

基于“三生”视角的煤粮复合区土地利用功能评价

王璐, 张合兵, 胡文智, 于壮

(河南理工大学 测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454000)

摘要: [目的] 以河南省新乡市赵固二矿煤粮复合区为典型案例区, 对该区土地利用多功能性进行研究, 为其区域功能发展提供支撑。[方法] 基于研究时序统计年鉴等基础数据, 从“三生”功能(生产功能、生活功能、生态功能)角度择选出符合不同子功能的 15 个指标因子, 构建出适用于煤粮复合区的评价指标体系。运用全排列多边形综合图示法对研究区 2009—2015 年间土地利用功能演变进行量化评价。[结果] ①全排列多边形综合图示法评价结果直观、准确、涉及面广且主观随意性低, 适用于区域土地利用功能评价; ②单项指标显示, 2009—2015 年间, 各子功能的指标偏向侧重度均有所改变, 但其主导障碍因子稳定不变; ③7 a 间, 研究区均以生产功能作为区域主导功能, 受区域煤炭开采影响土地集约利用综合指数以 2012 年为分界点总体先增加后减少, 变化速率为快—缓—快。[结论] 煤炭开采活动对煤粮复合区土地利用功能利用有重要影响, 区域土地“三生”功能变化及区域土地集约利用程度与区域煤炭事业的发展变化联系紧密。

关键词: “三生”功能; 煤粮复合区; 全排列多边形综合图示法; 土地利用功能; 土地集约

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)03-0301-06

中图分类号: F205

文献参数: 王璐, 张合兵, 胡文智, 等. 基于“三生”视角的煤粮复合区土地利用功能评价[J]. 水土保持通报, 2018, 38(3): 301-306. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2018. 03. 048. Wang Lu, Zhang Hebing, Hu Wenzhi, et al. Functional evaluation of land use based on production-living-ecology view in areas of cropland and coal resources[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(3): 301-306.

Functional Evaluation of Land Use Based on Production-Living-Ecology View in Areas of Cropland and Coal Resources

WANG Lu, ZHANG Hebing, HU Wenzhi, YU Zhuang

(School of Surveying and Land Information Engineering, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China)

Abstract: [Objective] Taking areas of cropland and coal resources as a case study to research land use function in order to provide support for the development of regional function. [Methods] From production-living-ecology aspects, 15 indexes with different function were selected to construct a suitable evaluation index system in study area. Based on the established index system, the land use function was evaluated quantitatively using entire-array-polygon indicator method from 2009 to 2015. [Results] ① The entire-array-polygon indicator method used in this study was intuitionistic, accurate, widely involved and low subjective. It could be applied to evaluate regional land use function. ② The single index showed that the indexes of each subsystem tended to change slightly, but the dominant obstacle factor remained stable in 2009—2015. ③ Within the 7 years, the production function was the regional leading function in the study area. Due to the regional impact of coal mining, cut-off point of intensive land use comprehensive index occurred in 2012, and showed an increasing trend initially and then decreased. [Conclusion] Coal mining activities have a significant impact on land use in the areas of cropland and coal resources, and the level of regional land function change and land intensive use is close related to the development and change of regional coal industry.

收稿日期: 2017-10-13

修回日期: 2017-11-24

资助项目: 国家自然科学基金项目“矿粮复合区耕地生态安全时空演变规律研究”(41541014); 河南省高校科技创新团队支持计划(18IRTSTHN008); 河南理工大学创新型科研团队资助(B2017-16)

第一作者: 王璐(1992—), 女(汉族), 河南省焦作市人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地资源与信息技术。E-mail: HNJZLGWL@163.com。

通讯作者: 张合兵(1965—), 男(汉族), 河南省滑县人, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事国土资源管理、规划、整治及土地信息系统等方面的教学科研工作。E-mail: jzitzhb@hpu.edu.cn。

Keywords: land production-living-ecology; areas of cropland and coal resources; entire-array-polygon indicator method; land use function; land intensive use

