

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20181214

· 资源利用 ·

# 基于 PCA 的龙口市土地可持续利用评价\*

苏晨晨, 周 奥, 潘玉翠, 王瑗玲\*

(山东农业大学资源与环境学院, 泰安 271018)

**摘 要** [目的] 土地资源可持续利用是区域可持续发展的基础, 建设用地弹性是影响土地资源可持续利用的重要因素。[方法] 文章以山东省龙口市为研究区, 引入建设用地弹性系数, 构建包括社会发展、经济发展和生态环境 3 个因素、19 个因子的评价指标体系, 基于主成分分析法 (PCA), 客观评价 2004—2015 年龙口市土地可持续利用状况与变化。[结果] 2004—2015 年龙口市土地可持续利用综合水平逐年提高, 2015 年达到相对最高值; 2004—2015 年社会发展、经济发展可持续水平持续提高, 生态环境可持续水平整体上呈上升趋势, 但过程波动较大; 人口变化与城乡建设用地增加不协调、经济增长与建设用地消耗的不协调以及耕地环境污染可能成为目前龙口市土地资源可持续利用的制约因素。[结论] 在此基础上, 提出了加强农村宅基地管理, 提高村庄用地集约度; 提高土地投入产出效率, 加快经济发展速度; 倡导发展生态农业, 减少耕地资源的污染等建议。

**关键词** 主成分分析 建设用地弹性 土地可持续利用 综合评价 龙口市

**中图分类号**: F301.24 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2018]12096-08

## 0 引言

土地资源是人类赖以生存发展的基础, 土地资源可持续利用是区域可持续发展的重要保障, 土地资源的可持续利用程度直接关系到区域的社会经济发展与生态文明建设<sup>[1]</sup>。21 世纪以来, 人口快速增长、经济迅猛发展, 人地矛盾日益突出, 生态环境退化<sup>[2]</sup>, 如何实现土地可持续利用和社会经济可持续发展成为社会热点。土地可持续性利用评价是土地可持续利用的基础, 只有了解土地资源可持续利用现状及变化, 发现存在的问题, 才能科学地制定土地可持续利用政策和区域发展规划与可持续发展战略, 实现区域社会、经济与生态的协调发展。

随着持续利用土地思想的提出, 学者们广泛开展了土地可持续利用有关研究, 主要从土地可持续利用评价指标体系和评价方法两个方面展开。评价指标体系构建较多借鉴了 PSR 体系<sup>[3]</sup>、FELSM 框架<sup>[4-5]</sup>以及社会—经济—生态三分体系<sup>[6-8]</sup>包括城镇化水平、人口密度、人均收入、地区生产总值、林地覆盖率、化肥、农药使用量等指标。我国人多地少、耕地相对不足, 土地可持续利用应考虑节约集约利用土地, 在追求社会经济发展的同时, 尽量减少建设用地的消耗, 实现人口、经济发展与土地资源消耗的协调, 但目前的评价指标体系没有考虑。评价方法有综合评价法<sup>[2-4]</sup>、三角模型评价法<sup>[5,9]</sup>、灰色关联分析法<sup>[10]</sup>、生态足迹评价法<sup>[11]</sup>等, 方法较先进, 但较多评价指标难以避免相互之间共线性, 指标权重确定多采用层次分析法<sup>[1,1]</sup>, 带有一定的主观性。主成分分析法是采用数理统计方法, 将多个指标转化为几个综合指标进行评价的方法, 避免了评价指标间的共线性和人为确定指标权重的主观性, 在土地可持续利用评价中应用较少。龙口市是山东省经济第一县市, 其土地利用是否可持续直接影响其社会经济可持续发展的可持续, 对其他县级市的可持续发展也有启示作用。因此文章选取龙口市为研究区域, 引入土地节约集约利用评价指标体系

收稿日期: 2017-12-13

作者简介: 苏晨晨 (1992—), 女, 山东龙口人, 研究生。研究方向: 土地利用与规划

\*通讯作者: 王瑗玲 (1972—), 女, 山东临沂人, 博士, 教授。研究方向: 土地整治、土地评价。Email: ailingwang@sdau.edu.cn

\*资助项目: 山东省重点研发计划项目“盐碱地生物高效生态共生模式构建与示范”(2017CXGC0308)

中能够反应社会经济发展与建设用地消耗协调程度的人口、经济用地弹性系数,运用主成分分析法,对 2004—2015 年龙口市土地可持续利用状况进行动态评价分析。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

