

# 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

韩锦辉, 赵文晋, 杨天通, 王斯勃

(吉林大学 环境与资源学院, 长春 130012)

**摘要:** 为了解东北农牧交错区土地可持续利用水平及主要障碍因子, 从经济可行性、资源环境可持续性和社会可接受性 3 个方面, 选取 21 个指标构建了土地可持续利用评价指标体系, 应用基于组合权重法和灰色关联分析法改进的 TOPSIS 法和障碍度模型对 2005—2014 年白城市土地可持续利用水平进行了评价和分析。结果表明: (1) 2005—2014 年白城市土地可持续利用总体水平不断提高, 综合贴近度由 0.335 5 增加到 0.632 0, 可持续利用水平由“较低水平”上升为“较高水平”。(2) 从长远分析, 经济可行性障碍度总体呈下降态势, 资源环境可持续性障碍度和社会可接受性障碍度总体呈上升态势。(3) 影响白城市土地可持续利用的主要障碍因子包括人口自然增长率、建成区绿化覆盖率、草原覆盖率、第三产业产值占 GDP 比例等。为了促进白城市土地可持续利用水平不断提高, 需要在控制人口增速的基础上, 进一步调整经济结构, 加强土地利用管理, 有效控制草原退化速度。

**关键词:** 农牧交错区; 土地可持续利用; 改进 TOPSIS 法; 障碍度模型

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)03-0279-06

## Evaluation of Sustainable Land Use and Diagnosis of Obstacle Factors in Agro-Pastoral Zone of Northeast China Based on Improved TOPSIS Method

HAN Jinhui, ZHAO Wenjin, YANG Tiantong, WANG Sibao

(College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130012, China)

**Abstract:** In order to know the level of sustainable land use and main obstacle factors of agro-pastoral zone of northeast China, the evaluation index system was constructed from economic possibility, sustainability of resources environment and social acceptability including 21 indicators. The level of sustainable land use in Baicheng was evaluated and analyzed from 2005 to 2014 with improved TOPSIS method based on combination weight method and grey relational analysis. The results showed that the level of sustainable land use in Baicheng had been gradually improved from 2005 to 2014 with the comprehensive close degree increasing from 0.335 5 to 0.6320. The level of sustainable land use had risen from lower level to higher level. In the long run, the obstacle degree of economic possibility reduced. And the obstacle degree of sustainability of resources environment and social acceptability increased. The natural population growth rate, green coverage rate of developed areas, grassland coverage, and the ratio of third industry output values to GDP were verified to be the key obstacles for further improvement of sustainable land use in Baicheng. The sustainable land use was continuously improved by controlling population growth, further adjusting the economic structure, strengthening land use management, effectively controlling grassland degradation and so on.

**Keywords:** agro-pastoral zone; sustainable land use; improved TOPSIS method; obstacle degree model

土地资源的可持续利用是社会经济可持续发展的根本保证, 也是可持续发展战略最基本的内容之一<sup>[1]</sup>。然而, 近年来工业化和城镇化速度加快, 使得

大量土地资源遭到污染和破坏, 水土流失加剧, 严重制约土地资源的可持续利用和人类社会的可持续发展<sup>[2]</sup>。东北农牧交错区是典型的生态环境脆弱

区<sup>[3-4]</sup>,在长期的垦种农作、超载放牧之下,土地荒漠化、盐碱化、水土流失等生态环境问题严重<sup>[5]</sup>。因此,对东北农牧交错区土地进行可持续利用研究具有重要意义。

20世纪90年代,随着土地可持续发展概念的提出,诸多学者对土地可持续利用方面进行了研究但目前仍处于探索阶段。在评价指标的构建上,多从“生态、经济、社会”3个方面、“生产性、安全性、保护性、经济性、社会性”5个方面或选用PSR、DPSIR模型构建指标体系<sup>[6-8]</sup>。而在评价方法上,多采用综合指数法、三角模型、灰色关联法、生态足迹法、BP神经网络模型和模糊综合评价法等<sup>[9-12]</sup>。在评价尺度上,多集中于短期静态到长期动态的时间尺度,以及从地方到区域的空间尺度<sup>[10-13]</sup>。

由于土地可持续利用是一个多目标的复合系统,具有系统的复杂性,且不同经济阶段土地可持续利用的最佳特质具有动态性,也就是说最佳的土地可持续利用形态是在当时的社会经济发展水平和资源配置下,最接近土地可持续利用的最优状态,同时远离最差状态<sup>[14]</sup>。而基于多目标决策分析的TOPSIS法能较好的适用于土地可持续利用评价中。因此,本文采用改进后的TOPSIS法,以东北农牧交错区城市白城市为例,对其2005—2014年土地可持续水平进行研究,并对不同时期土地可持续利用障碍因子进行诊断,以期对农牧交错区农业和畜牧业的稳定发展和区域土地管理提供参考。

