

马文娟,蒲春玲,陈前利,等. 低碳视角下土地利用系统健康评价——以新疆乌鲁木齐市为例[J]. 江苏农业科学,2018,46(5):264-267.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.05.069

# 低碳视角下土地利用系统健康评价 ——以新疆乌鲁木齐市为例

马文娟,蒲春玲,陈前利,刘志有,蒋玲,苏丽丽

(新疆农业大学管理学院,新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:**土地利用系统健康评价是优化土地利用系统结构,促进城市土地利用可持续发展的基础。以新疆乌鲁木齐市为例,基于低碳视角构建城市土地利用系统健康的评价指标体系,采用变异系数法确定指标权重,通过综合指数模型对 2005—2014 年新疆乌鲁木齐市土地利用系统健康状况进行评价。结果表明,(1)2005—2014 年乌鲁木齐市土地利用系统健康水平总体呈上升趋势,经历了“不健康→临界状态→亚健康”的发展历程。(2)从准则层来看,系统结构经历了“病态”到“临界状态”过程;系统功能经历了“不健康”到“亚健康”过程;系统效益呈稳步上升趋势,经历了“病态”到初步“健康”的过程。(3)影响乌鲁木齐市土地利用系统健康的主要因素有土地多样性指数、建设用地比重、农业产值占 GDP 比重、土地利用率、人均耕地面积、地均碳排放量、能源消费弹性系数以及人均绿地面积。有针对性地提出相应的建议,以促进乌鲁木齐市土地利用系统健康发展。

**关键词:**低碳经济;土地利用系统;变异系数法;极差法;乌鲁木齐市;可持续发展

**中图分类号:**F301.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)05-0264-04

土地利用系统是以土地资源利用为基础的自然、经济、社会为一体的复合性系统。土地是城市建设和发展的重要资源根基,承载着城市经济、社会、文化等各种活动。随着城市化进程的快速推进、经济社会的迅速发展,导致了土地生态环境日渐恶化、土地质量下降、土地利用率低下一系列问题,土地利用系统健康问题日益凸显<sup>[1]</sup>。同时,以“高能耗、高污

染、高排放”为典型特征的经济发展模式也对城市土地利用系统的健康造成一定威胁。因而,有必要对土地利用系统健康进行评价研究。相关研究表明,土地利用与碳排放关系密切<sup>[2]</sup>，“低能耗、低排放、低污染”的低碳经济也成为各地区经济发展转变的首选。因此,将低碳理念引入土地利用系统健康评价是确保土地利用系统健康,实现自然、经济、社会可持续发展的重要前提。

自然学家 Loepod 在 20 世纪 40 年代首次提出土地健康,他认为健康的土地是指被人类占领而没有使其功能受到破坏的状态<sup>[3]</sup>。Benites 从土地条件变化方面建立了土地健康的评价体系,定性定量地对土地健康进行评价<sup>[4]</sup>。陈美球等探讨了土地健康的概念及机制,并从环境、社会、经济等 3 个方面建立土地健康评价体系<sup>[5]</sup>。蔡为民等在分析土地利用系统健康内涵的基础上建立了土地利用系统健康评价的框

收稿日期:2016-10-18

基金项目:国家自然科学基金(编号:71563052);新疆自然科学基金(编号:2015211B008)。

作者简介:马文娟(1991—),女,河南周口人,硕士研究生,研究方向为土地资源可持续利用。E-mail:1209607757@qq.com。

通信作者:蒲春玲,博士,教授,博士生导师,从事资源环境经济可持续发展、土地资源管理、区域经济理论等方面的研究。E-mail:puchunling@163.com。

[6]王天民,郝维昌. 生态环境材料:社会可持续发展的物质基础[J]. 航空学报,2002,23(5):459-466.

[7]Wu W R. Eco-materials research-study on preparation and properties of woodceramics[J]. Ecological Economy, 2005, 1(2): 64-67.

[8]李爱民,孙康宁,尹衍升,等. 生态环境材料的发展及其对社会的影响[J]. 硅酸盐通报,2003,22(5):78-82.

[9]吴文涛,陈天虎,徐晓春. 凹凸棒石改性甘蔗渣/麦秸木质陶瓷制备与性能[J]. 农业工程学报,2010,26(1):305-308.

[10]郭智倩,韩相奎,姜廷亮,等. 硅藻土在污水处理方面的应用现状[J]. 吉林建筑工程学院学报,2009,26(1):21-24.