龙口市位于东经  $120^{\circ}13' \sim 120^{\circ}44'$ , 北纬  $37^{\circ}27' \sim 37^{\circ}47'$ , 地处山东东北部、胶东半岛的西北部,辖 8 个镇、5 个街道办事处、1 个省级经济开发区、1 个省级高新技术产业园区、1 个滨海旅游度假区,总面积  $901\text{km}^2$ , 总人口 69.79 万人。2015 年龙口市地区生产总值达 1 041.306 7 亿元,其中二、三产业产值 1 005.151 2 亿元,占总产值的 96.53%,人均地区生产总值 14.919 6 万元。2015 年全国县域经济与县域基本竞争力百强县中龙口市排名第十位、山东省第一位。龙口市社会经济和城镇化水平发展迅速,2004—2015 年全市地区生产总值平均年增长率为 24.47%,城镇化水平由 2004 年的 26.21% 上升到 2015 年的 59.61%。龙口市在发展经济的同时,比较重视生态环境保护,获得国家可持续发展实验区、全国生态保护与建设示范区等称号,但还是对土地资源利用与生态环境产生了一些不利影响,人类活动与土地资源利用的矛盾比较突出,对实现区域可持续性发展造成了一定威胁。因此,进行龙口市土地可持续利用评价,揭示其可持续利用水平及变化,对其社会经济可持续发展具有重要意义。

### 1.2 数据来源

数据主要包括社会经济数据和土地利用数据。基于数据可获取性,研究时段确定为 2004—2015 年。社会经济数据主要来源于《龙口市统计年鉴(2004—2015 年)》《烟台市统计年鉴(2004—2015 年)》和《山东省统计年鉴(2004—2015 年)》。土地利用数据主要来源于龙口市国土资源局的土地利用变更调查数据。因 2009 年“二调”前后的土地利用分类体系发生变化,为保持土地利用数据的一致性,将 2009 年以前的土地利用数据以“二调”土地利用分类进行调整、统一数据口径。

## 2 主成分分析原理与步骤

### 2.1 主成分分析原理

主成分分析法(Principal component analysis, 简称 PCA)是利用降维的思想,在损失很少信息的前提下把多个指标转化为几个综合指标的统计方法<sup>[13]</sup>。在进行土地可持续利用评价时,为更全面地体现土地可持续性利用,需要考虑社会、经济和生态 3 类因素,每类因素下又包括多个因子,因子间可能有信息重叠,引起指标之间的共线性。主成分分析通过将原始指标的线性组合来解释原始指标的绝大部分信息,且对指标赋权,计算综合评价值,可降低评价指标的数据维数,提高评价效率<sup>[14-15]</sup>和评价结果的客观性。

### 2.2 主成分分析步骤

(1) 建立  $m$  个年份  $n$  个指标的原始数据矩阵  $X$ 。

$X = (x_{ij})_{m \times n}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ ; 其中,  $i$  代表研究年份,  $j$  代表评价指标。

(2) 标准化处理。为消除指标量纲差异的影响,采用标准差标准化方法,对原始值进行标准化处理,计算公式如下:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{e_j} \quad (1)$$

式(1)中,  $x_{ij}^*$ ,  $x_{ij}$  分别为指标标准化值和原始值,  $\bar{x}_j$ ,  $e_j$  分别是第  $j$  个变量的平均值和标准差。对于负向指标,在指标标准化前进行正向化处理,方法为将负向指标数据前加负号。

(3) 计算指标的相关系数矩阵  $R_{n \times n}$ , 求它的特征值  $\lambda$ 、特征向量  $\mu$ 。

根据特征方程  $|R - \lambda I| = 0$  计算特征值  $\lambda$ , 同时求得特征向量  $\mu$ 。

(4) 计算方差贡献率与累积方差贡献率。取特征值大于 1、累积方差贡献率在 80% 以上的作为主成分。

(5) 计算主成分载荷。因子载荷量是主成分与原始指标的相关系数。

(6) 计算各主成分得分:

$$F_i = \sum x_{ij}^* u_j \quad (2)$$

其中,  $F_i$  为第  $i$  年主成分因子得分,  $x_{ij}^*$  为评价指标标准化数据,  $u_j$  为各指标特征向量。

(7) 以特征值方差贡献率为权数, 采用线性回归方法, 计算综合得分, 进行综合评价:

$$Z_i = \sum F_i P_n \quad (3)$$

$$Z' = \frac{Z_i - Z_{\min}}{Z_{\max} - Z_{\min}} * 100 \quad (4)$$

式 (3)、(4) 中,  $Z_i$  为第  $i$  年的综合得分,  $P_n$  为第  $n$  个主成分因子的方差贡献率;  $Z'$  为百分制化后的综合分值,  $Z_{\max}$  为百分制化前各因素得分的最大值,  $Z_{\min}$  为百分制化前各因素得分的最小值。