## 1 研究区概况及数据来源

### 1.1 区域概况

白城市位于吉林省西北部,科尔沁草原东部,嫩江平原西部,地处东经121°38′—124°22′,北纬44°13′57″—46°18′,是东北典型的农牧交错地区。气候属温带大陆性季风气候,全年“光照充足,降水变率大,旱多涝少”。年降雨量约469 mm,年平均气温6.4℃左右,平均日照时间2 840 h,降水期主要集中在6—7月。

白城市辖洮北区、洮南市、大安市、镇赉县、通榆县5个县(市、区),2014年,市域面积25 745 km<sup>2</sup>,占吉林省面积的7.29%,居全省第三位,其中耕地面积118.05万hm<sup>2</sup>,林地面积32.44万hm<sup>2</sup>,草地面积31.82万hm<sup>2</sup>。总人口为197.7万人,其中农业人口118.8万人,占总人口的60.09%。作为我国重要的大型商品粮基地,2014年白城市粮食总产量410.35万t,其中玉米产量255.40万t,同比增长1.5%,水稻产量87.20万t,同比增长1.6%。此外,畜牧业经济保持平稳增长,其中肉类总产量10.80万t,禽蛋产

量5.00万t,牛奶产量15.50万t,同比增长分别为3.80%,12.00%,2.00%。

### 1.2 数据来源

指标原始数据来源于《吉林省统计年鉴(2006—2015年)》、《白城年鉴(2006—2015年)》、《吉林年鉴(2006—2015年)》和《2005—2014年白城市国民经济和社会发展统计公报》。

## 2 研究方法

### 2.1 指标体系的建立

为全面描述东北农牧交错区土地可持续利用水平,根据科学性、完整性和易操作性原则,结合白城市土地资源利用实际情况和相关指标体系的研究<sup>[10,13,15]</sup>,从经济可行性、资源环境可持续性和社会可接受性3个方面对白城市土地可持续利用水平进行评价。评价的指标体系包括目标层、准则层和指标层3个层次,共21个指标(表1)。经济可行性从土地经济效益、土地投入产出水平和土地经济结构的有效合理性方面,选取经济密度、人均GDP、单位面积工业产值、单位面积固定资产投资、单位面积财政收入、单位面积农业产值、单位面积畜牧业产值、第三产业产值占GDP比例指标来衡量;资源环境可持续性主要围绕降低土地污染和优化资源环境状态方面,选取林地面积占比、耕地面积占比、森林覆盖率、草原覆盖率、建成区绿化覆盖率、单位面积粮食产量、工业废水排放达标率、工业固废综合利用率指标来衡量;社会可接受性反映土地用地水平、人口数量和人民生活水平状况等,选取人口密度、人口自然增长率、人均住房建筑面积、城市化水平、城乡收入比来衡量。

### 2.2 改进TOPSIS法

TOPSIS法是系统工程中用于多目标决策的一种方法,目前广泛用于区域经济发展、网络舆情、土地管理等多个研究领域<sup>[16-17]</sup>。但传统的TOPSIS法存在一定的缺陷:一是指标权重的确定过于主观或者客观;二是需要较全面的样本数据,且欧式距离的计算存在一定的刚性<sup>[18]</sup>。针对这些不足笔者采用AHP和熵权法相结合的组合权重法与灰色关联分析法对传统的TOPSIS法进行改进,组合权重法可以避免单纯的主观赋权或客观赋权带来的偏差,灰色关联分析法可以解决数据较少和欧式距离的刚性问题。通过对传统TOPSIS法的改进,可以使评价结果更准确更可靠。

#### 2.2.1 组合权重的计算

(1) AHP主观权重计算。利用AHP法按照9分位比例两两做比构造判断矩阵,同时对其一致性进行检

验,计算出各指标的主观权重值  $W_{1j}=(W_{11},W_{12},\cdots,W_{1n})$ 。其方法和计算过程可参照相关文献<sup>[19]</sup>。

(2) 熵权法客观权重的计算。由于各指标的数  
据间存在量纲不统一的问题,会使得各指标缺乏可比  
性,因此,需要根据公式(1)将原始数据进行标准化处

理,得到标准化矩阵  $X=(X_{ij})_{m\times n}$ 。

$$\begin{cases} X_{ij}=\frac{X_j-X_{\min}}{X_{\max}-X_{\min}} & \text{正向指标} \\ X_{ij}=\frac{X_{\max}-X_j}{X_{\max}-X_{\min}} & \text{负项指标} \end{cases} \quad (1)$$

