

技术方法

## 基于主成分分析的济宁市环境承载力研究

赵庆令,李清彩,田光彩,肖宁

(山东省鲁南地质工程勘察院,山东兖州 272100)

**摘要:**该文以济宁市环境承载力为研究对象,运用主成分分析法,从影响环境污染状况、环境治理状况、人口状况、经济发展状况、自然资源状况、物耗能耗状况等19个指标中,提取出影响环境承载力动态变化的3个主成分,对济宁市环境承载力年际变化进行了综合评价。结果表明:2006—2010年,济宁市环境承载力呈现逐年上升的趋势。该研究评价结果较好,可以为该地区的可持续开发规划提供理论参考。

**关键词:**主成分分析;环境承载力;济宁市

**中图分类号:**F127;F205;F224

**文献标识码:**B

**引文格式:**赵庆令,李清彩,田光彩,等.基于主成分分析的济宁市环境承载力研究[J].山东国土资源,2016,32(1):51-55.ZHAO Qingling, LI Qingcai, TIAN Guangcai, etc. Research on Environmental Carrying Capacity in Jining City Based on Principal Component Analysis[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(1): 51-55.

## 0 引言

目前我国正处于经济高速发展的阶段,工业化、城市化进程日益加快,其资源环境与经济发展之间的矛盾也随之更加突出,使已短缺的自然资源和脆弱的生态环境面临更大的压力<sup>[1-2]</sup>。因此,如何协调资源环境与经济发展之间的相互关系逐渐为人们所关注。环境承载力在资源环境与人类社会活动之间建立了联系纽带,通过对环境承载力的分析评估,可以正确判断资源环境与社会经济发展是否协调,进而可以有针对性地提出优化建议,以实现环境合理利用和社会经济可持续协调发展<sup>[3]</sup>。

环境承载力(Environmental Carrying Capacity, ECC)理论是在可持续发展理论的基础上衍生出来的,是指在一定时期与一定范围内,以及一定的自然条件下,维持环境系统结构不发生质的改变,环境功能不遭受破坏前提下环境系统所能承受人类活动的限值<sup>[4-5]</sup>。环境承载力的大小可以客观的判定一个地区在某一时刻的环境情况,同时也是判定一个地区能否可持续发展的客观依据。目前,研究环境承载能力的方法主要有层次分析-模糊综合评价法<sup>[6-10]</sup>、生态足迹法<sup>[11-14]</sup>、系统动力学法等<sup>[15-16]</sup>。

层次分析-模糊综合评价法的优点是考虑的因素较全面,应用较灵活,适用于评价指标层次较多的情况,但其缺陷和不足是所需资料较多,用这种方法来评价城市综合承载力显得太过复杂和庞大。生态足迹是一种度量人与自然和谐发展的方法,主要应用于资源环境承载力的研究,没有涉及经济、社会等方面,也没有考虑人口的快速增长、生活条件的改善等产生的影响等,生态足迹法研究区域综合环境承载力时仍需进一步完善和发展。系统动力学方法对城市环境综合承载力未来进行预测比较有用,但是缺点是不能对现在的承载状态进行判断,不能判定其是合理还是不合理,具体的实际意义很有限<sup>[17]</sup>。

主成分分析法基于对高维变量进行降维处理,以力保数据信息损失量最小。用少数综合变量取代多维变量,减少了数据信息的损失,通过线性变换或舍弃少部分信息以实现评价目的。该方法分析过程精简,并且具有较好的客观性和系统性,可以较好地克服上述模糊综合评价法和系统动力学法的缺点和不足<sup>[18-19]</sup>。因此,将主成分分析法应用于环境承载力的评价是一种较好的选择,该研究正是基于主成分分析法对济宁市的环境承载力进行评价研究。

收稿日期:2015-03-31;修订日期:2015-05-18;编辑:陶卫卫

作者简介:赵庆令(1983—),男,山东单县人,工程师,主要从事环境影响评价及地质实验测试工作;E-mail:zqlzb@126.com

# 1 主成分分析方法原理

主成分分析法是基于对数据降维处理的一种方法,将原来众多的具有一定相关性的指标  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$  重新组合成一组较少个数的互不相关的综合指标来代替原来指标。这种方法以最少的信息丢失为前提,将众多的原有变量综合成较少几个综合指标,这将大大减少分析过程的计算工作量。主成分分析法步骤如下<sup>[20-22]</sup>:

①假设有  $n$  个研究区域,每个研究区域都受  $p$  个相同的指标所影响,但影响每个区域的各个指标值都不一样,首先,将这些代表了区域特征的原始数据构造成矩阵。

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \Lambda & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \Lambda & x_{2p} \\ M & M & & M \\ x_{n1} & x_{n2} & \Lambda & x_{np} \end{bmatrix} \quad (1)$$

②计算样本  $X$  的协方差矩阵及样本相关性矩阵,主要是通过这种相关性来实现降维的处理。

$$S = (s_{ij})_{p \times p} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})(x_k - \bar{x})^T \quad (2)$$

$$R = (r_{ij})_{p \times p} = \left( \frac{s_{ij}}{\sqrt{s_{ij}s_{ij}}} \right) \quad (3)$$

式中:

$$\bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \Lambda, \bar{x}_p)^T, \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}, j = 1, 2, \dots, p$$

$$s_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j),$$

$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p; k = 1, 2, \dots, p$$

③计算相关矩阵的特征值  $\lambda$  与特征向量,有  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ , 特征向量如下:

$$a_1 = \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ M \\ a_{n1} \end{bmatrix}, a_2 = \begin{bmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ M \\ a_{n2} \end{bmatrix}, \Lambda, a_n = \begin{bmatrix} a_{1p} \\ a_{2p} \\ M \\ a_{np} \end{bmatrix} \quad (4)$$

④计算第  $i$  个主成分的贡献率,公式如下:

$$A_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{j=1}^p \lambda_j}, p \text{ 为维数。} \quad (5)$$

计算前  $m$  个主成分的累计贡献率,一般取累计贡献率  $> 85\%$  时的  $m$  值为主成分的个数。

$$A = \frac{\sum_{k=1}^m \lambda_k}{\sum_{j=1}^p \lambda_j}, m \leq p, k = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, p \quad (6)$$

⑤计算  $X$  的第  $i$  个主成分,通过主成分表达式,可以清晰明了地看出各个指标所反映出的信息,明确了解到各个指标层中的指标对于相应的准则层中的指标,抑或是对于目标层而言,其是动力因素还是阻力因素。

$$Z_k = a_{1k}X_1 + a_{2k}X_2 + \Lambda + a_{pk}X_p, k = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

式中:  $X_j$  为指标标准化值,  $X_j = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sqrt{s_{ij}}}, j = 1, 2, \dots, p$

⑥以加权的方式计算主成分分析得分值,此得分值是指标层次的一个综合表示。

$$Z = \sum_{k=1}^m Z_k A_k, k = 1, 2, \Lambda, m \quad (8)$$

# 2 研究区概况及评价指标体系

## 2.1 研究区概况

济宁市地处鲁南泰沂低山丘陵与鲁西南黄淮海平原交接地带,地质构造上属华北地区鲁西南断块凹陷区,地形以平原洼地为主,地势东高西低,地貌较为复杂。辖区四季分明,属暖温带季风气候,年平均气温为  $13.3 \sim 14.1^\circ\text{C}$ , 平均无霜期为 199 d, 年平均降水量在  $597 \sim 820 \text{ mm}$ 。济宁市辖市中区、任城区、兖州区、曲阜市、泗水县、邹城市、微山县、鱼台县、金乡县、嘉祥县、汶上县、梁山县 12 个县市区, 2010 年底,济宁市土地总面积约  $11\,000 \text{ km}^2$ , 耕地面积约  $6\,000 \text{ km}^2$ , 占总面积的  $54.5\%$ 。

全市天然水资源总量水平年为 55 亿  $\text{m}^3$ , 其中地表水 34 亿  $\text{m}^3$ , 地下水天然补给量 21 亿  $\text{m}^3$ ; 可用水资源总量为 30.37 亿  $\text{m}^3$ , 其中地表水 17.44 亿  $\text{m}^3$ , 地下水 12.93 亿  $\text{m}^3$ 。与全省平均情况的比较是: 济宁市天然水资源每平方千米为 44.50 亿  $\text{m}^3$ , 比全省平均值 21.17 万  $\text{m}^3$  多 110.2%; 人均占量 740  $\text{m}^3$ , 比全省人均 449  $\text{m}^3$  多 64.8%; 可利用水资源每平方千米为 27.04 万  $\text{m}^3$ , 比全省平均 15.29 万  $\text{m}^3$  多 76.8%, 人均可利用水量为 449  $\text{m}^3$ , 比全省人均 324  $\text{m}^3$  多 38.7%。