### 3 土地可持续利用评价指标体系构建

#### 3.1 土地可持续利用内涵分析

土地可持续利用思想最早于 1990 年国际土地持续利用系统研讨会上提出, 但对于具体内涵, 还没有统一的定义。1987 年世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》报告中提出可持续发展包括生态、经济、社会 3 个关键要素<sup>[3]</sup>。1993 年 FAO 颁布的《持续土地管理评价大纲》认为土地可持续利用包括生产性、安全性、保护性、可行性和接受性等 5 个方面<sup>[16]</sup>。也有学者提出土地持续利用就是协调人类当代与后代之间的经济、社会与环境方面的需求, 同时维持与加强土地资源质量<sup>[17]</sup>。中国人多地少、耕地相对不足, 土地应节约集约利用, 尤其建设用地扩张应与社会经济发展协调。综合可持续发展和土地可持续利用观点, 考虑土地节约集约利用, 该文认为土地可持续利用是指通过土地资源的节约集约、合理利用, 土地利用各子系统相互协调, 促进社会、经济、生态可持续发展。

#### 3.2 土地可持续利用评价指标体系构建

构建评价指标体系是科学评价的关键。土地节约集约利用应成为土地可持续利用评价的重要内容, 土地可持续利用评价应考虑人口增加、经济发展对建设用地占用的弹性, 包括人口—建设用地弹性和经济—建设用地弹性。人口—建设用地弹性系数是在分析一定时期区域人口、建设用地的变化量、变化幅度相关关系的基础上, 判断区域人口变化与建设用地增加的协调程度, 而经济—建设用地弹性系数则是在分析区域地区生产总值、建设用地的变化量、变化幅度的基础上判断经济变化与建设用地增加的匹配程度, 二者在一定程度上反映了建设用地消耗与自身社会、经济的发展协调程度。因此在土地可持续利用内涵界定基础上, 参考有关土地可持续利用评价和土地节约集约利用评价等评价指标体系, 并考虑相关指标数据的可获取性, 结合龙口市特点, 引入建设用地弹性系数, 从社会发展、经济发展和生态环境 3 个方面, 选择城镇化水平等 6 个社会因子、地区生产总值等 7 个经济因子和林地覆盖率等 6 个生态因子, 构建土地可持续利用评价指标体系 (表 1)。

指标体系中, 城镇化水平、人口密度、人口用地弹性系数、教育财政支出比例等反映了社会发展状况。地区生产总值、固定资产投资、经济用地弹性系数、经济增长率、收入等反映了经济发展状况。林地覆盖率、城镇生活污水处理率、单位耕地化肥负荷等反映了生态环境状况。社会发展、经济发展和生态环境状况共同体现了区域土地资源的可持续利用水平。与 FAO 土地可持续利用的生产性、安全性、保护性、可行性和接受性相比, 社会发展指标主要体现了可行性、接受性, 经济发展指标体现了生产性, 生态环境体现了安全性和保护性。该研究创新提出的用地弹性指标, 也体现了土地可持续利用的保护性、接受性。

### 4 基于 PCA 的土地可持续利用评价

土地利用可持续包括社会发展可持续、经济发展可持续和生态环境可持续 3 方面。为了了解各因素可持续水平, 首先分社会发展、经济发展和生态环境 3 个因素, 分别评价 2004—2015 年龙口市土地利用可

持续水平。然后综合评价 2004—2015 年龙口市土地可持续利用水平。

### 4.1 指标标准化

通过数据收集与初步计算,得到 2004—2015 年各指标原始值。采用式 (1) 进行指标标准化,得到各指标标准化值 (表 2)。

表 1 龙口市土地可持续利用评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标计算方法	指标属性	
土地可 持续利用	社会发展	城镇化水平 (C <sub>1</sub> )	城镇人口/总人口	+	
		人口密度 (C <sub>2</sub> )	总人口/土地总面积	+	
		人口—建设用地的弹性系数 (C <sub>3</sub> )	$[(t \text{ 年总人口} - t-1 \text{ 年总人口}) / t-1 \text{ 年总人口}] / [(t \text{ 年城乡建设用地面积} - t-1 \text{ 年城乡建设用地面积}) / t-1 \text{ 年城乡建设用地面积}]$	+	
		人均社会消费品总额 (C <sub>4</sub> )	社会消费品零售总额/总人口	+	
		教育财政支出比例 (C <sub>5</sub> )	教育财政支出/财政总支出	+	
		就业人口比重 (C <sub>6</sub> )	就业人口/总人口	+	
		经济发展	固定资产投资 (C <sub>7</sub> )	—	+
			地区生产总值 (C <sub>8</sub> )	—	+
			经济—建设用地的弹性系数 (C <sub>9</sub> )	$[(t \text{ 年地区生产总值} - t-1 \text{ 年地区生产总值}) / t-1 \text{ 年地区生产总值}] / [(t \text{ 年建设用地面积} - t-1 \text{ 年建设用地面积}) / t-1 \text{ 年建设用地面积}]$	+
	经济增长率 (C <sub>10</sub> )		$(t \text{ 年地区生产总值} - t-1 \text{ 年地区生产总值}) / t-1 \text{ 年地区生产总值}$	+	
	财政总收入 (C <sub>11</sub> )		—	+	
	生态环境	农村居民人均纯收入 (C <sub>12</sub> )	—	+	
		城镇居民人均纯收入 (C <sub>13</sub> )	—	+	
		城镇生活污水处理率 (C <sub>14</sub> )	—	+	
		林地覆盖率 (C <sub>15</sub> )	林地面积/土地总面积	+	
		单位耕地化肥负荷 (C <sub>16</sub> )	化肥折纯量/耕地面积	-	
		单位耕地农药负荷 (C <sub>17</sub> )	农药使用量/耕地面积	-	
		单位耕地薄膜负荷 (C <sub>18</sub> )	农用塑料薄膜使用量/耕地面积	-	
		工业废气排放达标率 (C <sub>19</sub> )	—	+	

