

吴佳保,潘洪义,淳 阳,等. 四川省土地利用多功能性评价及影响因素研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(12):258-265.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.12.062

四川省土地利用多功能性评价及影响因素研究

吴佳保^{1,2}, 潘洪义^{1,2}, 淳 阳^{1,2}, 蒋贵国^{1,2}

(1. 四川师范大学西南土地资源评价与监测教育部重点实验室, 四川成都 610066;

2. 四川师范大学地理与资源科学学院, 四川成都 610066)

摘要:土地利用多功能性评价对提升土地利用效率及可持续发展具有极强的现实意义,以社会、经济与生态三者协调发展为目标,构建人文-生产-生态三维指标体系,对 2004—2014 年四川省土地利用多功能性进行评价,在此基础上,运用 SAS 9.4 的主成分分析法探索影响四川省土地利用多功能性的相关因素。结果表明:2004—2014 年四川省土地利用总功能值总体呈现先下降后上升的趋势,功能值由 49.35 提升到 62.84;各功能间协调性逐步增强,生产功能增长最为明显,其次是人文功能,生态功能增长缓慢,其中,社会保障、农产品生产、工业产品生产、资源维持与供给及文化功能均有所提升;通过 SAS 的主成分分析法得出,影响四川省土地利用多功能性的主导因素分别是工农产业发展水平、收入水平、水资源条件和政策支持等。通过分析四川省土地利用多功能性的变化特征及其影响因素,为实现土地资源的永续利用提供参考依据。

关键词:土地利用;多功能性;影响因素;四川省;主成分分析法

中图分类号:F323.211 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)12-0258-08

土地资源与人类社会的发展息息相关,是社会进步、经济发展的基础保障。当前,土地的利用已不再是单纯的为人类发展提供食物,而是以满足日益增加的经济、文化、环境需求为目的。因此,土地利用功能性也实现由单一到多样的转化。2004 年启动的全球土地计划(GLP)支持的欧盟第六框架计划下的 SENSOR 项目提出了土地利用多功能这一概念^[1]。

土地利用多功能性指一个区域土地利用功能及其经济、社会和生态功能的状态和表现,是评价土地利用变化对其功能影响的重要概念和方法体系,通常以土地利用功能(land use functions, LUFs)表示,即不同的土地利用方式提供的产品与服务^[2-3]。20 世纪 70、80 年代,东欧的国家对景观生态-社会-经济研究中的土地功能进行了划分^[4],即生产、人文生态、美学和调整功能。20 世纪 90 年代后期,随着全球和欧洲农业政策的变化,这一概念逐渐被采纳并成为农业、林业、公共产品、就业等领域的重要研究内容^[5]。国外多功能的研究主要应用到土地利用的可持续性影响评估等研究领域,如 Helming 等介绍了 SENSOR 的分析方法,并描述了土地利用变化影响评估的框架^[6-7]。Reidsma 等运用 SENSOR 的方法体系评价太湖流域的当前形势并探讨了不同情景下土地利用政策对发展中国家可持续发展的影响及变化^[8]。可以看出,国内外的研究多从全国或省域尺度针对耕地多功能性的概念及理论框架^[9-10]、保护耕地多功能策略^[11-13]、土地多功能评价的理论体系^[14]、指标体系构建^[15]、评价方法^[16]、功能时空

格局变化^[17-19]、现状总结^[20-21]等方面展开研究,但对其影响因素的探讨却非常少见。而土地利用多功能性会伴随着区域社会、经济的发展呈现出显著的时空差异^[22],只有分析导致其功能变化的影响因子,才能针对性地为土地利用行为及政策调整提供科学依据。基于此,本研究以西部大开发战略的重点区域——四川省为例,建立评价指标体系,分析土地利用功能的变化特征,并运用 SAS 进行影响因素分析,为土地利用多功能评价提供方法基础,为未来四川省土地多功能利用提供科学依据。

土地利用是土地功能多样化的过程,不同的土地利用结构与其呈现的土地利用功能密不可分,土地利用结构决定了土地利用功能多样性,而土地利用多功能性又反过来影响土地利用结构(图 1)。住宅用地、商业用地、交通用地突显居住家园功能;医疗用地突显健康保障功能;科教文化用地突显文化功能;农用地和工业用地突显土地利用生产功能;生态用地和未利用地表明土地资源利用过程中的生态功能。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

四川省简称川或蜀,地理位置为 97°21′~108°31′E, 26°03′~34°19′N,位于我国西南腹地,地处长江上游。四川省境内地势西高东低,可分为四川盆地、川西北高原和川西南山地。2014 年四川省人口为 8 140.2 万人,占全国总人口的 5.99%。2004—2014 年四川省社会、经济和生态水平呈现快速发展趋势,3 次产业结构由 2004 年的 21.3:41.0:37.7 转变为 2014 年的 12.4:48.9:38.7,2014 年 GDP 是 2004 年的 4.47 倍,全省在环境方面有所改善,如森林覆盖率从 2004 年的 27.94% 提高到 2014 年的 35.76%。四川省地域辽阔,土地资源丰富,总面积 48.5 万 km²,占全国总面积的 5.1%,居全国第 5 位。从土地利用状况看,2014 年农用地面积比 2004

收稿日期:2016-12-27

基金项目:国家自然科学基金(编号:41371120);四川省教育厅项目(编号:16ZB0061)。

作者简介:吴佳保(1992—),女,四川成都人,硕士,主要从事土地利用与评价研究。E-mail:305177084@qq.com。

通信作者:潘洪义,博士,副教授,主要从事土地利用与评价研究。

E-mail:panhongyi80@163.com。

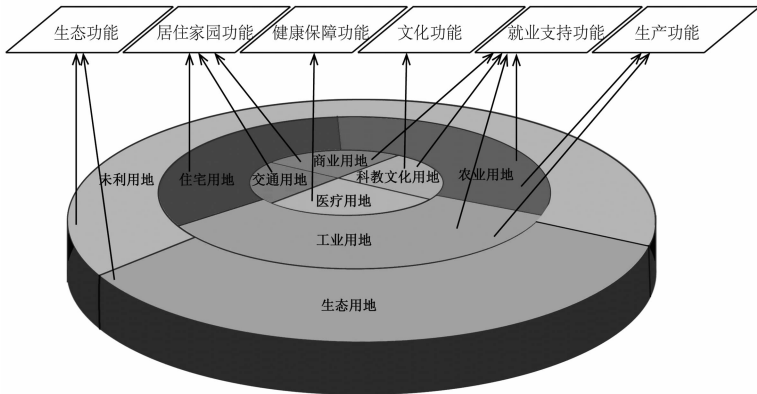


图1 土地利用与土地多功能性协调关系

年减少 20.21 万 hm^2 ，建设用地增加 21.46 万 hm^2 ，其中，居民点及工矿用地面积增加 18.82 万 hm^2 。研究期内，农用地减少，建设用地不断增加，土地利用方式的变化引起土地利用功能多样性的增强。

1.2 数据来源

本研究采用的经济社会数据来源于《中国统计年鉴》(2005—2015)、《国民经济与社会发展公报》、《四川省政府工作报告》、《四川统计年鉴》(2005—2015)，部分数据根据指标要求经换算而得。

2 研究方法

2.1 指标体系构建

本研究根据四川省土地利用状况的实际，依据综合性、地域性、科学性和适用性原则，从人文—生产—生态 3 个维度选

取 24 个具体指标构建四川省土地利用多功能性评价指标体系(表 1)。从就业支持、居住家园、社会保障、文化功能中选取了农业从业人员、城镇人均居住面积、农村人均住房面积、城乡收入平衡指数、万人拥有图书量等指标，表现出土地的多样化利用，满足人类的不同需求。人类对土地的多样化利用是经济发展需要，生产功能指土地作为劳动对象直接获取或以土地作为载体进行社会生产而产出产品和服务的功能，故分为农产品生产和工业产品生产等功能，其具体指标包括地均农业总产值、地均粮食产量、地均农业固定资产投资、工矿用地面积比例、地均工业固定资产投资等指标。生态功能是人文学功能和生产功能的基础，分为资源维持与供给、减轻污染物排放、景观保育功能，选取人均水资源、人均林地资源、单位耕地化肥施用量、森林覆盖率、自然保护区面积比例等指标，表征土地多样化利用中对生态保护的重视度。