济宁市历史悠久,区域历史可以追溯到五六千年前,历史上,济宁市经济基础比较薄弱,以农业为主。改革开放后,济宁市经济结构发生显著变化,以煤炭、电力为基础的工业经济发展迅速,生产总值稳步增长,现已发展成为我国八大煤炭基地之一。随着工业经济的发展,济宁市的城市化水平和第三

产业水平也在不断提高。截至 2010 年底,济宁市总人口达到 843.03 万人,其中,城镇人口 266.14 万人,城市化率为 31.57%。地区生产总值已达到 2 542.81 亿元,三次产业结构比为 12.60:53.35:34.05,人均地区生产总值 31 500 元。随着社会、经济水平的不断提高,济宁市已逐渐崛起为鲁西南地区经济发展中心城市。

## 2.2 评价指标体系

通过对济宁市经济、社会、环境状况的调查研究,力求从不同角度、不同方面客观分析该市环境承载力状况。在指标选取过程中,既要有反映资源、环境的自然指标,又要有反映人类影响的社会和经济指标,还要有反映整个系统之间相互协调的指标,充分体现人类活动对生态环境的影响程度。根据可持续发展原则、科学性和系统性原则、代表性和实用性原则、可获取性原则等<sup>[23-25]</sup>,参照《济宁市统计年鉴》数据,选取 2006—2010 年序列资料作为评价的基础数据,并从中选取 19 个影响指标,建立济宁市环境承载力指标体系,如表 1 所示。

## 3 结果与分析

### 3.1 环境承载力主成分分析

表 1 济宁市环境承载力评价指标体系

一级指标	二级指标	序号
环境污染	COD 排放总量(万 t)	$X_1$
	二氧化硫排放总量(万 t)	$X_2$
	烟尘排放总量(万 t)	$X_3$
环境治理	工业废水排放达标率(%)	$X_4$
	工业 $SO_2$ 排放达标率(%)	$X_5$
	工业烟尘排放达标率(%)	$X_6$
	环境污染治理投资占 GDP 比重(%)	$X_7$
	规模以上工业重复用水率(%)	$X_8$
人口指数	年末总人口数(万人)	$X_9$
	人口自然增长率( $10^{-3}$ )	$X_{10}$
经济发展程度	地区生产总值(亿元)	$X_{11}$
	人均地区生产总值(元)	$X_{12}$
生活质量指标	城镇居民人均可支配收入(元)	$X_{13}$
	农村居民人均纯收入(元)	$X_{14}$
自然资源	人均水资源量( $m^3$ )	$X_{15}$
	人均耕地面积(亩)	$X_{16}$
	人均森林面积( $hm^2$ )	$X_{17}$
物耗能耗指标	万元 GDP 能耗(吨标煤)	$X_{18}$
	万元 GDP 水耗( $m^3$ )	$X_{19}$

运用 SPSS 21 软件进行济宁市环境承载力评价指标进行主成分分析,得出环境承载力评价指标的标准化矩阵、主成分特征值、主成分贡献率,详见表 2 和表 3。

表 2 评价指标体系标准化矩阵

年份	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
2006	1.290	1.678	1.217	1.183	0.357	0.325	1.547	0.728	-1.155	-0.358
2007	0.472	-0.041	0.005	-1.323	-0.049	-1.769	0.271	-1.582	-0.567	-1.074
2008	-0.001	-0.186	0.295	0.192	-1.702	0.445	-0.746	-0.370	-0.204	-0.685
2009	-0.350	-0.510	0.041	-0.664	0.686	0.683	-0.985	0.410	0.489	1.111
2010	-1.411	-0.942	-1.559	0.611	0.709	0.316	-0.088	0.814	1.437	1.007
年份	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$	$X_{17}$	$X_{18}$	$X_{19}$	
2006	-1.320	-1.333	-1.237	-1.237	0.085	0.603	-1.253	1.366	1.250	
2007	-0.673	-0.670	-0.622	-0.617	0.009	0.497	-0.593	0.669	0.664	
2008	0.219	0.245	-0.063	0.014	-0.701	0.391	0.066	-0.229	0.012	
2009	0.582	0.588	0.619	0.474	1.591	0.285	1.385	-0.948	-0.700	
2010	1.191	1.170	1.302	1.366	-0.984	-1.776	0.396	-0.858	-1.227	

表 3 主成分特征值及贡献率

主成分	特征根	贡献率(%)	累计贡献率(%)
$F_1$	12.158	63.989	63.989
$F_2$	3.104	16.335	80.324
$F_3$	2.222	11.695	92.020