表 2 2004—2015 年龙口市指标标准化值

指标	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
C <sub>1</sub>	-2.55	-0.39	-0.36	-0.36	-0.48	-0.48	0.66	0.66	0.67	0.81	0.96	0.86
C <sub>2</sub>	-1.62	-0.26	0.64	1.65	1.32	0.94	-1.12	-0.74	-0.53	-0.56	0.34	-0.05
C <sub>3</sub>	0.11	2.61	1.41	-0.22	-0.87	-0.46	-0.44	-0.44	-0.41	-0.46	-0.23	-0.60
C <sub>4</sub>	-1.27	-1.09	-0.97	-0.80	-0.56	-0.31	0.01	0.31	0.63	0.99	1.33	1.73
C <sub>5</sub>	-1.27	-1.72	-1.45	-0.24	-0.13	0.11	0.33	0.41	0.99	0.97	1.00	1.00
C <sub>6</sub>	-1.33	-0.91	-0.87	-1.15	-0.70	-0.38	0.18	1.07	1.05	1.49	0.84	0.70
C <sub>7</sub>	-1.39	-1.16	-0.97	-0.88	-0.52	-0.12	0.36	0.41	0.41	0.87	1.28	1.70
C <sub>8</sub>	-1.48	-1.23	-0.96	-0.66	-0.47	-0.24	0.09	0.41	0.72	1.06	1.31	1.46
C <sub>9</sub>	1.06	1.87	1.30	-0.86	-0.79	-0.80	-0.94	-1.04	0.44	0.47	-0.50	-0.22
C <sub>10</sub>	1.04	1.75	1.40	0.10	-1.20	-0.21	-0.24	0.64	-0.52	-0.64	-0.99	-1.12
C <sub>11</sub>	-1.19	-1.05	-0.91	-0.73	-0.58	-0.44	-0.16	0.23	0.62	1.09	1.37	1.75
C <sub>12</sub>	-1.29	-1.13	-0.97	-0.77	-0.54	-0.36	-0.06	0.36	0.76	1.15	1.55	1.28
C <sub>13</sub>	-1.34	-1.15	-1.01	-0.79	-0.53	-0.29	-0.03	0.44	0.85	1.23	1.30	1.32
C <sub>14</sub>	-2.57	-0.53	-1.22	0.03	0.08	0.58	0.60	0.60	0.68	0.69	0.38	0.69
C <sub>15</sub>	-1.15	-0.92	-0.80	-0.87	-0.84	-0.89	0.01	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13
C <sub>16</sub>	0.63	0.29	-0.10	-0.98	-2.67	0.12	-0.18	0.41	0.36	0.39	1.32	0.41
C <sub>17</sub>	1.10	0.67	0.86	1.05	0.44	-0.07	-1.37	-0.08	-2.31	0.02	-0.28	-0.02
C <sub>18</sub>	0.58	0.13	0.39	-0.95	-0.08	-2.35	-0.77	0.31	0.29	0.26	0.48	1.73
C <sub>19</sub>	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	-0.65	-3.04	0.37	0.37	0.37	0.37

### 4.2 分因素评价

利用 SPSS20.0 进行主成分分析。对标准化数据分析计算,得到各因素的特征值、方差贡献率和累积方差贡献率,按照累积方差贡献率 ≥ 80%、特征值 > 1 的原则,提取主成分 (表 3)。