表 1 四川省土地利用多功能性评价指标体系

| 决策层 | 目标层与权重 | 因素层 | 因素权重 | 指标层 | 指标权重 | 指标属性 |
|--------|-------------|-----------|-------|------------|-------|------|
| 土地利用功能 | 人文功能(0.415) | 就业支持功能 | 0.133 | 城镇登记失业率 | 0.487 | — |
| | | | | 农业从业人员 | 0.513 | +/- |
| | | | | 交通用地密度 | 0.225 | +/- |
| | | | | 城镇人均居住面积 | 0.615 | +/- |
| | | 居住家园功能 | 0.287 | 农村人均住房面积 | 0.160 | +/- |
| | | | | 万人拥有床位数 | 0.388 | + |
| | | | | 城乡收入平衡指数 | 0.428 | + |
| | | | | 城乡恩格尔系数之比 | 0.184 | +/- |
| | | 文化功能 | 0.189 | 万人拥有图书量 | 0.772 | + |
| | | | | 每万人高等学校在校生 | 0.228 | + |
| | 生产功能(0.296) | 农产品生产 | 0.497 | 人均禽畜产品占有量 | 0.286 | + |
| | | | | 地均农业总产值 | 0.317 | + |
| | | | | 地均粮食产量 | 0.139 | + |
| | | | | 地均农业固定资产投资 | 0.258 | + |
| | | 工业产品生产 | 0.503 | 工矿用地面积比例 | 0.328 | +/- |
| | | | | 地均工业总产值 | 0.316 | + |
| | | | | 地均工业固定资产投资 | 0.356 | + |
| | | | | 人均水资源 | 0.322 | + |
| | 生态功能(0.289) | 资源维持与供给功能 | 0.342 | 人均耕地资源 | 0.482 | + |
| | | | | 人均林地资源 | 0.196 | + |
| | | | | 生活垃圾处理率 | 0.187 | + |
| | | | | 单位耕地化肥施用量 | 0.813 | +/- |
| | | 减轻污染物排放功能 | 0.375 | 森林覆盖率 | 0.654 | + |
| | | | | 自然保护区面积比例 | 0.346 | + |
| | | 景观保育功能 | 0.283 | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

注：表中的“+”、“-”符号及其组合用于表达指标的属性，“+”表示正指标，“-”表示逆指标，“+/-”表示适度指标。

2.2 指标权重计算

权重反映各指标间的相互关系,本研究采用主客观相结合的方法,用较主观的特尔菲法确定因素层和目标层权重,用较客观的熵值法确定指标层权重。

2.2.1 标准化处理 为了使各项指标的数据具有可比性,本研究采用极差法对数据进行标准化处理。将评价指标分为 3 种类型:(1)正向指标(指标值越高效益越好);(2)逆向指标(指标值越低效益越好);(3)适度指标(越接近理想值越好)。具体公式如下:

正向指标:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}。$$

逆向指标:

$$X_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}。$$

适度指标:

$$1/(1 + |X_{ij} - X_{oj}|)$$

式中: X_{ij} 为指标的标准化值; $\max X_{ij}$ 和 $\min X_{ij}$ 分别为历年指标值的最大值和最小值; i 表示年份, $i = 2004, 2005, \cdots, 2014$; j 表示指标个数, $j = 24$; X_{oj} 为第 j 个指标的理想值(可持续阈值)。

2.2.2 计算第 i 年第 j 项指标的标准化值 P_{ij}

$$P_{ij} = X_{ij} / \sum_{i=1}^m X_{ij}。$$

2.2.3 计算第 j 项指标的熵值 e_j

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} (i = 1, 2, \cdots, m; j = 1, 2, \cdots, n)。$$

式中:调节系数 $k = 1/\ln m$, \ln 为自然对数, p_{ij} 为指标归一化值, 所得 $0 \leq e_j \leq 1$ 。

2.2.4 计算第 j 项指标的信息熵冗余度 g_j

$$g_j = 1 - e_j, j = 1, 2, \cdots, n。$$

2.2.5 计算第 j 项指标的权重

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{i=1}^m g_j}, j = 1, 2, \cdots, n。$$

2.3 确定阈值及数据标准化处理

阈值又称阈强度,是在土地利用可持续条件下能达到的理想值,本研究部分阈值的选取是根据已有研究成果而定,适度指标阈值在参照国际标准、全国平均水平等土地利用多功能阈值的基础上,根据四川省 11 年来所达到的平均水平和土地利用实际情况(表 2)确定。由于不同数据的量纲不同会对计算结果产生影响,所以本研究通过以下公式对数据进行标准化处理,阈值为 $[0, 100]$, 60 为临界分水岭^[23]。

正向指标:

$$R'_j = \begin{cases} 20 & R_j^{\text{act}} \leq R_j^{\text{low}} \\ 20 + 40 \times \frac{R_j^{\text{act}} - R_j^{\text{low}}}{R_j^{\text{thr}} - R_j^{\text{low}}} & R_j^{\text{low}} < R_j^{\text{act}} \leq R_j^{\text{thr}} \\ 60 + 40 \times \frac{R_j^{\text{act}} - R_j^{\text{thr}}}{R_j^{\text{upp}} - R_j^{\text{thr}}} & R_j^{\text{thr}} < R_j^{\text{act}} < R_j^{\text{upp}} \\ 100 & R_j^{\text{act}} \geq R_j^{\text{upp}} \end{cases} ;$$

逆向指标:

表 2 四川省土地利用多功能性评价指标阈值

| 指标 | 最不可持续 阈值上限 | 可持续 阈值临界 | 最可持续 阈值下限 |
|---|---------------|-------------|--------------|
| 城镇登记失业率 x_1 (%) | 6.00 | 4.00 | 2.00 |
| 农业从业人员 x_2 (万人) | | 2163.03 | |
| 交通用地密度 x_3 (km ²) | 0.01 | 0.20 | 0.30 |
| 城镇人均居住面积 x_4 (m ²) | | 29.72 | |
| 农村人均住房面积 x_5 (m ²) | 20.00 | 30.00 | 40.00 |
| 万人拥有床位数 x_6 (万人) | 10.00 | 50.00 | 100.00 |
| 城乡收入平衡指数 x_7 (%) | 20.00 | 50.00 | 80.00 |
| 城乡恩格尔系数之比 x_8 (%) | | 1.22 | |
| 万人拥有图书量 x_9 (万人/册) | 500.00 | 3 000.00 | 20 000.00 |
| 每万人高等学校在校生 x_{10} (万人) | 50.00 | 400.00 | 1 000.00 |
| 人均禽畜产品占有量 x_{11} (t/人) | 0.03 | 0.15 | 0.30 |
| 地均农业总产值 x_{12} (万元/km ²) | 15.00 | 45.00 | 150.00 |
| 地均粮食产量 x_{13} (t/km ²) | 20.00 | 60.00 | 100.00 |
| 地均农业投入 x_{14} (万元/km ²) | 15.00 | 30.00 | 45.00 |
| 工矿用地面积比例 x_{15} (%) | | 2.82 | |
| 地均工业总产值 x_{16} (万元/km ²) | 30.00 | 150.00 | 300.00 |
| 地均工业固定资产投资 x_{17} (万元/km ²) | 10.00 | 30.00 | 60.00 |
| 人均水资源 x_{18} (m ³ /人) | 500.00 | 3 000.00 | 10 000.00 |
| 人均耕地资源 x_{19} (hm ² /人) | 0.03 | 0.10 | 0.20 |
| 人均林地资源 x_{20} (hm ² /人) | 0.10 | 0.30 | 0.80 |
| 生活垃圾处理率 x_{21} (%) | 50.00 | 80.00 | 100.00 |
| 单位耕地化肥施用量 x_{22} (t/hm ²) | | 607.45 | |
| 森林覆盖率 x_{23} (%) | 10.00 | 35.00 | 50.00 |
| 自然保护区面积比例 x_{24} (%) | 5.00 | 10.00 | 20.00 |