土地是由地球表面的陆地、水源、植被、矿物等要素构成的自然历史综合体,同时还包含了人类活动成果。其概念说明了土地利用具有多功能特性。土地利用多功能性的概念由 SENSOR 项目首次提出^[1],并受到国外学术界的广泛关注,诸多学者从不同角度对其进行研究^[2-4],研究内容大多是通过分析框架来量化分析当下的土地冲突问题^[3-6]。当前,对于空间定量的研究^[7-8]已成为土地利用多功能性评价的主要研究方向,研究内容包括评价方法及指标体系建立^[9-10],评价范围涉及宏观、中观、微观诸多方面。对于土地集约利用的研究,国内开始于 20 世纪 90 年代^[11],研究内容趋向于从不同尺度层面探究土地集约程度的方法^[12-14]。目前,对于土地多功能性的研究大多以单一功能对空间土地利用进行探讨,缺乏基于“三生”视角的综合评价,评价方法的选择大多以主成分分析法^[15-17]、综合指数法^[18-20]、熵值法^[21-22]等为主,评价结果少有兼顾土地利用多功能性与土地集约利用程度分析。

本文拟在研究时序统计年鉴的基础上,构建适于煤粮复合区这一典型且广泛存在区域的土地利用多功能评价指标体系,采用全排列多边形综合图示法对研究区土地利用功能演变评价。以期评价结果直观且兼顾反应各个子功能指标变化情况和总体功能集约利用情况,为提高区域土地利用效率以及“三生”功能协调发展提供参考。

1 研究区概况

新乡市地处河南省北部地区,北纬 $35^{\circ}18'$,东经 $113^{\circ}54'$,北依太行,南眺黄河,是豫北地区重要的中心城市,临近省会郑州市,属温带大陆性气候,全年四季分明,生物种类繁多。据调查统计,区域共有维管束植物 1 689 种,其中蕨类植物 87 种,裸子植物 12 种,被子植物 1 585 种。新乡市下辖 4 区 5 县 2 市,赵固二矿位于辉县市境内,全市总面积 $2\ 007\text{ km}^2$,总人口 78.2 万。矿区面积 69.09 km^2 主要涉及赵固、北云门、冀屯 3 个乡镇,全区地势北高南低,总体平坦,主要由坡积、洪积及冲积洪积扇裙组成。境内土地资源类型多样,第二次全国土壤普查显示境内共分布 7 个土类,续分 13 个亚类,29 个土属,62 个土种,土质多属于潮土和砂礓黑土。

长期煤炭开采活动使得区域“三农”(农业、农村、农民)与“四矿”(矿业、矿山、矿工、矿城)问题矛盾突出,严重影响区域可持续发展,与此同时人口的逐年

增加与煤炭开采造成的人均耕地大幅减少以及城市化建设的需要也使人地矛盾日益突出。在此背景下,改善区域土地利用多功能性,协调区域“三生”功能逐渐成为现阶段关注的焦点。

2 评价指标体系及研究方法

2.1 指标体系建立

研究从土地多功能性角度及其用地性质出发,按生产、生活及生态功能划定区域用地类型。其中生产功能包括资源供给功能和农业生产功能,生活功能包括社会发展功能和经济发展功能,生态功能包括生态维持功能和生态调节功能。结合煤粮复合区特定的区域特征,依据完备性、客观性、可获性、可测性等原则,选取指标并建立指标体系(见表 1)。研究涉及指标数据来源于《新乡市统计年鉴》(2009—2015)及《辉县市年鉴》(2009—2015)。其中,人口自然增长率指单位时间内,人口自然增加数(出生人数减死亡人数)与该时期内平均人数之比;植被覆盖度指区域林地总面积与土地总面积之比;生物丰度指数 $= 0.5 \times \text{林地比例} + 0.3 \times \text{水域比例} + 0.15 \times \text{草地比例} + 0.05 \times \text{建设用地}$;土地利用结构指数 $= 0.4 \times \text{耕地比例} + 0.3 \times \text{林地比例} + 0.2 \times \text{水域比例} + 0.1 \times \text{建设用地}$;单位耕地化肥负荷指化肥施用量(折纯)与施用化肥耕地总面积之比;单位耕地农药负荷指农药施用量与施用农药耕地总面积之比。

