

基于全排列多边形图示指标法的湖南省土地多功能性评价

张路路¹, 郑新奇¹, 蔡玉梅², 吕永强¹

(1. 中国地质大学(北京) 信息工程学院, 北京 100083; 2. 中国土地勘测规划院, 北京 100035)

摘 要:多功能性评价是土地多功能利用研究的重要问题。通过构建基于生产、生活、生态的土地多功能识别体系,采用全排列多边形综合图示指标法测度了 1990 年、2000 年、2010 年湖南省土地多功能状态及其变化。研究表明:(1) 全排列多边形图示指标法可用于土地多功能性评价,模型系统整合了评价对象的多种因素,减少了主观因素的影响,提高了评价的客观性和科学性;(2) 研究期间,湖南省土地总功能由 1990 年的 0.10 提高至 2000 年、2010 年的 0.22、0.40。重心由农业生产功能转变为经济生产功能、生活功能等,功能之间协调性逐步下降;(3) 单项功能方面,除农业生产功能有所降低外,经济生产、交通保障、社会保障、就业支撑、居住家园以及生态功能均有不同程度提升。建议今后土地利用中应稳定和提高生态功能,提升土地的农业生产、就业支撑、社会保障等功能,并加强功能间的协调发展。

关键词:土地多功能性; 指标体系; 全排列多边形综合图示指标法; 湖南省

中图分类号:F301

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)05-0298-06

Assessment on Multi-functionality of Land Use Based on the Entire-Array-Polygon Indicator Method in Hu'nan Province

ZHANG Lulu¹, ZHENG Xinqi¹, CAI Yumei², LYU Yongqiang¹

(1. School of Information Engineering, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China; 2. China Land Surveying and Plan Institute, Beijing 100035, China)

Abstract: Assessment on multi-functionality of land use is the key problem in multifunctional land use. We designed an identification system of multifunctional land use according to the productive, social and ecological factors and used the entire-array-polygon indicator method to measure the state of land use functions in 1990, 2000 and 2010, as well as the change in Hu'nan Province. The results show that: (1) the entire-array-polygon indicator method has advantages in multifunctional land use assessment, which takes various factors into account and reduces the influence of subjective factors, so the entire-array-polygon indicator method improves the objectivity and scientificity of multifunctional land use assessment; (2) the total function of land use had dynamic change and had improved from 0.1 in 1990 to 0.22 in 2000 and 0.40 in 2010, the center of land use turned from agriculture production function in the former period to economic production and life function (LEF) in the latter period, and there was a gradually decrease in 20 years; (3) during the study period, except function decrease of food production, the economy production, transportation security, social security, employment security, residential function as well as ecological function were increasing on different degrees. It is suggested to stabilize and improve the ecological function, improve the food production function, employment security, social security, and promote coordinated development of the functions.

Keywords: multifunctional land use; indicator system; entire-array-polygon indicator method; Hu'nan Province

土地是一个兼具自然和社会双重属性的复杂系统^[1]。对其结构和功能的研究成为土地科学研究的重要内容,结构反映土地类型在区域内的质与量的对比关系^[2],功能则揭示土地为人类所能提供产品和服务的能力^[3-4]。当前国际土地科学已从关注土地结构

变化向关注土地功能变化转变,从土地多功能角度寻求土地管理策略成为研究的新范式^[5-9]。全球土地计划(GLP)明确提出要开展土地功能变化及其与制度演化耦合的研究,从而为制定提高土地系统的可持续性提供依据^[10]。在我国,随着粮食安全、经济发展和

收稿日期:2015-09-16

修回日期:2015-10-10

资助项目:国土资源部公益行业科研专项经费项目“基于‘生命共同体’的京津冀土地用途管制政策模拟仿真技术”(201511010-7)

第一作者:张路路(1985—),男,河南博爱人,博士研究生,研究方向为土地信息技术与应用、空间规划。E-mail:luluzhang@cugb.edu.cn

通信作者:郑新奇(1963—),男,河南伊川人,教授,博士生导师,主要从事空间分析与建模、空间规划辅助决策技术、GIS 开发与应用和土地评价与规划研究。E-mail:zhengxq@cugb.edu.cn

生态保护等多目标的驱动,土地多功能利用研究逐渐受到重视^[3,7,11]。多功能性评价是土地多功能利用的重要问题,旨在通过对土地多元化利用所提供的产品、服务及效应进行测度^[5],可为土地利用的生态环境与社会经济效应评估和决策提供科学依据。

