

中国土地利用系统健康动态评价

张锐, 刘友兆, 丑建立

(南京农业大学 公共管理学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 在界定土地利用系统健康内涵的基础上, 构建了基于“压力—状态—响应”(PSR)模型的评价指标体系, 采用熵值法和灰色预测模型, 对中国土地利用系统健康状态进行了评价。研究结果表明: (1) 1999—2008年中国土地利用系统健康水平总体不断提高, 综合指数从0.3935增加到0.5331, 健康等级经历了“不健康—临界”状态的演变过程; (2) 土地利用系统健康的压力指数总体上呈现下降趋势, 状态指数和响应指数呈现上升趋势; (3) 固定资产投资年增长率、人均耕地面积、土地垦殖率、水土流失程度、地均GDP等是土地利用系统健康等级提升的关键因素; (4) 2009—2015年中国土地利用系统健康水平呈现稳步上升趋势, 2014年土地利用系统健康等级达到“亚健康”。并提出了提高土地利用系统健康水平的一些具体措施。

关键词: 土地利用系统; 健康; 灰色预测模型; 熵值法; PSR模型

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2014)02-0197-07

中图分类号: F301.24

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.042

Dynamic Evaluation of Health of Land Use System in China

ZHANG Rui, LIU You-zhao, CHOU Jian-li

(College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: On the basis of defining the meaning of the health of land use system, the evaluation index system for the health of land use system was constructed based on the press—state—response(PSR) model, then an empirical analysis was conducted in China by entropy method and grey prediction model. The results showed that: (1) The health level of land use system had been gradually improved from 1999 to 2008 in China, with the comprehensive index increasing from 0.3935 to 0.5331. The health of land use system generally experienced two stages, i. e., unhealthy and critical state. (2) The pressure index showed a downward trend, while status index and response index showed a rising trend. (3) The growth rate of fixed asset investment, per capita cultivated land, land reclamation rate, extent of soil erosion and per capita GDP were proved to be key constraints for further improvement of the health of land use system. (4) The health level of land use system show a steady upward trend from 2009 to 2015, and the health degree of land use system reaches the sub-health state in 2014. Finally, some measures was proposed for the further improvement of the health of land use system.

Keywords: land use system; health; grey prediction model; entropy method; PSR model

土地利用系统是一个以土地利用为基础的自然、经济、社会复合系统, 它既有生态系统的一般特征, 又有其本身的特殊性, 集中体现了人口增长、经济发展与资源短缺的矛盾^[1]。伴随着经济社会的快速发展, 工业化、城镇化和现代化建设进程快速推进, 导致土地生态环境日趋恶化, 土地污染负荷加重, 土地质量下降等一系列问题, 土地利用系统健康面临一定威

胁^[2]。因此, 开展土地利用系统健康研究, 优化土地利用系统健康的改善路径, 提高土地利用系统健康水平, 对于加强生态文明建设, 保障中国生态安全, 促进社会经济可持续发展具有非常重要的理论意义和现实意义。

目前关于土地利用系统健康的研究主要集中在土地利用系统健康内涵, 土地利用系统健康评价, 土

收稿日期: 2013-05-17

修回日期: 2013-06-20

资助项目: 国家自然科学基金项目“农村居民点整理对农户土地利用变化影响研究”(71173112); 江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(CXLX13_301)

作者简介: 张锐(1985—), 女(汉族), 江苏省盐城市人, 博士研究生, 研究方向为土地利用与乡村发展、社会统计分析。E-mail: zhangrui_1985@163.com。

通信作者: 刘友兆(1959—), 男(汉族), 江苏省淮安市人, 教授, 博士生导师, 研究方向为土地可持续利用与土地资源评价。E-mail: yzliu@njau.edu.cn。