表3 分因素特征值与方差贡献率

社会发展	特征值	方差贡献率 (%)	累积方差贡献率 (%)	经济发展	特征值	方差贡献率 (%)	累积方差贡献率 (%)	生态环境	特征值	方差贡献率 (%)	累积方差贡献率 (%)
C <sub>1</sub>	3.894	64.896	64.896	C <sub>7</sub>	5.730	81.856	81.856	C <sub>14</sub>	2.530	42.169	42.169
C <sub>2</sub>	1.110	18.493	83.389	C <sub>8</sub>	0.970	13.857	95.713	C <sub>15</sub>	1.448	24.129	66.298
C <sub>3</sub>	0.789	13.158	96.546	C <sub>9</sub>	0.247	3.533	99.246	C <sub>16</sub>	0.895	14.923	81.221
C <sub>4</sub>	0.127	2.116	98.662	C <sub>10</sub>	0.035	0.497	99.743	C <sub>17</sub>	0.730	12.162	93.383
C <sub>5</sub>	0.061	1.019	99.681	C <sub>11</sub>	0.012	0.165	99.908	C <sub>18</sub>	0.358	5.973	99.356
C <sub>6</sub>	0.019	0.319	100.000	C <sub>12</sub>	0.005	0.068	99.976	C <sub>19</sub>	0.039	0.644	100.000
				C <sub>13</sub>	0.002	0.024	100.000				

由表3可知,社会发展因素前两项成分的累积方差贡献率为83.389%,超过80%,将其作为主成分因子;经济发展因素第一个成分的方差贡献率达到81.856%,将其作为主成分因子;生态环境因素前3项成分的累积方差贡献率为81.221%,但第3项成分特征值小于1,考虑到主成分需涵盖原始数据的绝大部分信息,所以将前3项作为主成分因子。

选取主成分后,计算各因素因子载荷矩阵(表4)。

表4 分因素因子载荷矩阵

社会发展	1	2	经济发展	1	生态环境	1	2	3
C <sub>1</sub>	0.848	0.04	C <sub>7</sub>	0.981	C <sub>14</sub>	0.734	-0.562	0.095
C <sub>2</sub>	-0.126	0.949	C <sub>8</sub>	0.992	C <sub>15</sub>	0.948	0.193	0.051
C <sub>3</sub>	-0.658	-0.348	C <sub>9</sub>	-0.501	C <sub>16</sub>	0.472	0.579	0.080
C <sub>4</sub>	0.950	-0.044	C <sub>10</sub>	-0.819	C <sub>17</sub>	-0.775	0.313	-0.290
C <sub>5</sub>	0.972	0.141	C <sub>11</sub>	0.970	C <sub>18</sub>	0.287	0.810	0.021
C <sub>6</sub>	0.937	-0.255	C <sub>12</sub>	0.979	C <sub>19</sub>	-0.434	0.079	0.891
			C <sub>13</sub>	0.980				

表4表明,社会发展因子中,城镇化水平C<sub>1</sub>、人口—建设用地弹性系数C<sub>3</sub>、人均社会消费品总额C<sub>4</sub>、教育财政支出比例C<sub>5</sub>和就业人口比重C<sub>6</sub>在主成分1中占较高的负荷,而人口密度的影响相对较弱,这表明城镇化水平、居民生活水平的提高对社会可持续发展的影响是突出的。经济发展因子中,固定资产投资C<sub>7</sub>、地区生产总值C<sub>8</sub>、经济增长率C<sub>10</sub>、财政总收入C<sub>11</sub>和农村居民人均纯收入C<sub>12</sub>、城镇居民人均纯收入C<sub>13</sub>有较高的负荷,而经济用地弹性系数的影响相对较小,这表明经济可持续发展对土地投入、产出水平的依赖较高。生态环境因子中,城镇生活污水处理率C<sub>14</sub>、林地覆盖率C<sub>15</sub>以及单位耕地农药负荷C<sub>17</sub>在主成分1中的作用较明显,单位耕地化肥负荷C<sub>16</sub>、单位耕地薄膜负荷C<sub>18</sub>在主成分2中有较高负荷,这表明环境污染的处理能力和环境资源的压力水平对生态环境资源持续发展有重要影响。

### 4.3 综合评价

与分因素评价原理相同,利用SPSS20.0软件进行处理,根据累积方差贡献率 $\geq 80\%$ 、特征值 $> 1$ 的原则提取出前4项主成分,其特征值、方差贡献率、累积方差贡献率以及因子载荷矩阵见表5。

### 4.3 可持续分值计算

根据各指标的特征向量和标准化数据,采用式(2)计算因素各主成分得分。然后根据因素主成分得分,以因素内各主成分的方差贡献率作为权重,采用式(3)计算因素综合得分。为更直观地反映龙口市评价时期内土地可持续利用状况,将因素综合得分采用式(4)进行百分制化,结果见图1。

## 5 结果分析

### 5.1 社会发展可持续水平

图1表明,2004—2015年龙口市土地社会可持续性水平逐年提高。土地社会可持续水平大致经历3个阶段:2004—2007年,社会发展可持续水平增长较快,2004年社会发展可持续水平相对最低,2007年达到