目前土地利用多功能性评价研究多采用定量模型分析其时空变化特征,其中功能类型划分和评价模型选择是评价研究关键。在功能类型划分方面,学者Fleskens等^[12]将土地功能分为“经济+社会+文化+生态+生产”5大类,De Groot等^[13]将人类生存所必需的功能分为“调节+居住+生产+信息”4类23项;刘沛等^[14]按功能主体性将土地功能划分为“社会+生态+生产”3大类11项;陈婧^[15]、张洁瑕^[16]等从土地利用系统角度划分的“生产+社会+生态”类型,以及基于可持续发展框架的“社会+经济+环境”功能类型^[3,17];此外,还有学者将土地功能划分为“生产+空间+生态+社会保障”^[18]和“生产+经济+生态+社会”^[7]功能组合。可见,不同研究对土地功能类型的划分不同,但学者们普遍认为土地功能类型具有时空差异特征,应结合区域特点及所处时间确定。在评价模型方面,常见的包括量化与表征两种类型^[11]:量化法以经济价值核算和生态学角度的生态足迹、能流、物质流等方法为代表。表征法被广泛使用,在GLP的框架下,Sensor发展了区域尺度上土地功能评价的方法体系,国内甄霖等^[3,17]构建了土地多功能利用分析框架,方法简单,可反映土地利用指标与功能关系的空间异质与时间变化。但指标与功能间的定量关系确定需依靠大量专家经验打分。此外,通过构建土地利用功能分类指标体系,确定指标权重及阈值,综合计算功能分值来表征土地利用功能水平较为常见。该方法关键是指标权重和阈值确定,但人为确定的权重往往缺乏客观的科学依据,降低了评价的严谨性。

因此本文引入了全排列多边形图示指标法进行区域土地多功能性的测度。作为一种多目标综合评价方法,全排列多边形图示指标法最早用于生态城市评价^[19],目前已拓展到土地集约利用^[20-21]、节能减排绩效^[22]、城乡统筹^[23]、土地增减挂钩适宜性评价^[24]等研究领域。由于该模型仅需确定与决策相关指标的上、下限和临界值即可,可有效克服传统主观判断权重的弊端,减少了评价的主观随意性^[19],且用几何直观图示,具备较强的动态性。本研究基于湖南省3期截面数据,构建土地多功能评价的指标体系,分析湖南省土地利用多功能的变化可为区域土地持续利用提供参考。

1 研究区域及数据来源

1.1 研究区概况

湖南省位于我国中部,长江中游以南、南岭山地以北,云贵高原向江南丘陵、南岭山脉向江汉平原的过渡地带,国土面积21.18万km²,地貌类型以山地、丘陵为主,山地、丘陵和平原面积所占比例分别为46.3%,35.8%,12.6%,水面占5.3%,可开发土地资源有限。省内动植物、矿产和水利资源丰富,是著名的“有色金属之乡”、“非金属矿产之乡”。湖南省自古有“鱼米之乡”之称,是全国粮食主产区和稻谷产量生产第一大省,农业生产中农牧业占比重较大,是农业土地利用的重点。改革开放以来,经济建设突飞猛进,三次产业结构由1978年的40.7:40.7:18.6调整为2010年的14.5:45.8:39.7,经济发展经历了传统农业向现代工业化社会过渡的转型期,已进入工业化中期阶段,处于加速发展期。土地利用目标的逐步多元化,工业、交通和城市建设空间不断挤占农用地和生态用地,由单一土地的农业生产向经济生产、交通承载、社会保障、生态环境等多功能转变。伴随着“中部崛起”、长株潭城市群“两型”社会建设等重要发展机遇,各行各业的发展和多方面对土地资源需求的增长,湖南省的土地利用功能也面临着新的调整与改变,本文试图通过土地利用多功能评价为可持续利用及政策调整提供参考。

1.2 数据来源

研究涉及土地、人口、社会经济、产业发展、交通、就业、自然保护区面积等数据。其中耕地、交通用地数据来源于湖南省土地利用统计年鉴;人口、产业发展、交通运输量等来源于中国统计年鉴(1991—2011年)及1991年、2001年、2011年3年的湖南省统计年鉴,第二、三产业产值是以1978年为基期计算的可比价格;城镇登记失业率数据来源于中国劳动统计年鉴(1991—2011年)和湖南省统计年鉴(1991—2011年);水土流失比例根据湖南省历次土壤侵蚀遥感普查及湖南省统计年鉴(1991—2011年)获得。

