

## 福建省土地利用系统的健康评价及障碍因子诊断

吴慧凤 (福建师范大学地理科学学院, 福建福州 350117)

**摘要** 基于对土地利用系统健康评价内涵的理解,采用PSR模型对2005—2014年福建省土地利用系统的健康状况进行评价及障碍因子诊断。结果表明:2005—2014年福建省土地利用系统综合指数总体呈现小幅度上升趋势,综合指数从0.121增加到0.143,福建省土地利用系统的健康等级为“病态”;压力指数总体呈现下降趋势,状态指数和响应指数均呈现上升趋势;系统状态和系统响应的障碍度呈波动下降趋势,且系统状态的障碍度比系统响应的障碍度低,而系统压力的障碍度呈现上升趋势;从长远看,社会经济发展水平及土地集约利用状况将成为主要障碍因子。

**关键词** 土地利用系统;障碍因子诊断;PSR模型;福建省

中图分类号 F301.24 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)02-0042-03

## Health Evaluation on the Land Use System and Diagnosis of Its Obstacle Indicators in Fujian Province

WU Hui-feng (College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350117)

**Abstract** On the basis of the comprehension of the meaning of health on land use system, adopting the PSR model, then an empirical analysis was conducted in Fujian Province from 2005 to 2014. The results showed that the composite index of Fujian Province from 2005 to 2014 have a general small upward trend, and the composite index increased from 0.121 to 0.143. The land use system of Fujian Province is “sick”. The pressure index always showed a downward trend, while status index and response index a rise trend. The degree of disorder of the status system and response system had a declining trend, while the state of the system obstacle degree lower than the system response degree. And the degree of disorder of the pressure system of rising trend. In the long run, social and economic development level and intensive land use status will become the main obstacle factors.

**Key words** Land use system; Obstacle factor diagnosis; PSR model; Fujian Province

随着社会经济不断发展,资源等问题日益突出,尤以土地退化较为明显<sup>[1]</sup>。关于实现土地资源可持续利用的方法问题研究已成为人们研究的热点,而土地利用系统的健康问题也随之兴起,相关研究可为实现土地资源的可持续利用提供相关理论基础和实践指导。土地利用系统的健康是以人类社会可持续发展,促进经济、社会及生态和谐统一为目的,是考察土地利用系统自身是否健康及对人类是否都健康<sup>[2]</sup>。PSR模型是以“原因-效应-反应”为思路,阐释了人类活动给自然界施加的压力,改变了人类的生存环境以及自然资源的状态,并通过决策等方式发生响应,促进土地利用系统的良性循环,既能防止环境恶化,又能提高环境质量<sup>[3-4]</sup>。其中,郭杰等<sup>[2]</sup>、周炳中等<sup>[1]</sup>提出了土地利用系统的内涵及PSR模型的建构;蔡为民等<sup>[5]</sup>研究了土地利用系统健康评价的框架及指标的选择,指出筛选指标应遵循综合性及空间尺度适合性等原则;麦少芝等<sup>[6]</sup>研究了PSR模型在湿地生态系统健康评价中的应用,指出PSR模型具有清晰的因果关系。

笔者采用PSR模型<sup>[7]</sup>建立2005—2014年福建省土地利用系统健康评价指标体系,并分析了影响其健康的主要障碍因子,以期土地利用实施可持续性管理和合理利用提供依据。

## 1 数据来源与研究方法

**1.1 研究区概况** 福建省(115°50′~120°40′E, 23°30′~28°22′N)位于我国东南沿海,地势西北高、东南低,多山地丘陵,光热条件较好,属亚热带季风气候<sup>[8]</sup>。福建省拥有丰富的潮汐能和矿产资源,森林生态系统较好,森林覆盖率位居

全国第一,并具有沿海独特的海洋文明和丰富的旅游资源<sup>[9]</sup>。近年来,随着福建省城市化发展,城市规模不断扩张,建设用地面积不断增加,耕地资源数量急剧下降,土地生态环境受到一定程度破坏<sup>[10]</sup>。

**1.2 数据来源** 关于土地利用系统健康评价指标的数据主要来自于《福建统计年鉴(2005—2015)》《福建省环境公报(2005—2015)》《中国统计年鉴(2005—2015)》和福建省土地利用变更调查数据<sup>[11]</sup>。

## 1.3 研究方法

**1.3.1 评价指标体系构建。**基于PSR模型将土地利用系统的健康评价系统分为系统压力、系统状态、系统响应3个子系统。在国内外对土地利用系统健康评价相关研究的基础上,结合福建省土地利用的实际情况,在各子系统中分出因素层,并在各因素层选出单项评价指标。对同类指标进行相关分析,从而筛选出相关性较大的20项单项评价指标。具体指标详见表1。