表 5 综合因素因子载荷矩阵

评价指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	评价指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
C <sub>1</sub>	0.857	-0.011	-0.066	0.420	C <sub>12</sub>	0.978	0.114	0.134	0.000
C <sub>2</sub>	-0.121	-0.715	0.432	0.336	C <sub>13</sub>	0.986	0.101	0.098	0.005
C <sub>3</sub>	-0.614	0.539	0.107	0.525	C <sub>14</sub>	0.801	-0.378	-0.143	0.393
C <sub>4</sub>	0.973	0.118	0.16	-0.028	C <sub>15</sub>	0.936	0.295	-0.073	-0.009
C <sub>5</sub>	0.960	-0.207	-0.016	-0.091	C <sub>16</sub>	0.316	0.749	-0.108	0.100
C <sub>6</sub>	0.930	0.212	-0.165	0.071	C <sub>17</sub>	-0.650	-0.018	0.298	-0.207
C <sub>7</sub>	0.975	0.055	0.078	-0.014	C <sub>18</sub>	0.273	0.649	0.333	-0.365
C <sub>8</sub>	0.991	0.037	0.105	0.014	C <sub>19</sub>	-0.210	-0.070	0.860	0.118
C <sub>9</sub>	-0.481	0.731	0.338	0.197	特征值	11.596	2.946	1.534	1.025
C <sub>10</sub>	-0.755	0.490	-0.309	0.225	方差贡献率/(%)	61.031	15.504	8.076	5.394
C <sub>11</sub>	0.957	0.153	0.219	-0.040	累积方差贡献率/(%)	61.031	76.536	84.611	90.005

46.57 分, 年增长率为 11.64%; 2007—2009 年, 社会发展可持续水平发展迟缓, 年均增长率为 3.83%, 2009 年达到 58.05 分; 2009 年以后进行快速增长阶段, 年增长率为 10.32%, 2015 年达到相对最高。

分析原始数据可知, 2004—2015 年龙口市人均社会消费品消费总额、教育财政支出比例、就业人口比重指标值整体上逐年增加, 2015 年龙口市人均社会消费水平达 5.571 6 万元, 教育财政支出比例 29.41%, 就业人口比重达 56.96%, 表明龙口市居民消费能力水平逐渐提高, 人口就业比率有所提高, 且政府大力支持教育事业的发展, 使得龙口市土地社会可持续利用水平不断提高。而人口用地弹性系数由 2007 年的 0.30, 下降到 2009 年 -0.01, 人口呈现下降的趋势, 2007—2009 年人口减少了 1 340 人, 人口变化速度明显低于城乡建设用地增长速度, 人口变化与城乡建设用地增长不协调, 从而造成 2007—2009 年土地社会发展可持续水平增长缓慢。另外, 随着城镇化进程的加快, 龙口市城市人口不断增长、农村人口不断减少, 但城镇、村庄用地面积却均逐年增加, 农村出现“一户多宅”、宅基地闲置等现象, 土地集约利用水平低, 导致了土地社会可持续发展受到了限制。

## 5.2 经济发展可持续水平

龙口市土地经济发展可持续水平整体呈上升趋势。2004、2005 年土地经济发展可持续水平相对较低, 分值分别为 0.24 分、0 分。2005—2008 年经济发展可持续水平快速增长, 由 0 分增长至 41.35 分, 年增长率达到 10.34%。2008—2009 年经济可持续发展平衡, 增长不明显。2009 年后又进入快速增长时期, 年增长率为 8.06%, 2015 年达到相对最高。

分析发现, 2004 年以来龙口市经济持续发展, 固定资产投资不断增加, 地区生产总值逐年提高, 2015 年龙口市固定资产投资总额与地区生产总值分别达到 594.785 1 亿元、1 041.306 7 亿元, 整体的经济发展带动了居民收入的提高和土地经济可持续利用水平提高。2008、2009 年受国际金融危机和国内市场影响, 龙口市固定资产投资、地区生产总值、财政总收入等均增长较小, 导致这 2 年土地经济可持续水平增长不明显。随着经济发展, 建设用地占用增加, 并且建设用地增长快于经济增长, 尤其 2004、2011 年经济用地弹性系数分别为 14.27、2.51, 建设用地的消耗与经济的产出不协调。2011 年后情况有所改善。

## 5.3 生态环境可持续水平

龙口市土地生态环境可持续水平总体呈上升趋势, 但期间有较大波动。2004 年生态发展可持续分值为 26.05 分, 2005 年有所增加, 达到 33.77 分, 2005—2008 年逐渐下降, 2008 年达到相对最低值。2009—