表 1 白城市土地可持续利用评价指标体系

目标层 A	准则层 B	指标层 X	属性	客观权重	主观权重	组合权重
土地可持续利用	经济可行性 $B_1$	经济密度(万元/hm <sup>2</sup> ) $X_1$	+	0.0494	0.0370	0.0436
		人均 GDP(元/人) $X_2$	+	0.0509	0.0370	0.0443
		单位面积工业产值(万元/hm <sup>2</sup> ) $X_3$	+	0.0618	0.0432	0.0527
		单位面积固定资产投资(万元/hm <sup>2</sup> ) $X_4$	+	0.0386	0.0327	0.0363
		单位面积财政收入(万元/hm <sup>2</sup> ) $X_5$	+	0.0583	0.0417	0.0503
		单位面积农业产值(万元/hm <sup>2</sup> ) $X_6$	+	0.0552	0.0417	0.0489
		单位面积畜牧业产值(万元/hm <sup>2</sup> ) $X_7$	+	0.0442	0.0370	0.0413
		第三产业产值占 GDP 比例(%) $X_8$	+	0.0378	0.0327	0.0359
	资源环境可持续性 $B_2$	林地面积占比(%) $X_9$	+	0.0406	0.0687	0.0538
		耕地面积占比(%) $X_{10}$	+	0.0699	0.0799	0.0763
		森林覆盖率(%) $X_{11}$	+	0.0439	0.0695	0.0564
		草原覆盖率(%) $X_{12}$	+	0.0209	0.0695	0.0389
		建成区绿化覆盖率(%) $X_{13}$	+	0.0320	0.0695	0.0481
		单位面积粮食产量(kg/hm <sup>2</sup> ) $X_{14}$	+	0.0340	0.0363	0.0359
		工业废水排放达标率(%) $X_{15}$	+	0.0362	0.0332	0.0354
		工业固废综合利用率(%) $X_{16}$	+	0.0331	0.0332	0.0338
	社会可接受性 $B_3$	人口密度(人/hm <sup>2</sup> ) $X_{17}$	—	0.0750	0.0648	0.0711
		人口自然增长率(‰) $X_{18}$	—	0.0982	0.0675	0.0830
		人均住房建筑面积(m <sup>2</sup> /人) $X_{19}$	+	0.0452	0.0386	0.0426
		城市化水平 $X_{20}$	+	0.0490	0.0386	0.0444
		城乡收入比 $X_{21}$	—	0.0256	0.0278	0.0272

然后根据公式(2)计算出各指标的熵值:

$$e_j=-k\sum_{i=1}^m(p_{ij}\ln p_{ij}) \quad (2)$$

$$\begin{cases} B^+=(S_{\max 1}, S_{\max 2}, \cdots, S_{\max n}) \\ B^-=(S_{\min 1}, S_{\min 2}, \cdots, S_{\min n}) \end{cases} \quad (6)$$

式中: $e_j$  表示第  $j$  个指标的熵值; $k=\frac{1}{\ln m}$ ;  $p_{ij}=\frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}}$ ;  
 $i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n$ 。

最后计算出各指标的客观权重值  $W_{2j}$ ,公式为:

$$W_{2j}=\frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^n(1-e_j)} \quad (3)$$

(3) 组合权重的计算。根据最小信息熵原理把  
主观权重  $W_{1j}$  和客观权重  $W_{2j}$  进行优化处理,用拉格  
朗日乘子法解得组合权重  $W_j$ ,主要公式如下:

$$W_j=\frac{\sqrt{W_{1j}W_{2j}}}{\sum_{j=1}^n\sqrt{W_{1j}W_{2j}}} \quad (4)$$

2.2.2 确定最优、最劣解

(1) 计算加权标准化矩阵  $B$ :

$$B=(b_{ij})_{m\times n}=(W_jX_{ij})_{m\times n} \quad (5)$$

式中: $W_j$  表示第  $j$  项指标的权重; $X_{ij}$  表示指标的标  
准化值。

(2) 分别以加权标准化矩阵  $B$  中的最大值和最  
小值代表最优解和最劣解

式中: $B^+$  表示最优解; $B^-$  表示最劣解。

2.2.3 计算欧式距离及灰色关联度

(1) 计算不同年份评价价值与最优解的距离  $D^+$ 、  
最劣解的距离  $D^-$ 。

$$\begin{cases} D^+=\sqrt{\sum_{j=1}^n(S_{\max j}-S_{ij})^2} \\ D^-=\sqrt{\sum_{j=1}^n(S_{\min j}-S_{ij})^2} \end{cases} \quad (7)$$

(2) 灰色关联度是基于灰色系统理论提出的概  
念,指各指标之间或指标与系统之间的数值关系,即  
其变化趋势的同步程度<sup>[20]</sup>。评价对象  $i$  与最优、最  
劣解的灰色关联度计算公式如下:

$$H_i^+=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^n\xi_{ij}^+ \quad (8)$$

$$H_i^-=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^n\xi_{ij}^- \quad (9)$$

$$\xi_{ij}^+=\xi_{ij}^-=\frac{\min_i\min_j\Delta b_{ij}+\rho\max_i\max_j\Delta b_{ij}}{\Delta b_{ij}+\rho\max_i\max_j\Delta b_{ij}} \quad (10)$$