2.2 研究方法

当前对于指标评价方法的研究多以综合评价法、TOPSIS(technique for order preference by similarity to an ideal solution)理想点法、定向排序法等为主。本次研究采用全排列多边形综合图示指标法^[23],该方法最早由吴琼等^[4]用于扬州的生态城市评价中,现已在区域能效评价、区域水质评价等方面^[24-26]得到广泛运用。该方法定义为:设共有 n 个指标(即原始值标准化后的结果值),以这些指标的上限值为半径构成一个中心 n 边形,各指标值的连线构成一个不规则中心 n 边形,该不规则中心 n 边形的顶点是 n 个指标的一个首尾相接的全排列, n 个指标总共可以构成 $(n-1)/2$ 个不同的不规则中心 n 边形,综合指数定义为所有这些不规则多边形面积的均值与中心多边形面积的比值^[23]。

2.3 指标标准化及阈值确定

全排列综合图示法指标标准化采用双曲线标准化函数:

$$F(x) = \frac{(U-L)(U-T)}{(U+L-2T)x+UT+LT-2LU} \quad (1)$$

式中: U, L, T ——所选指标的上限、下限、阈值,同时并满足: $F(x)|_{x=U}=1, F(x)|_{x=L}=-1, F(x)|_{x=T}=0$ 。经函数 $F(x)$ 标准化后的指标 $[L, U]$ 依次映射到区间 $[-1, 1]$ 上并成为以临界阈值为转折点的快—慢—快的非线性变化。故此可得到第 i 个指标的标准化公式:

$$S_i = \frac{(U_i - L_i)(N_i - T_i)}{(U_i + L_i - 2T_i)N_i + U_i T_i + L_i T_i - 2L_i U_i} \quad (2)$$

式中: S_i ——指标 i 的标准化值; U_i, L_i, T ——指标 i 的上限值、下限值、临界值; N_i ——指标 i 的实际值。

本研究中,所选指标的上限值由规划最高目标确定,下限值参考研究区历年及同等条件下地市统计年

鉴数据确定,临界值由研究区所选指标平均值确定(见表 2)。

2.4 全排列多边形综合图示法

通过公式(2)可知,根据 n 个指标可构成一个中心正 n 边形,其中 n 边形的顶点均为 $S_i=1$ 时的值,中心点为 $S_i=-1$ 时的值, $S_i=0$ 时所构成的多边形为指标临界区,临界区以内指标标准化结果为负,临界区以外指标标准化结果为正。各指标标准化值(即中心点到顶点的线段)所在区间 $[-1, 1]$ 。综合指数值:

$$F = \frac{\sum_{i \neq j} (S_i + 1)(S_j + 1)}{2n(n-1)} \quad (3)$$

式中: F ——综合指数值(总指数、子指数); S_i ——第 i 项指标; S_j ——第 j 项指标($i \neq j$); n ——指标个数。

表 1 赵固矿区土地利用多功能性评价指标体系

目标层	因素层	指标层	属性	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
偏生 向活 性功 能 A_1	社会发展功能 B_1	人口自然增长率 $C_1/\%$	-	4.010	5.189	5.915	4.107	4.553	6.052	5.800
		人口密度 C_2/hm^2	-	8.612	8.958	9.423	9.979	10.433	11.065	11.752
		人口死亡率 $C_3/\%$	+	6.640	5.290	5.140	5.970	5.400	5.250	5.540
	经济发展功能 B_2	农民人均纯收入 $C_4/\text{元}$	+	5.725	6.730	7.891	9746	10.967	12.555	14.376
偏生 向态 性功 能 A_2	生态维持功能 B_3	植被覆盖度 $C_5/\%$	+	0.042	0.033	0.033	0.087	0.071	0.104	0.117
		水域比例 $C_6/\%$	+	0.001	0.002	0.003	0.005	0.007	0.010	0.015
		生物丰度指数 C_7	+	0.029	0.025	0.025	0.053	0.046	0.063	0.070
		土地利用结构指数 C_8	+	0.349	0.350	0.346	0.344	0.345	0.339	0.341
	生态调节功能 B_4	单位耕地化肥负荷 $C_9/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	-	767.420	801.200	825.400	839.100	855.420	868.470	860.050
		单位耕地农药负荷 $C_{10}/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	-	14.819	15.270	15.770	15.730	15.981	15.985	15.866
偏生 向产 性功 能 A_3	资源供给功能 B_5	人均耕地面积 C_{11}/hm^2	+	0.138	0.135	0.127	0.113	0.110	0.098	0.092
		矿区土地塌陷面积 C_{12}/hm^2	-	0	17.280	18.740	37.470	28.806	40.039	54.658
	农业生产功能 B_6	耕地垦殖率 $C_{13}/\%$	+	0.802	0.810	0.799	0.754	0.765	0.724	0.720
		人均粮食产量 C_{14}/kg	+	779.190	686.200	756.300	760.300	729.010	760.380	768.070
		农业机械化水平 $C_{15}/(\text{kW} \cdot \text{hm}^{-2})$	+	11.985	12.470	12.880	13.330	13.697	14.123	14.325

表 2 赵固矿区土地利用多功能性评价指标阈值

指 标	2009 年			2010 年			2015 年		
	上限值(U)	临界值(T)	下限值(L)	上限值(U)	临界值(T)	下限值(L)	上限值(U)	临界值(T)	下限值(L)
$C_1/\%$	7.210	6.401	4.01	6.590	4.847	2.670	6.120	5.375	4.690
C_2/hm^2	14.658	9.845	6.512	14.728	9.719	6.559	15.145	9.986	6.711
$C_3/\%$	6.640	4.985	4.040	5.880	5.238	3.950	6.270	5.242	4.450
$C_4/\text{元}$	7.260	5.781.21	5.160	8.787	6.616.37	5.808	18.588	13.963.509	12.962
$C_5/\%$	0.088	0.045	0.014	0.075	0.035	0.011	0.475	0.120	0.025
$C_6/\%$	0.067	0.003	0.000	0.070	0.003	0.000	0.331	0.015	0.000
C_7	0.064	0.031	0.014	0.049	0.027	0.011	0.255	0.072	0.020
C_8	0.376	0.354	0.272	0.373	0.347	0.259	0.377	0.338	0.253
$C_9/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	768	762.5	757	812	802.811	795	868	861.585	859
$C_{10}/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	14.834	14.821	14.808	15.298	15.277	15.258	15.892	15.872	15.848
C_{11}/hm^2	0.140	0.094	0.044	0.136	0.091	0.040	0.131	0.080	0.016
C_{12}/hm^2	0.000	0.000	0.000	6.500	0.325	0.000	17.700	1.032	0.000
$C_{13}/\%$	0.901	0.809	0.548	0.895	0.798	0.496	0.877	0.709	0.202
C_{14}/kg	1.612	1.067.942	262	1.358	897.717	283	1.250	833.434	280
$C_{15}/(\text{kW} \cdot \text{hm}^{-2})$	11.985	11.885	11.785	12.568	12.466	12.268	14.325	14.325	14.325

3 结果与分析

3.1 单项功能值变化特征分析

以所选 15 项指标标准化后值为顶点绘制 2009—

2015 年三生功能土地多边形图(图 1)。指标标准化后,指标值小于 0 的视为实现土地功能的障碍因子,将大于 0.5 视为实现土地功能的主要驱动因素,由此可获得土地功能因子分析结果(表 3)。