由表 3 可知, $F_1 + F_2 + F_3 = 63.989\% + 16.335\% + 11.695\% = 92.020\% > 85\%$ ,即主成分  $F_1$ ,  $F_2$  和  $F_3$  的

累计贡献率已经达到了 92.02%,根据累计贡献率大于 85%和特征根  $> 1$  的原则<sup>[20-22]</sup>,说明这 3 个主成分能够反映足够的信息,因此选取前 3 个主成分  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  进行研究分析,其主成分载荷矩阵及主成分得分系数矩阵详见表 4。

由表 4 可知,主成分  $F_1$  与  $X_9$  年末总人口数、 $X_{11}$  地区生产总值、 $X_{12}$  人均地区生产总值、 $X_{13}$  城镇居

表 4 主成分载荷矩阵及主成分得分系数矩阵

指标	主成分载荷矩阵			主成分得分系数矩阵		
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_1$	$F_2$	$F_3$
$X_1$	-0.979	0.040	0.195	-0.087	0.026	0.079
$X_2$	-0.895	0.435	0.096	-0.101	0.123	0.007
$X_3$	-0.862	0.098	0.419	-0.083	0.128	0.171
$X_4$	-0.072	0.911	-0.257	-0.043	0.316	-0.184
$X_5$	0.243	0.418	0.254	-0.037	-0.084	0.090
$X_6$	0.401	0.658	0.373	-0.007	0.366	0.109
$X_7$	-0.715	0.512	-0.307	-0.087	0.005	-0.171
$X_8$	0.359	0.911	0.192	-0.031	0.298	0.016
$X_9$	0.985	0.057	-0.114	0.077	-0.012	-0.050
$X_{10}$	0.793	0.441	0.366	0.019	0.113	0.132
$X_{11}$	0.991	-0.053	-0.041	0.088	0.027	-0.012
$X_{12}$	0.988	-0.065	-0.036	0.088	0.028	-0.010
$X_{13}$	0.999	0.006	-0.034	0.080	0.004	-0.012
$X_{14}$	0.993	0.011	-0.117	0.083	0.006	-0.049
$X_{15}$	-0.065	-0.111	0.955	-0.039	-0.015	0.429
$X_{16}$	-0.780	-0.314	0.493	-0.055	0.009	0.234
$X_{17}$	0.843	-0.198	0.492	0.065	0.026	0.231
$X_{18}$	-0.961	0.138	-0.190	-0.083	-0.032	-0.094
$X_{19}$	-1.000	0.006	-0.018	-0.080	-0.016	-0.011

民人均可支配收入、 $X_{14}$ 农村居民人均纯收入呈极显著正相关关系,与 $X_1$  COD 排放总量、 $X_2$  二氧化硫排放总量、 $X_3$  烟尘排放总量、 $X_{18}$  万元 GDP 能耗、 $X_{19}$  万元 GDP 水耗呈极显著负相关关系,这些指标反映了济宁市人口、居民生活质量、环境污染、经济发展资源消耗的状况,体现了济宁市人口、居民生活质量的飞速发展是以环境污染和资源消耗为代价的。其中, $X_{19}$  万元 GDP 水耗对主成分  $F_1$  影响程度最大,其荷载系数为-1.000,是影响济宁市经济社会发展状况的最主要指标;主成分  $F_2$  与  $X_4$  工业废水排放达标率、 $X_8$  规模以上工业重复用水率有着较强的正相关关系,并且  $X_4$  工业废水排放达标率、 $X_8$  规模以上工业重复用水率对  $F_2$  的荷载系数均为 0.911,反映了济宁市工业污水治理和水资源可持续利用的程度;主成分  $F_3$  与  $X_{15}$  人均水资源量呈正相关关系,说明了济宁市社会经济发展和环境承载力的提升需要人均水资源量的大力支持,换言之,人均水资源量已成为制约济宁经济可持续发展瓶颈因素。总之,确定的 3 个主成分概括了济宁市社会经济发展、环境、资源和人口等方面的内容,利用这 3 个主成分可以充分反映济宁市环境承载力状况。

### 3.2 主成分综合得分分析

利用 SPSS 21 软件自动计算出济宁市环境承载

力主成分单因子得分(表 4),首先在 Excel 中将各单因子的得分与指标标准化值的乘积加和来计算各主成分的综合得分;然后根据式(8),将各主成分的综合得分与其特征值贡献率的乘积加和来计算承载力指数,以此分析济宁市环境承载力的变化情况。从表 5 可知,主成分得分有正有负,但正负值并不是代表环境承载力的真实水平,而是反映了环境承载力所处的相对位置。对综合得分来说,其值越大,说明环境承载力越强,反之则越弱。