地利用系统健康影响因素以及土地利用系统健康调控等几个方面。Leopold^[3]首先界定了“土地健康”的内涵,并通过研究土地健康监测其生态学参数,以保证人类在利用土地的时候不会使其丧失功能。Vieira^[4]从土地条件变化指标出发构建了土地健康评价指标体系,主要包括定性和定量两种土地条件变化指标:定性变化指标要求直观、易于获取,如土壤颜色、地表形态等;定量指标应强调计算方法的规范与统一。蔡为民等^[5]在分析土地利用系统的基础上,探讨了土地利用系统健康的概念、本质与目的,初步构建了土地利用系统健康评价框架体系。陈美球等^[6]从环境因素、社会因素、经济因素三个方面构建了土地健康评价指标体系,综合运用特尔菲法、层次分析法、聚类分析法等建立了土地健康评价模型,并运用该模型对鄱阳湖区 11 个县的土地健康状况进行了诊断。贺翔^[7]从系统结构、系统功能、系统效益三个方面构建了土地利用系统健康评价指标体系,选用层次分析法确定评价指标的权重,采用综合评价法测算了上海市土地利用系统健康水平。郑华伟等^[8]在界定土地利用系统健康内涵的基础上,构建了 4 个层次的土地利用系统健康评价指标体系,采用物元分析法测算了四川省土地利用系统健康水平。

总体来看,土地利用系统健康评价研究尚属起步阶段,定性分析相对较多、定量研究较少;从评价方法上看,已有的研究主要采用主观确定评价指标权重与某一时点的静态评价,缺少对土地利用系统健康动态发展的研究。因此,本研究在构建土地利用系统健康评价指标体系的基础上,着重探讨基于客观的熵权系数模型与灰色预测模型相结合的土地利用系统健康动态评价方法,以弥补传统评价方法的不足,以期土地利用决策提供科学依据,并为土地利用系统健康评价研究提供实践经验。

1 研究方法

1.1 指标体系构建

土地利用系统是在一定的土地利用方式和特定土地单元下,与社会经济因素相互作用而形成的系统,包括自然生态系统、社会系统和经济系统,土地自然生态系统是土地利用系统的形成基础;土地利用系统健康是以人类社会可持续发展为目的,促进经济、社会和生态三者之间和谐统一,其内涵可以概括为:一是土地利用系统自身是否健康,即其自身结构是否合理,功能是否得到正常发挥;二是土地利用系统对人类是否健康,即土地利用系统所产生的综合效益是否满足人类的需要;三是土地利用系统是否协调发

展,即经济发展、社会进步、土地资源合理利用、人口控制,它们之间是否相互协调^[5,7,9]。土地利用系统健康评价是以整个土地利用系统为评价对象,对特定时刻、特定区域的自然生态要素和社会经济要素进行的综合评价,诊断由人类活动与自然因素引起的系统破坏与退化程度,以便为管理者提供决策^[5,8]。“压力—状态—响应”(PSR)概念模型是由联合国 OECD 和 UNEP 提出的^[10-11],该模型以因果关系为基础,主要目的是评价生态系统的持续性,分析生态系统内在的因果关系,寻找人类活动与生态环境影响之间的因果链(从生态系统面临的压力出发,探讨生态系统的结构与功能,制定缓解生态系统压力的政策措施),得到较为普遍的认可与应用,因此可以借助 PSR 概念模型开展土地利用系统健康分析与诊断^[9,12-13]。

在土地利用系统健康评价中引入 PSR 概念模型可以从总体上反映土地利用系统、社会经济发展目标与管理决策之间的相互依存、相互制约的关系:人口增长、社会经济发展给土地利用系统带来巨大的压力(P);人类不断开发资源,通过社会经济活动向土地利用系统排放污染,改变了土地利用系统结构与功能状态(S);压力之下,土地利用系统在原有状态基础上做出反应,同时反馈于社会经济的发展过程;人类对土地利用系统的反馈进一步做出响应(R),进行政策调整、环境保护等,改善土地利用系统状态,使之保持良好的结构与功能,进而实现可持续发展^[13-14]。从土地利用系统健康内涵、PSR 概念模型出发,遵循指标选取的系统性、科学性、可获取性和可比性等原则,在参考相关文献的基础上^[5-9],构建了 4 个层次的土地利用系统健康评价指标体系(表 1)。

1.2 评价模型建立

1.2.1 标准化处理 为统一土地利用系统健康各评价指标的单位与量纲,采用极差法对原始数据进行标准化处理^[2,14],具体计算公式为:

正向作用指标:

$$X_{ij}' = (X_{ij} - \min X_j) / (\max X_j - \min X_j) \quad (1)$$

负向作用指标:

$$X_{ij}' = (\max X_j - X_{ij}) / (\max X_j - \min X_j) \quad (2)$$

式中: X_{ij} , X_{ij}' ——第 i 年第 j 项指标的原始值和标准化值; $\max X_j$, $\min X_j$ ——第 j 项指标的标准最大值和标准最小值。标准值(健康值、病态值)的确定主要参考国家、行业及国际相关标准,科学研究的判定标准,研究区域背景值或本底值等^[6,8-9]。值得说明的是,由于数据的可获得性限制,本研究主要分析全国尺度的土地利用系统健康状况,土地利用系统健康评价标准的确定主要着眼于全国整体;水土流失程度、

水土流失治理率等指标的评价标准在不同地理区域存在一定的差异,在分析不同地理区域土地利用系统健康水平时,需要结合区域的实际情况进一步讨论确定评价标准。

表 1 土地利用系统健康评价指标体系及其标准值

准则层	因素层	指标层	评价函数	标准值	
				健康值	病态值
系统压力	人口活动水平	X_1 人口密度/(人·km ⁻²)	总人口除以土地总面积	80	500
		X_2 人口自然增长率/%	—	2	20
	社会经济发展压力	X_3 城市化水平/%	非农业人口除以总人口	70	10
		X_4 GDP 年增长率/%	当年 GDP 除以前一年 GDP 减 1	3	28
		X_5 固定资产投资增长率/%	当年固定资产投资除以前一年固定资产投资减 1	2	30
	土地利用强度	X_6 土地垦殖率/%	耕地面积除以土地总面积	33	9
		X_7 土地利用效率/%	农用地和建设用地的和除以土地总面积	90	65
		X_8 建设用地比例/%	建设用地规模除以土地总面积	3	18
系统状态	社会经济发展水平	X_9 人均 GDP(元/人)	GDP 除以总人口	32 000	7 000
		X_{10} 城镇居民人均可支配收入(元/人)	—	22 000	5 000
		X_{11} 农民人均纯收入(元/人)	—	6 000	1 000
	土地集约利用状况	X_{12} 地均 GDP/(万元·hm ⁻²)	GDP 除以土地总面积	15	0.8
		X_{13} 人均耕地面积(hm ² /人)	耕地面积除以总人口	0.150	0.053
		X_{14} 人均建设用地(m ² /人)	建设用地面积除以总人口	150	300
	生态环境质量	X_{15} 森林覆盖率/%	—	30	5
		X_{16} 水土流失程度/%	水土流失面积除以土地总面积	15	50
系统响应	政策管理水平	X_{17} 土地市场配置程度/%	土地一级市场配置程度与土地二级市场配置程度加权求和	65	15
		X_{18} 水土流失治理率/%	水土流失治理面积除以水土流失面积	60	10
	环境保护力度	X_{19} 工业废水排放达标率/%	达标工业废水排放量除以工业废水总排放量	95	55
		X_{20} 城市污水日处理能力/(10 ⁴ m ³)	—	20 000	2 400
		X_{21} 工业固体废物综合利用率/%	工业固体废物综合利用量除以工业固体废物产生量	85	40
		X_{22} 环境污染治理投资占 GDP 比例/%	环境污染治理投资除以 GDP	3	0.1

1.2.2 指标权重的确定 土地利用系统健康评价是一个多指标定量综合评价的过程,指标权重确定具有举足轻重的地位,将直接关系到土地利用系统健康评价结果的准确性^[15]。为了避免人为因素的影响,使评价指标权重确定更加具有科学性,采用客观赋权法中的熵值法来确定指标权重:熵值法根据评价指标变异程度的大小来确定指标权重,指标变异程度越大,信息熵越少,该指标权重值就越大,反之越小^[15-16]。在熵值法的计算过程中,运用了对数和熵的概念,根据相应的约束规则,负值和极值不能直接参与运算,应对其进行一定的变换,即应该对熵值法进行一些必要的改进;改进的办法主要有两种:功效系数法和标准化变换法,本研究采用标准化变换法对熵值法进行改进^[16]。用改进的熵值法确立评价指标权重的主要步骤为^[15-16]：