2 土地利用多功能类型及评价方法

研究通过划分土地利用功能类型并构建评价指标体系,确定权重及阈值,综合评价计算功能分值,表征土地利用功能水平及动态变化。

2.1 土地利用多功能类型与指标体系构建

本文按照生产—生活—生态的功能分类,将湖南省土地功能划分为生产功能、生活功能、生态功能,自上而下确定每个单项功能下的子功能。生产功能主

要是为人类提供工、农业产品和交通空间功能,结合湖南省实际,考虑到该省农业及畜牧业产值约占全省农林牧渔业总产值的 85%左右,因此确定用粮食生产和畜牧业生产功能代表农业生产功能,用经济功能和交通保障能力来表征区域工业发展;生活功能是从社会保障、就业、居住 3 方面的功能表征土地为人类提供居住、工作和生存空间的基本功能;生态功能则包括土地对维持生物多样性、提供非生物物质资源和维

持生态系统平衡 3 方面功能。
在功能分类基础上,依据可得性、灵敏性和可量化性等原则,结合湖南省研究期间的土地利用特征,侧重选择能反映人类需求状态的指标,如选择人均的粮食产量、猪牛羊肉产量、收入、耕地面积、住房面积、水需求量等指标,此外采用比例指标,减少使用结构和总量指标,直接有效反映功能。在此基础上共选取了 22 个评价指标(表 1)。

表 1 土地功能分类体系及指标

目标层	因素层	指标	单位	指标解释
生产功能	农业生产功能	农业 GDP 比重(N_1)	%	农业产值/区域总产值
		人均粮食拥有量(N_2)	kg/人	粮食产量/区域总人口
		人均猪牛羊肉产量(N_3)	kg/人	猪牛羊肉产量/区域总人口
	经济生产功能	人均二三产业产值(N_4)	万元/人	第二三产业产值之和/区域总人口
		人口城镇化率(N_5)	%	城镇人口/区域总人口
		人均 GDP (N_6)	万元/人	区域 GDP/区域总人口
	交通保障功能	交通用地密度(N_7)	—	交通用地/区域总面积
		货运周转量占全国的比重(N_8)	%	区域货运周转量/全国总货运周转量
		客运周转量占全国的比重(N_9)	%	区域客运周转量/全国总客运周转量
	生活功能	社会保障功能	城乡收入平衡指数(N_{10})	%
农村居民人均收入(N_{11})			元	—
农村恩格尔指数(N_{12})			—	—
就业支撑功能		城镇登记失业率(N_{13})	%	—
		农业人均耕地面积(N_{14})	hm ²	耕地总面积/农村人口
居住家园功能		农村人均居住面积(N_{15})	m ²	—
		城镇人均居住面积(N_{16})	m ²	—
		人口密度(N_{17})	人/km ²	区域总人口/区域总面积
		城镇人均绿地面积(N_{18})	m ² /人	绿地总面积/区域城镇人口
		生态功能	生态功能	自然保护区面积占国土面积比例(N_{19})
森林覆盖率(N_{20})	%			森林总面积/区域总面积
人均水资源量(N_{21})	m ³ /人			水资源量/区域总人口
水土流失面积比例(N_{22})	%			水土流失面积/区域总面积

2.2 土地利用多功能评价指标阈值确定

指标阈值是指区域土地资源在研究期间可持续利用下,各指标能够达到的合理值,对进行多功能性评价结果具有重要影响。指标阈值确定应注意以下原则^[7,17]:(1)尽可能反映自然的承压阈值,如指标 N_{21} ;(2)系统资源约束与开放系统相结合,应用指标为 N_{16} , N_{18} , N_{19} , N_{20} ;(3)高标准且可以追求的发展目标,应用指标为 N_1 , N_2 , N_3 , N_4 , N_5 , N_6 , N_7 , N_8 , N_9 , N_{10} , N_{11} , N_{12} , N_{13} , N_{14} , N_{15} , N_{16} , N_{17} , N_{21} 。在遵照上述准则的基础上, N_3 , N_4 , N_5 , N_6 , N_{13} , N_{16} 等指标阈值参考全国平均水平确定; N_9 , N_{11} , N_{12} , N_{17} , N_{18} , N_{19} , N_{20} , N_{21} 等指标阈值根据公认标准确定; N_1 , N_2 , N_7 , N_8 , N_{10} , N_{14} , N_{15} 等指标根据经验及已有文献确定。

