基于熵权 TOPSIS 模型的江西省土地利用多功能及其障碍因素动态分析

肖丽群[1,2,3], 邓群钊[1], 林永钦[1], 毛燕玲[1], 刘建生[4]

(1. 南昌大学 管理学院, 江西 南昌 330031; 2. 北卡罗莱纳大学 教堂山分校 城市与区域规划系 中国城市研究中心, 美国, 教堂山, 27599; 3. 南昌大学 江西发展升级推进长江经济带建设协同创新中心, 江西 南昌 330031; 4. 南昌大学 公共管理学院, 江西 南昌 330031)

摘 要: [目的] 分析江西省 2004—2017 年间土地利用多功能状况, 为区域土地持续利用提供支撑。[方法] 构建评价指标体系, 基于熵值法确定各指标权重, 运用 TOPSIS 模型综合评价了江西省土地利用多功能变化状况, 并采用障碍度模型剖析了主要限制因素。[结果] 2004—2017 年江西省土地利用综合功能变化动态度为 297.90%, 经济功能、社会功能和生态功能变化动态度分别为 224.37%, 207.14%, 2 021.61%; 生态功能障碍度逐年下降, 经济功能障碍度波动上升, 2010 年之后主要障碍因子有综合恩格尔系数、产业结构、经济密度、人均 GDP、废水排放强度、人均水资源和城镇登记失业率等。[结论] 江西省土地利用功能总体呈现增长变化趋势, 但各项功能变化有所差异, 其中土地利用生态功能变化最大; 土地利用功能实现从经济社会型向生态社会型转变; 不同阶段限制土地利用功能发挥的因素有所差异, 目前主要为经济障碍因子。

关键词: 土地利用; 多功能; 熵权; TOPSIS 模型; 江西省

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2020)01-0176-08 **中图分类号**: F301.24

文献参数: 肖丽群, 邓群钊, 林永钦, 等. 基于熵权 TOPSIS 模型的江西省土地利用多功能及其障碍因素动态分析[J]. 水土保持通报, 2020, 40(1): 176-183. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2020.01.026; Xiao Liqun, Deng Qunzhao, Lin Yongqin, et al. Dynamic analysis on multifunctionality of land use and obstacle factors in Jiangxi Province based on entropy weight TOPSIS model[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(1): 176-183.

Dynamic Analysis on Multifunctionality of Land Use and Obstacle Factors in Jiangxi Province Based on Entropy Weight TOPSIS Model

Xiao Liqun[1,2,3], Deng Qunzhao[1], Lin Yongqin[1], Mao Yanling[1], Liu Jiansheng[4]

(1. *School of Management, Nanchang University, Nanchang, Jiangxi* 330031, *China*; 2. *Program on Chinese Cities, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, USA*, 27599; 3. *Collaborative Innovation Center of Upgrading Development of Jiangxi to Advance the Constructive of Yangtze River Economic Belt, Nanchang, Jiangxi* 330031, *China*; 4. *School of Public Administration, Nanchang University, Nanchang, Jiangxi* 330031, *China*)

Abstract: [Objective] The multifunctional land use in Jiangxi Province from 2004 to 2017 was analyzed to support regional sustainable land use. [Methods] An evaluation index system was developed, and the multifunctional changes of land use in Jiangxi Province were measured using the TOPSIS model based on the entropy method. The obstacle model was used to analyze the main restrictive factors. [Results] The dynamic degree of land use comprehensive function change in Jiangxi Province from 2004 to 2017 was 297.90%. The dynamic degrees of economic function, social function, and ecological function were 224.37%, 207.14%, and 2 021.61%, respectively. The degree of ecological dysfunction decreased, and the degree of economic

收稿日期: 2019-07-25 **修回日期**: 2019-09-26

资助项目: 国家自然科学基金项目"AGIL 理论视阈下易地扶贫搬迁的减贫长效机制研究"(41761038), "基于资源异质性和合作博弈架构下的区域土地—产业结构综合优化配置研究: 以江西省为例"(71764017); 国家留学基金委资助项目(201806825096); 江西省社会科学研究规划项目(19GL04); 江西省高校人文社会科学研究项目(GL1581)

第一作者: 肖丽群(1980—), 女(汉族), 江西省吉安人, 博士, 讲师, 主要从事土地经济利用与管理研究。Email: sunflowerxlq@163.com。

dysfunction increased year after year. After 2010, the main obstacle factors were the comprehensive Engel's coefficient, industrial structure, economic density, per capita GDP, wastewater discharge intensity, per capita water resources, and urban registered unemployment rate. [Conclusion] The overall function in Jiangxi Province shows a steady upward trend. However, changes varied between the functions, and the changes in the land use ecological function were the largest. The land use function demonstrated the transition from an economic society to an ecological society. The factors that limit the land use functions vary at different stages, and the main limiting factor is currently economical.