(1) 评价指标标准化处理。由于不同的指标具有不同的量纲和单位,为了消除量纲和量纲单位的不同所带来的不可公度性,需要对指标数据用标准化法进行变换:
 $X_{ij}'' = (X_{ij} - \bar{X}_j) / s_j \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad (3)$

式中: X_{ij}'' ——标准化后的指标值; \bar{X}_j ——第 j 项指标的均值; s_j ——第 j 项指标的标准差。

(2) 为了清除负数,进行坐标平移。

$$X_{ij}''' = H + X_{ij}'' \quad (4)$$

式中: X_{ij}''' ——平移后的指标值; H ——指标平移的幅度。

(3) 计算第 j 项指标下的 i 个样本值的比重:

$$P_{ij} = X_{ij}''' / \sum_{i=1}^m X_{ij}'''$$

(4) 计算第 j 项指标的熵值。

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

式中: $k > 0, e_j > 0$ 。如果 X_{ij}''' 对于给定的 j 全部相等,那么 $P_{ij} = X_{ij}''' / \sum_{i=1}^m X_{ij}''' = 1/m$,此时 e_j 取极大值,即 $e_j = -k \sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \ln \frac{1}{m} = k \ln m$ 。若设 $k = 1/\ln m, e_j = 1$,所以 $0 \leq e_j \leq 1$ 。

(5) 计算第 j 项指标的差异性系数 g_j :

$$g_j = 1 - e_j$$

(6) 定义第 j 项指标的权重 w_{ij} :

$$w_{ij} = g_j / \sum_{i=1}^m g_j \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

1.2.3 计算综合指数 采用综合指数模型对土地利用系统健康进行综合评价,综合指数模型^[2]的表达式为:

$$F = \sum_{i=1}^3 w_i \cdot \left(\sum_{j=1}^n X_{ij}' \cdot w_{ij} \right) \quad (5)$$

式中: F ——土地利用系统健康综合指数; w_i ——第 i

子系统权重; w_{ij} ——第 i 子系统第 j 项指标权重; n ——第 i 子系统所包含的指标数。 F 越接近 1,表示土地利用系统健康状况越好。

本研究在借鉴国内外生态系统健康等级划分的基础上^[9],将土地利用系统健康级别分为:病态、不健康、临界状态、亚健康和健康 5 个等级,土地利用系统健康分级标准详见表 2。

表 2 土地利用系统健康分级标准

综合指数	0.8~1.0	0.6~0.8	0.4~0.6	0.2~0.4	0~0.2
等级	健康	亚健康	临界状态	不健康	病态

1.3 灰色预测模型

灰色系统理论是由华中理工大学邓聚龙教授于 1982 年提出并加以发展的,它是研究解决灰色系统分析、建模、预测、决策和控制的理论;灰色预测模型是对灰色系统所做的预测,它是通过少量的、不完全的信息,建立数学模型并做出预测的一种预测方法^[17]。灰色预测模型 GM(1,1)的建模步骤为^[18-19]:

(1) 收集原始数据形成数列 $x^{(0)}$,对原始数列作一次累加生成处理,得到一个新的数列 $x^{(1)}$;

(2) 将 $x^{(1)}$ 的变化趋势近似地用微分方程描述:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \quad (6)$$

式中: a, u ——辨识参数,二者可以通过最小二乘法拟合得到。

(3) 构造矩阵 B, Y_N , 计算得:

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N = [a, u]^T$$

(4) 求出预测模型:

$$x^{(1)}(t+1) = [x^{(0)}(1) - \frac{u}{a}]e^{-at} + \frac{u}{a} \quad (7)$$

(5) 进行精度检验(残差检验、后验差检验),检验过程具体参见文献^[19]。一般来说,GM(1,1)模型的检验通过后验差检验即对残差分布的统计特性来判断效果,通过方差比 C 和小残差概率 P 的值来判断^[20](表 3)。若检验结果可用,则可利用灰色预测模型 GM(1,1)进行预测;否则,建立残差模型对其进行修正。