式中: $H_i^+$  表示评价对象  $i$  与最优解的灰色关联度;  
 $H_i^-$  表示评价对象  $i$  与最劣解的灰色关联度; $\xi_i^+,\xi_i^-$

为评价对象  $i$  与最优、最劣解关于指标  $j$  的灰色关联系数;  $\rho$  为分辨系数一般取  $\rho = 0.5$ ;  $\Delta b_{ij} = |b_{ij} - b_{\max j}|$  或  $\Delta b_{ij} = |b_{ij} - b_{\min j}|$ 。

2.2.4 计算相对贴近度

(1) 对欧氏距离  $D_i^+, D_i^-$  和灰色关联度  $H_i^+, H_i^-$  分别进行标准化处理, 得到  $d_i^+, d_i^-$  和  $h_i^+, h_i^-$ 。计算出评价对象  $i$  与最优、最劣解的贴近程度

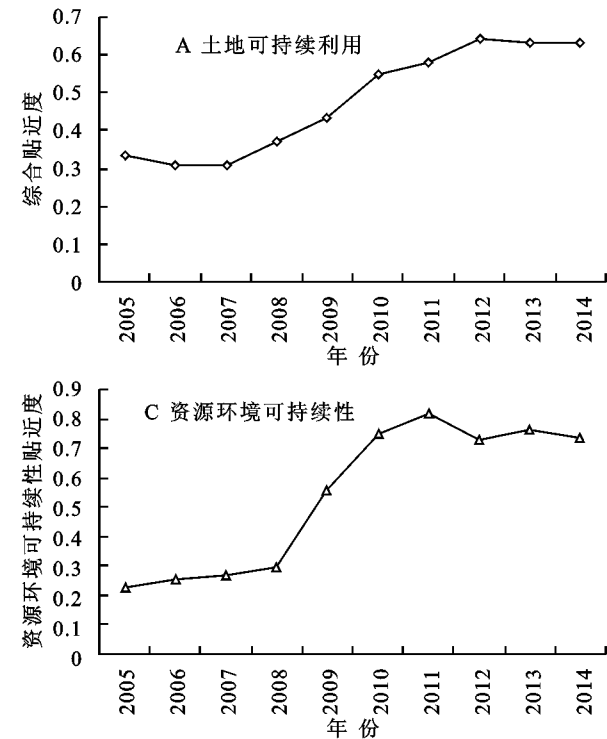
$$\begin{cases} \varphi_i^+ = \beta_1 d_i^- + \beta_2 h_i^+ \\ \varphi_i^- = \beta_1 d_i^+ + \beta_2 h_i^- \end{cases} \quad (11)$$

式中:  $\beta_1, \beta_2$  表示评价者的偏好程度<sup>[21]</sup>, 且  $\beta_1 + \beta_2 = 1$ 。

(2) 计算评价对象  $i$  与最优解的相对贴近度  $C_i$ :

$$C_i = \frac{\varphi_i^+}{\varphi_i^+ + \varphi_i^-} \quad (12)$$

$C_i$  介于 0 到 1 之间, 其值越大, 表示土地的可持续利用水平越高。参考相关文献<sup>[14]</sup>, 结合实际情况将土地可持续利用水平划分为 5 个等级:  $[0, 0.20]$  为低水平;  $[0.20, 0.40]$  较低水平;  $[0.40, 0.60]$  中等水平;  $[0.60, 0.80]$  较高水平;  $[0.80, 1.00]$  高水平。



2.3 因子障碍度模型

除了对白城市土地可持续利用水平评价外, 另一项重要内容是障碍因子诊断, 以便发现影响土地可持续利用的根源, 从根本上消除影响土地可持续利用的因素。障碍因子的诊断引进因子贡献度 ( $W_j$ )、指标偏离度 ( $J_{ij}$ ) 和障碍度 ( $M_{ij}, N_{ij}$ ) 3 个指标<sup>[22-23]</sup>,  $M_{ij}$  表示第  $i$  年各指标对该年土地可持续利用的障碍度,  $N_{ij}$  表示准则层指标障碍度。障碍度模型为:

$$J_{ij} = 1 - X_{ij} \quad (13)$$

$$M_{ij} = \frac{W_j \times J_{ij}}{\sum_{j=1}^n (W_j \times J_{ij})} \times 100\% \quad (14)$$

$$N_{ij} = \sum M_{ij} \quad (15)$$

3 结果与分析

根据前文提供的指标权重的计算方法, 计算出指标的主观权重值、客观权重值和组合权重值(表 1), 然后根据公式(5)~(12)计算出 2005—2014 年白城市土地可持续利用评价结果及分类指标评价结果(图 1)。