Keywords: land use; multifunctionality; entropy weight; TOPSIS model; Jiangxi Province

土地是人类生存与发展的重要载体,在使用过程中为人类提供各方面的产品和服务,体现着土地利用的多功能性。开展土地利用多功能性研究,有利于衡量和评价土地利用对人类福祉的影响[1],有助于促进国民经济、社会和生态环境各方面协调发展[2]。多功能性的研究始于农业方面,2001 年经济合作与发展组织(OECD)首次对农业土地多功能性概念进行了概括[3],之后土地利用多功能性研究成为国内外学术界关注的热点。国外学术界对多功能性研究已从农业方面[4-5],逐渐扩展到生态系统[6]、景观[7]等领域,研究方法也已从定性分析发展到定量研究。2016 年以来,土地利用远程耦合、协同与权衡研究逐渐成为国际可持续研究前沿[8]。国内学术界对土地利用多功能性研究还处于初步发展阶段,研究内容涉及土地利用多功能性识别与分类[9-12]、多功能性评价指标体系构建[13-17]、评价方法[18-20]等,取得了丰硕成果。开展土地利用多功能性研究的目的除了测度土地利用功能水平,更重要的是要衡量土地利用各功能发展的协调性,识别影响土地利用功能的障碍因素,进而制定相关政策,调整土地利用行为,促进经济、社会和生态环境协调发展。由于中国对土地利用多功能性研究起步相对较晚,在土地利用多功能性的动态变化特征、各功能之间的协调性、障碍因素诊断等方面的研究还有待完善。

基于此,本文通过构建经济、社会、生态三维指标体系,运用熵权 TOPSIS 模型测度江西省土地利用多功能性,并引入功能变化动态度公式测度不同时期土地利用功能的相对变化程度,分析土地利用多功能动态变化特征,衡量土地利用多功能协调性,厘清土地利用多功能障碍因素,以期为推进江西省绿色崛起提供土地利用决策支持,同时也为其它省市的土地利用决策提供借鉴。

1　研究区域及数据来源

1.1　研究区概况

江西省地处中国承东启西、连南通北的战略位置,介于 113°34′—118°28′E,24°29′—30°04′N 之间,是长江经济带重要组成部分。土地面积 1.67×10^5 km^2,占全国土地面积的 1.73%。地形三面环山,地貌以山地和丘陵为主,全境山地丘陵占总面积的 78%。江西省是全国产粮大省,但是由于历史原因,经济基础比较薄弱,经济社会发展水平较落后。2004 年国家提出中部地区崛起战略,江西作为中部地区 6 个省份之一,开始了崛起之路。2009,2012 年和 2014 年国务院先后批复和下发了《鄱阳湖生态经济区规划》《国务院关于支持赣南等原中央苏区振兴发展的若干意见》《江西省生态文明先行示范区建设实施方案》,江西省成为中国首批全境列入生态文明先行示范区建设的省份之一。作为典型的中部地区经济欠发达省份,江西省在这三大国家战略实施下,加快转变经济发展方式,调整产业结构,努力推动经济社会发展与生态环境保护共赢,打造生态文明建设的"江西模式"。近年来,江西省经济社会运行稳中有进,生态文明建设成效显著,但在如何进一步发挥土地利用功能,促进经济、社会与生态环境协调发展等问题上还需要加强关注。

1.2　数据来源与处理

本文研究涉及经济、人口、土地、粮食、就业、交通、资源和环境等数据。相关的指标数据主要来源于 2005—2018 年的《中国统计年鉴》、《江西省农业统计年鉴》、《江西统计年鉴》、江西省国民经济和社会发展统计公报以及统计局网站。本文利用极值标准化方法对原始数据进行处理,使不同量纲的数据之间具有可比性。

正向指标标准化公式:

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij} - \min_j}{\max_j - \min_j} \tag{1}$$

负向指标标准化公式:

$$x_{ij}' = \frac{\max_j - x_{ij}}{\max_j - \min_j} \tag{2}$$

式中:x_{ij},x_{ij}'为第 j 年第 i 个指标的原始值和无量纲化值;$\max_j$,$\min_j$ 为第 i 个指标最大值和最小值。

2 研究方法

2.1 土地利用多功能类型与指标体系构建

土地利用多功能是指不同的土地利用方式所提供的产品和服务。土地利用多功能性评价则是出于可持续利用目的，衡量土地利用给人类提供的商品、服务以及满足人类各方面需求的程度。目前中国还未对土地利用各功能进行统一分类。有学者将土地利用功能分为生产、生态、生活[12]或社会、经济、环境[6]三大功能，也有学者认为文化功能也是土地利用的重要功能之一，土地利用功能分为经济、环境、社会、文化四大功能[19]。此外，陈影等[21]在研究县域耕地、园地等微观尺度土地利用时进一步扩展了功能构成，将土地利用功能分为原材料供应功能、生物性生产功能、景观文化遗产功能、生态、承载和交通功能等。本文借鉴已有研究成果，遵循“人口、资源、环境相均衡，经济、社会、生态功能相统一”的原则，结合江西省土地利用可持续发展要求，从宏观层面将土地利用功能划分为经济、社会、生态三大功能，在此基础上构建包括经济密度、人均 GDP、产业结构、城镇登记失业率等 18 个指标的评价指标体系（见表 1），分析 2004—2017 年江西省土地利用多功能变化特征及障碍因素。