表 3 后验差检验判别参照表

检验指标	优等	合格	勉强合格	不合格
小残差概率 P	>0.95	>0.80	>0.70	<0.70
方差比 C	<0.35	<0.50	<0.65	>0.65

2 实证分析

2.1 区域概况与数据来源

中国位于亚洲大陆的东部、太平洋西岸,陆地面

积 $9.60 \times 10^6 \text{ km}^2$;陆地边界长达 $2.28 \times 10^4 \text{ km}$,大陆海岸线长约 $1.8 \times 10^4 \text{ km}$,海域面积 $4.73 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。地势西高东低,山地、高原和丘陵约占陆地面积的 67%,盆地和平原约占陆地面积的 33%。中国有 34 个省级行政区,包括 4 个直辖市,23 个省,5 个自治区,2 个特别行政区。中国土地资源绝对数量大,人均占有少;类型复杂多样,耕地比重较小;利用情况复杂,生产力地区差异明显;地区分布不均,保护和开发问题突出。随着经济社会的快速发展,建设用地规模持续扩张,耕地资源数量锐减,土地生态功能减弱,土地利用系统健康状况亟待改善。

土地利用系统健康评价指标数据主要来源于《中国统计年鉴(2000—2009 年)》,《中国农村统计年鉴(2000—2009 年)》,《中国农业年鉴(2000—2009 年)》,《中国国土资源年鉴(2000—2009 年)》和中国国土资源公报等。由于数据的可获得性限制,本研究仅选择对 1999—2008 年中国土地利用系统健康水平进行分析。

2.2 结果分析

收集中国有关土地利用系统健康的评价指标数据,经分析整理后,按照改进的熵值法确定各评价指标的权重(表 4)。根据前文提供的研究方法,得到中国土地利用系统健康的综合评价结果以及分类指标评价结果(图 1)。

2.2.1 综合评价结果 对 1999—2008 年土地利用系统健康综合指数变化走势分析表明,中国土地利用系统健康水平总体处于改善上升趋势,土地利用系统健康状况将会得到进一步改善。中国土地利用系统健康综合指数由 1999 年的 0.393 5 上升到 2008 年的 0.533 1,土地利用系统健康状况不断好转,年均增长率达到 3.94%,表明土地利用系统健康水平不断提高。根据土地利用系统健康分级标准(表 2),中国土地利用系统健康等级由“不健康”转变为“临界状态”,

研究发现,1999 年以来中国经济持续发展,生态保护意识不断强化;不断加强生态环境保护建设,加大了对废水、废气污染的控制力度,有效加强水土流失治理,水土流失治理率持续增加,促进了土地利用系统健康状况的改善。

但 2008 年土地利用系统健康水平不高,有待于进一步改善中国土地利用系统健康状况:目前中国土地利用系统健康的制约因素主要包括固定资产投资年增长率、人均耕地面积、土地垦殖率、水土流失程度等。虽然中国一直致力于水土流失的综合治理,但由于易水土流失区域较大,且存在反复的现象,目前水土流失程度仍较大,还需加大治理力度,有效保护土地资源。随着经济社会的发展,中国固定资产投资增长速度明显提升、国内生产总值持续增长,但这种高速增长是以资源高消耗为代价的,建设用地规模不断扩大,耕地面积持续减少,土地集约利用水平较低,人均 GDP 不高。

表 4 土地利用系统健康评价指标权重

目标层	准则层	权重	指标层	权重
土 地 利 用 系 统 健 康	系统压力	0.359 6	X_1	0.129 0
			X_2	0.118 5
			X_3	0.127 6
			X_4	0.125 8
			X_5	0.138 4
			X_6	0.118 7
			X_7	0.118 7
			X_8	0.123 2
	系统状态	0.346 6	X_9	0.121 2
			X_{10}	0.123 2
			X_{11}	0.120 5
			X_{12}	0.121 2
			X_{13}	0.124 7
			X_{14}	0.124 8
			X_{15}	0.130 1
			X_{16}	0.134 3
	系统响应	0.293 8	X_{17}	0.170 1
			X_{18}	0.159 8
			X_{19}	0.199 4
			X_{20}	0.159 5
			X_{21}	0.160 8
			X_{22}	0.150 5