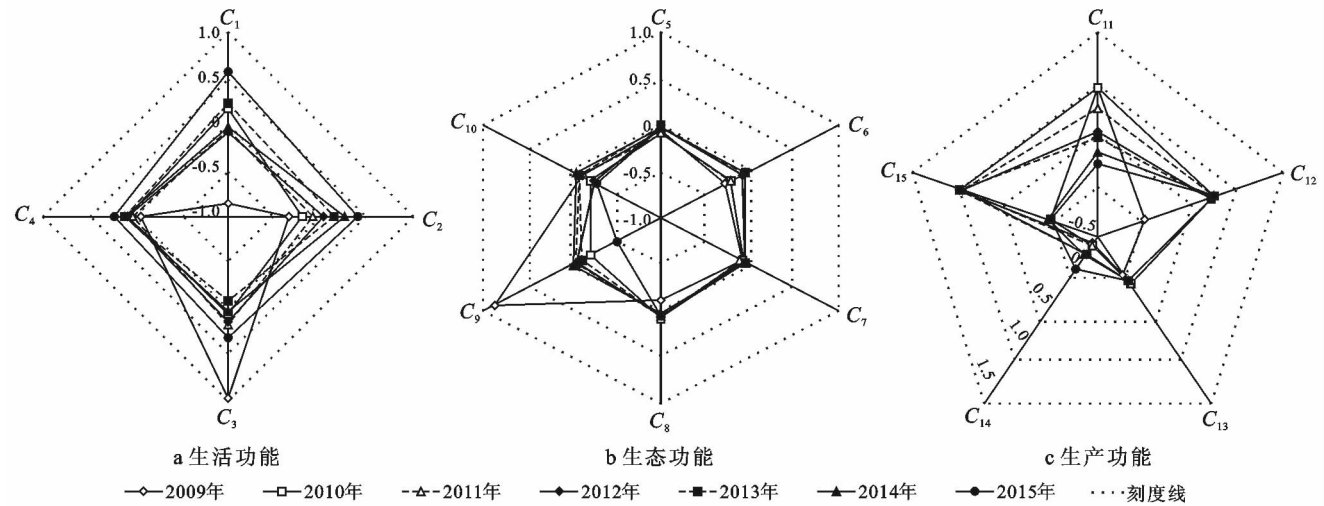


图 1 赵固矿区 2009—2015 年土地多功能评价指标

表 3 赵固矿区 2009—2015 年土地功能因子分析

年份	类型	生活功能	生态功能	生产功能
2009	障碍因子	C ₁ , C ₂ , C ₄	C ₅ , C ₆ , C ₇ , C ₈ , C ₁₀	C ₁₃ , C ₁₄
	主要驱动因素	C ₃	C ₉	C ₁₁ , C ₁₅
2010	障碍因子	C ₂	C ₅ , C ₆ , C ₇ , C ₉ , C ₁₀	C ₁₄
	主要驱动因素	—	—	C ₁₁ , C ₁₂
2011	障碍因子	C ₁	C ₅ , C ₆ , C ₇ , C ₉ , C ₁₀	C ₁₄
	主要驱动因素	—	—	C ₁₁ , C ₁₂ , C ₁₅
2012	障碍因子	C ₁	C ₆ , C ₇ , C ₉ , C ₁₀	C ₁₄
	主要驱动因素	—	—	C ₁₁ , C ₁₂ , C ₁₅
2013	障碍因子	C ₃	C ₅ , C ₆ , C ₇ , C ₉ , C ₁₀	C ₁₄
	主要驱动因素	—	—	C ₁₂ , C ₁₅
2014	障碍因子	C ₁	C ₅ , C ₆ , C ₇ , C ₁₀	C ₁₄
	主要驱动因素	—	—	C ₁₂
2015	障碍因子	—	C ₅ , C ₆ , C ₇ , C ₉ , C ₁₀	C ₁₄
	主要驱动因素	—	—	C ₁₂

(1) 生活功能。该功能内部人口密度、农民人均纯收入呈逐年上升模式,其中人口密度按照研究时序线性增长。人口自然增长、人口死亡率功能变化出现差异,其中人口自然情况增长按时序逐年先增后降,人口死亡率总体呈下降趋势,变换速率趋于平缓。从功能因子分析角度看,2009—2015 年该功能区障碍因子大幅减少,社会发展功能是研究区生活功能变化的主导障碍因子。