2.3 土地利用多功能评价方法

全排列多边形图示指标法具体定义为^[22]:土地多功能评价有 n 个指标(标准化后的值),以这些指标上限值为半径构成一个中心正 n 边形,各指标值的连

线构成一个不规则中心 n 边形,该 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。对第 i 项土地功能指数进行测算时,采用如下数据标准化函数:

$$S_i = \frac{(U_i - L_i)(N_i - T_i)}{(U_i + L_i - 2T_i)N_i + U_iL_i + L_iT_i - 2L_iU_i} \quad (1)$$

式中: S_i 为土地功能标准化值; N_i 是指标实际值; U_i , L_i , T_i 分别为该项指标值的可持续阈值上限、下限和临界阈值。根据 n 个指标可以作出一个中心正 n 边形,正 n 边形的 n 个顶点为 $S_i=1$ 时的值,中心点为 $S_i=-1$ 时的值,中心点到顶点的线段为各指标标准化值所在区间 $[-1, +1]$,而 $S_i=0$ 时构成的多边形为指标的临界区。临界区内部区域表示各指标标准化值位于临界值以下,其值为负;外部区域表示各指标标准化值位于临界值以上,其值为正(图 1)。

表 2 湖南省土地利用多功能性评价指标阈值

指标名称	单位	可持续阈 值下限	可持续临 界阈值	可持续阈 值上限	1990 年	2000 年	2010 年
农业占 GDP 比重(N ₁)	%	10	20	35	32.40	17.16	13.90
人均粮食拥有量(N ₂)	kg/人	250	400	500	435.00	439.00	401.64
人均猪牛羊肉产量(N ₃)	kg/人	20	45	70	31.00	66.7	60.7
人均二三产业产值(N ₄)	万元/人	500	6000	20000	693.11	4216.01	19341.85
人口城镇化率(N ₅)	%	10	40	70	15.21	29.75	43.30
人均 GDP (N ₆)	万元/人	1000	10000	30000	1149.82	5425.00	24719.00
交通用地密度(N ₇)	—	0.01	0.2	0.35	0.05	0.18	0.31
货运周转量占全国的比重(N ₈)	%	1	2.5	5	2.76	2.92	3.06
客运周转量占全国的比重(N ₉)	%	1	4.5	8	6.04	6.32	7.03
城乡收入平衡指数(N ₁₀)	%	20	50	80	39.49	35.33	33.94
农村居民人均收入(N ₁₁)	元	1000	4000	8000	1545.69	2197.16	5621.96
农村恩格尔指数(N ₁₂)	—	0.8	0.5	0.2	0.64	0.54	0.50
城镇登记失业率(N ₁₃)	%	7	4.5	2	5.89	4.75	4.20
农业人均耕地面积(N ₁₄)	hm ²	0.8	2.5	5	0.18	0.19	0.20
农村人均居住面积(N ₁₅)	m ²	20	30	50	22.27	30.92	42.20
城镇人均居住面积(N ₁₆)	m ²	10	25	40	10.90	20.70	31.20
人口密度(N ₁₇)	人/km ²	100	300	500	288.00	309.82	335.00
城镇人均公共绿地面积(N ₁₈)	m ² /人	5	15	30	5.30	8.10	12.00
自然保护区面积占国土面积的比例(N ₁₉)	%	2	10	15	2.80	3.64	6.50
森林覆盖率(N ₂₀)	%	5	20	60	34.30	52.44	57.01
人均水资源量(N ₂₁)	m ³ /人	100	2300	3800	3000.00	2800.00	2500.00
水土流失面积比例(N ₂₂)	%	40	20	10	22.23	20.23	19.07

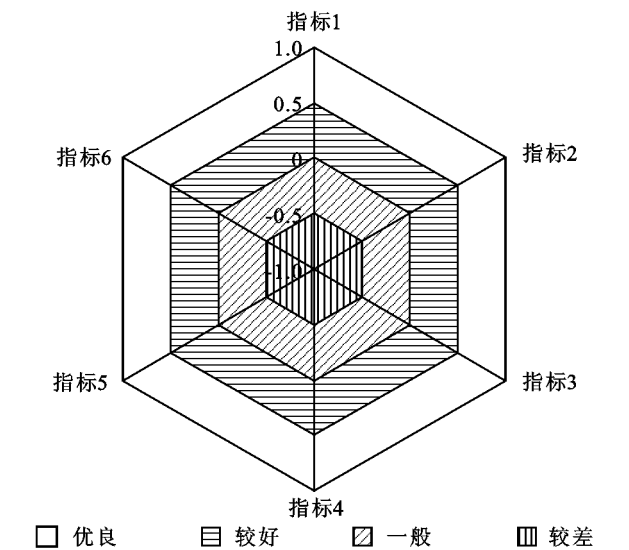


图 1 全排列多边形图示指标法示意图

全排列多边形综合指数计算公式：

$$S=\frac{\sum_{i\neq j}^{i,j}(S_i+1)(S_j+1)}{2n(n-1)}$$

(2)