2.2.2 分类指标对比

(1) 压力指数。1999—2008 年土地利用系统健康的压力指数总体上呈现下降趋势,从 1999 年的 0.655 0 下降到 2008 年的 0.532 1,表明土地利用系统压力现状有所恶化(负向指标,数值越小,生态压力相对越大)^[21],人类对土地利用系统的干扰有所强

化。根据曲线的形状可以将压力指数的变化分为 4 个阶段:第一阶段是 1999—2004 年压力指数处于下降趋势,年均递减率为 4.273 0%;第二阶段是 2004—2006 年压力指数处于上升趋势,年均增长率为 2.579 1%;第三阶段是 2006—2007 年压力指数下降幅度较大,递减率为 5.691 4%;第 4 阶段是 2007—2008 年压力指数迅速上升,增长率为 4.176 7%。由此可见,随着经济社会的不断发展,土地利用系统的压力有所增加,但近年来压力有所缓解。

(2) 状态指数。1999 年以来,土地利用系统健康状态指数逐渐增大,发展水平迅速提高;2008 年状态指数是 1999 年的 1.85 倍,年均增长率为 9.46%。由图 1 可知,1999—2003 年状态指数增长幅度较小,年均增长率仅达到 3.908 6%,2003—2008 年状态指数上升速度增快,年增长率为 12.027 4%。

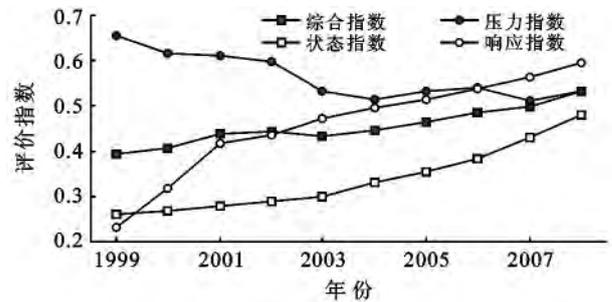


图 1 土地利用系统健康评价结果

(3) 响应指数。1999 年以来,土地利用系统健康的响应指数逐年增大,发展水平迅速提高。2008 年响应指数是 1999 年的 2.57 倍,年均增长率为 17.50%。由图 1 可知,1999—2001 年响应指数增长幅度较大,年均增长率为 39.912 9%,它的提高有利于土地利用系统健康状况的改善;2001—2008 年响应指数增长幅度较小,年均增长率仅为 6.170 5%。

2.2.3 模型预测结果 以图 1 中 1999—2008 年的土地利用系统健康综合指数作为原始数据,构成数列 $x^{(0)}$,对原始数列作一次累加生成处理,得到一个新的数列 $x^{(1)}$,构造矩阵 B, Y_N :

$$B = \begin{bmatrix} -0.597 1 & 1 \\ -1.019 7 & 1 \\ -1.460 0 & 1 \\ -1.898 3 & 1 \\ -2.338 2 & 1 \\ -2.793 6 & 1 \\ -3.269 2 & 1 \\ -3.761 7 & 1 \\ -4.277 8 & 1 \end{bmatrix}, \quad Y_N = \begin{bmatrix} 0.407 1 \\ 0.438 0 \\ 0.442 6 \\ 0.434 1 \\ 0.445 6 \\ 0.465 2 \\ 0.485 9 \\ 0.499 1 \\ 0.533 1 \end{bmatrix}$$

根据公式 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N = [a, u]^T$, 求得 $\hat{a} = [-0.0295, 0.3910]^T$, 将 \hat{a} 带入响应函数得到预测模型: $x^{(1)}(t+1) = 13.6500e^{0.0295t} - 13.2565$ 。根据 GM(1,1) 模型的建立思路, 预测中国 2000—2008 年土地利用系统健康综合指数, 预测模型的平均相对误差百分比为 2.0141%, 不超过 5%, 说明预测模型精度高; 其次, 预测模型的方差比 $C=0.2567$, 小残差概率 $P=1$, 都落在模型精度检验精度“优”范围, 所以判断所建预测模型效果很好^[20]。运用 GM(1,1) 模型对中国 2009—2015 年土地利用系统健康综合指数进行预测计算, 结果如图 2 所示。