[11]王利剑,郑水林,陈骏涛,等. 硅藻土提纯及其吸附性能研究[J]. 非金属矿,2006,29(2):3-5.

[12]Martinovic S, Vlahovic M, Boljanacet T, et al. Preparation of filter aids based on diatomites[J]. International Journal of

Mineral Processing, 2006, 80(2/3/4):255-260.

[13]邹艳丽,黄宏,储鸣,等. 天然及 CaCl<sub>2</sub> 改性沸石对四环素的吸附[J]. 环境工程学报,2012,6(8):2612-2618.

[14]汤克勇,张见立,王全杰,等. pH 值对活性炭吸附染料能力的影响[J]. 中国皮革,2007,36(1):7-10.

[15]Ho Y S, McKay G. Pseudo-second order model for sorption processes[J]. Process Biochemistry, 1999, 34(5):451-465.

[16]Yeddou N, Bensmaili A. Kinetic models for the sorption of dye from aqueous solution by clay-wood sawdust mixture[J]. Desalination, 2005, 185(1/2/3):499-508.

[17]Li G T, Zhu W Y, Zhu L F, et al. Effect of pyrolytic temperature on the adsorptive removal of p-benzoquinone, tetracycline, and polyvinyl alcohol by the biochars from sugarcane bagasse[J]. Korean Journal of Chemical Engineering, 2016, 33(7):2215-2221.

架<sup>[6]</sup>。在评价模型方面主要有综合评价法、层次分析法、物元分析法和集对分析法等数学方法<sup>[7-10]</sup>。整体来看,国内学者研究土地利用系统健康评价相对较多,但关于城市土地利用系统健康评价研究较少,而城市土地利用系统的健康关系着人类的生产生活以及城市的可持续发展。基于此,本研究在综合考虑资源环境、人类活动、社会经济等因素对城市土地利用系统的作用,结合低碳经济这一理念构建基于城市土地利用系统结构、系统功能和系统效益的评价指标体系,选取变异系数法确定指标权重,采用综合指数法对新疆乌鲁木齐市土地利用系统健康状况进行评价,客观地反映土地利用系统健康水平,以期为乌鲁木齐市土地利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况与数据来源

乌鲁木齐市是新疆的首府,也是“一带一路”战略中重要节点和丝绸之路经济带核心区。全市辖 7 区 1 县,总面积为 1.38 万 km<sup>2</sup>,2014 年末总人口为 266.91 万人,人口密度为 193 人/km<sup>2</sup>。土地利用类型中农用地以草地、林地和耕地为主,建设用地以居民点及工矿用地为主,未利用地面积较大。其中,78.05 万 hm<sup>2</sup> 草地、8.05 万 hm<sup>2</sup> 林地、7.83 万 hm<sup>2</sup> 耕地、7.51 万 hm<sup>2</sup> 建设用地、32.21 万 hm<sup>2</sup> 未利用地。随着社会经济的迅速增长以及城市人口的膨胀,导致乌鲁木齐城市土地利用规模和结构发生了很大的变化,生态环境也受到影响,这对乌鲁木齐市今后土地利用系统的健康和城市可持续发展造成一定阻碍。因此,通过评价乌鲁木齐市的土地利用系统健康状况,有利于优化城市土地利用结构,发展低碳经

济,实现城市土地利用系统的健康持续发展。

研究数据来源于《新疆统计年鉴 2006—2015》《乌鲁木齐市统计年鉴 2006—2015》和乌鲁木齐市国民经济和社会发展规划统计公报。

1.2 研究方法

1.2.1 构建评价指标体系 城市土地利用系统的健康是以人类、社会和城市可持续发展为目标,促进自然、经济和社会三者的协调发展。当城市土地利用系统的健康受到威胁时,其自身结构和功能具有一定的恢复能力,结构和功能是土地利用系统健康的基础,效益是土地利用系统健康的核心。因而,城市土地利用系统健康评价指标体系要从这 3 方面选取。

乌鲁木齐市地处亚欧大陆腹地,是典型的干旱区绿洲城市。土地资源相对丰富,但各类用地空间分布相对集中,且东南西三面临山,地势起伏悬殊,山地面积比重大。未利用地又多为荒漠或盐碱化程度较高的沙质土地,无法满足耕种条件。同时,乌鲁木齐市土地利用也面临着一系列的问题,如生态环境脆弱、耕地资源分布不均、土地盐碱化和沙化程度加剧等。