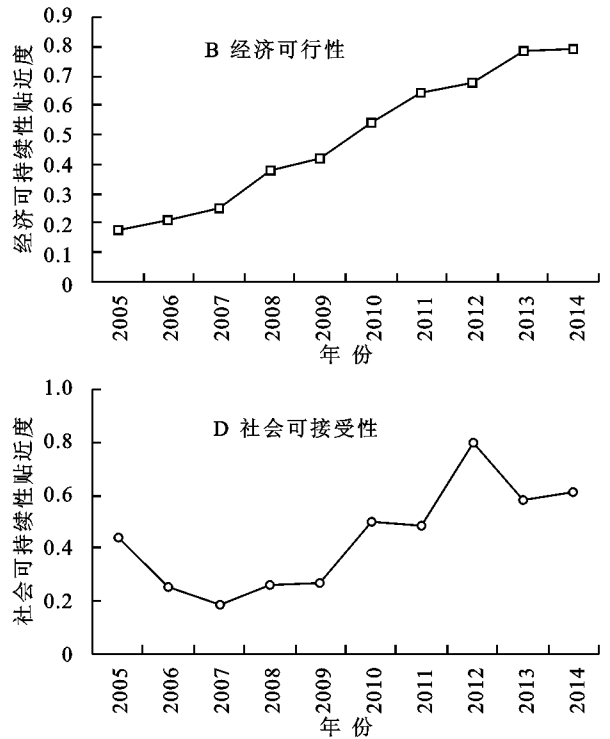


图 1 2005—2014 年白城市土地可持续性评价

3.1 综合评价结果与分析

从白城市 2005—2014 年的土地可持续利用综合贴近度变化趋势可以看出, 白城市土地可持续利用综合贴近度总体呈上升态势, 土地可持续利用水平逐渐提高。贴近度由 0.335 5 增加到 0.632 0, 土地可持续利用水平经历了较低、中等、较高 3 个发展阶段。根据图 1A 曲线变化情况, 将 10 a 的土地可持续利用

状况分为 3 个阶段。

第一阶段为 2005—2007 年, 白城市土地可持续利用水平基本持平并出现小幅下降, 贴近度由 0.335 5 下降到 0.310 4。作为东北典型的东北农牧交错地区, 白城市在该时间段内基础设施建设不足, 2007 年工业废水排放达标率仅有 24.16%, 而且, 存在土地粗放利用、土地利用结构不合理等问题, 单位面积粮

食产量和农业产值低波动变化大,另外人口增速明显,人口自然增长率由 2.70‰ 上升至 4.20‰。这些因素的共同作用使得这一阶段白城市土地可持续利用水平出现波动和小幅下降。

第二阶段为 2007—2012 年,白城市土地可持续利用水平呈加速增长态势,贴适度由 0.310 4 增长到 0.641 9,年均增长率为 15.64%。随着白城市“沙地造桑田、山地种山杏、盐碱栽白刺”三大生态产业工程、退耕还林工程的实施以及产业结构的调整,白城市国民经济实力增强,土地产出水平提高,单位面积 GDP 由 0.89 万元/hm<sup>2</sup> 增加至 2.39 万元/hm<sup>2</sup>,森林覆盖率也增加至 11.9%,土地荒漠化和水土流失状况得到改善,可持续利用水平持续提高。

第三阶段为 2012—2014 年,白城市土地可持续利用水平增速减缓,和 2012 年基本保持持平。主要原因在于该段时间内,虽然单位面积农业产值和畜牧业产值持续增大,分别由 0.52 万元/hm<sup>2</sup>,0.19 万元/hm<sup>2</sup> 增加至 0.55 万元/hm<sup>2</sup>,0.24 万元/hm<sup>2</sup>,但是草原覆盖率出现下降,由 38.97% 降至 30.72%,人口自然增长率由 -5.26‰ 上升至 3.27‰,这些变化从总体上抵消了土地利用强度提升引起的土地可持续利用水平的提升。

3.2 分类指标对比分析

(1) 经济可行性:由图 1B 可知,2005—2014 年经济可行性贴适度呈稳步上升态势,由 0.177 5 上升到 0.792 8,年均增长率为 18.09%。这是因为随着国家对土地管理的加强和土地投入的增加,白城市单位面积财政收入、农业产值、畜牧业产值都呈现持续增加态势,2014 年分别增加了 4.00 倍、2.06 倍、0.85 倍,土地经济效益持续提高,所以经济可行性贴适度呈稳步上升态势。