GM(1,1) 模型是基于灰色累加生成序列的方法上建立的, 在预测结果上表现出较强的规律性, 适合于短期内系统变动趋势关联度预测^[17-18]。由图 2 可见, 1999—2008 年中国土地利用系统健康综合指数曲线与 GM(1,1) 模型预测综合指数曲线基本吻合, 2009—2015 年中国土地利用系统健康水平呈现稳步上升趋势, 年均增长率为 3.2267%, 2014—2015 年土地利用系统健康等级均达到“亚健康”。

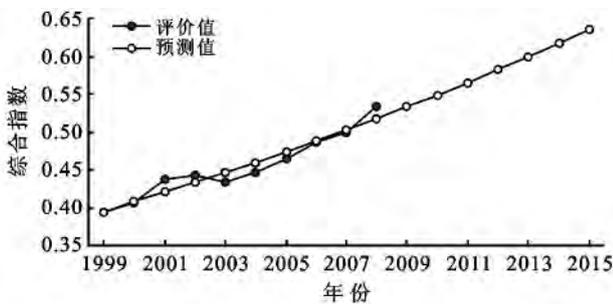


图 2 土地利用系统健康评价及预测

3 结论

(1) 1999 年以来中国土地利用系统健康水平总体不断提高, 2008 年土地利用系统健康综合指数是 1999 年的 1.3546 倍, 且等级由 1999 年的“不健康”转变为 2008 年的“临界状态”; 压力指数总体上呈现下降趋势, 状态指数和响应指数呈现上升趋势; 土地利用系统健康的制约因素主要包括固定资产投资年增长率、人均耕地面积、土地垦殖率、水土流失程度、地均 GDP 等; 从 2009—2015 年的土地利用系统健康综合指数预测结果来看, 今后几年中国土地利用系统健康发展保持良好态势。

(2) 为了促进土地利用系统健康水平不断提升, 进一步转变经济发展方式, 推动经济结构战略性调整, 优化产业升级布局, 加强土地利用监督管理, 提高土地资源市场化配置程度, 形成节约集约用地的“倒

逼机制”, 有效增加土地利用集约度, 降低经济增长对土地资源的过度消耗; 积极开展农村土地整治, 加强高标准基本农田建设, 增加有效耕地资源面积; 持续增加环境保护投入, 加大环境治理力度, 有效控制水土流失程度。

(3) 传统综合评价中, 缺少对土地利用系统健康动态发展的研究, 而以熵权综合评价为基础的 GM(1,1) 灰色预测模型对土地利用系统健康进行动态评价, 能够得到更客观、更全面的评价结果; 灰色预测模型 GM(1,1) 的数据量要求较小, 预测模型精度较高, 具有较强的实用性和有效性, 是比较理想的预测方法; 熵值法根据评价指标间的离散程度, 用信息熵来确定指标的权重, 可以克服一些主观赋值法所带来的结果不稳定的现象, 在一定程度上改善和提高了综合评价的质量; 熵值法与灰色预测模型适用于土地利用系统健康的动态评价, 有利于提高土地利用系统健康水平。

(4) 本研究作为一种研究方法的探讨, 构建了基于 PSR 模型的土地利用系统健康评价指标体系, 尝试性将熵值法和灰色预测模型运用到土地利用系统健康评价中, 基本达到预期的研究目的。由于此类研究尚不多, 土地利用系统健康评价的指标选择、评价标准的确定等问题有待进一步深入研究。

(5) 本研究初步探讨了中国土地利用系统健康的动态评价, 但中国幅员辽阔, 跨纬度较广, 东西南北地貌类型多样、经济发展不平衡, 各省区之间差异较大, 有待于进一步以各省区为单元, 深入研究土地利用系统健康动态评价, 进而科学地制定改善土地利用系统健康的指导方针与政策、优化土地利用系统健康的改善路径, 有效促进生态文明建设。

[参 考 文 献]