(2) 生态功能。该功能内部除水域比例逐年上升外,其余指标功能均有差异出现。其中植被覆盖

度、生物丰度指数变化略有起伏,但总体呈上升趋势且速率极为缓慢。土地利用结构指数 2009—2010 年快速增长后总体进入平缓变化阶段且变化程度可忽略不计,受区域煤炭开采影响,2010 年区域单位耕地化肥负荷急速下降,2010—2014 年呈较为缓和上下波动变化,2015 年再次急速下降,单位耕地农药负荷按时序逐年先增后减。研究区植被覆盖度持续低于区域临界值,未来可加强对该指标的关注。从功能因子分析角度看,生态调节功能是研究区生态功能变化的主导障碍因子。

(3) 生产功能。该功能内部矿区土地塌陷面积受煤炭开采影响,从 2010 年开始大幅下降,而后下降速率逐渐放缓。同受此原因影响,人均耕地面积也呈逐年下降模式,变化速率呈现缓—急—缓—急状态,人均粮食产量逐年增加,但需要注意的是人均粮食产值每年均低于当年临界值,这主要由人均耕地大幅较少造成。耕地垦殖率 2010 年较 2009 年出现较为明显提升后,而后研究时序内变化不大,农业机械化水平变化波动极大,2010 年出现极大幅度跌落后 2011 年重新回到上限值,2014 年重新出现大幅跌落后而后平缓下跌。受此变化影响,2009—2015 年,研究区农业生产功能成为其生产功能变化的主导障碍因子,而发展主要驱动因素则是资源供给功能。

3.2 “三生”功能及集约利用综合指数变化分析

根据公式(3),可计算得到研究区 2009—2015 年“三生”功能的综合指数值(见图 2)。分析可知,研究

区 2009—2015 年均以生产功能作为区域主导功能。土地利用功能变化中,随着经济和社会发展日渐提高,农民收入日趋增多,研究区煤炭开采事业的兴起,大大加快了区域经济的发展,因此,研究区生活功能总体呈线性增长趋势,增长速度呈快—慢—快。生态功能受区域煤炭开采影响,2010 年较 2009 年功能下降严重,2010 年以后,研究区加大了对生态治理功能的重视,在此期间研究区植被覆盖及生物丰度情况都有所提升,2011—2014 年生态功能作用平缓回升,但耕地化肥及农药的大量使用持续对区域生态调节功能造成破坏,到了 2015 年,生态功能跌落到研究周期最低。生产功能变化总体先升后降,2009—2011 年研究区生产功能快速提高,2011 年以后受煤炭开采影响,大量耕地被破坏,研究区生产功能开始跌落。随煤炭开采强度的变化,2012,2013 年生产功能平稳下降,2014 年研究区生产功能急速下降后 2015 年下降速度区域平稳,研究区生产功能变化速度呈快—缓—快—缓。

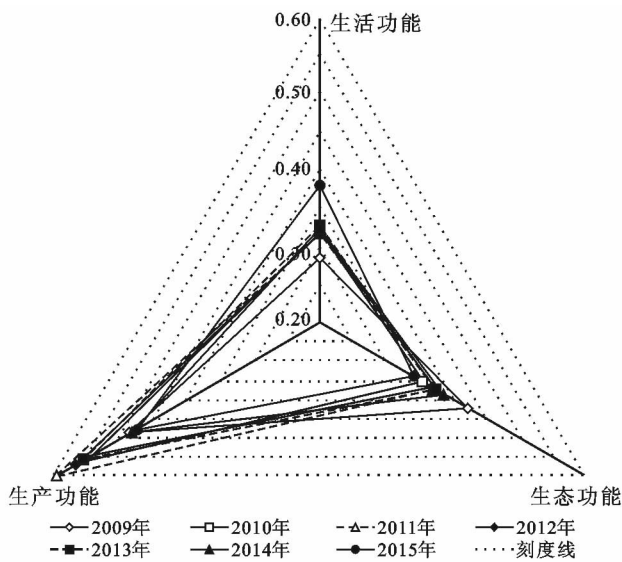


图2 赵固矿区 2009—2015 年“三生”功能偏向

根据公式(3)可计算得到研究区时间序列的土地功能集约利用综合指数值(见图3),该值可反映区域土地功能集约利用水平。图3表明研究区在2009—2015年,土地集约利用水平波动变化,总体呈上升—下降模式。期间土地集约利用趋势可依据2012年为分界点,总体分为2个阶段,2009—2011年为发展阶段,在此阶段,煤炭开采事业的兴起对大大加快了区域社会经济的发展,与此同时,土地资源供给受限使得区域土地集约利用发展提高。2012—2015年为萎缩阶段,在此期间,区域土地“三生”功能差异逐步减