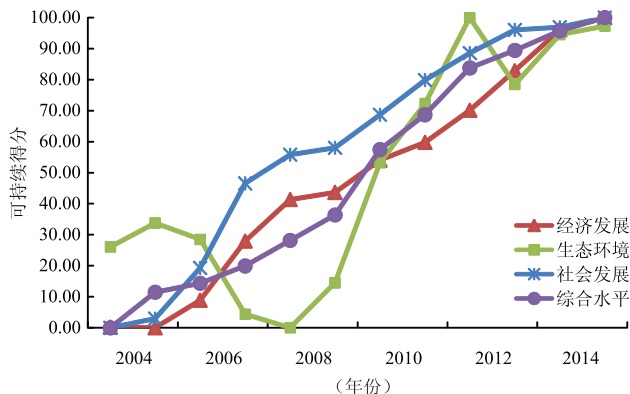


图 1 2004—2015 年龙口市土地可持续利用分值

2012年呈快速上升趋势,年增长率达20%,2012年达到相对最高值。2013年有所回落,2014年开始又逐渐上升,2015年土地生态环境可持续分值为97.23分。

2004—2015年,龙口市城镇生活污水处理率、林地覆盖率总体呈提高趋势,2015年分别达到100%、55.60%,工业废气排放达标率除2010、2011年为99.70%、99.00%,其余各年均达到100%,这为土地生态环境可持续利用提供了基本保障。但2006年,城镇生活污水处理率较2005年有较大下降,由87.89%下降为80.99%,2005—2008年影响生态环境的负向指标单位耕地化肥增加较快,2008年达到最大值2771.27kg/hm<sup>2</sup>,对生态环境带来较大影响,造成土地生态可持续利用水平降低。2013年土地生态可持续发展水平下降同样与单位耕地农药负荷有关系,可见其对生态环境的影响比较突出。

#### 5.4 综合可持续利用水平

龙口市土地综合可持续利用水平总体呈上升趋势,土地资源可持续利用状况不断改善。龙口市土地可持续利用水平大致分为两个阶段:第一阶段(2004—2009年),稳定发展阶段,由图1可知,2004—2009年土地可持续利用水平稳定增长,年均增长率为6.07%,2009年土地可持续利用水平达到36.40分;第二阶段(2009—2015年)快速上升阶段,其中2009—2012年综合得分由36.40上升到83.78,上升速度幅度较快,2012年后上升趋势有所减缓。

2004年以来,龙口市人们生活水平不断提高,经济发展成果显著,生态保护意识逐步提高,不断加强生态环境保护建设,从而提高了土地可持续利用整体水平。但龙口市还存在人口增长与城乡建设用地增长不协调、建设用地消耗与经济产出不协调、单位耕地农药化肥负担较高等问题。今后需在城乡建设用地增长、耕地农药化肥施用等加强管制,从而不断提高土地可持续利用水平,促进社会、经济与生态协调发展。

## 6 结论与建议

### 6.1 结论

(1) 该文以山东省龙口市为研究区,创新引入建设用地弹性系数,构建包括社会发展、经济发展和生态环境3个因素、19个因子的评价指标体系,基于主成分分析法(PCA),客观评价2004—2015年龙口市土地可持续利用状况与变化。

(2) 2004年以来龙口市土地利用可持续发展综合水平逐年提高,其中社会发展、经济发展可持续水平持续上升,生态环境可持续水平整体呈上升趋势但波动较大。到2015年,龙口市土地社会、经济可持续利用水平达到相对最高值,发展态势良好,生态环境可持续利用水平有待提高。

(3) 人口变化与城乡建设用地的增加不协调、经济增长与建设用地的消耗不协调以及耕地环境污染可能成为目前龙口市土地可持续利用的制约因素。

### 6.2 建议

(1) 强化“一户一宅”制度,加强农村宅基地登记管理,开展村庄用地整治及城乡建设用地增减挂钩,对闲置宅基地、闲置房屋进行整治,加大村庄建设用地的“减量”力度,提高村庄用地集约度。

(2) 继续加大单位面积土地的投入程度,提高土地的产出效率,适应经济发展新常态,转变经济发展方式,全面优化产业结构,加快经济的发展速度。

(3) 加强生态环境保护建设,倡导发展生态农业,合理进行化肥、农药、塑料薄膜的使用,提高化肥农药利用率,鼓励农民增施有机肥,减少对耕地资源的污染,进一步提高生态环境可持续性。

## 参考文献

- [1] 卢涛,周学武,王占岐,等.基于VW模型的土地可持续利用评价及时空特征分析——以安徽省市域为例.中国土地科学,2015,29(12):60-67,93.
- [2] 程铭,肖寒,荀文会.1999—2015年沈阳市建设用地规模扩张影响因素研究.中国农业资源与区划,2017,38(7):146-152.
- [3] 白易,张奇,石哲,等.基于改进PSR模型的恩平市土地可持续利用评价.水土保持通报,2009,29(4):209-214.