式中：S 为土地功能值；S_i、S_j 为第 i、j 个分项指标。

该模型将传统加法变为多维乘法，当分项指标值落在临界值以下时，边长小于 1，对综合指标产生紧缩效应；当功能指标值落在临界值以上时，边长大于 1，对综合指标产生放大效应，反映了系统整体大于或小于部分之和的系统整合原理。模型可实现对区域相同指

标间的纵向比较，并实现从高维空间到低维空间的映射，反映区域在原高维空间中的分类信息和排序信息。

2.4 功能协调性评价

引入功能标准差(σ)测度土地利用功能值之间的差异^[5]，反映土地利用多功能协调性。数值越小，土地利用多功能协调性越高；反之功能协调性越低。公式如下：

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum(f-\bar{f})^2}{N}}$$

(3)

式中：σ 为功能标准差； \bar{f} 为功能值均值；N 为功能数。

3 湖南省国土空间多功能性评价

3.1 单项功能值变化特征及分析

分别对湖南省 1990 年、2000 年和 2010 年土地的农业生产、经济生产、交通保障、社会保障、就业支持、居住家园和生态 7 项功能进行计算，结果见表 3、图 2。

(1) 土地生产功能整体呈现增长趋势，但内部各功能变化有所差异。农业生产功能呈先增加后下降状态，经济生产和交通保障功能持续提升。1990 年生产功能以农业生产功能为主，功能分值为 0.375，经济生产和交通保障功能较低，反映出湖南省作为传统的农业生产大省的特征。随着经济体制转型和社会发展需要，二三产业进入快速上升通道，基础设施建设的完善，区域交通保障功能和经济生产功能逐步提升。至 2000 年，随着农业投入的不断增加，虽然人均粮食

产量降低,粮食生产功能受影响,农业占 GDP 比重也由 1990 年的 32.40%下降到 2000 年的 17.16%,但畜牧业占农业生产比重显著提高,使得湖南省农业生产功能水平增加了 7.21%。

表 3 湖南省土地利用多功能值和多功能变化动态度

功能	单项功能	1990 年	2000 年	2010 年	1990—2000 年 功能变化度/%	2000—2010 年 功能变化度/%	1990—2010 年 功能变化度/%
生产功能	农业生产功能	0.375	0.402	0.223	7.21	-44.38	-40.37
	经济生产功能	0.001	0.108	0.650	9366.92	500.48	56746.97
	交通保障功能	0.179	0.355	0.609	98.31	71.53	240.16
生活功能	社会保障功能	0.048	0.086	0.214	77.65	148.81	342.02
	就业支撑功能	0.017	0.018	0.029	7.34	61.46	73.32
	居住家园功能	0.016	0.151	0.384	843.86	154.75	2304.52
生态功能	生态功能	0.204	0.261	0.314	27.72	20.28	53.61