小,各功能之间协调度逐渐增强,因此研究区土地集约利用程度下降。此外,发展阶段土地集约利用变化速度按时序变化越来越快,萎缩阶段反之,此现象与城乡建设用地扩张规律相契合。

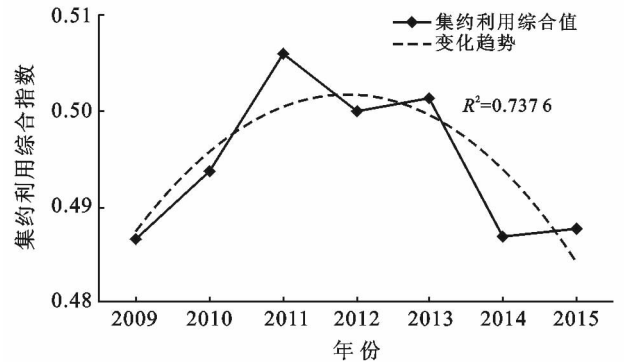


图3 赵固矿区 2009—2015 年土地集约利用变化趋势

4 结论

研究利用全排列多边形综合图示法,构建了基于“三生”功能视角的土地利用多功能性的评价指标体系,并对赵固二矿煤粮复合区2009—2015年土地利用功能进行了评价。评价指标的选取涉及社会经济发展、生态维持及调控、资源供给需求等诸多方面,符合煤粮复合区这一特殊且广泛存在区域的普遍情况,能较好地反应出其土地利用多功能性的实际水平。评价方法客观简便,主观随意性低,评价结果同时包括各子功能单项指标值和“三生”功能综合指数值,既能反映出区域功能偏向又能得到区域土地集约利用水平。评价结果可直接通过几何直观图展示,便于决策者直观分析。

本文仅从研究时序入手,分析了区域土地多功能演变情况及土地集约利用程度的趋势分析,并未从空间角度入手进行横向评价,分析各项指标之间的差异,尚不能了解区域土地多功能性及集约利用水平的空间变化情况。故此,对其时空演变情况的分析可成为今后的主要研究方向。

[参 考 文 献]

- [1] OECD. Multifunctionality: Towards an Analytical Framework[M]. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, 2001.
- [2] 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.
- [3] de Groot R. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable,