针对乌鲁木齐市土地利用现状及存在的问题,在借鉴国内相关研究成果的基础上<sup>[11-16]</sup>,依据系统性、动态性、数据可获得性及可操作性等原则,基于低碳经济视角从城市土地利用系统的结构、功能和效益 3 个方面选取评价指标,构建包括土地多样性指数、人均建设用地面积、人均耕地面积、人口自然增长率、地均碳排放量和城市绿化覆盖率等 26 项指标的评价体系(表 1),并将乌鲁木齐市土地利用系统现状与相关学者研究成果相结合,将土地利用系统健康级别划分为 5 个等级(表 2)。

表 1 乌鲁木齐市土地利用系统健康评价指标体系及权重

目标层	准则层	因素层	指标层	权重
城市土地利用系统健康	系统结构(0.077)	土地利用结构	土地多样性指数( <i>H</i> )	0.016
			建设用地比重(%)	0.177
			农用地比重(%)	0.001
		社会结构	地均从业人员比重(人/m <sup>2</sup> )	0.303
			第三产业人口比重(%)	0.086
		经济结构	第三产业占 GDP 比重(%)	0.098
			农业产值占 GDP 比重(%)	0.319
	系统功能(0.391)	活力	地均 GDP(万元/hm <sup>2</sup> )	0.196
			地均固定资产投资(万元/hm <sup>2</sup> )	0.297
			城市化率(%)	0.007
		稳定性	人均建设用地面积(m <sup>2</sup> /人)	0.047
			人均耕地面积(m <sup>2</sup> /人)	0.124
			建设用地增长弹性系数(%)	0.329
	系统效益(0.532)	经济效益	人均 GDP(元/人)	0.108
			粮食单产(kg/hm <sup>2</sup> )	0.024
			土地利用率(%)	0.001
			城镇居民人均可支配收入(万元/人)	0.106
			人口密度(人/km <sup>2</sup> )	0.028
		社会效益	人口自然增长率(%)	0.064
			地均废水排放量(万 t/hm <sup>2</sup> )	0.136
			地均废气排放量(亿标 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	0.037
		生态效益	工业固废综合利用率(%)	0.049
			城市绿化覆盖率(%)	0.063
			地均碳排放(t/hm <sup>2</sup> )	0.079
			能源消费弹性指数(%)	0.224
			人均绿地面积(m <sup>2</sup> /人)	0.081

表 2 乌鲁木齐市土地利用系统健康评价分级标准

健康级别	综合指数
病态(Ⅰ)	[0,0.2)
不健康(Ⅱ)	[0.2,0.4)
临界状态(Ⅲ)	[0.4,0.6)
亚健康(Ⅳ)	[0.6,0.8)
健康(Ⅴ)	[0.8,1.0]

1.2.2 原始数据标准化处理 由于评价指标体系中各项指标具有不同的单位和量纲,不能直接比较和计算,因此,为了使数据具有可比性,须要对其进行标准化处理来消除因各项指标量纲不同而带来的影响。指标的无量纲化处理的方法较多,本研究选取极差法对原始数据进行标准化处理,对选取的指标按照其趋向性分为正、负向指标,正向指标的值越大,表明土地利用系统越健康,反之,负向指标的值越大,表明土地利用系统越不健康。

①当评价指标趋向性为正时,

$$X_{ij}' = (X_{ij} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})。$$

②当评价指标趋向性为负时,

$$X_{ij}' = (X_{\max} - X_{ij}) / (X_{\max} - X_{\min})。$$

式中: $X_{ij}'$ 为原始数据无量纲化处理后的标准数据; $X_{ij}$ 、 $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ 分别为原始数据中同一项指标的实际值、最大值和最小值。

1.2.3 确定指标权重 确定评价体系中指标权重是整个评价过程中的重要分环节,权重赋予合理与否,关系着评价结果的科学性和合理性。为了避免人为主观因素对指标权重的影响,本研究选取客观赋权法中的变异系数法确定权重。其计算公式为:

①计算各指标的平均数 $\bar{X}_{ij}$ 和标准差 $S_{ij}$ :

$$\bar{X}_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{ij}, i = 1, 2, \cdots, m;$$

$$S_{ij} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_{ij})^2}, i = 1, 2, \cdots, m。$$