(2) 资源环境可持续性:由图 1C 可知,资源环境可持续性贴适度先上升后下降总体呈上升态势,贴适度由 2005 年的 0.224 8 上升到 2014 年的 0.737 6,资源环境可持续性提高。2011—2014 年资源环境可持续性贴适度出现下降,主要是由于经济建设的快速发展和城市的扩张占用了大量土地资源,草原退化严重,草原覆盖率由 2011 年的 44.31% 下降到 30.72%,另外建成区绿化覆盖率也由 31.50% 下降到 27.30%。

(3) 社会可接受性:由图 1D 可知,2005—2014 年白城市社会可接受性波动性较大,增减交替,总体呈上升态势,贴适度由 0.441 1 上升到 0.614 4,2012 出现到最大值 0.797 2,原因是有效的人口管理政策使得 2007 年以来白城市人口自然增长率呈现不断下降态势,特别是 2012 年,白城市人口出现负增长,自

然增长率下降至 -5.26%,人口总数的降低减轻了土地系统的承载压力。

3.3 障碍因子诊断分析

3.3.1 指标层障碍因子诊断分析 根据因子障碍度模型,按照公式(13)—(15),对 2005—2014 年白城市土地可持续利用各指标的障碍度进行计算,由于指标较多,因此选取前 5 个作为主要障碍因子(表 2)。2005 年阻碍白城市土地可持续利用水平提高的因素主要集中在资源环境可持续性方面,主要包括耕地面积占比、森林覆盖率和林地面积占比等,其中 2005 年耕地面积占比仅为 22.51%,小于同时期吉林省西部地区平均值 35.59%;森林覆盖率为 10.90%,未达到同时期吉林省平均水平;而 2014 年阻碍白城市土地可持续利用水平提高的因素主要集中在资源环境可持续性和社会可接受性方面,包括人口自然增长率、建成区绿化覆盖率、草原覆盖率、城市化水平等。从各指标障碍度的数值变化来看,人口自然增长率、建成区绿化覆盖率、草原覆盖率、第三产业产值占 GDP 比例的障碍度呈逐渐增大态势,到 2014 年成为阻碍白城市土地可持续的前 4 位障碍因子。2005 年人口自然增长率的障碍度仅为 9.11%,但在 2014 年,这一指标的障碍度增至 29.50%,并成为阻碍 2014 年白城市土地可持续利用水平的首要障碍因子。

表 2 2005—2014 年白城市土地可持续利用指标层  
主要障碍因子障碍度 %

年份	障碍度大小排序				
	1	2	3	4	5
2005	X <sub>10</sub> (9.94)	X <sub>18</sub> (9.11)	X <sub>11</sub> (7.34)	X <sub>9</sub> (7.02)	X <sub>5</sub> (6.55)
2006	X <sub>18</sub> (10.25)	X <sub>10</sub> (9.48)	X <sub>17</sub> (7.46)	X <sub>11</sub> (6.43)	X <sub>5</sub> (6.02)
2007	X <sub>18</sub> (10.50)	X <sub>10</sub> (8.87)	X <sub>17</sub> (8.25)	X <sub>3</sub> (6.06)	X <sub>6</sub> (6.01)
2008	X <sub>18</sub> (11.35)	X <sub>17</sub> (10.29)	X <sub>10</sub> (10.16)	X <sub>3</sub> (6.71)	X <sub>9</sub> (6.61)
2009	X <sub>18</sub> (13.33)	X <sub>17</sub> (11.64)	X <sub>10</sub> (9.62)	X <sub>3</sub> (7.11)	X <sub>5</sub> (6.83)
2010	X <sub>17</sub> (14.67)	X <sub>18</sub> (10.43)	X <sub>9</sub> (8.62)	X <sub>3</sub> (8.27)	X <sub>16</sub> (8.03)
2011	X <sub>18</sub> (16.88)	X <sub>17</sub> (16.70)	X <sub>8</sub> (9.92)	X <sub>16</sub> (8.64)	X <sub>9</sub> (6.31)
2012	X <sub>9</sub> (12.58)	X <sub>13</sub> (11.90)	X <sub>17</sub> (10.03)	X <sub>8</sub> (9.77)	X <sub>3</sub> (8.19)
2013	X <sub>18</sub> (25.54)	X <sub>9</sub> (12.96)	X <sub>13</sub> (12.14)	X <sub>12</sub> (8.21)	X <sub>8</sub> (7.01)
2014	X <sub>18</sub> (29.50)	X <sub>13</sub> (18.94)	X <sub>12</sub> (15.33)	X <sub>8</sub> (13.08)	X <sub>20</sub> (11.26)

3.3.2 准则层因子诊断分析 在对 2005—2014 年白城市土地可持续利用指标层因子障碍度计算的基础上,进一步计算出准则层因子障碍度(图 2)。由图 2 可知,准则层 3 个指标对白城市土地可持续利用的障碍度及其变化趋势不尽相同。从整体来看,经济可行性障碍度先减小后增大再减小,总体呈下降态势;资源环境可持续性障碍度先下降后上升总体呈上升态势;社会可接受性障碍度总体呈上升态势。从各指