- multi-functional landscapes[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 75(3/4):175-186.
- [4] Scher B, Helming K, Wiggering H. Assessing land use change impacts: A comparison of the SENSOR land use function approach with other frameworks[J]. *Journal of Land Use Science*, 2010, 5(2):159-178.
- [5] Helming K, Diehl K, Kuhlman T, et al. Ex ante impact assessment of policies affecting land use(part A): Analytical framework[J/OL]. *Ecology and Society*, 2011, 16(1):27. <https://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art27/>
- [6] Helming K, Diehl K, Kuhlman T, et al. Ex ante impact assessment of policies affecting land use(part B): Application of the analytical framework[J/OL]. *Ecology and Society*, 2011, 16(1):29. <https://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art29/>.
- [7] 梁小英, 顾铮鸣, 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.
- [8] 王枫, 董玉祥. 基于灰色关联投影法的土地利用多功能动态评价及障碍因子诊断: 以广州市为例[J]. *自然资源学报*, 2015, 30(10):1698-1713.
- [9] Wiggering H, Dalchow C, Glemnitz M, et al. Indicators for multifunctional land use-linking socio-economic requirements with landscape potentials[J]. *Ecological Indicator*, 2006, 6(1):238-249.
- [10] Reidsma P, Knig 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.
- [11] 程龙, 董捷. 基于全排列多边形综合图示指标法的武汉城市圈土地集约利用评价[J]. *水土保持研究*, 2014, 21(1):183-187.
- [12] 杨树海. 城市土地集约利用的内涵及其评价指标体系构建[J]. *经济问题探索*, 2007(1):27-30.
- [13] 陈银蓉, 梅昀, 王传明, 等. 城市土地集约利用的研究[J]. *国土资源科技管理*, 2006, 23(5):7-12.
- [14] 陈莹, 刘康, 郑伟元, 等. 城市土地集约利用潜力评价的应用研究[J]. *中国土地科学*, 2002, 616(4):26-29.
- [15] 王伟华. 基于主成分分析法的城市土地利用集约度研究[J]. *内蒙古农业大学学报: 社会科学版*, 2005, 7(4):448-450.
- [16] 黎一畅, 周寅康, 吴林, 等. 城市土地集约利用的空间差异研究: 以江苏省为例[J]. *南京大学学报: 自然科学版*, 2006, 42(3):309-315.
- [17] 曹银贵, 周伟, 王静, 等. 基于主成分分析与层次分析的三峡库区耕地集约利用对比[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(4):291-296.
- [18] 薛俊菲, 邱道持, 卫欣, 等. 小城镇土地集约利用水平综合评价探讨: 以重庆市北碚区为例[J]. *地域研究与开发*, 2002(4):46-50.
- [19] 汪波, 郑家响. 我国大城市土地集约利用评价研究[J]. *北京科技大学学报: 社会科学版*, 2006, 22(1):24-28.
- [20] 陈海燕, 李闽. 江苏省城市土地利用集约评价及区域分异特征[J]. *中国土地科学*, 2007, 21(5):61-65.
- [21] 宋吉涛, 方创琳, 宋吉强, 等. 大都市边缘区乡镇土地集约利用与增长方式转变评价指标体系研究: 以北京市海淀区北部新区 4 镇为例[J]. *资源科学*, 2007, 29(4):170-178.
- [22] 刘力, 邱道持, 粟辉, 等. 城市土地集约利用评价[J]. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 2004, 29(5):887-890.
- [23] 韦中亚, 周贵云, 罗万勤. 一种基于数学形态学的沟壑密度提取算法[J]. *地理学与国土研究*, 2001, 17(2):24-27.
- [24] 周伟, 曹银贵, 乔陆印. 基于全排列多边形图示指标法的西宁市土地集约利用评价[J]. *中国土地科学*, 2012, 26(4):84-90.
- [25] 饶清华, 邱宇, 许丽忠, 等. 基于多目标决策的节能减排绩效评估[J]. *环境科学学报*, 2013, 33(2):617-625.
- [26] 王洪威, 徐建刚, 桂昆鹏, 等. 城市绿地系统生态服务效能评价及优化研究: 以淮安生态新城为例[J]. *环境科学学报*, 2012, 32(4):1018-1024.

(上接第 300 页)

- [13] 温小浩, 李保生, 郑琰明, 等. 岭南东江流域一级阶地网纹红土的时代及其粒度特征[J]. *地理与地理信息科学*, 2009, 25(5):59-63.
- [14] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究英语[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [15] 白根川, 夏建国, 王昌全, 等. 基于地类空间转化趋势模型的眉山市东坡区土地利用转化分析[J]. *资源科学*, 2009, 31(10):1793-1799.
- [16] 胡细英, 熊小英. 东江源头县—寻乌县水环境生态保护研究[J]. *经济地理*, 2004, 24(5):588-591.
- [17] 马晴, 李丁, 廖杰, 等. 疏勒河中下游绿洲土地利用变化及其驱动力分析[J]. *经济地理*, 2014, 34(1):148-155.
- [18] 韩会然, 杨成凤, 宋金平. 北京市土地利用变化特征及驱动机制[J]. *经济地理*, 2015, 35(5):148-154, 197.
- [19] 吕拉昌, 王建军, 滕丽. 基于主体功能区规划的广东发展新格局[J]. *广州大学学报: 社会科学版*, 2009, 8(5):36-41.