## 1.3.2 评价模型建立。

(1)指标原始数据标准化。由于不同指标单位和量纲具有不可比性,该研究采用极差标准化法对数据进行标准化处理。一般情况下,正向作用指标即效益型,该类指标越大越好;负向作用指标即成本型,该类指标越小越好。极差标准化的具体方法如下<sup>[4]</sup>:

$$\text{正向作用指标: } x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (1)$$

$$\text{负向作用指标: } x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \max x_j - x_{ij}}{\max x_j - \min x_j} \quad (2)$$

其中, $x'_{ij}$ 和 $x_{ij}$ 分别表示第*i*年第*j*项指标的原始值和标准化值, $\max x_j$ 和 $\min x_j$ 分别为第*j*项指标的最大值和最小值。

(2)指标权重的确定。对土地利用系统的健康评价是多

**基金项目** 福建省教育厅科技项目(JA15328);福建师范大学2016年大学生创新创业训练计划项目(cxxl-2016141)。

**作者简介** 吴慧凤(1995—),女,福建泉州人,本科生,专业:地理科学(教师教育)。

**收稿日期** 2017-10-25

项指标定量综合评价的过程,指标的权重代表该项指标在土地利用系统评价中的重要程度,其大小影响评价结果的准确性。该研究采用的信息熵值法是一种客观赋值法,其权重是根据指标的变异程度大小来确定的,不依赖人的主观判断,客观性较强。若指标变异程度越大,则信息熵值越少;若该项指标的权重越大,反之则越小<sup>[3]</sup>。为克服在熵值运算中存在对数和熵、负数和极值不能参加运算这一缺陷,在一定程度上对其进行改进<sup>[3]</sup>。改进的熵值法有功效系数法和标准化变换法<sup>[12]</sup>。功效系数法即对极端值进行处理,改成一个无限趋近于0的正数。但该方法带有评价者的主观因素,不

同评价者会有不同的评价结果。因此,在此前标准化数据的基础上,该研究采用标准化变换法进行改进,结果将会更加准确。

标准化变换法的步骤如下<sup>[12]</sup>:①评价指标的同度量化;②为消除负值,进行坐标平移, $x''_{ij} = K + x'_{ij}$ ,一般情况下, $x'_{ij}$ 的范围为 $-5 \sim 5$ ,该研究的 $K$ 取5;③计算指标 $x''_{ij}$ 的比重 $R_{ij}$ ;④计算第 $j$ 项指标的熵值 $e_j$ , $e_j = -\left(-\frac{1}{\ln m}\right) \sum_{i=1}^m R_{ij} \ln R_{ij}$ ,该研究的 $m$ 取10;⑤计算第 $j$ 项指标的差异性系数 $g_j$ , $g_j = 1 - e_j$ ;⑥计算第 $j$ 项指标的权重 $w_j$ , $w_j = g_j / \sum_{j=1}^n g_j$ ,该研究的 $n$ 为20<sup>[12]</sup>。

表1 土地利用系统健康评价指标体系及其权重

Table 1 Evaluation index system of health on land use system and index weight

准则层 Guidelines layer	因素层 Factor layer	指标层 Indicator layer	指标性质 Nature of the indicator	权重 Weight	
系统压力 System pressure (P)	人口活动水平	$X_1$ :人口密度(人/km <sup>2</sup> )	负向	0.050	
		$X_2$ :人口自然增长率(%)	负向	0.052	
	社会经济发展压力	$X_3$ :城市化水平(%)	负向	0.048	
		$X_4$ :GDP 年增长率(%)	正向	0.054	
		$X_5$ :固定资产投资增长率(%)	正向	0.053	
土地利用强度	$X_6$ :土地垦殖率(%)	正向	0.058		
	$X_7$ :基本农田保护率(%)	正向	0.066		
系统状态 System status (S)	社会经济发展水平	$X_8$ :人均GDP(元)	正向	0.046	
		$X_9$ :城镇居民人均可支配收入(元)	正向	0.040	
		$X_{10}$ :农民人均纯收入(元/人)	正向	0.042	
	土地集约利用状况	$X_{11}$ :地均GDP(万元/hm <sup>2</sup> )	正向	0.047	
		$X_{12}$ :人均耕地面积(hm <sup>2</sup> )	正向	0.067	
		$X_{13}$ :森林覆盖率(%)	正向	0.043	
	生态环境质量	$X_{14}$ :当年造林面积(万hm <sup>2</sup> )	正向	0.049	
		$X_{15}$ :自然保护区个数(个)	正向	0.049	
		政策管理水平	$X_{16}$ :工业烟尘排放量(万t)	负向	0.046
			环境保护力度	$X_{17}$ :工业固体废物综合利用率(%)	正向
$X_{18}$ :城市生活污水处理率(%)	正向			0.050	
系统响应 System response (R)	环境保护力度	$X_{19}$ :城市环境基础设施投资(亿元)	正向	0.047	
		$X_{20}$ :教育投资强度(万元)	正向	0.048	