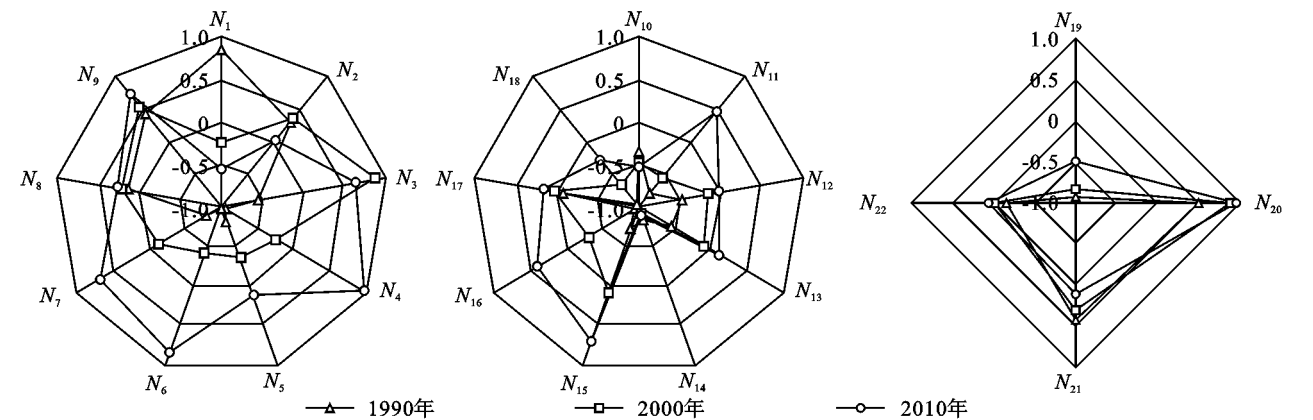


图 2 湖南省土地生产、生活、生态功能评价

新世纪以来,“中部崛起”等国家级发展战略及政策实施,湖南省各项社会经济事业取得长足进步。人均二三产业产值、人口城镇化率、人均 GDP 指标等不断提高。湖南省的交通枢纽角色得以强化提升,交通用地密度由 0.05 提升至 2000 年的 0.18,2010 年的 0.31,提高幅度达到 240.16%,2010 年全省铁路运营里程 3 693 km,公路通车总里程 22.8 万 km。经济生产与交通保障功能上升为主要的生产功能,表明区域进入工业化社会的特征。其间人口增长和耕地面积减少,农业生产虽得到重视,生产性投入不断加大,传统农业在向农业现代化转换,但与二、三产业相比,比较优势仍然较低,农业占 GDP 比重仍降至 2010 年的 13.90%,人口的增长和耕地的减少,耕地补充潜力非常有限,人均粮食拥有量逐步降低,已得到人均粮食拥有量的阈值 400 kg,作为畜牧业大省,2010 年人均猪牛羊肉产量与 2000 年相比略有所降低。湖南是农业大省和全国最重要的商品粮基地,关系到全国的粮食安全态势,其农业生产功能的降低应引起高度重视。

(2) 生活功能研究期间整体呈现上升趋势,社会保障、就业支撑和居住家园等功能均得到了不同程度提升。1990 年区域土地的生活功能以社会保障功能为主,虽然满足了农村居民基本生活需求,但对城乡居

民就业、人均居住面积的支撑保障功能不高。随着农村改革的深入,农村居民收入得到显著提高,由 1990 年的 1 545.69 元提升至 2000 年的 2 197.16 元,城乡收入差距未扩大,土地的社会保障功能呈现大幅度上升趋势。而从就业保障来看,由于农业人均耕地面积小,且二三产业发展刚初见成效,城市失业率下降不明显,功能提升不太显著。2000 年以来,土地利用对农村的社会保障作用凸显,体现在城乡居民收入不断提高。人口不断向城市集聚,同时还有商品房改革等因素影响,土地的居住功能得到显著提升,土地满足居民住房以及居住条件得到明显改善,农村和城镇人均居住面积分别从 22.2,10.90 m² 提升至 42.20,31.20 m²,城镇人均公共绿地面积也比 1990 年提高了 126.42%,人均达到 12 m²,居住家园功能得到显著改善。但土地的就业支撑功能不高,限制性因素为农业人均耕地面积少,尽管自然条件好,便于精耕细作,但规模化与集约化经营程度较低。在新型城镇化的发展背景下,应妥善安置进城务工人员的就业和居住条件。同时要加快农用地流转,促进农业现代化和规模化经营,提升土地对农村人口的就业保障能力。

(3) 生态功能在研究期间有小幅提升,表现出一定的稳定性,但功能水平不高。土地生态功能值由

1990 年的 0.204 提升至 2010 年的 0.314,反映出湖南省在生产功能提升同时,生态功能协同发展的良好势头。特别是 2007 年国务院批准长株潭城市群为“全国资源节约型和环境友好型社会建设综合配套改革试验区”等政策的实施,进一步推动了生态环境保护。从具体指标来看,自然保护区面积、森林覆盖率、水土流失面积比例,均对生态功能的提升起到了促进作用。但人均水资源量在研究期间呈现下降趋势,且逐渐接近可持续发展的 $2\,300\text{ m}^3/\text{人}$ 的标准,在今后的发展中,应以水土资源承载能力和环境容量为基础进行有序开发,减少人为因素对自然生态系统的干扰和破坏。