表 1 土地利用功能分类及指标体系

目标层	子目标层	指 标	代号	属性	指标解释	权重
土地利用多功能性	经济功能	经济密度	N_1	+	GDP/区域土地总面积	0.070 9
		人均 GDP	N_2	+	区域 GDP/区域总人口	0.069 8
		产业结构	N_3	+	第三产业产值/区域 GDP	0.059 6
		人均粮食产量	N_4	+	粮食产量/区域总人口	0.041 4
		粮食单产	N_5	+	粮食总产量/粮食作物占用耕地面积	0.062 4
		交通用地密度	N_6	+	交通用地/区域土地总面积	0.035 3
		综合恩格尔系数	N_7	−	农村和城镇居民家庭恩格尔系数均值	0.040 2
	社会功能	城镇登记失业率	N_8	−	城镇登记失业人数/(城镇从业人数+城镇登记失业人数)	0.028 5
		城镇居民人均住房建筑面积	N_9	+	城镇住房建筑面积/区域城镇人口	0.033 8
		人均城市道路面积	N_{10}	+	城市道路面积/区域城镇人口	0.055 4
		城乡居民收入平衡指数	N_{11}	+	农民人均纯收入/城镇居民人均可支配收入	0.067 5
		人口密度	N_{12}	+	区域总人口/区域土地总面积	0.049 0
		城镇人均公园绿地面积	N_{13}	+	绿地总面积/区域城镇人口	0.052 6
	生态功能	森林覆盖率	N_{14}	+	森林总面积/区域土地总面积	0.120 8
		人均水资源	N_{15}	+	水资源量/区域总人口	0.062 8
		废水排放强度	N_{16}	−	废水排放总量/区域土地总面积	0.074 9
		自然保护区面积比例	N_{17}	+	自然保护区面积/区域土地总面积	0.021 8
		水土流失综合治理面积	N_{18}	+	综合治理的水土流失面积	0.053 4

土地利用经济功能是指土地多样化利用过程中保持农业物质生产、经济发展和交通基础设施供给的功能。本文选取人均粮食产量（N_4）、粮食单产（N_5）表征土地的农业物质生产功能，选取经济密度（N_1）、人均 GDP（N_2）、产业结构（N_3）和综合恩格尔系数（N_7）表征土地经济活动产出的功能，选取交通用地密度（N_6）表征土地提供交通基础设施服务的功能。土地利用社会功能是指土地利用系统提供空间承载、就业支持、休闲娱乐、社会保障等关系人类福祉和社会发展的基本功能。本文选取城镇居民人均住房建筑面积（N_9）、人口密度（N_1）表征土地为人类提供栖息居住的空间承载功能，选取城镇登记失业率（N_8）表征土地的就业支持功能，选取城镇人均公园绿地面积（N_{13}）、人均城市道路面积（N_{10}）表征土地休闲娱乐功能，选取城乡居民收入平衡指数（N_{11}）表征土地社会保障功能。土地利用生态功能是指土地利用系统在物质和能量迁移、转化过程中，为人类生存、生产和可持续发展提供的一系列自然条件和效用，具体包括资源供给功能、生态维持功能和环境净化功能等。本文结合江西省实际情况，并考虑到数据的可获得性，选取人均水资源（N_{15}）、自然保护区面积比例（N_{17}）表征土地资源供给功能，选取森林覆盖率（N_{14}）、水土流失综合治理面积（N_{18}）表征土地维持生态系统平衡功能，选取废水排放强度（N_{16}）表征土地环境净化功能。土地利用经济功能、社会功能、生态功能交织在一起，使土地利用系统呈现出多功能性。

2.2 土地利用多功能性评价方法

（1）确定指标权重。本文采用熵值法确定指标权重。熵值法是一种根据指标值的变异程度来确定指标权重的客观评价方法。该方法可以有效反映数

据中隐含的信息,能够达到全面反映各类信息的目的[22]。具体计算步骤为:

①计算指标的信息熵值 e_j:

$$e_j=-1/\ln(m)\sum_{i=1}^{m}p_{ij}\ln p_{ij} \tag{3}$$

式中:$p_{ij}=x'_{ij}/\sum_{i=1}^{m}x'_{ij}$,$P_{ij}$ 为第 i 年第 j 项评价指标值占第 j 项评价指标之和的比重,$-1/\ln(m)$为信息熵系数,m 为评价年数。