表 5 2006—2010 年济宁市环境承载力综合得分

年份	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	Z	综合排名
2006	-1.47	0.88	-0.22	-0.82	5
2007	-0.40	-1.73	-0.13	-0.55	4
2008	0.16	0.23	-0.23	0.11	3
2009	0.55	0.25	1.65	0.58	2
2010	1.16	0.37	-1.07	0.68	1

由图 1 可以看出,主成分 2 的得分整体呈先降后升趋势,分析主要是由工业废水排放达标率、规模以上工业重复用水率的波动所致;主成分 3 的得分整体呈先升后降趋势,主要是由于人均水资源量的波动所致;主成分 1 的得分与环境承载力综合得分的变化趋势基本一致,整体上呈逐年增长的趋势。总体而言,2006—2010 年,济宁市的环境承载力呈逐年上升趋势,说明近年来经济快速发展、环境污染、资源消耗及水资源开发利用程度的变化,尽管对环境承载力产生了一定影响,但随着环保意识和节能减排的理念深入人心、环保及治污的一些硬性措施不断出台,在很大程度上还是促使了环境承载力不断向提高的方向发展。

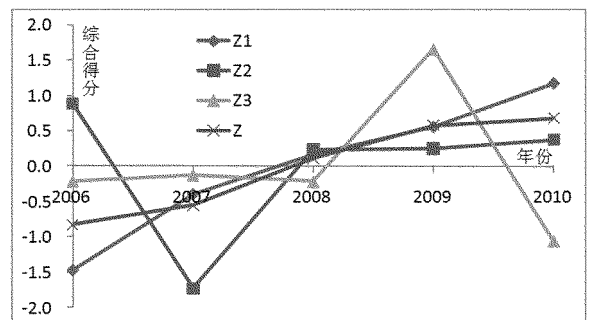


图 1 2006—2010 年济宁市环境承载力综合得分趋势图

## 4 结论

针对目前环境承载力量化缺乏客观性、区域性及动态性的问题,提出了基于主成分分析的环境承

承载力评价方法。该研究通过用较少变量来客观反映济宁市环境承载力的年际变化情况,避免了主观随意性,取得了较好的效果,说明主成分分析法是一种较好的评价区域环境承载力的方法。

通过主成分分析,确定了环境污染状况、环境治理状况、人口状况、经济发展状况、自然资源状况、物耗能耗状况为影响济宁市环境承载力的主要因素。2006—2010 年,济宁市存在的主要环境问题为:“三废”排放强度较大,单位 GDP 能耗较高,自然资源紧张;另外,工业废水排放达标率、规模以上工业重复用水率时好时坏。总体而言,济宁市的环境承载力整体呈上升趋势,仍能够保持一种良性发展的趋势。但是,随着济宁市被规划为山东省西部城市发展核心辐射区,以及煤炭资源型城市的兖州市被规划为济宁市直辖区,济宁市的经济发展速度和城市化进程势必加快,经济的较快增长和迅速的城市扩张也将会给环境带来更大的压力。因此,政府、企业和居民应调控自身行为以便对社会—经济—环境耦合协调系统进行响应,包括政策引导及有效实施、环保技术的应用、市场机制的引导、公众环保意识的强化等,均能通过反馈机制直接影响环境状态的改善,使济宁市经济发展与环境向着良性耦合协调、共同提升的可持续方向转变。

当然,影响社会—经济—环境系统的因素有很多,鉴于数据资料的可得性,该文只选取部分指标表征济宁市环境承载力体系,已选指标是否具有普遍性,有待进一步探索、研究;另外,关于济宁市辖区、辖市、辖县的环境承载力状况该研究没有涉及。对于以上问题,将在今后的研究中继续探索。