3.2 综合功能变化特征

土地功能的变换与土地利用者的决策和行为紧密相连,其行为和决策与国家政策又有很大关系^[11]。在国家实施战略带动下,区域的投资力度增加,落实到空间上就是土地开发强度增加和结构变化,政府、企业、农民均会受到影响并采取行动进行响应,进而又影响区域自身的自然、经济情况和投资。一系列的行为会导致土地系统提供的各种产品和服务能力变化,并最终影响区域发展的可持续性。政策实施力度越大,对区域发展的可持续性越明显。从湖南省土地总功能来看(表 3、图 3),由 1990 年 0.1 提升至 2000 年的 0.22,又提高至 2010 年的 0.40,土地功能呈现明显的时间变异性。前期主要以土地的农业生产、生态功能为主,后期受中部崛起战略等发展政策影响,土地结构和土地利用活跃度明显提升,经济和交通等生产功能显著提升,功能变化动态度为上一阶段的 1.5 倍。但整体来看,土地功能仍有较大的提升空间。

从土地功能的协调度来看(图 3),3 期的土地利用单项功能标准差值分别为 0.12、0.20、0.36,反映出土地利用多功能协调性逐步下降。虽然土地利用的各项功能均在提升,但各个功能变化增长的幅度不同,功能之间的差距在增加。尤其值得注意的是粮食生产功能在研究期间呈现下降的趋势,与湖南省作为农业大省的地位不相匹配,应引起管理者的重视。

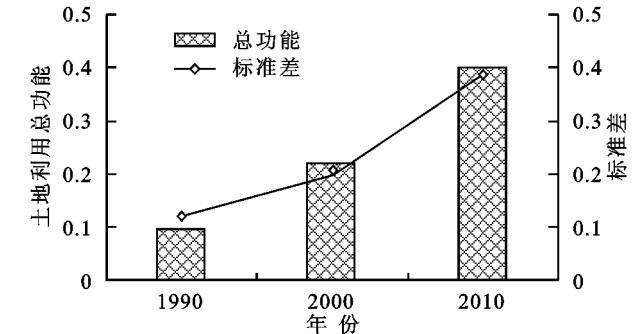


图 3 湖南省土地利用功能综合评价结果

4 结论与建议

(1) 运用全排列多边形图示指标法,按照生产、生活、生态功能分类,选取了 22 个评价指标用于反映湖南省土地多功能利用情况。该方法过程简洁、客观,只需确定土地多功能相关的上限、下限和临界值,不用专家主观评判权系数大小,降低了主观随意性,结果表达既可反映单功能值和综合值,又可以通过几何直观图展示,便于问题诊断和政策指导。指标综合中反映了指标临界值对土地系统功能的放大和紧缩效应,符合土地功能与指标的关系实际。

(2) 研究期间,湖南省土地综合功能分值由 1990 年 0.1 提高至 2000 年、2010 年的 0.22、0.40。土地功能受国家政策影响显著,2000—2010 年土地结构和土地利用活跃度明显提升,土地功能呈现明显的时间变异性。土地功能及其发展定位呈现多元化趋势,土地利用由单一功能逐渐向多功能转变,功能协调性在研究期间呈逐步下降。除农业生产功能有所降低外,其他的经济生产、交通保障、社会保障、就业支撑、居住家园以及生态功能均有不同程度提升,重心由生产功能转变为经济生产、交通保障功能、居住家园等功能变化。在今后发展中,应进一步稳定和提高生态功能,提升粮食生产、就业支撑、社会保障是湖南省今后的土地利用方向,同时要注意功能间的协调发展。

(3) 政策是土地功能变化及区域持续性的起点,可通过对政策调控进行情景模拟,利用全排列多边形图示指标法预测不同情境下土地功能的变化为决策者提供参考。同时,土地利用多功能评价具有尺度性,本研究仅在纵向上探析了区域土地多功能变化,可深入挖掘研究区域内部不同地区的土地功能状况。

参考文献:

[1] 王超. 试论土地的结构与功能[J]. 地域研究与开发, 1984(2):12-21.

[2] 陈传康. 区域农业与农业经济[J]. 资源科学, 1979(2): 64-71.

[3] 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.

[4] Verburg P H, Van De Steeg J, Veldkamp A, et al. From land cover change to land function dynamics: a major challenge to improve land characterization[J]. Journal of Environmental Management, 2009, 90(3): 1327-1335.

[5] 杨雪,谈明洪. 北京市耕地功能空间差异及其演变[J]. 地理研究, 2014, 33(6): 1106-1118.