②利用信息熵 e_j 计算熵权:

$$w_j=(1-e_j)/\sum_{j=1}^{n}(1-e_j) \tag{4}$$

(2) 构建评价模型。TOPSIS(technique for order preference by similarity to ideal solution)模型,是一项系统工程中有限方案多目标决策分析技术,为优劣解距离评价法[23]。该模型具有能够充分利用原始数据、测算过程中数据损失量较小、不受参考序列选择干扰、几何意义直观等优点。具体实施步骤如下:

①基于熵值法得到的熵权,构建加权的决策矩阵:

$$z=w_j\times x'_{ij}=\begin{bmatrix}z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1j}\\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2j}\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ z_{i1} & z_{i2} & \cdots & z_{ij}\end{bmatrix} \tag{5}$$

②确定正、负理想解。令 z^+ 为正理想解,z^- 为负理想解:

$$\begin{aligned}z^+&=\{\max z_{ij}\mid i=1,2,\cdots,m\}\\&=\{z_1^+,z_2^+,\cdots,z_m^+\}\\z^-&=\{\min z_{ij}\mid i=1,2,\cdots,m\}\\&=\{z_1^-,z_2^-,\cdots,z_m^-\}\end{aligned} \tag{6}$$

③计算距离。令 D^+ 为评价指标到正理想解的距离,D^- 为评价指标到负理想解的距离:

$$D_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(z_{ij}-z_j^+)^2};\quad D_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(z_{ij}-z_j^-)^2} \tag{7}$$

④测算各指标与正理想解的贴近度 C。

$$C=\frac{D_i^-}{D_i^+-D_i^-} \tag{8}$$

式中:C 的取值介于 0 至 1 之间,其值越大,表示土地利用多功能性越接近正理想解,土地利用多功能性评价越高;反之,则表示土地利用多功能性评价越劣。本文根据国内目前的研究结果[24-25],将 C 划分为 4 个等级,用以表示土地利用多功能性的优劣状态(见表 2)。

表 2　土地利用多功能性评判标准

功能性	较差	一般	良好	优秀
贴近度	0.00～0.30	0.31～0.60	0.61～0.80	0.81～1.00

2.3　土地利用功能变化动态度及协调性测算

引入功能变化动态度(d)测度不同时期土地利用功能的相对变化程度。计算公式为:

$$d=(f_{t+1}-f_t)/f_t\times 100\% \tag{9}$$

式中:d 为功能变化动态度;f_{t+1},f_t 为 $t+1$ 和 t 时期的功能值。

引入功能标准差(σ)测度土地利用功能值之间的差异,反映土地利用多功能协调性。计算公式为:

$$\sigma=\sqrt{\sum(f-\bar{f})/N} \tag{10}$$

式中:σ 为功能标准差;$\bar{f}$ 为功能值均值;N 为功能数。σ 值越小,表明土地利用多功能协调性越高;反之,则表明土地利用多功能协调性越低。

2.4　障碍度模型

为了识别出江西省土地利用多功能发挥的制约因素,以便更好地为制定相关土地利用决策提供依据,本文构建障碍度模型,系统分析各项指标的障碍因子。计算公式为:

$$Y_j=R_jW_j/(\sum_{j=1}^{m}R_jW_j)\times 100\% \tag{11}$$

式中:$R_j=1-x'_{ij}$,x'_{ij} 为极值标准化后的值;W_j 为每个指标对土地利用多功能性的影响程度。

3　结果与分析

3.1　土地利用功能变化特征

利用公式(1)—(8),计算得到江西省 2004—2017 年土地利用经济功能值、社会功能值、生态功能值和综合功能值(见表 3)。

表 3　江西省土地利用多功能性评价结果(2004－2017)

年份	经济功能	社会功能	生态功能	综合功能
2004	0.240 5	0.288 7	0.038 4	0.204 4
2005	0.231 7	0.232 4	0.156 9	0.203 2
2006	0.270 9	0.278 1	0.188 3	0.239 5
2007	0.284 9	0.262 5	0.113 0	0.220 6
2008	0.324 2	0.338 4	0.167 8	0.270 6
2009	0.397 7	0.392 4	0.276 6	0.344 0
2010	0.365 5	0.492 8	0.723 6	0.557 2
2011	0.516 0	0.609 4	0.648 9	0.601 3
2012	0.580 4	0.613 5	0.823 4	0.683 0
2013	0.639 1	0.684 4	0.733 3	0.692 0
2014	0.676 1	0.784 9	0.785 2	0.744 9
2015	0.725 4	0.839 9	0.865 7	0.802 6
2016	0.774 7	0.875 7	0.939 0	0.848 5
2017	0.780 1	0.886 7	0.814 7	0.813 3

再利用公式(9)—(10),计算得到江西省 2004—2017 年土地利用功能动态变化度和功能标准差(见表 4)。

表4 江西省土地利用多功能变化动态度和功能标准差

功能类型	功能值			功能变化动态度/%			功能标准差		
	2004年	2009年	2017年	2004—2009年	2009—2017年	2004—2017年	2004年	2009年	2017年
经济功能	0.240 5	0.397 7	0.780 1	65.36	96.15	224.37	0.108 4	0.055 9	0.044 4
社会功能	0.288 7	0.392 4	0.886 7	35.92	125.97	207.14			
生态功能	0.038 4	0.276 6	0.814 7	620.31	194.54	2 021.61			
综合功能	0.204 4	0.344 0	0.813 3	68.30	136.42	297.90			