②计算各项指标的变异系数 $V_{ij}$ 和权重 $W_{ij}$ :

$$V_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{X}_{ij}}, i = 1, 2, \cdots, m;$$

$$W_{ij} = \frac{V_{ij}}{\sum_{i=1}^m V_{ij}}, i = 1, 2, \cdots, m。$$

1.2.4 综合指数评价模型 综合指数法是指在确定一套合理指标体系的基础上,对各项指标无量纲化后的值与其相应的权重相乘相加,计算出综合指数,用以全面客观地反映某一系统的整体状况。

$$Z = \sum_{i=1}^3 W_i F_i;$$

$$F = \sum_{j=1}^m X'_{ij} W_{ij}。$$

式中: $Z$ 为土地利用系统健康评价综合指数; $F$ 为土地利用系统各子系统的综合指数; $W_i$ 为第 $i$ 个子系统的权重; $W_{ij}$ 为第 $i$ 个子系统第 $j$ 项指标的权重; $m$ 为第 $i$ 个子系统中包含的指标数量。

2 结果与分析

原始数据经标准化处理后,运用公式(3)~公式(6)进行

权重计算,结果见表1。

依据综合指数公式(7)、公式(8)可得到2005—2014年乌鲁木齐市土地利用系统的综合健康指数和各子系统的健康指数(图1)。

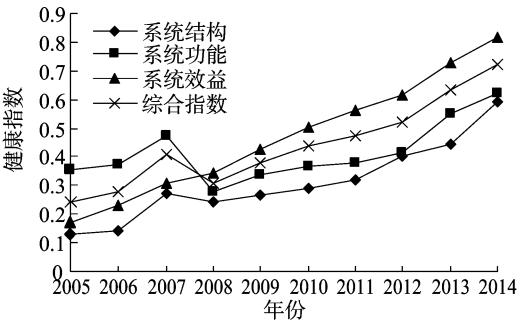


图1 2005—2014年乌鲁木齐市城市土地利用系统健康评价结果

将乌鲁木齐市土地利用系统健康评价的各层指标评价价值和评价等级标准进行比较,可得到乌鲁木齐市土地利用系统健康总目标安全等级和系统结构、系统功能和系统效益的健康等级(表3)。

表 3 2005—2014 年乌鲁木齐市土地利用系统健康评价等级

年份	健康等级	系统结构	系统功能	系统效益
2005	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ
2006	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ
2007	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ
2008	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
2009	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ
2010	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ
2011	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ
2012	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ
2013	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ
2014	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ

2.1 土地利用系统健康综合评价

由图1可知,研究期内乌鲁木齐市土地利用系统健康综合评价指数由2005年的0.241上升到2014年的0.724,但在2008年有所降低。土地利用系统健康等级整体为上升趋势,经历了“不健康→临界状态→亚健康”的发展历程。其中,2005—2006年土地利用系统处于不健康状态,2007年为临界状态,2008—2009年处于不健康状态,2010—2012年处于临界状态,2013—2014年处于亚健康状态。2007—2008年间,土地利用系统健康水平有所下降,由于城市发展的需要,对乌鲁木齐市行政区域进行了扩大调整,致使土地利用系统健康综合水平有波动。但综合来看,乌鲁木齐市土地利用系统健康状况逐年在改善,其健康等级在提升,并且有继续向好的趋势。

2.2 系统结构健康评价

系统结构指数由2005年的0.129上升到2014年的0.591,健康等级为“病态→不健康→临界状态”。随着经济社会的发展,乌鲁木齐市土地利用系统结构也发生着变化。其中,土地多样性指数、建设用地比重指标呈现缓慢增长趋势;第三产业人口比重、第三产业产值占GDP比重这2项指标增长趋势明显,这与历年来乌鲁木齐三产结构中第三产业

一直占比较大的实际相吻合;随着城市管理者对耕地保护等政策的重视,使农用地面积和未利用地面积减少速度放缓;农业产值占 GDP 的比重逐年下降。但系统结构健康水平总体呈缓慢增长趋势,目前处于临界状态,说明土地利用系统的结构不够稳定,仍须改善。

### 2.3 系统功能健康评价

系统功能指数由 2005 年的 0.354 上升到 2014 年的 0.621,健康等级经历了“不健康→临界状态→亚健康”的发展过程,在 2007—2008 年间健康水平有所下降,2009 年之后平稳上升。其中,人均建设用地面积、人均耕地面积指标呈下降趋势,反映了在城市化建设中乌鲁木齐市城市化率逐步提高,但随着人口的增长,建设用地需求增加,致使耕地乃至农用地面积减少,人均耕地也不断减少;而地均 GDP、地均固定资产投资、城市化率以及建设用地增长弹性系数指标呈不同程度的上升趋势,促进了土地利用系统功能指数的上升,面对人均耕地面积减少带来的威胁具有一定的抵御能力,所以系统功能的健康水平大体上呈上升趋势,表明乌鲁木齐市土地利用系统的服务功能逐渐增强。