(3)综合指数的合成。土地利用系统健康评价的单项指标不能反映土地利用系统的整体状况,所以依其相对的权重,将各评价指标标准化合成综合指数,才能反映土地利用系统的整体健康状况。该研究采用加权函数法合成土地利用系统健康综合指数,计算公式如下<sup>[3]</sup>:

$$F = \sum_{i=1}^3 w_i \times \left( \sum_{j=1}^n x'_{ij} \times w_{ij} \right) \quad (3)$$

式中, $F$ 为土地利用系统健康综合指数; $w_i$ 为第 $i$ 个子系统权重; $w_{ij}$ 为第 $i$ 个子系统第 $j$ 项指标权重; $n$ 为第 $i$ 个子系统所包含的指标数; $\left(\sum_{j=1}^n x'_{ij} \times w_{ij}\right)$ 为第 $i$ 个子系统的指数和。 $F$ 越接近1,则表示土地利用系统健康状况越好。该研究的子系统有3个,则取 $i=1,2,3$ 。

**1.3.3 障碍因子诊断的研究方法。**为了改善福建省土地利用系统健康状况,需对单项指标以及各类指标进行障碍度大小评估,找到影响土地利用系统健康的主要障碍因子。该研究的障碍因子计算分别采用因子贡献度、指标偏离度和障碍

度3个指标进行分析诊断。计算方法如下<sup>[13]</sup>:

$$x_{ij} = 1 - x'_{ij} \quad (4)$$

$$y_i = x_{ij} \times v_j / \sum_{i=1}^{20} (x_{ij} \times v_j) \times 100\% \quad (5)$$

$$Y_i = \sum y_i \quad (6)$$

式中,因子贡献度( $v_j$ )为单项指标对总目标的影响程度,即单因素对总目标的权重( $w_i \times w_{ij}$ );指标偏离度( $x_{ij}$ )为单项指标与土地利用系统健康目标之间的差距,设为单项指标标准化值与1之差;障碍度( $Y_i, y_i$ )为第 $i$ 年分类指标和单项指标对土地利用系统健康的影响,是土地利用系统健康障碍诊断的目标和结果。

## 2 结果与分析

**2.1 子系统指数及综合指数分析** 根据“1.3”方法对福建省土地利用系统的健康进行评价,结果显示:2005—2014年,福建省土地利用系统压力指数、状态指数、响应指数及综合指数的变化各不相同(表2)。压力指数呈下降趋势。数据表明土地利用系统压力状况有所恶化,人类活动等3个因素

对土地利用系统的消极影响有所加强,城市化水平所占权重较大,为0.048。状态指数呈上升趋势。除2006年外,其余年份的状态指数均高于2005年的水平,且2013年的状态指数达到最大值0.093。在状态系统部分,生态环境所占的权重较大,为0.140。响应指数呈震荡上升趋势。在响应系统方面,环境保护力度所占的权重最大,为0.191。综合指数呈小幅上升趋势。综合指数的变化幅度小,较稳定。借鉴国内外根据综合指数对土地的健康状况进行分类的方法,可发现福建省土地利用系统的健康状态处于“病态”<sup>[3]</sup>。

表2 2005—2014年福建省土地利用系统各类子系统指数及综合指数  
Table 2 The evaluation index of the land use system in Fujian Province during 2005—2014

年份 Year	压力指数 Pressure index	状态指数 Status index	响应指数 Response index	综合指数 Composite index
2005	0.091	0.019	0.010	0.121
2006	0.102	0.012	0.013	0.127
2007	0.111	0.023	0.023	0.157
2008	0.08	0.041	0.024	0.145
2009	0.093	0.049	0.023	0.165
2010	0.083	0.065	0.029	0.177
2011	0.074	0.069	0.036	0.178
2012	0.026	0.073	0.038	0.137
2013	0.048	0.093	0.031	0.172
2014	0.021	0.085	0.037	0.143

## 2.2 障碍因子分析

2.2.1 准则层障碍因子分析。由表3可知,系统状态和系统响应的障碍度呈波动下降趋势,且前者比后者低,而系统压力的障碍度呈上升趋势。2005—2011年系统状态的障碍度最大,其次是系统压力以及系统响应。从2012年起障碍度从大到小依次为系统压力、系统状态、系统响应。到2014年,各准则层对土地利用健康评价系统的障碍度从大到小依次为系统压力(60.81%)、系统状态(29.57%)、系统响应(9.62%)。