3.1.1 土地利用多功能总体变化特征及分析 土地利用功能总体呈现增长趋势。研究期间江西省土地利用综合功能呈现向上增长趋势,综合功能值由2004年的0.204 4提高到2017年的0.813 3,功能变化动态度达到297.90%。表明随着城镇化的推进和经济水平的增长,江西省土地利用活动活跃,土地在社会经济增长过程中发挥着重要的作用。但是,各单项功能变化程度不一致,对提升土地利用综合功能作出的贡献不同。土地利用生态功能变化最大,率先在2010年进入良好水平阶段,对促使土地利用综合功能快速提升发挥了巨大作用;社会功能紧随其后,于2011年达到良好水平;而经济功能比较落后,在2013年才进入良好水平阶段。说明江西省生态文明建设取得重大进展,而经济发展还需进一步加强。

土地利用多功能协调性呈现增强趋势。表4显示,2004,2009,2017年江西省土地利用功能标准差呈下降趋势,依次为0.108 4,0.055 9,0.044 4,表明土地利用多功能协调性逐渐增强。2004年,土地利用各项功能水平都非常低,特别是土地利用生态功能值只有0.038 4,远远低于经济功能和社会功能,土地利用各项功能处于低水平不协调发展状态;2009年之后,土地利用生态功能逐渐赶上并超过经济功能和社会功能,土地利用各项功能达到中高水平协调状态。说明江西省把绿色发展理念贯穿于经济社会发展全过程,促进了经济、社会与生态的协调发展。

土地利用多功能实现转型。2009年之前,江西省土地利用功能总体水平低下,以经济功能、社会功能为主导,生态功能水平较低;2009年之后,在"中部地区绿色崛起先行区"建设战略指导下,江西省树立绿色低碳发展理念,坚持走生态优先、绿色崛起发展之路,促使土地利用生态功能得到增强,土地利用功能逐渐从经济社会型向生态社会型转变。

3.1.2 单项土地利用功能值变化特征及分析

(1) 土地利用经济功能。江西省土地利用经济功能除了在2010年有轻微波动外,总体呈现上升发展趋势,其发展变化具有明显的阶段性特征(如图1所示)。2004—2007年期间,土地利用经济功能处于较差水平,其功能值都低于0.30,主要原因是该期间江西省经济发展处于重要转折阶段,处在诸多难得战略机遇期和多重矛盾叠加凸显期,产业结构转型困难,经济增长缓慢。2008—2012年期间,土地利用经济功能水平有所提高,达到一般水平,主要原因是该期间全省上下围绕科学发展主题和全面转型的主线,抓住国家促进中部崛起战略机遇,加快转变经济发展方式,启动了涉及公路、铁路、机场等多个领域的基础设施建设,带动了旅游业、房地产业等一大批相关产业发展,促进了区域经济增长。2013年后,随着江西省城镇化、工业化和农业现代化的推进,人均GDP和第三产业比重等指标不断提高;公路里程快速增加,交通运输条件得到较大改善,为经济发展提供了良好的交通保障;作为传统的粮食生产大省,农业生产向规模化、现代化发展,粮食单产量也进一步得到提高。2013—2017年期间土地利用经济功能进一步发展到良好水平。整体而言,土地利用经济功能有较大发展,由2004年的0.240 5提高到2017年的0.780 1,功能动态变化度达到224.37%。但是由于近代的江西工业起步较晚,经济基础薄弱,经济发展相对落后,土地利用经济功能水平不高,还有待进一步发展。

(2) 土地利用社会功能。研究期间,土地利用社会功能与经济功能变化特征类似,在2007年之前社会功能都低于0.30,处于较差水平;之后,社会功能增长速度加快,先后分别于2011年和2015年进入良好水平和优秀水平阶段(如图1所示)。城乡居民的收入水平、居住条件、家园环境等不断改善和优化,共同促使土地利用社会功能在2004—2017年期间呈现稳步上升趋势,变化动态度为207.14%。2004年,全省城乡居民生活水平低下,吃、住、行等需求只能得到基本满足。随着城乡改革的深入,全省经济总量不断扩大,城镇居民人均可支配收入和农民人均纯收入持续增长,分别从2004年的7 560元和2 953元增加到2017年的31 198元和13 242元,土地社会保障功能得到加强;2008年9月全省启动了"一大四小"造林绿化工程建设,城市人均公园绿地面积于2017年达到了14.5 m^2,比2004年增长了一倍;受商品房改革和住房保障政策的影响,城镇居民人均住房建筑面积也从2004年的25.56 m^2 增长到2017年的42.5 m^2,土