### 2.4 系统效益健康评价

系统效益指数由 2005 年的 0.174 上升到 2014 年的 0.819,健康等级经历了“病态→不健康→临界状态→亚健康→健康”过程。其中,人均 GDP、城镇居民人均可支配收入、工业固废综合利用率、城市绿化覆盖率、人均绿地面积等指标出现不同程度的上升,说明这些指标对乌鲁木齐市土地利用系统的健康状况有明显的改善作用;人口密度、人口自然增长率、地均废水排放量、地均废气排放量和地均碳排放量等这些负向指标也呈现增长趋势,但它们对城市土地利用系统的健康水平起着制约作用;但地均废水排放量、地均废气排放量和地均碳排放量等 3 个指标自 2010 年后增幅较小,从侧面反映出在城市发展过程中,城市管理者开始注重经济发展与资源利用和生态环境保护之间的协调发展,采取了积极有效的措施来促进城市的健康发展,因而乌鲁木齐市土地利用系统效益从 2005 年的“病态”逐渐转变为 2014 年初步“健康”水平。

综上所述,随着乌鲁木齐市工业化、城市化发展进程的加快,虽然土地利用类型、结构和数量都发生了一定的变化,各子系统指数上升幅度不同,但综合来看,乌鲁木齐市土地利用系统健康状况逐年在改善,其健康等级在提升并且有继续向好的趋势。

## 3 结论与讨论

2005—2014 年 10 年间,乌鲁木齐市土地利用系统总体健康状况经历了由“不健康”到“亚健康”的阶段,并且有向更好等级发展的趋势。其中,系统结构经历了由“病态”到“临界状态”的过程;系统功能经历了“不健康”到“亚健康”过程;系统效益经历了“病态”到初步“健康”历程。通过研究可分析出,影响乌鲁木齐市土地利用系统健康的因素主要有土地多样性指数、建设用地比重、农业产值占 GDP 比重、土地利用

率、人均耕地面积、地均碳排放量、能源消费弹性系数以及人均绿地面积。

鉴于此,提出以下几点建议来促进乌鲁木齐市土地利用系统健康可持续发展。第一,乌鲁木齐市应严格执行土地用途管制和耕地占补平衡等政策,保障耕地数量和质量安全,加大技术投入力度,合理开垦和利用未利用土地;第二,积极发展绿色生态的现代化农业,积极开展农田整治和高标准基本农田建设,普及科学技术应用,提高农业产值;第三,促进城市土地多样化利用,实现土地利用的节约集约化,优化土地资源市场化配置,减少经济增长对土地资源的过度使用;第四,发展低碳经济,调整和优化产业结构,发展低碳能源,促进城市土地低碳利用,加大生态环境保护 and 治理力度,追求资源、经济和社会的可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 孙丕冬,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——以陕西省商洛市为例[J]. 自然资源学报,2012,27(9):1520-1530.
- [2] 黎孔清,陈银蓉. 低碳理念下的南京市土地集约利用评价[J]. 中国土地科学,2013,27(1):61-66.
- [3] Leopold A. Wildemess as a land laboratory [J]. The Living Wildemess,1941(7):3.
- [4] Benites J R. Land and water development division[M]. Rome:FAO,1996.
- [5] 陈美球,吴次芳. 土地健康研究进展[J]. 江西农业大学学报(自然科学版),2002,24(3):324-329.
- [6] 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.
- [7] 贺翔. 上海市土地利用系统健康评价研究[D]. 武汉:华中农业大学,2007.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 张锐,郑华伟,刘友兆. 基于压力-状态-响应模型与集对分析的土地利用系统健康评价[J]. 水土保持通报,2014,34(5):146-152.
- [11] 邵超峰,鞠美庭. 基于 DPSIR 模型的低碳城市指标体系研究[J]. 生态经济,2010(10):95-99.
- [12] 孙宇杰,张宇辰,李鹏. 低碳背景下区域土地合理利用评价研究[J]. 地域研究与开发,2011,30(5):93-96,117.
- [13] 宋艳春. 基于物元模型的土地生态系统健康研究[D]. 南昌:江西农业大学,2014.
- [14] 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.
- [15] 张锐,刘友兆,丑建立. 中国土地利用系统健康动态评价[J]. 水土保持通报,2014,34(2):197-203.
- [16] 王菲. 基于物元分析法的农村土地健康评价[D]. 武汉:华中农业大学,2012.