- [4] 刘庆, 陈利根. 长株潭地区土地可持续利用综合评价及空间分区. 农业工程学报, 2013, 29 (6): 245-253.
- [5] 张文斌, 徐海洋. 基于土地利用效益及其协调度的土地资源可持续利用评价——以玉门市为例. 中国农学通报, 2015, 31 (20): 109-112.
- [6] 赵艳, 濮励杰, 张健, 等. 基于三角模型的城市土地可持续利用评价——以江苏省无锡市为例. 经济地理, 2011 (5): 810-815, 838.
- [7] 许尔琪, 张红旗. 中国生态脆弱区土地可持续利用评价研究. 中国农业资源与区划, 2012, 33 (3): 1-6.
- [8] 汪洋, 代立, 周颖. 基于可持续性视角的城市土地利用模糊逻辑评价与诊断——以武汉市为例. 中国土地科学, 2016, 30 (4): 61-69.
- [9] 李佳, 雷国平, 崔明哲, 等. 基于三角模型的矿业城市土地利用可持续性评价. 水土保持研究, 2012, 19 (5): 196-201.
- [10] 赵旭, 叶剑平, 薛姝. 基于改进灰色关联分析法的湖南省城市土地可持续利用评价. 水土保持通报, 2013, 33 (3): 265-269, 324.
- [11] 刘艳中, 李江凤, 张祥, 等. 生态足迹模型在我国土地可持续利用评价中的应用及启示. 地理与地理信息科学, 2008 (1): 80-84.
- [12] 韩锦辉, 赵文晋, 杨天通, 等. 基于改进 TOPSIS 法的东北农牧交错区土地可持续利用评价及障碍因子诊断. 水土保持研究, 2018, 25 (3): 279-284.
- [13] 李丹, 韩书成, 张燕纯, 等. 基于主成分与聚类分析法的城市土地利用规划分区研究——以广州市为例. 中国农业资源与区划, 2017, 38 (6): 130-136.
- [14] 王鹏, 况福民, 邓育武, 等. 基于主成分分析的衡阳市土地生态安全评价. 经济地理, 2015, 35 (1): 168-172.
- [15] 王文博, 陈秀芝. 多指标综合评价中主成分分析和因子分析方法的比较. 统计与信息论坛, 2006 (5): 19-22.
- [16] 赵兴国, 潘玉君, 丁生, 等. 中国省域土地利用可持续性评价及时空格局特征. 农业工程学报, 2014 (3): 196-204.
- [17] 张秋琴, 周宝同, 莫燕, 等. 区域土地可持续利用景观生态评价研究. 中国生态农业学报, 2008 (3): 741-746.

## EVALUATION OF SUSTAINABLE LAND USE BASED ON PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS IN LONGKOU CITY\*

Su Chenchen, Zhou Ao, Pan Yucui, Wang Ailing\*

(College Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

**Abstract** Regional sustainable development depends on the status of sustainable use of land resources, and the elasticity of construction land is an important factor, which affects the sustainable utilization of land resources. Longkou city is the first county of economy in Shandong province, the sustainable use of land resources of Longkou city has implications for other county-level cities. Taking Longkou City as the research area. This paper constructed an evaluation index system for sustainable land use, which included 19 factors of three types of social development, economic development and ecological environment according to the elasticity coefficient of construction land in the study area. Then it objectively evaluated the status and changes of sustainable land use in Longkou city from 2004 to 2015 based on principal component analysis (PCA) by SPSS 20.0. The results showed that the level of sustainable land use of Longkou city increased yearly from 2004 to 2015 and reached the relative highest value in 2015, the sustainable utilization of land resources have improved significantly. Among them, the level of social development and economic development sustainable utilization raised constantly, and the level of ecological environment sustainable utilization presented rising trend on the whole but fluctuated greatly. The level of social and economic sustainable utilization is in good condition and the level of ecological sustainable utilization needs to be improved. The uncoordinated development between population and urban-rural construction land, the incoordination between construction land and the economic development and the environmental pollution of cultivated land could be the limiting factors for the sustainable land use of Longkou city. In order to achieve the coordinated development of society, economy and ecology, suggestions for the sustainable utilization of land resources were put forward, such as strengthen the management of rural homestead and carry out remediation of village land to improve the intensity of village land use, enhance the efficiency of land input-output and fully optimize the industrial structure to promote the speed of economic development, and accelerate the economic development, promote the development of eco-agriculture, increase the utilization rate of chemical fertilizers and pesticides and reduce the pollution of cultivated land to further improve the quality of the ecological environment.

**Keywords** principal component analysis; elasticity of construction land; sustainable land use; comprehensive evaluation; Longkou city