地的居住家园功能得到显著改善。但土地的就业支撑功能不高,限制了土地利用社会功能的发挥。因此,新型城镇化过程中还需加强关注居民就业问题,努力提升土地就业支撑功能。

(3) 土地利用生态功能。土地利用生态功能在研究期间上升最快,功能变化动态度高达 2 021.61%,由 2004 年的 0.038 4 上升到 2017 年的 0.814 7,并且在 2016 年时达到最高值 0.939 0(如图 1 所示)。2004—2009 年期间,生态功能一直落后于经济功能和社会功能,处于较差水平状态。2009 年 12 月国务院正式批复《鄱阳湖生态经济区规划》,把约占江西全省 30%土地面积的鄱阳湖生态经济区建设上升为国家战略。在"一大四小"、"六大体系"、"十大工程"建设下,全省生态环境明显改善。特别是 2014 年 12 月国家把江西省全境列入国家生态文明先行示范区以来,省委、省政府为了打造中部地区绿色崛起先行区,将"生态+"理念融入产业发展全过程、全领域,大力发展绿色生态农业、生态旅游、大健康等生态产业,积极探索绿色低碳循环发展路径,推动产业转型升级,努力提升生态文明建设的水平。森林覆盖率、自然保护区面积比例、水土流失综合治理面积等指标得到较快提高,土地资源供给功能、维持生态系统平衡功能、环境净化功能得到增强。2010—2017 年期间,土地利用生态功能明显得到提升,赶上并超过经济功能和社会功能。说明江西省生态文明建设成效显著,需继续发挥生态优势,发展绿色经济。

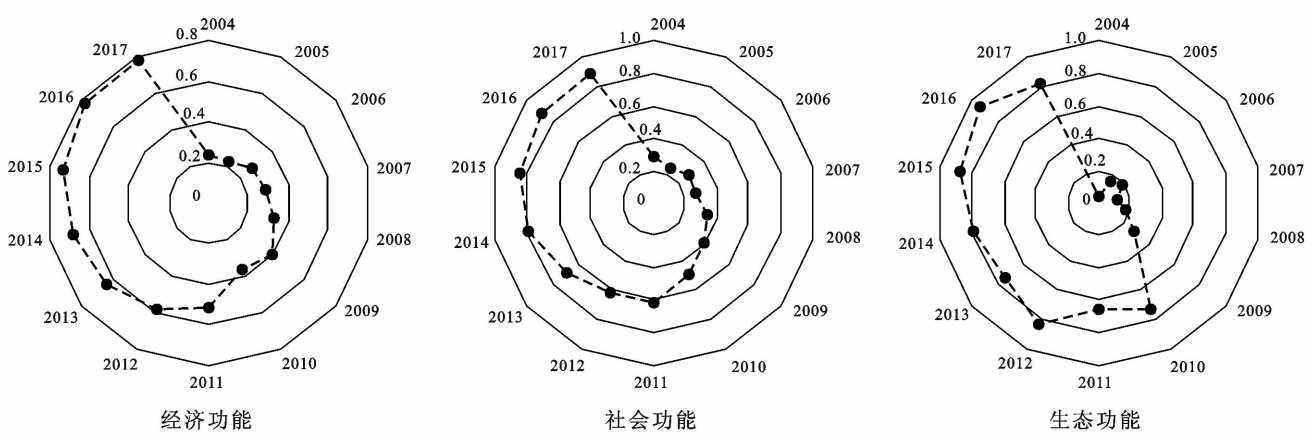


图 1　2004—2017 年江西省土地利用各项功能值变化

3.2　障碍因素分析

为了更有效地发挥土地利用功能,本文在测度土地利用多功能值、功能动态度和协调性的基础上,进一步剖析影响土地利用功能的障碍因素。

3.2.1　子目标层的障碍度　利用公式(11),测算得到土地利用多功能子目标层障碍度(见图 2)。

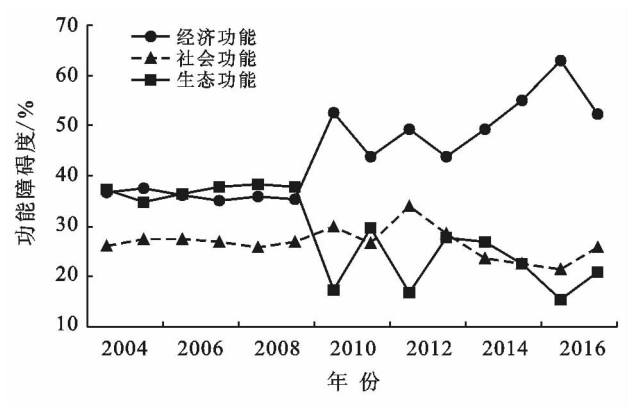


图 2　江西省土地利用多功能子目标层障碍度

(1) 从发展趋势来看,各功能障碍度随时间变化状况不一。经济功能障碍度呈现波动上升趋势,其障碍度从 2004 年的 36.86%上升到了 2017 年的 52.22%,其中在 2016 年达到最高值 62.95%;社会功能障碍度在研究期间上下波动不大,基本维持不变;生态功能障碍度呈现逐年下降趋势,其障碍度从 2004 年的 37.16%下降到 2017 年的 21.01%。可见,经济功能是制约土地利用综合功能提升的最大障碍。因此,今后江西省要实现土地资源的有效利用,必须进一步关注土地利用经济功能。