$$R'_j = \begin{cases} 20 & R_j^{\text{act}} \geq R_j^{\text{low}} \\ 20 + 40 \times \frac{R_j^{\text{low}} - R_j^{\text{act}}}{R_j^{\text{low}} - R_j^{\text{thr}}} & R_j^{\text{low}} > R_j^{\text{act}} \geq R_j^{\text{thr}} \\ 60 + 40 \times \frac{R_j^{\text{thr}} - R_j^{\text{act}}}{R_j^{\text{thr}} - R_j^{\text{upp}}} & R_j^{\text{thr}} > R_j^{\text{act}} > R_j^{\text{upp}} \\ 100 & R_j^{\text{act}} \leq R_j^{\text{upp}} \end{cases} ;$$

适度指标:

$$R'_j = \frac{R_j^{\text{act}} - R_j^{\text{thr}}}{R_j^{\text{max}} - R_j^{\text{min}}}。$$

式中: R'_j 表示第 j 项指标的标准化值; R_j^{act} 为各指标的实际值; R_j^{low} 、 R_j^{thr} 、 R_j^{upp} 分别表示各指标的最不可持续阈值上限、可持续临界阈值、最可持续阈值下限。 R_j^{max} 、 R_j^{min} 分别表示各指标实际值中的最大值和最小值。

2.4 区域土地利用多功能性计算

土地利用功能值(f)反映土地利用的功能水平, f 越大, 表示该功能水平越高; 反之, 则表示该功能水平越低。根据标准化指标及各层权重, 逐层依次确定子功能值(f')、单项功能值(f'')及总功能值(f^0)。

$$f' = \sum w_i R'_j; f'' = \sum w_i f'; f^0 = \sum w_n f''。$$

式中: f^0 、 f' 、 f'' 分别表示总功能值、单项功能值和子功能值; w_i 、 w_j 、 w_n 分别表示指标权重、因素层权重和目标层单项功能权重; R'_j 表示标准化值。

土地利用功能值变化通过增长量(β)、增长率(ν)和倍系数(γ)进行表示。增长量和增长率表征土地利用功能的绝

对或相对变化程度,再根据其数值的大小将土地利用功能变化情况划分为快速退化、缓慢退化、维持不变、缓慢提高、快速提高 5 个类型。倍比系数反映土地利用功能的相对变化程度。具体公式为

$$\beta = f_{(i+1)} - f_{(i)}; \nu = f_{(i+1)} - f_{(i)} / f_{(i)}; \gamma = f_{(i+1)} / f_{(i)}$$

式中: $f_{(i+1)}$ 、 $f_{(i)}$ 分别表示 $t+1$ 年、 t 年土地利用功能值; t 表示时间 2004—2014 年。

2.5 基于 SAS 的影响因素分析

SAS (statistical analysis system) 是一个模块化、集成化的应用软件系,功能强大,操作灵活,运用 SAS 编程语言,实现自动化分析,在国际上被誉为数据统计分析的标准软件。本研究通过 SAS 做影响因素分析,主要利用其主成分分析 (PRINCOMP) 模块完成主成分分析,它是一种降维技术的多元统计方法,借助一个正交变换,将其相关的原始变量转化成相互间不相关的随机主成分^[24]。主要是将多数变量指标之间的问题转化为少数变量指标间的问题,少数的新指标之间互不相关,是原来多个指标的一个组合,还能综合反映原来多个指标的信息^[25]。

3 结果与分析

3.1 土地利用功能值总体分析

通过计算得出四川省 2004—2014 年土地利用功能值 (图 2), 并运用增长量、增长率、倍比系数表征土地利用功能变化情况 (图 3)。2004—2014 年四川省土地利用多功能值呈“V”形增长, 2004—2007 年处于缓慢下降阶段, 由 2004 年的 49.35 缓慢下降到 2007 年的 47.26, 下降率为 4.24%; 2008—2014 年处于快速上升期, 功能值由 49.45 上升至 62.84, 增长率达到 27.08%。表明随着社会经济、科学技术的发展及生态环境的改善, 四川省土地利用多样性不断提升。从功能值增长量来看, 2005—2006 年最低, 为 -1.35, 2008—2009 年最高, 为 3.31, 研究期内年均增长量为 1.35; 从增长率来看, 2004—2007 年呈负增长, 2008—2014 年呈现波动式增长, 2008—2009 年增长率达到最大值 6.69%, 研究期内年均增长率为 2.49%; 从倍比系数来看, 2007 年之前年均倍比系数值为 0.99, 2007 年之后倍比系数值均大于 1.00, 年均值为 1.02。2007 年是“十一五”规划第 2 年, 政府提出加快发展、科学发展、又快又好发展的政策, 加快产业结构优化及经济增长方式转变, 土地利用活跃度增强, 功能值变化速率提高。

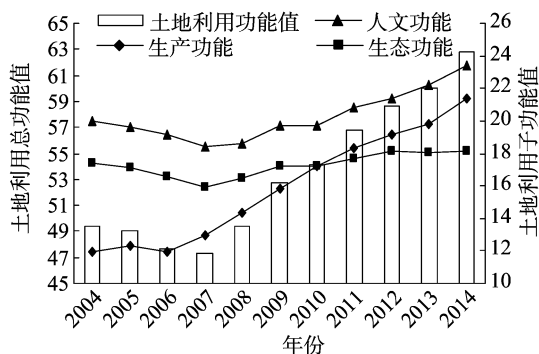


图2 四川省土地利用功能值

3.2 各项土地利用功能分析

3.2.1 人文功能 2004—2007 年人文功能值不断下降,

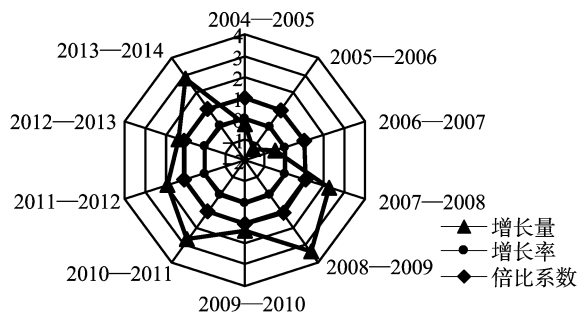


图3 土地利用功能值增长量、增长率、倍比系数

2008—2014 年呈阶梯式增长。人文功能包含就业支持功能、居住家园功能、社会保障功能和文化功能。20 世纪末期, 由于国家宏观政策的调整和四川省城镇化进程的加快, 2004—2014 年城镇登记失业率先上升后下降, 2011 年达到最低值 4.10%, 但农业从业人员不断下降, 城市居民收入不断上升, 就业支持功能逐渐增强。同时, 政府致力于新农村建设, 城市和农村居民人均住房面积均呈线性增长, 居住家园功能显著增强。社会经济的高速发展, 强有力地拉动了农村经济的发展, 城乡收入平衡指数逐步上升, 城乡恩格尔系数之比趋于适度值, 社会保障功能得到明显提升。四川省大力实施科教兴川和人才强省战略, 政府不断加大教育投资, 教育事业健康发展, 每万人高等学校在校生人数增长了 2.07 倍, 文化功能也实现了快速增长。