[6] 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.

- in low-lying mountains of gneiss in Taihang Mountain [J]. China Forestry Science and Technology, 2005, 19 (4):29-31.
- [5] 王升,王全九,董文财,等.黄土坡面不同植被覆盖度下产流产沙与养分流失规律[J].水土保持学报,2012,26 (4):23-27.
- [6] 陈建卓.太行山石灰岩山地水土保持型生态农业试验研究[J].水土保持通报,2005,25(1):82-87.
- [7] 张光辉,刘宝元,李平康.槽式人工模拟降雨机的工作原理与特性[J].水土保持通报,2008,27(6):56-60.
- [8] 赵海云,陈继富,王宏丽,等.优质富硒谷新品种晋谷 29 号选育及其小米深加工[J].作物研究,2007,21(3):394-395.
- [9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [10] 张兴昌,刘国彬,付会芳.不同植被覆盖度对流域氮素径流流失的影响[J].环境科学,2000,21(6):16-19.
- [11] 张佳琪,王红,张瑞芳,等.不同土地利用方式下片麻岩坡面养分流失规律的研究[J].水土保持研究,2014,21 (5):122-125.
- [12] Yan H J, Bai G, He J Q, et al. Influence of droplet kinetic energy flux density from fixed spray-plate sprinklers on soil infiltration, runoff and sediment yield [J]. Biosystems Engineering, 2011, 110(2):213-221.
- [13] 张佳琪,王红,张瑞芳,等.雨强对片麻岩坡面径流养分流失规律的影响[J].水土保持学报,2014,28(3):42-45.
- [14] 林超文,罗春燕,庞良玉,等.不同耕作和覆盖方式对紫色丘陵区坡耕地水土及养分流失的影响[J].生态学报,2010(22):6091-6101.
- [15] 陈晓燕,王茹,卓素娟.不同降雨强度下紫色土陡坡地侵蚀泥沙养分特征[J].水土保持学报,2012,26(6):1-5.
- [16] 朱子龙,周大迈,张爱军,等.不同下垫面太行山片麻岩坡面水土及养分流失规律研究[J].水土保持学报,2014,28(6):61-65.
- [17] Mark A S, Clare M H, Jan W E, et al. The European Nitrogen Assessment: Source, Effects and Policy Perspective [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
- [18] Lavakush Y J, Verma J P, Jaiswal D K, et al. Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa*) [J]. Ecological Engineering, 2014, 62(1):123-128.
- [19] 张赫斯,张丽萍,朱晓梅,等.红壤坡地降雨产流产沙动态过程模拟试验研究[J].生态环境学报,2010,19(5):1210-1214.
- [20] 赵宇,陈晓燕,康静雯.人工模拟降雨条件下紫色土坡面养分流失特征分析[J].水土保持学报,2013,27(1):31-34.



(上接第 303 页)

- [7] 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.
- [8] 宋小青,欧阳竹.中国耕地多功能管理的实践路径探讨[J].自然资源学报,2012,27(4):540-551.
- [9] Global Land Project. Science Plan and Implementation Strategy[R]. Stockholm:IGBP Secretariat, 2005.
- [10] 张红旗,许尔琪,朱会义.中国“三生用地”分类及其空间格局[J].资源科学,2015,37(7):1332-1338.
- [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] Fleskens L, Duarte F, Eicher I. A conceptual framework for the assessment of multiple functions of agro-ecosystems: A case study of Trás-os-Montes olive groves[J]. Journal of Rural Studies, 2009, 25(1):141-155.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 张洁瑕,陈佑启,姚艳敏,等.基于土地利用功能的土地利用分区研究:以吉林省为例[J].中国农业大学学报,2008,13(3):29-35.
- [17] 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.
- [18] 郭欢欢,李波,侯鹰.基于土地功能的土地资源承载力研究:以北京市海淀区为例[J].北京师范大学学报:自然科学版,2011,47(4):424-427.
- [19] 吴琼,王如松,李宏卿,等.生态城市指标体系与评价方法[J].生态学报,2005,25(8):2090-2095.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 王金朔,张庶.基于全排列图示指标法的城乡统筹发展评价:以海口市为例[J].江西农业学报,2014,26(3):139-142.
- [24] 程龙,董捷.基于全排列多边形图示指标法的城乡建设用地增减挂钩适宜区评价[J].农业现代化研究,2013, 34(4):472-476.