(2) 从阶段特征来看,2004—2009 年期间生态功能障碍度高于经济功能和社会功能障碍度。2010—2017 年期间,经济功能障碍度高于社会功能和生态功能障碍度。由此可见,江西省在鄱阳湖生态经济区建设和国家生态文明先行示范区建设的政策指引下,在一定程度上转变了经济发展方式,提高了土地利用生态功能。但是,经济发展方面还存在一些问题,限制了土地利用综合功能的发挥。因此,江西省要实现在中部地区崛起,在今后的发展过程中还要大力调整

土地利用结构，转变经济发展方式，进一步提高经济发展水平。

3.2.2 指标层主要障碍因子的障碍度 从以上分析得知，江西省土地利用多功能及障碍度具有明显的阶段性特征，可以分为 2004—2009 年和 2010—2017 年两个特征鲜明的时间段。为了便于观察和分析，本文分别提取 2004—2009 年和 2010—2017 年指标层因子均值排名前 7 位的主要指标因子(见表 5)。结果显示，2004—2009 年期间，影响江西省土地利用功能的障碍因子主要有废水排放强度、经济密度、森林覆盖率、人均 GDP、城乡居民收入平衡指数、粮食单产和产业结构等；2010—2017 年期间，影响江西省土地利用功能的障碍因子主要有综合恩格尔系数、产业结构、经济密度、人均 GDP、废水排放强度、人均水资源和城镇登记失业率等。这说明，江西省在不断强化“既要金山银山，更要绿水青山”的生态发展理念下，废水排放强度降低了，森林覆盖率提高了，绿色生态优势持续巩固，生态文明建设成效显著。但是，江西经济发展处于重要的转型时期，经济基础比较薄弱，产业结构转型还不到位，经济和社会还需向“高质量”方面发展。

表 5 土地利用多功能指标层主要障碍因子障碍度

时段	类别	指标排序						
		1	2	3	4	5	6	7
2004—2009 年	障碍因子	N_{16}	N_1	N_{14}	N_2	N_{11}	N_4	N_3
	障碍度/%	8.73	8.25	8.11	8.07	7.49	6.44	6.31
2010—2017 年	障碍因子	N_7	N_3	N_1	N_2	N_{16}	N_{15}	N_8
	障碍度/%	15.20	9.58	7.44	7.26	7.23	7.06	6.30

4 结论与展望

本文以江西省为研究对象，在土地功能分类的基础上，构建经济、社会和生态三维指标体系，利用熵权 TOPSIS 模型，分析了江西省 2004—2017 年的土地利用多功能及障碍因素变化情况。结果表明：

(1) 总体而言，研究期间江西省土地利用功能呈现增长趋势，但各项功能变化有所差异，土地利用生态功能变化最大，远远高于经济功能和生态功能变化动态度；土地利用多功能协调性呈现增强趋势，土地利用各项功能逐渐从低水平不协调状态向中高水平协调状态转变；生态功能得到增强，土地利用功能实现从经济社会型向生态社会型转变。

(2) 单项土地利用功能变化表现为：土地利用经济功能与社会功能变化特征类似，总体呈现平稳上升的趋势。在 2007 年之前两者都处于较差水平，2007 年之后增长速度加快，先后达到一般水平、良好水平和优秀水平。土地利用生态功能在研究期间上升最快，以 2009 年为分界线，2009 年之前生态功能一直落后于经济功能和社会功能，处于较差水平状态；2009 年之后很快赶上并超过经济和社会功能，处于良好以上水平阶段。

(3) 研究期间经济功能障碍度呈现波动上升趋势，社会功能障碍度基本维持不变，生态功能障碍度呈现逐年下降趋势。2004—2009 年期间，影响江西省土地利用功能的障碍因子主要有废水排放强度、经济密度、森林覆盖率、人均 GDP、城乡居民收入平衡指数、粮食单产和产业结构等；2010—2017 年期间，影响江西省土地利用功能的障碍因子主要有综合恩格尔系数、产业结构、经济密度、人均 GDP、废水排放强度、人均水资源和城镇登记失业率等。不同阶段限制土地利用功能发挥的因子有所差异，目前主要为经济障碍因子。