3.2.2 生产功能 2004—2006 年生产功能值呈现波动趋势, 2007—2012 年急速上升, 2013 年增长速度略微下降但随后呈上升状态, 2014 年比 2004 年增长了 1.79 倍。由此可见, 四川省经济功能值增长明显。四川省在西部大开发战略背景下, 由于自身区位优势和国家政策的大力扶持, 产业结构不断优化, 经济发展突飞猛进, 农产品生产功能在研究期内年均增长幅度为 3.25%, 工业产品生产功能的年均增长幅度达到 11.51%, 表明四川省在发展的过程中不断加大了对农业和工业生产的投入, 使得地均农业固定资产投资、地均工业固定资产投资、地均农业总产值和地均工业总产值均呈现逐年上升的趋势, 为全省经济的快速稳定发展提供了强有力的保障。

3.2.3 生态功能 2004—2007 年生态功能值一直下降, 2007 年达到最低值 15.88, 之后表现出较为平稳的缓慢增长态势。其中, 资源维持与供给功能值年均增长率为 0.39%, 人均耕地资源呈先上升后下降趋势, 人均林地资源略有下降, 景观保育功能的年均增长率为 0.18%, 增长缓慢。这是因为 2008 年的汶川地震对生态环境造成了严重的破坏, 虽然政府加大了灾后生态重建的力度, 采取了退牧还草、水土流失治理、城乡绿化等一批重点生态工程, 但恢复过程非常缓慢。减轻污染物排放功能表现出较小幅度的逆增长, 这是由于经济的快速发展对生态环境产生了严重的破坏, 单位耕地化肥施用量逐年增加, 重金属污染严重, 使得土地利用的环境承载力降低。

3.3 土地利用多功能性影响因素分析

利用 SAS 的 PRINCOMP 过程对土地利用多功能性做主成分分析, 得到表 3 所示的标准化数据。求解主成分从相关

矩阵出发,计算出相关系数矩阵(表 4)。按 R 的特征方程算得非负特征值,再求出其相应的特征向量;从 SAS 输出的特征值和特征向量分别见表 5、表 6。由表 5 可知,前 4 个主成分的累计贡献率达到 93.83% >85%,原指标体系中 93.83% 的信息得以保留,达到了预期的效果,将 4 个主成分分别用 z_1, z_2, z_3, z_4 来表示。因此,决定第一主成分大小的主要是地均农业总产值(x_{12})、地均粮食产量(x_{13})、地均工业固定资产投资(x_{17})、生活垃圾处理率(x_{21})、单位耕地化肥施用量(x_{22})、森林覆盖率(x_{23})、每万人高等学校在校生(x_{10})等指标,体现了工农业的发展水平及减轻污染物排放对土地利用多功能性具有重要的影响作用,实际上第一主成分中各个变量间的载荷相差均不大,表明土地利用功能多样性程度受资源基础、经济发展、政策支持等因素的综合影响;决定第二主成分大小的主要指标是城乡收入平衡指数(x_7)、人均禽畜产品占有量(x_{11}),说明随着城镇化进程加剧,城乡收入的差距逐渐缩小,人均禽畜产品占有量不断提升,耕地利用效率提高,促进了土地利用多功能性的增强;第三主成分中人均水资源(x_{18})载荷较大,无论是在生产环节还是在生态环境功能保护方面都能对土地利用多功能性产生重要影响;决定第四主成分大小的是工矿用地比例(x_{15})、城镇失业登记率(x_1),说明随着工矿用地面积比例的增加,经济的快速发展能有效地带动就业率的增加,研究期内,四川省政府不断出台促进就业、鼓励创业的相关政策,在政府主导下,优化城乡用地结构,

表 3 简单统计量

| 指标 | 均值 | 标准差 |
|----------|-------------|-----------|
| x_1 | 4.296 4 | 0.195 0 |
| x_2 | 2 163.030 0 | 179.342 0 |
| x_3 | 0.0028 | 0.000 1 |
| x_4 | 29.716 4 | 5.832 1 |
| x_5 | 36.090 9 | 3.152 9 |
| x_6 | 36.246 4 | 12.011 7 |
| x_7 | 33.868 2 | 2.195 9 |
| x_8 | 1.220 0 | 0.113 7 |
| x_9 | 3 165.390 0 | 655.922 0 |
| x_{10} | 126.273 0 | 26.687 4 |
| x_{11} | 0.112 0 | 0.014 3 |
| x_{12} | 39.711 8 | 16.074 3 |
| x_{13} | 64.240 9 | 4.959 3 |
| x_{14} | 7.287 3 | 5.013 5 |
| x_{15} | 2.820 9 | 0.095 1 |
| x_{16} | 137.815 0 | 77.600 8 |
| x_{17} | 0.008 6 | 0.004 6 |
| x_{18} | 3 106.270 0 | 272.837 0 |
| x_{19} | 0.048 8 | 0.000 8 |
| x_{20} | 0.282 5 | 0.004 5 |
| x_{21} | 76.454 5 | 17.952 8 |
| x_{22} | 607.455 0 | 28.758 9 |
| x_{23} | 32.739 1 | 2.918 7 |
| x_{24} | 17.711 8 | 0.983 9 |