2.2.2 指标层障碍因子分析。对2005—2014年指标层障碍因子进行障碍度排序,结果发现基本农田保护率和人均耕地面积的障碍度一直位居前2名,前者为11.15%、11.00%,后者为12.05%、12.33%。从长远看,人均耕地面积和基本农田保护率将成为影响福建省土地利用系统健康评价的最主要因素。由于福建省位于沿海地区,建有海峡两岸经济区,经济水平不断提高,城市化加强,农田被征用,使得两者不断下降。因此,在不断提升经济发展水平的同时应加大对农田的保护力度。

从障碍度排序前10位的障碍因子可发现,2005—2014年,主要障碍因素层由人类活动水平和社会经济发展压力向社会经济发展水平和土地集约利用状况转变。因此,为提高福建省土地利用系统的健康状况,需不断合理化人类活动水平,减小社会经济发展的压力,增加土地利用强度,提高社会经济发展水平及生态环境质量,改善土地集约利用状况。

表3 2005—2014年福建省土地利用系统各类子系统的障碍度

Table 3 The disorder degree of the land use system in Fujian Province during 2005—2014 %

年份 Year	系统压力 System pressure(P)	系统状态 System status(S)	系统响应 System response(R)
2005	24.04	55.76	20.20
2006	19.63	60.70	20.20
2007	18.13	64.45	17.41
2008	32.46	51.80	15.74
2009	28.58	53.13	18.28
2010	36.50	47.46	16.04
2011	42.30	45.57	12.13
2012	56.79	34.47	8.74
2013	55.56	29.87	14.57
2014	60.81	29.57	9.62

## 3 结论

(1) 基于PSR模型对福建省土地利用系统健康进行评价,结果显示福建省土地利用系统的健康状况处于“病态”。通过改进的熵值法可得出福建省土地利用系统健康评价的综合指数,其中状态指数及响应指数呈波动上升趋势,而压力指数呈波动下降趋势。

(2) 从指标层面看,2005—2014年人均耕地面积和基本农田保护率是土地利用系统最主要的障碍因子;从因素层看,障碍度较高的因素层逐渐从人类活动水平和社会经济发展压力向社会经济发展水平和土地集约利用状况转变。

(3) 从指标层面的障碍度可以推测出,未来影响福建省土地利用健康评价的障碍因子主要是社会经济发展水平及土地集约利用状况。

## 参考文献

- [1] 周炳中,杨浩,包浩生,等. PSR模型及在土地可持续利用评价中的应用[J]. 自然资源学报,2002,17(5): 541—548.
- [2] 郭杰,吴斌. 土地利用系统健康评价[J]. 中国土地科学,2011,25(4): 71—77,96.
- [3] 郑华伟,张锐,杨兴典,等. 基于PSR模型的土地利用系统健康评价及障碍因子诊断[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(9): 1099—1105.
- [4] 高珊,黄贤金. 基于PSR框架的1953—2008年中国生态建设成效评价[J]. 自然资源学报,2010,25(2): 341—350.
- [5] 蔡为民,唐华俊,陈佑启,等. 土地利用系统健康评价的框架与指标选择[J]. 中国人口·资源与环境,2004,14(1): 31—35.
- [6] 麦少芝,徐颂军,潘颖君. PSR模型在湿地生态系统健康评价中的应用[J]. 热带地理,2005,25(4): 317—321.
- [7] 颜利,王金坑,黄浩. 基于PSR框架模型的东溪流域生态系统健康评价[J]. 资源科学,2008,30(1): 107—113.
- [8] 范瑞旋,陈松林,戴菲,等. 福建省土地利用生态安全评价[J]. 福建师范大学学报(自然科学版),2010,26(5): 97—101,108.
- [9] 程露露. 福建省土地综合承载力评价研究[D]. 福州:福建师范大学,2013.
- [10] 杨丹,叶长盛. 南昌市土地利用系统健康评价及障碍因素诊断[J]. 东华理工大学学报(社会科学版),2013,32(3): 320—326.
- [11] 洪惠坤,廖和平,魏朝富,等. 基于改进TOPSIS方法的三峡库区生态敏感区土地利用系统健康评价[J]. 生态学报,2015,35(24): 8016—8027.
- [12] 陶晓燕,章仁俊,徐辉,等. 基于改进熵值法的城市可持续发展能力的评价[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(5): 38—41.
- [13] 邓楚雄,谢炳庚,吴永兴,等. 上海市农业生态安全定量综合评价[J]. 地理研究,2011,30(4): 645—654.