓伟. 生态环境与社会经济发展协调性模型研究[J]. 环境与开发, 2000, 15(3): 5-7

Analysis of Coordinated Development between Eco-environment and Socio-economy in Chengdu City

Xu Wenlai¹, Zhang Jianqiang¹, Zhao Yuqiang², Dai Benlin¹ and Deng Ruixue¹

(1 School of Environmental Science & Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2 School of Life Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Taking Chengdu as an example, the sustainable development model is worked out and coordinated development degree of this region is analyzed on the basis of ascertaining each exponential weight of eco-environment and social economy based on the PCA. The research shows that the development of eco-environment and socio-economy belongs to environment lag-type of coordinated development kind. From 2001 to 2004, the coordinated development value descended year by year. The sustainable development level shows degressive trend. It shows that with the economic development of Chengdu, we should enhance the investment in environment protection, strengthen the construction of eco-environment, apply the principle of cycle economy to the regional planning, industrial structure readjusting, promoting the construction of the eco industry, eco society and the eco service, reducing the contamination and realize “the double win” of environment and economy. Only in this way can we live up to the sustainable development.

Key words: eco-environment, socio-economy, PCA, coordinated development model, Chengdu