表 4 相关系数矩阵

| 指标 | 相关系数 | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 | x_8 | x_9 | x_{10} | x_{11} | x_{12} |
| x_1 | 1.000 0 | 0.800 4 | -0.544 0 | -0.738 8 | -0.578 2 | -0.789 5 | -0.469 4 | 0.602 9 | -0.826 9 | -0.766 5 | 0.244 7 | -0.802 6 |
| x_2 | 0.800 4 | 1.000 0 | -0.800 0 | -0.942 1 | -0.827 4 | -0.940 1 | -0.629 3 | 0.821 2 | -0.931 7 | -0.989 8 | 0.416 4 | -0.968 7 |
| x_3 | -0.543 6 | -0.800 3 | 1.000 0 | 0.813 2 | 0.752 9 | 0.607 5 | 0.202 8 | -0.809 0 | 0.640 2 | 0.817 5 | -0.646 0 | 0.688 1 |
| x_4 | -0.738 8 | -0.942 1 | 0.813 2 | 1.000 0 | 0.750 3 | 0.910 5 | 0.680 3 | -0.799 0 | 0.826 9 | 0.948 1 | -0.392 0 | 0.928 7 |
| x_5 | -0.578 2 | -0.827 4 | 0.752 9 | 0.750 3 | 1.000 0 | 0.726 9 | 0.570 0 | -0.653 9 | 0.771 2 | 0.826 2 | -0.316 0 | 0.756 2 |
| x_6 | -0.789 5 | -0.940 1 | 0.607 5 | 0.910 5 | 0.726 9 | 1.000 0 | 0.805 7 | -0.683 6 | 0.936 1 | 0.947 3 | -0.140 0 | 0.988 2 |
| x_7 | -0.469 4 | -0.629 3 | 0.202 8 | 0.680 3 | 0.570 0 | 0.805 7 | 1.000 0 | -0.304 8 | 0.645 8 | 0.639 4 | 0.240 0 | 0.737 5 |
| x_8 | 0.602 9 | 0.821 2 | -0.809 0 | -0.799 0 | -0.653 9 | -0.683 6 | -0.304 8 | 1.000 0 | -0.710 6 | -0.796 5 | 0.528 5 | -0.749 4 |
| x_9 | -0.826 9 | -0.931 7 | 0.640 2 | 0.826 9 | 0.771 2 | 0.936 1 | 0.645 8 | -0.710 6 | 1.000 0 | 0.926 4 | -0.205 0 | 0.962 3 |
| x_{10} | -0.766 5 | -0.989 8 | 0.817 5 | 0.948 1 | 0.826 2 | 0.947 0 | 0.639 0 | -0.796 5 | 0.926 4 | 1.000 0 | -0.383 0 | 0.970 8 |
| x_{11} | 0.244 7 | 0.416 4 | -0.646 0 | -0.391 9 | -0.316 1 | -0.140 0 | 0.240 0 | 0.528 5 | -0.205 3 | -0.382 5 | 1.000 0 | -0.217 9 |
| x_{12} | -0.802 6 | -0.968 7 | 0.6881 | 0.928 7 | 0.756 2 | 0.988 2 | 0.737 5 | -0.749 4 | 0.962 3 | 0.970 8 | -0.218 0 | 1.000 0 |
| x_{13} | -0.779 8 | -0.981 5 | 0.872 2 | 0.950 8 | 0.782 2 | 0.892 8 | 0.527 4 | -0.882 5 | 0.893 9 | 0.975 7 | -0.477 0 | 0.940 4 |
| x_{14} | -0.706 6 | -0.904 9 | 0.699 4 | 0.907 1 | 0.680 5 | 0.891 9 | 0.643 4 | -0.795 5 | 0.760 1 | 0.900 9 | -0.310 0 | 0.881 4 |
| x_{15} | -0.409 1 | -0.705 8 | 0.489 0 | 0.759 1 | 0.773 3 | 0.705 8 | 0.823 9 | -0.507 7 | 0.553 1 | 0.690 0 | -0.186 0 | 0.674 0 |
| x_{16} | -0.818 3 | -0.964 5 | 0.671 4 | 0.920 1 | 0.766 8 | 0.990 5 | 0.752 2 | -0.712 2 | 0.963 6 | 0.969 7 | -0.209 0 | 0.995 8 |
| x_{17} | -0.851 6 | -0.970 8 | 0.702 3 | 0.918 1 | 0.752 6 | 0.976 3 | 0.683 4 | -0.783 9 | 0.957 1 | 0.967 8 | -0.232 0 | 0.989 6 |
| x_{18} | 0.123 5 | -0.099 0 | 0.085 5 | -0.025 6 | 0.309 6 | 0.163 8 | 0.138 3 | 0.073 3 | 0.179 1 | 0.162 7 | 0.351 7 | 0.140 5 |
| x_{19} | -0.674 6 | -0.801 8 | 0.646 6 | 0.645 7 | 0.679 4 | 0.709 1 | 0.333 4 | -0.761 7 | 0.887 1 | 0.771 3 | -0.285 0 | 0.794 2 |
| x_{20} | -0.952 5 | -0.855 8 | 0.543 2 | 0.764 0 | 0.583 7 | 0.852 8 | 0.532 2 | -0.665 7 | 0.882 3 | 0.817 6 | -0.176 0 | 0.874 0 |
| x_{21} | -0.751 6 | -0.969 0 | 0.892 4 | 0.945 0 | 0.770 5 | 0.865 3 | 0.493 6 | -0.888 4 | 0.858 3 | 0.962 9 | -0.496 0 | 0.917 2 |
| x_{22} | -0.720 6 | -0.943 2 | 0.932 6 | 0.896 0 | 0.808 0 | 0.798 1 | 0.382 7 | -0.905 5 | 0.842 9 | 0.938 5 | -0.597 0 | 0.863 7 |
| x_{23} | -0.865 9 | -0.960 8 | 0.804 3 | 0.885 3 | 0.806 8 | 0.886 5 | 0.510 9 | -0.843 9 | 0.903 9 | 0.951 2 | -0.391 0 | 0.917 9 |
| x_{24} | -0.477 7 | -0.643 1 | 0.723 2 | 0.474 7 | 0.492 2 | 0.427 3 | -0.106 6 | -0.611 6 | 0.565 9 | 0.639 9 | -0.735 0 | 0.509 4 |

| 指标 | 相关系数 | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | x_{13} | x_{14} | x_{15} | x_{16} | x_{17} | x_{18} | x_{19} | x_{20} | x_{21} | x_{22} | x_{23} | x_{24} |
| x_1 | -0.779 8 | -0.706 6 | -0.409 1 | -0.818 3 | -0.851 6 | 0.123 5 | -0.674 6 | -0.952 5 | -0.751 6 | -0.720 6 | -0.865 9 | -0.477 7 |
| x_2 | -0.981 5 | -0.904 9 | -0.705 8 | -0.964 5 | -0.970 8 | -0.099 0 | -0.801 8 | -0.855 8 | -0.969 0 | -0.943 2 | -0.960 8 | -0.643 1 |
| x_3 | 0.872 2 | 0.699 4 | 0.489 0 | 0.671 4 | 0.702 3 | 0.085 5 | 0.646 6 | 0.543 2 | 0.892 4 | 0.932 6 | 0.804 3 | 0.723 2 |

续表 4

| 指标 | 相关系数 | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | x_{13} | x_{14} | x_{15} | x_{16} | x_{17} | x_{18} | x_{19} | x_{20} | x_{21} | x_{22} | x_{23} | x_{24} |
| x_4 | 0.950 8 | 0.907 1 | 0.759 1 | 0.920 1 | 0.918 1 | -0.025 6 | 0.645 7 | 0.764 0 | 0.945 0 | 0.89 6 | 0.885 3 | 0.474 7 |
| x_5 | 0.782 2 | 0.680 5 | 0.773 3 | 0.766 8 | 0.752 6 | 0.309 6 | 0.679 4 | 0.583 7 | 0.770 5 | 0.808 0 | 0.806 8 | 0.492 2 |
| x_6 | 0.892 8 | 0.891 9 | 0.705 8 | 0.990 5 | 0.976 3 | 0.163 8 | 0.709 1 | 0.852 8 | 0.865 3 | 0.798 1 | 0.886 5 | 0.427 3 |
| x_7 | 0.527 4 | 0.643 4 | 0.823 9 | 0.752 2 | 0.683 4 | 0.138 3 | 0.333 4 | 0.532 2 | 0.493 6 | 0.382 7 | 0.510 9 | -0.106 6 |
| x_8 | -0.882 5 | -0.795 5 | -0.507 7 | -0.712 2 | -0.783 9 | 0.073 3 | -0.761 7 | -0.665 7 | -0.888 4 | -0.905 5 | -0.843 9 | -0.611 6 |
| x_9 | 0.893 9 | 0.760 1 | 0.553 1 | 0.963 6 | 0.957 01 | 0.179 1 | 0.887 1 | 0.882 3 | 0.858 3 | 0.842 9 | 0.903 9 | 0.565 9 |
| x_{10} | 0.975 7 | 0.900 9 | 0.690 0 | 0.969 7 | 0.967 8 | 0.162 7 | 0.771 3 | 0.817 6 | 0.962 9 | 0.938 5 | 0.951 2 | 0.639 9 |
| x_{11} | -0.477 2 | -0.310 3 | -0.185 7 | -0.208 9 | -0.231 5 | 0.351 7 | -0.284 5 | -0.176 1 | -0.496 0 | -0.596 5 | -0.391 2 | -0.735 0 |
| x_{12} | 0.940 4 | 0.881 4 | 0.674 0 | 0.995 8 | 0.989 6 | 0.140 5 | 0.794 2 | 0.874 0 | 0.917 2 | 0.863 7 | 0.917 9 | 0.509 4 |
| x_{13} | 1.000 0 | 0.891 4 | 0.632 2 | 0.926 9 | 0.949 3 | 0.039 8 | 0.812 3 | 0.834 7 | 0.996 4 | 0.976 9 | 0.958 1 | 0.679 6 |
| x_{14} | 0.891 4 | 1.000 0 | 0.731 6 | 0.869 5 | 0.904 7 | 0.123 8 | 0.562 3 | 0.770 1 | 0.893 8 | 0.823 6 | 0.889 7 | 0.466 5 |
| x_{15} | 0.632 2 | 0.731 6 | 1.000 0 | 0.680 2 | 0.638 1 | 0.055 3 | 0.324 6 | 0.442 7 | 0.627 7 | 0.570 8 | 0.593 7 | 0.102 0 |
| x_{16} | 0.926 9 | 0.869 5 | 0.680 2 | 1.000 0 | 0.9864 | 0.135 6 | 0.770 9 | 0.876 7 | 0.900 9 | 0.849 6 | 0.918 9 | 0.513 2 |
| x_{17} | 0.949 3 | 0.904 7 | 0.638 1 | 0.986 4 | 1.000 0 | 0.128 3 | 0.799 7 | 0.914 2 | 0.929 2 | 0.879 4 | 0.957 0 | 0.544 5 |
| x_{18} | 0.039 8 | 0.123 8 | 0.055 3 | 0.135 6 | 0.128 3 | 1.000 0 | 0.137 7 | -0.049 2 | 0.036 4 | 0.049 6 | 0.09 6 | 0.035 0 |
| x_{19} | 0.812 3 | 0.562 3 | 0.324 6 | 0.770 9 | 0.799 7 | 0.137 7 | 1.000 0 | 0.778 0 | 0.791 7 | 0.814 7 | 0.794 9 | 0.644 9 |
| x_{20} | 0.834 7 | 0.770 1 | 0.442 7 | 0.876 7 | 0.914 2 | -0.049 2 | 0.77 8 | 1.000 0 | 0.814 7 | 0.751 5 | 0.893 3 | 0.512 2 |
| x_{21} | 0.996 4 | 0.893 8 | 0.627 7 | 0.900 9 | 0.929 2 | 0.036 4 | 0.791 7 | 0.814 7 | 1.000 0 | 0.976 8 | 0.948 2 | 0.688 0 |
| x_{22} | 0.976 9 | 0.823 6 | 0.570 8 | 0.849 6 | 0.879 4 | 0.049 6 | 0.814 7 | 0.751 5 | 0.976 8 | 1.000 0 | 0.937 9 | 0.764 6 |
| x_{23} | 0.958 1 | 0.889 7 | 0.593 7 | 0.918 9 | 0.957 0 | 0.096 0 | 0.794 9 | 0.893 3 | 0.948 2 | 0.937 9 | 1.000 0 | 0.677 7 |
| x_{24} | 0.679 6 | 0.466 5 | 0.102 0 | 0.513 2 | 0.544 5 | 0.035 0 | 0.644 9 | 0.512 2 | 0.688 0 | 0.764 6 | 0.677 7 | 1.000 0 |