本文通过对 2004—2017 年江西省土地利用多功能及其障碍因素进行分析，揭示了其土地利用多功能的变化轨迹和影响因素。土地利用者的决策和行为影响土地利用结构，土地利用结构又直接决定土地利用功能。江西省土地利用多功能变化具有明显的阶段性特征，在启动生态文明先行示范区建设后，实施了一系列政策措施，促使土地利用生态功能不断加强，呈现不断上升趋势。由此可见，政府政策与土地利用功能之间存在紧密关系，政策变化是土地利用功能变化的起点。本文仅评价了土地利用功能的时序变化特征，可进一步对政策调控进行情景模拟，探讨不同政策情景下土地利用功能的变化规律，进而为土地利用者和政策制定者提供参考。另外，土地利用多功能变化具有时间和空间双重性。因此，除了在时间尺度上研究江西省土地利用多功能变化及障碍因素，还可以从空间尺度上深入探析江西省内部不同县市土地利用多功能的空间分异性。从时空两个角度上全面分析土地利用多功能变化特征，有利于更好地探索江西省土地利用多功能变化的驱动机理和障碍因素。

[参 考 文 献]

[1] 赵文武,房学宁.景观可持续性与景观可持续性科学[J].生态学报,2014,34(10):2453-2459.

[2] 施园园,赵华甫,郧文聚,等.北京市耕地多功能空间分异及其社会经济协调模式解释[J].资源科学,2015,37(2):247-257.

[3] OECD. Multifunctionality: Towards an Analytical Frame-work[R]. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 2001.

[4] Gómez Sal A, González García A. A comprehensive assessment of multifunctional agricultural land-use systems in Spain using a multi-dimensional evaluative model [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2007, 120(1):82-91.

[5] Aubry C, Ramamonjisoa J, Dabat M H, et al. Urban agriculture and land use in cities: An approach with the multi-functionality and sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar)[J]. Land Use Policy, 2012,29(2):429-439.

[6] de Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services[J]. Ecological Economics, 2002,41(3):393-408.

[7] Mastrangelo M E, Weyland F, Villarino S H, et al. Concepts and methods for landscape multifunctionality and a unifying framework based on ecosystem services [J]. Landscape Ecology, 2014,29(2):345-358.

[8] 黄安,许月卿,郝晋珉,等.土地利用多功能性评价研究进展与展望[J].中国土地科学,2017,31(4):88-97.

[9] 党丽娟,徐勇,高雅.土地利用功能分类及空间结构评价方法:以燕沟流域为例[J].水土保持研究,2014,21(5):193-197,203.

[10] 陈婧,史培军.土地利用功能分类探讨[J].北京师范大学学报(自然科学版),2005,41(5):536-540.

[11] 陈睿山,蔡运龙,严祥,等.土地系统功能及其可持续性评价[J].中国土地科学,2011,25(1):8-15.

[12] 李广东,方创琳.城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析[J].地理学报,2016,71(1):49-65.

[13] 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.

[14] 辛芸娜,孔祥斌,郧文聚.北京大都市边缘区耕地多功能评价指标体系构建:以大兴区为例[J].中国土地科学,2017,31(8):77-87.

[15] 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.

[16] 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.

[17] 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.

[18] 张路路,郑新奇,原智远,等.基于全排列多边形综合图示法的唐山市土地利用多功能性评价[J].中国土地科学,2016,30(6):23-32.

[19] 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.

[20] 孙丕苓,许月卿,刘庆果,等.张家口市土地利用多功能性动态变化及影响因素[J].中国农业资源与区划,2018,39(8):65-74.

[21] 陈影,许皞,陈亚恒,等.基于遥感影像的县域土地功能分类及功能转换分析[J].农业工程学报,2016,32(13):263-272.

[22] 程启月.评测指标权重确定的结构熵权法[J].系统工程理论与实践,2010,30(7):1225-1228.

[23] Jun K S, Chung E S, Sung J Y, et al. Development of spatial water resources vulnerability index considering climate change impacts[J]. Science of the Total Environment, 2011,409(24):5228-5242.

[24] 雷勋平, Robin Qiu, 刘勇.基于熵权 TOPSIS 模型的区域土地利用绩效评价及障碍因子诊断[J].农业工程学报,2016,32(13):243-253.

[25] 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.

(上接第 175 页)

[19] 陈龙,谢高地,盖力强,等.道路绿地消减噪声服务功能研究:以北京市为例[J].自然资源学报,2011,26(9):1526-1534.

[20] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学报,2008,23(5):911-919.

[21] 许妍,高俊峰,黄佳聪.太湖湿地生态系统服务功能价值评估[J].长江流域资源与环境,2010,19(6):646-652.

[22] 舒安平,田露,王梦瑶,等.北京海绵城市雨水措施效益评估方法及案例分析[J].给水排水,2018,54(3):36-41.

[23] 车伍, 李俊奇. 城市雨水利用技术与管理[M].北京:中国建筑工业出版社, 2006.

[24] 李大龙,贾绍凤,吕爱锋,等.中国城市 LID 技术设施的成本效益区域差异[J].地理科学进展,2017,36(11):1402-1412.

[25] 李晨,王桂锋,张传杰,等.北方城市海绵社区生态效益分析[J].水土保持通报,2017,37(3):119-124.