- [1] 蔡为民, 唐华俊. 土地利用系统健康评价[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [2] 孙丕苓, 杨海娟, 刘庆果. 南水北调重要水源地的土地生态安全动态研究[J]. 自然资源学报, 2012, 27(9): 1520-1530.
- [3] Leopold A. Wilderness as a land laboratory[J]. Living Wilderness, 1941, 6(7): 2-3.
- [4] Benites J R. Land and Water Development Division[M]. Rome: FAO, 1996.
- [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] 陈美球, 黄靓, 蔡海生, 等. 鄱阳湖区土地健康评价[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2): 170-175.
- [7] 贺翔. 上海市土地利用系统健康评价研究[D]. 湖北武

- 汉:华中农业大学,2007.
- [8] 郑华伟,张锐,刘友兆.基于物元分析的土地利用系统健康诊断[J].中国土地科学,2012,26(11):33-39.
- [9] 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.
- [10] FAO Proceedings. Land Quality Indicators and Their Use in Sustainable Agriculture and Rural Development [R]. Proceedings of the Workshop organized by the land and Water Development Division FAO Agriculture Department, 1997.
- [11] Rainer W. Development of environmental indicator systems; Experiences from Germany[J]. Environmental Management, 2000,25(6):613-623.
- [12] 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.
- [13] 仇蕾.基于免疫机理的流域生态系统健康诊断预警研究[D].江苏南京:河海大学,2006.
- [14] 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.
- [15] 郑华伟.基于改进熵值法的耕地利用集约度评价[J].新疆农垦经济,2010,29(4):53-58.
- [16] 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.
- [17] 刘思峰.灰色系统理论及其应用[M].5版.北京:科学出版社,2010.
- [18] 郭锐利,郑钦玉,刘娟,等.基于熵值法和 GM(1,1)模型的重庆城市生态系统健康评价[J].中国环境科学,2012,32(6):1148-1152.
- [19] 周瑞平.GM(1,1)模型灰色预测法预测城市人口规模[J].内蒙古师范大学学报:自然科学(汉文版),2005,34(1):81-83.
- [20] 戴亚南,贺新光.长株潭地区生态可持续性[J].生态学报,2013,33(2):595-602.
- [21] 张军以,苏维词,张凤太.基于 PSR 模型的三峡库区生态经济区土地生态安全评价[J].中国环境科学,2011,31(6):1039-1044.

(上接第 196 页)

- [9] 胡伟,邵明安,王全九.黄土高原退耕坡地土壤水分空间变异性研究[J].水科学进展,2006,17(1):74-81.
- [10] 张继光,陈洪松,苏以荣,等.喀斯特峰丛洼地坡面土壤水分空间变异研究[J].农业工程学报,2006,22(8):54-58.
- [11] 毕华兴,李笑吟,刘鑫,等.晋西黄土区土壤水分空间异质性的地统计学分析[J].北京林业大学学报,2006,28(5):59-66.
- [12] 张伟,陈洪松,王克林,等.喀斯特地区典型峰丛洼地旱季表层土壤水分空间变异性初探[J].土壤学报,2006,43(4):554-562.
- [13] 潘成忠,上官周平.黄土半干旱丘陵区陡坡地土壤水分空间变异性研究[J].农业工程学报,2003,19(6):5-9.
- [14] Whitaker M P L. Small-scale spatial variability of soil moisture and hydraulic conductivity in a semi-arid range land soil in Arizona[D]. Tucson: University of Arizona, 1993.
- [15] 李笑吟.晋西黄土区土壤水分时空变化规律研究[D].北京:北京林业大学,2006.
- [16] 朱岩.黄土高原土壤水分空间变异及模拟[D].北京:北京林业大学,2011.
- [17] 王云强,邵明安,刘志鹏.黄土高原区域尺度土壤水分空间变异性[J].水科学进展,2012,23(3):310-316.
- [18] 路保昌,薛智德,朱清科,等.干旱阳坡半阳坡微地形土壤水分分布研究[J].水土保持通报,2009,29(1):62-65.
- [19] Nagamatsu D, Mirura O. Soil disturbance regime in relation to micro-scale landforms and its effect on vegetation structure in a hilly area in Japan[J]. Plant Ecology, 1997,133(2):191-200.
- [20] 罗勇,陈家亩,林丽蓉,等.基于土地利用和微地形的红壤丘岗区土壤水分时空变异性[J].农业工程学报,2009,25(2):36-41.