表 5 相关系数矩阵的特征值

| 主成分 | 特征值 | 差分 | 比例 | 累计贡献率 |
|-----|------------|------------|---------|---------|
| 1 | 17.604 385 | 15.135 119 | 0.733 5 | 0.733 5 |
| 2 | 2.469 266 | 1.231 731 | 0.102 9 | 0.836 4 |
| 3 | 1.237 536 | 0.030 638 | 0.051 6 | 0.888 0 |
| 4 | 1.206 897 | 0.776 564 | 0.050 3 | 0.938 3 |
| 5 | 0.430 333 | 0.036 451 | 0.017 9 | 0.956 2 |
| 6 | 0.393 882 | 0.089 772 | 0.016 4 | 0.972 6 |
| 7 | 0.304 110 | 0.103 388 | 0.012 7 | 0.985 3 |
| 8 | 0.200 722 | 0.112 112 | 0.008 4 | 0.993 6 |
| 9 | 0.088 610 | 0.024 351 | 0.003 7 | 0.997 3 |
| 10 | 0.064 260 | 0.064 259 | 0.002 7 | 1.000 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 1.000 0 |
| 24 | 0 | | 0 | 1.000 0 |

统筹城乡用地,增强土地利用多功能性。

4 结论与讨论

4.1 结论

通过对 2004—2014 年四川省土地利用多功能性进行评

价。结果表明,研究期内四川省土地利用总功能值总体呈增长趋势,年均增长率为 2.48%,2007 年增长速度明显加快,表明随着西部大开发的实施和西南腹地区域社会经济不断转型,土地利用方式多样化促进区域土地利用多功能性增强。2014 年土地利用功能值达 62.84,超过临界值,但依然处于较低水平,随着社会经济的快速发展,用地增长,土地供给约束加大,四川省人多地少,人地关系紧张,土地利用与管理问题突出。今后,应从土地管理制度着手,通过政府合理的规划与引导,因地制宜地对土地利用结构进行调整,加强城乡用地统筹,促进土地利用多样性程度不断增加。

四川省土地利用各子功能特征差异明显,生产功能增长最快,其次是人文功能,生态功能呈缓慢的波动增长。总的来说,人文功能值高于生产功能值,生态功能值最低。说明近年来,四川省的经济虽取得了较好的发展,但是对土壤污染的治理力度及生态环境的保护力度还亟须加强,以循环经济和清洁生产为经济发展的落脚点,实现经济发展与环境保护的协调统一。在土地开发利用过程中,避免粗放式盲目开发,引导合理开发行为,促进土地资源多样化,提高土地利用功能协调性。

利用 SAS 的主成分分析,四川省土地利用多功能性影响因素依次是工农产业发展水平、收入水平、水资源条件和政策支持。其中地均农业总产值、地均粮食产量、地均工业固定资产投资、森林覆盖率、城乡收入平衡指数、工矿用地比例、城镇失业登记率等指标有较高影响,表明 2004—2014 年农产品生产功能、工业产品生产功能、就业支持功能、居住家园功能、资源维持与供给功能对四川省土地利用多功能性影响较大。