障碍度值来看,2008 年之前经济可行性障碍度是阻碍白城市土地可持续利用水平的主因,2008—2014 年 3 个指标的变化比较曲折,总体状况是经济可行性障碍度减小,资源环境可持续性和社会可接受性障碍度增大并成为阻碍白城市土地可持续利用水平的主因。可见,提高白城市土地可持续利用水平必须从资源环境可持续性和社会可接受性入手,同时注重提高经济可行性。

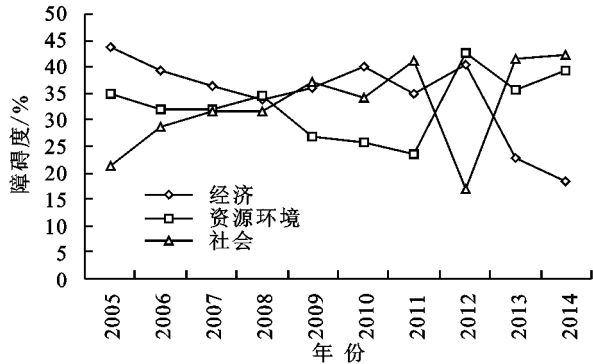


图 2 2005—2014 年准则层指标障碍度

## 4 结论与讨论

(1) 通过改进的 TOPSIS 法对 2005—2014 年白城市土地可持续利用水平进行评价分析,研究结果表明,2005—2014 年白城市土地可持续利用水平总体呈上升态势,贴进度由 0.335 5 上升到 0.632 0,经历了较低—中等—较高的发展过程;从分类指标来看,研究期间内,白城市经济可行性呈稳步上升态势,增幅为 246.65%,资源环境可持续性先上升后下降总体呈上升态势,增幅为 228.11%,社会可接受性在波动变化中上升,增幅为 39.29%。

(2) 从障碍因子诊断结果来看,不同时间段内 3 个准则层指标障碍度对白城市土地可持续利用水平的影响各不相同。经济可行性障碍度总体呈下降态势;资源环境可持续性障碍度和社会可接受性障碍度总体呈上升态势。从长远来看,提高白城市土地可持续利用水平,应从资源环境可持续性和社会可接受性入手,同时注重提高经济可行性。从指标层因子障碍度来看,影响白城市土地可持续利用水平的障碍因子主要有自然增长率、建成区绿化覆盖率、草原覆盖率、第三产业产值占 GDP 比例等,因此,在以后的土地利用过程中,应重点关注人口自然增长率过快的问题,在土地资源承载力范围内,控制人口密度;还应持续增加环保投入,改善建成区环境状况,控制水土流失程度和草原退化速度;大力发展绿色环保产业提高第三产业比例,减小经济增长对土地资源带来的压力。

(3) 土地可持续利用是一个多因素决策的复杂系统,应用改进 TOPSIS 法对土地可持续利用进行评价,克服了传统 TOPSIS 法在权重和欧式距离方面的缺陷,但本文只对研究区域的时序变化进行了探讨,缺乏空间差异的对比;同时,限于指标数据的完整性和易获取型,指标体系的构建受到一定限制,仍需进一步完善。

### 参考文献:

- [1] 戴尔阜,吴绍洪. 土地持续利用研究进展[J]. 地理科学进展,2004,23(1):79-88.
- [2] 张利,陈影,王树涛,等. 滨海快速城市化地区土地生态安全评价与预警:以曹妃甸新区为例[J]. 应用生态学报,2015,26(8):2445-2454.
- [3] 卢远,华瑞,王娟. 东北农牧交错带典型区土地利用变化及其生态效应[J]. 中国人口·资源与环境,2006,16(2):58-62.
- [4] 张军涛. 东北农牧交错区生态环境影响因素研究[J]. 地域研究与开发,2008,27(1):113-116.
- [5] 张图. 东北农牧交错带典型区土地利用[J]. 农村实用科技信息,2016(8):4-4.
- [6] 田冰,贾金生,侯喜梅. 土地可持续利用评价指标研究[J]. 河北农业大学学报,2001,24(4):90-92.
- [7] 吴书光,张红凤. 基于 PSR 模型的土地可持续利用指标体系构建与实证研究:以山东省为例[J]. 经济与管理评论,2013(6):66-70.
- [8] 朱豪. 基于 DPSIR 模型的耕地可持续利用研究:以新郑市为例[D]. 河南焦作:河南理工大学,2013.
- [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[J]. 水土保持研究,2012,19(5):196-201.
- [10] 鄢然,雷国平,孙丽娜,等. 基于灰色关联法的哈尔滨市土地可持续利用评价研究[J]. 水土保持研究,2012,19(1):154-158.
- [11] 李红礼,高建华,卢红岩. 基于 BP 神经网络的河南省土地可持续利用评价研究[J]. 国土与自然资源研究,2009(1):27-29.
- [12] 张玉启. 基于生态足迹方法的四川省土地资源可持续利用研究[D]. 重庆:西南大学,2011.
- [13] 袁磊,雷国平,张小虎. 基于循环经济理念的黑龙江土地可持续利用评价[J]. 水土保持研究,2010,17(1):127-133.
- [14] 鲁春阳,文枫,杨庆媛,等. 基于改进 TOPSIS 法的城市土地利用绩效评价及障碍因子诊断:以重庆市为例[J]. 资源科学,2011,33(3):535-541.
- [15] 张茹,戴文婷,刘兆顺,等. 我国北方农牧交错区土地生态安全评价:以白城市为例[J]. 水土保持研究,2017,24(2):259-266.