## 参考文献:

- [1] 丁任重.西部经济发展与资源承载力研究[M].北京:人民出版社,2005.
- [2] 罗公利,贾小平,边伟军.山东省资源环境承载力分析[J].青岛科技大学学报(社会科学版),2013,29(4):55-59.
- [3] 高鹭,张宏业.生态承载力的国内外研究进展[J].中国人口·资源与环境,2007,17(2):19-26.
- [4] 杨静,张仁铎,翁士创,余云军.海岸带环境承载力评价方法研究[J].中国环境科学,2013,33(S1):178-185.
- [5] 唐剑武,叶文虎.环境承载力的本质及其定量化初步研究[J].中国环境科学,1998,18(3):227-230.
- [6] 胡友彪,袁兴程,赵葆青.淮南市环境承载力评价与分析[J].安徽理工大学学报(社会科学版),2009,11(4):14-19.
- [7] 郭娜,王伯铎,崔晨,张秋菊.榆林市生态环境承载力评价分析[J].中国人口·资源与环境,2011,21(3):104-107.
- [8] 李昕,王晶,沙景华,张国丰.铜陵市环境承载力评价与分析[J].资源与产业,2013,15(5):8-13.
- [9] 王雪军,付晓,孙玉军,黄国胜,张煜星.基于 GIS 赣州市资源环境承载力评价[J].江西农业大学学报,2013,35(6):1325-1332.
- [10] 王立东,苏春利,谭志容,王成明.黄河三角洲地质资源环境承载力评价[J].山东国土资源,2015,31(3):39-42.
- [11] 安宝晟,程国栋.西藏生态足迹与承载力动态分析[J].生态学报,2014,34(4):1002-1009.
- [12] 白钰,曾辉,魏建兵,张文娟,赵宏伟.基于环境污染账户核算的生态足迹模型优化——以珠江三角洲城市群为例[J].应用生态学报,2008,19(8):1789-1796.
- [13] 蔡茜,储金龙,顾康康.基于生态足迹修正模型的淮南市生态承载力分析[J].安徽农业科学,2013,41(8):3558-3562.
- [14] 彭玉明,赵振华,徐扬,李念春.黄河三角洲高效生态经济区生态环境承载力分析[J].山东国土资源,2013,29(12):22-26.
- [15] 陈永霞,薛惠锋,王媛媛,解丹蕊.基于系统动力学的环境承载力仿真与调控[J].计算机仿真,2010,27(2):294-298.
- [16] 王俭,李雪亮,李法云,包红旭.基于系统动力学的辽宁省水环境承载力模拟与预测[J].应用生态学报,2009,20(9):2233-2240.
- [17] 范澈.基于可持续发展的环境承载力研究——以辽宁省为例[D].沈阳:辽宁大学,2012:18-21.
- [18] 陈雯,黄长生,王宁涛.广州市水资源承载力的主成分分析[J].华南地质与矿产,2013,29(4):322-326.
- [19] 邢旭光,史文娟,张泽丹,谢金宇.基于主成分分析法的西安市地下水资源承载力评价[J].水文,2013,33(2):35-38.
- [20] 王亚敏.GIS 支持下的资源型城市生态环境承载力研究——以攀枝花为例[D].成都:成都理工大学,2009.
- [21] 任玉忠,叶芳,高树东,姜道德,谭绪德,王依瑞.基于主成分分析的潍坊市水资源承载力评价研究[J].中国农学通报,2012,28(05):312-316.
- [22] 张光凤,张祖陆.基于 GIS 的济宁市水资源承载力的主成分分析[J].水电能源科学,2013,31(12):21-24.
- [23] 郑国强,江南,刘兆德.长江下游沿江地区区域环境承载力对土地利用变化的响应[J].生态学杂志,2004,23(1):16-19.
- [24] 刘仁志,汪诚文,郝吉明,苏保林,马永亮.环境承载力量化模型研究[J].应用基础与工程科学学报,2009,17(1):49-61.
- [25] 秦成,王红旗,田雅楠,姚治华.资源环境承载力评价指标研究[J].中国人口·资源与环境,2011,21(12):335-338.

# Research on Environmental Carrying Capacity in Jining City Based on Principal Component Analysis

ZHAO Qingling, LI Qingcai, TIAN Guangcai, XIAO Ning

(Lunan Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China)

**Abstract:** In this paper, regarding environmental carrying capacity in Jining city as the study object, by using principal component analysis, three principal components which will affect the dynamic bearing capacity of environment have been extracted from 19 indicators which will affect environmental pollution, environmental governance, population, economic development, natural resources and energy consumption. Interannual changes of environmental carrying capacity in Jining city has been evaluated comprehensively. It is showed that environmental carrying capacity in Jining city has showed an increasing trend from 2006 to 2010. Evaluation result of this study is good. Thus, it can provide a theoretical basis for sustainable development in this area.

**Key words:** Principal component analysis; environmental carrying capacity; Jining city