4.2 讨论

四川省作为西南地区的经济腹地,是国家实施西部大开发战略的重点区域,区域土地利用多功能性程度对社会经济

表 6 相关系数矩阵的特征向量

| 指标 | z_1 | z_2 | z_3 | z_4 | z_5 | z_6 | z_7 | z_8 | z_9 | z_{10} | z_{11} | z_{12} |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| x_1 | -0.195 0 | -0.021 8 | 0.185 2 | 0.370 9 | 0.024 2 | -0.285 0 | 0.501 4 | -0.084 2 | 0.311 0 | 0.100 5 | 0.073 0 | -0.013 9 |
| x_2 | -0.237 0 | -0.002 5 | 0.000 6 | -0.026 1 | 0.020 9 | -0.077 0 | -0.076 0 | 0.068 4 | 0.034 0 | -0.157 0 | 0.043 0 | 0.947 9 |
| x_3 | 0.193 9 | -0.260 1 | 0.115 7 | 0.239 3 | 0.088 0 | -0.104 0 | -0.209 0 | 0.559 2 | 0.126 7 | 0.073 5 | 0.026 0 | -0.006 4 |
| x_4 | 0.225 7 | 0.036 1 | -0.161 0 | 0.155 2 | 0.147 9 | -0.056 0 | 0.049 4 | 0.360 6 | -0.099 5 | 0.015 4 | -0.040 0 | 0.039 1 |
| x_5 | 0.196 7 | 0.043 2 | 0.216 0 | 0.276 7 | -0.505 0 | 0.095 9 | -0.391 4 | -0.033 2 | 0.120 9 | -0.215 0 | 0.030 0 | 0.005 8 |
| x_6 | 0.223 8 | 0.191 0 | -0.026 0 | -0.053 4 | 0.102 6 | 0.087 0 | 0.213 8 | 0.005 4 | -0.108 1 | -0.158 0 | -0.110 0 | 0.059 3 |
| x_7 | 0.147 0 | 0.463 5 | -0.163 0 | 0.151 5 | -0.135 0 | 0.056 8 | 0.244 9 | 0.008 7 | 0.061 0 | -0.099 0 | -0.07 0 | 0.053 1 |
| x_8 | -0.201 0 | 0.186 9 | 0.053 4 | -0.069 7 | -0.110 2 | 0.616 1 | 0.081 5 | 0.368 3 | 0.095 9 | 0.358 7 | 0.079 0 | 0.033 2 |
| x_9 | 0.223 2 | 0.086 6 | 0.101 8 | -0.206 3 | -0.233 0 | 0.018 2 | 0.174 0 | 0.028 7 | -0.227 1 | -0.213 0 | -0.080 0 | 0.045 7 |
| x_{10} | 0.235 7 | 0.017 5 | 0.052 5 | 0.052 8 | 0.058 1 | 0.100 5 | 0.135 0 | 0.105 0 | 0.058 6 | -0.117 0 | -0.070 0 | 0.052 5 |
| x_{11} | -0.094 0 | 0.510 9 | 0.170 2 | -0.252 8 | 0.097 0 | -0.319 0 | -0.167 6 | 0.158 8 | 0.5731 4 | -0.101 0 | -0.080 0 | -0.115 8 |
| x_{12} | 0.231 3 | 0.120 8 | 0.000 1 | -0.070 9 | 0.029 3 | -0.010 0 | 0.213 7 | 0.084 6 | -0.077 3 | 0.014 9 | -0.080 0 | 0.074 8 |
| x_{13} | 0.235 4 | -0.075 0 | -0.015 0 | 0.021 8 | 0.074 2 | -0.089 0 | 0.051 9 | 0.109 4 | 0.038 0 | 0.141 0 | -0.040 0 | 0.070 7 |
| x_{14} | 0.215 5 | 0.072 2 | -0.080 0 | 0.133 2 | 0.502 5 | 0.007 3 | -0.095 3 | -0.374 8 | -0.003 7 | 0.100 7 | -0.100 0 | 0.087 8 |
| x_{15} | 0.162 7 | 0.234 1 | -0.185 0 | 0.500 6 | -0.243 0 | 0.076 1 | -0.109 5 | -0.277 7 | 0.089 0 | 0.302 2 | 0.046 0 | 0.122 6 |
| x_{16} | 0.230 0 | 0.132 4 | -0.007 0 | -0.076 8 | -0.007 0 | 0.102 2 | 0.190 0 | 0.101 6 | 0.020 7 | -0.124 0 | -0.090 0 | 0.055 1 |
| x_{17} | 0.233 2 | 0.090 7 | -0.001 0 | -0.117 4 | 0.101 0 | -0.010 0 | 0.034 9 | -0.028 9 | 0.014 6 | -0.082 0 | 0.951 0 | 0.000 0 |
| x_{18} | 0.021 7 | 0.214 2 | 0.812 4 | 0.117 4 | 0.252 1 | 0.111 6 | -0.085 6 | -0.081 0 | -0.301 2 | 0.135 0 | -0.020 0 | 0.046 3 |
| x_{19} | 0.194 0 | -0.087 1 | 0.211 2 | -0.284 5 | -0.438 0 | -0.406 0 | 0.159 8 | -0.089 5 | -0.093 3 | 0.355 6 | -0.010 0 | 0.099 1 |
| x_{20} | 0.207 0 | 0.055 6 | -0.118 0 | -0.388 2 | 0.026 6 | 0.088 7 | -0.241 0 | -0.132 3 | 0.137 8 | 0.452 0 | -0.060 0 | 0.110 9 |
| x_{21} | 0.232 4 | -0.096 8 | -0.013 0 | 0.051 9 | 0.126 9 | -0.113 0 | 0.020 2 | 0.112 7 | 0.166 2 | 0.302 8 | -0.030 0 | 0.086 3 |
| x_{22} | 0.226 7 | -0.178 6 | 0.053 4 | 0.074 0 | -0.017 0 | -0.096 0 | -0.025 1 | 0.098 0 | -0.032 2 | -0.093 0 | -0.030 0 | 0.029 1 |
| x_{23} | 0.232 1 | -0.042 9 | 0.028 6 | -0.078 3 | 0.071 0 | 0.058 1 | -0.274 7 | -0.139 8 | 0.189 4 | -0.277 0 | -0.090 0 | -0.001 4 |
| x_{24} | 0.150 6 | -0.409 8 | 0.210 3 | -0.103 7 | -0.016 0 | 0.390 8 | 0.283 7 | -0.223 2 | 0.504 5 | -0.105 0 | -0.040 0 | 0.071 2 |
| 指标 | z_{13} | z_{14} | z_{15} | z_{16} | z_{17} | z_{18} | z_{19} | z_{20} | z_{21} | z_{22} | z_{23} | z_{24} |
| x_1 | 0.028 5 | 0.018 1 | 0.016 8 | 0.003 6 | -0.034 0 | 0.107 6 | 0.223 5 | 0.075 1 | 0.035 6 | 0.266 1 | 0.044 3 | 0.439 8 |
| x_2 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_3 | 0.158 0 | -0.196 3 | 0.115 3 | 0.028 1 | 0.026 9 | 0.305 2 | -0.051 0 | 0.051 1 | -0.495 0 | 0.010 9 | -0.065 8 | -0.037 1 |
| x_4 | 0.124 8 | -0.105 6 | 0.123 7 | 0.147 3 | 0.157 1 | 0.210 1 | 0.025 0 | -0.223 4 | 0.737 2 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_5 | -0.054 0 | -0.091 9 | 0.033 5 | -0.090 1 | -0.021 3 | -0.103 4 | -0.239 0 | 0.099 4 | 0.180 6 | -0.030 7 | 0.304 7 | 0.361 9 |
| x_6 | 0.033 7 | -0.024 0 | 0.132 6 | 0.180 6 | 0.239 1 | 0.032 5 | -0.064 0 | 0.824 5 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_7 | -0.001 0 | 0.047 8 | 0.100 0 | 0.153 2 | 0.223 8 | -0.003 4 | 0.022 8 | -0.329 9 | -0.309 0 | -0.520 9 | -0.110 5 | 0.194 8 |
| x_8 | -0.031 0 | 0.155 1 | 0.006 8 | 0.005 9 | 0.052 3 | 0.001 9 | 0.226 4 | 0.028 8 | -0.015 0 | 0.094 4 | 0.383 7 | -0.038 9 |
| x_9 | 0.001 6 | -0.061 1 | 0.094 8 | 0.161 5 | 0.216 1 | -0.060 6 | -0.052 0 | -0.310 7 | -0.196 0 | 0.686 3 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_{10} | 0.064 9 | -0.076 2 | -0.927 9 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_{11} | -0.022 8 | 0.091 3 | -0.014 7 | -0.015 3 | 0.034 9 | 0.025 8 | -0.157 0 | 0.000 0 | 0.078 4 | 0.114 4 | 0.032 5 | -0.242 3 |
| x_{12} | 0.080 2 | -0.044 2 | 0.111 4 | -0.913 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_{13} | -0.939 1 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_{14} | 0.068 7 | 0.000 1 | 0.039 4 | 0.041 5 | 0.008 4 | 0.151 5 | -0.156 0 | -0.144 2 | -0.148 0 | 0.071 3 | 0.626 0 | 0.000 0 |
| x_{15} | 0.027 8 | 0.034 4 | -0.020 4 | -0.025 2 | -0.054 8 | 0.096 0 | 0.046 4 | 0.071 9 | 0.005 5 | 0.245 9 | -0.281 3 | -0.448 5 |
| x_{16} | 0.048 1 | -0.039 7 | 0.139 6 | 0.166 5 | -0.887 9 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_{17} | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_{18} | -0.014 1 | 0.004 2 | 0.035 2 | 0.040 2 | -0.004 7 | -0.015 8 | 0.026 8 | -0.071 9 | 0.064 1 | -0.100 8 | -0.234 4 | -0.013 2 |
| x_{19} | 0.105 4 | -0.069 1 | -0.046 1 | 0.108 9 | 0.017 7 | 0.178 1 | 0.149 2 | 0.036 7 | 0.025 4 | -0.252 6 | 0.306 4 | -0.223 3 |
| x_{20} | 0.090 0 | 0.051 3 | -0.048 6 | 0.031 3 | -0.005 9 | 0.211 1 | -0.074 0 | 0.027 4 | 0.017 5 | 0.106 3 | -0.325 8 | 0.532 0 |
| x_{21} | 0.162 5 | -0.080 4 | 0.068 3 | 0.089 7 | 0.054 6 | -0.845 9 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_{22} | 0.078 2 | 0.933 3 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_{23} | -0.001 8 | -0.069 4 | 0.069 5 | -0.017 2 | 0.054 8 | -0.004 3 | 0.836 8 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| x_{24} | 0.027 9 | -0.046 9 | 0.151 8 | 0.021 0 | 0.131 8 | 0.103 9 | -0.227 0 | -0.113 2 | 0.103 4 | -0.114 2 | -0.120 3 | -0.204 7 |