- 2003,14(3):128-132.
- [8] 向喜琼,黄润秋. 基于 GIS 的人工神经网络模型在地质灾害危险性区划中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报,2000,11(3):26-30.
- [9] Jiang W, Rao P, Cao R, et al. Comparative evaluation of geological disaster susceptibility using multi-regression methods and spatial accuracy validation[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017,27(4):439-462.
- [10] 陈艳艳,王学成,唐秀兰. 攀枝花发生特大泥石流灾害中国电信全力抢险保通信[J]. 通信与信息技术,2016(5):33-33.
- [11] 唐川,朱静. GIS 支持下的滇西北地区泥石流灾害评价[J]. 水土保持学报,2001,15(6):84-87.
- [12] 王萌,乔建平. 贡献权重模型在区域滑坡危险性评价中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报,2010,21(1):1-6.
- [13] 祁元,刘勇,杨正华,等. 基于 GIS 的兰州滑坡与泥石流灾害危险性分析[J]. 冰川冻土,2012,34(1):96-104.
- [14] 兰恒星,伍法权,周成虎,等. 基于 GIS 的云南小江流域滑坡因子敏感性分析[J]. 岩石力学与工程学报,2002,21(10):1500-1506.
- [15] 吴森,吴彩燕,李素敏,等. 基于本底因素贡献率模型的汶川滑坡灾害危险性评价[J]. 西南科技大学学报,2013,28(3):28-34.
- [16] 吴森,李虎杰,陈国辉,等. 基于贡献率权重法的区域滑坡影响因子敏感性分析[J]. 中国地质灾害与防治学报,2016,27(1):26-31.
- [17] 乔建平,石莉莉,王萌. 基于贡献权重叠加法的滑坡风险区划[J]. 地质通报,2008,27(11):1787-1794.
- [18] 乔建平,王萌. 贡献权重叠加法的滑坡危险度区划研究[J]. 自然灾害学报,2011,20(2):8-13.
- [19] Ding M, Heiser M, Hübl J, et al. Regional vulnerability assessment for debris flows in China—a CWS approach[J]. Landslides, 2016,13(3):537-550.
- [20] 刘艳辉,刘传正,唐灿,等. 基于确定性系数模型的地质灾害多因子权重计算方法[J]. 中国地质灾害与防治学报,2015,26(1):92-97.
- [21] 姜雪岩,张淑娟,王治国,等. 基于确定性系数的地质因素套损风险评价方法[J]. 大庆石油地质与开发,2016,35(6):104-108.
- [22] Shortliffe E H. A model of inexact reasoning in medicine[J]. Mathematical Biosciences, 1975, 23 (3/4): 351-379.

~~~~~

(上接第 284 页)

- [16] 叶正伟,孙艳丽. 基于 AHP-Topsis 的南通市环境灾害风险评价[J]. 水土保持研究,2013,20(4):230-234.
- [17] 杜挺,谢贤健,梁海艳,等. 基于熵权 TOPSIS 和 GIS 的重庆市县域经济综合评价及空间分析[J]. 经济地理,2014,34(6):40-47.
- [18] 王志新,何俊仕. 基于改进 TOPSIS 法的通辽市水资源利用效益评价[J]. 节水灌溉,2016(1):68-72.
- [19] 欧阳继红,王仲佳,刘大有. 具有动态加权特性的关联规则算法[J]. 吉林大学学报:理学版,2005,43(3):314-319.
- [20] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [21] 张霞,郑郁,王亚萍. 基于灰色关联度的 TOPSIS 模型在秦岭生态功能区水土保持治理效益评价中的应用[J]. 水土保持研究,2013,20(6):188-191.
- [22] 周磊,黄秋昊. 基于灰色关联 TOPSIS 的城市土地效益评价及障碍因子诊断[J]. 水土保持研究,2014,21(4):39-44.
- [23] 张锐,刘友兆. 我国耕地生态安全评价及障碍因子诊断[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(7):945-951.