和生态环境发展有重要影响。本研究通过对 2004—2014 年四川省土地利用多功能性评价及影响因素的分析,揭示了其演变过程及影响因素,为区域经济进一步发展,促进土地利用和管理方式提供了科学依据。但本研究仅着眼于省域尺度的

时间分析,缺乏对空间的差异变化分析,今后,应挖掘时空变化影响,进一步动态比较分析;完善评价手段,形成不同尺度下的评价指标体系;此外,应加强人工神经网络等相关数学模型的应用,使评价结果更加科学化、精准化。

参考文献:

- [1] Pérez-Soba M, Petit S, Jones L, et al. Land use functions—A multifunctionality approach to assess the impact of land use changes on land use sustainability [M]//Helming K, Pérez-Soba, Tabbush P. Sustainability impact assessment of land use changes. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008: 375-404.
- [2] 甄霖, 魏云洁, 谢高地, 等. 中国土地利用多功能性动态的区域分析[J]. 生态学报, 2010, 30(24): 6749-6761.
- [3] 谢小蓉. 国内外农业多功能性研究文献综述[J]. 广东农业科学, 2011, 38(21): 209-213.
- [4] 甄霖, 曹淑艳, 魏云洁, 等. 土地空间多功能利用: 理论框架及实证研究[J]. 资源科学, 2009, 31(4): 544-551.
- [5] Helming K, Tscherning K, König B, et al. Ex ante impact assessment of land use changes in European regions — The SENSOR approach [M]//Helming K, Pérez-Soba, Tabbush P. Sustainability impact assessment of land use changes. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008: 77-105.
- [6] Helming K, Diehl K, Bach H, et al. Ex ante impact assessment of policies affecting land use, part A: analytical framework [J]. Ecology & Society, 2011, 16(1): 634-637.
- [7] Haase G, Richter H. Current trends in landscape research [J]. Geojournal, 1983, 7(2): 107-119.
- [8] Reidsma P, König H, Feng S, et al. Methods and tools for integrated assessment of land use policies on sustainable development in developing countries [J]. Land Use Policy, 2011, 28(3): 604-617.
- [9] 乌东峰, 张世兵, 曾栋梁. 基于模糊综合评价的现代多功能农业研究[J]. 经济地理, 2009, 29(12): 2075-2079.
- [10] 彭建, 刘志聪, 刘焱序. 农业多功能性评价研究进展[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(6): 1-8.
- [11] 姜广辉, 张凤荣, 孔祥斌, 等. 耕地多功能的层次性及其多功能保护[J]. 中国土地科学, 2011(8): 42-47.
- [12] 孙平军, 丁四保, 修春亮, 等. 东北地区“人口-经济-空间”城市化协调性研究[J]. 地理科学, 2012, 32(4): 450-457.
- [13] 孙新章. 新中国 60 年来农业多功能性演变的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(1): 71-75.
- [14] 秦明周. 全球变化催生的新学科——土地变化科学[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2012, 42(5): 584-587.
- [15] 刘沛, 段建南, 王伟, 等. 土地利用系统功能分类与评价体系研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2010, 36(1): 113-118.
- [16] 张晓平, 朱道林, 许祖学. 西藏土地利用多功能性评价[J]. 农业工程学报, 2014, 30(6): 185-194.
- [17] 梁小英, 顾整鸣, 雷敏, 等. 土地功能与土地利用表征土地系统和景观格局的差异研究——以陕西省蓝田县为例[J]. 自然资源学报, 2014, 29(7): 1127-1135.
- [18] 李德一, 张树文, 吕学军, 等. 基于栅格的土地利用功能变化监测方法[J]. 自然资源学报, 2011(8): 1297-1305.
- [19] 杜国明, 孙晓兵, 王介勇. 东北地区土地利用多功能性演化的时空格局[J]. 地理科学进展, 2016, 35(2): 232-244.
- [20] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. 自然资源学报, 1997(2): 105-111.
- [21] 陈秋珍, Sumelius J. 国内外农业多功能性研究文献综述[J]. 中国农村观察, 2007(3): 71-79.
- [22] 刘彦随, 刘玉, 陈玉福. 中国地域多功能性评价及其决策机制[J]. 地理学报, 2011, 66(10): 1379-1389.
- [23] 潘洪义, 景伟力, 范婷, 等. 规划引导与耕地质量约束下农用地整理时序研究[J]. 中国土地科学, 2015(8): 81-88.
- [24] 余兰. 基于主成分分析及时间序列预测的我国就业问题研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2012.
- [25] 余锦华, 杨维权. 多元统计分析与应用[M]. 广州: 中山大学出版社, 2005.
- (上接第 257 页)
- 北京: 中国地质大学, 2015.
- [6] 刘效东, 乔玉娜, 周国逸. 土壤有机质对土壤水分保持及其有效性的控制作用[J]. 植物生态学报, 2011, 35(12): 1209-1218.
- [7] 王若水, 康跃虎, 万书勤, 等. 水分调控对盐碱地土壤盐分与养分含量及分布的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(14): 96-104.
- [8] Singh K, Singh B, Singh R R. Effect of land rehabilitation on physicochemical and microbial properties of a sodic soil [J]. Catena, 2013, 109: 49-57.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 179-183.
- [10] 姚荣江, 杨劲松, 刘广明, 等. 黄河三角洲地区典型地块土壤盐分空间变异特征研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 61-66.
- [11] 曹志洪, 周建民. 中国土壤质量[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 66-67.
- [12] 沈浩, 吉力力·阿不都外力. 玛纳斯河流域农田土壤水盐空间分布特征及影响因素[J]. 应用生态学报, 2015, 26(3): 769-776.
- [13] 徐莉, 李艳红, 海米提·依米提, 等. 艾比湖湿地不同植物群落下土壤水盐空间变异性[J]. 水土保持通报, 2013, 33(6): 279-284.
- [14] 王合玲, 张辉国, 秦璐, 等. 新疆艾比湖流域土壤有机质的空间分布特征及其影响因素[J]. 生态学报, 2012, 32(16): 4969-4980.
- [15] 赵明松, 张甘霖, 李德成, 等. 苏中平原南部土壤有机质空间变异特征研究[J]. 地理科学, 2013, 33(1): 83-89.
- [16] 史文娟, 沈冰, 汪志荣, 等. 蒸发条件下浅层地下水埋深夹砂层土壤水盐运移特性研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 23-26.
- [17] 单秀枝, 魏由庆, 严慧峻, 等. 土壤有机质含量对土壤水动力学参数的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 1-9.
- [18] Adams W A. The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated podzolic soils [J]. Journal of Soil Science, 1973, 24(1): 10-17.
- [19] 宋莎, 李廷轩, 王永东, 等. 县域农田土壤有机质空间变异及其影响因素分析[J]. 土壤, 2011, 43(1): 44-49.
- [20] 赵明松, 张甘霖, 李德成, 等. 江苏省土壤有机质变异及其主要影响因素[J]. 生态学报, 2013, 33(16): 5058-5066.
- [21] 牛灵安, 郝晋珉, 覃莉, 等. 盐渍土改造区土壤养分的时空变异性研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(1): 84-90.
- [22] Bargali S S, Singh S P, Singh R P. Patterns of weight loss and nutrient release from decomposing leaf litter in an age series of eucalypt plantations [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1993, 25(12): 1731-1738.
- [23] 谢承陶, 李志杰, 章友生, 等. 有机质与土壤盐分的相关作用及其原理[J]. 土壤肥料, 1993(1): 19-22.