

基于熵权法下的土地资源可持续利用评价

——以湖南省益阳市为例

刘朝君, 李丹*

湖南科技大学建筑与设计学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2025年2月18日; 录用日期: 2025年3月20日; 发布日期: 2025年6月17日

摘要

“民以食为天，食以土为本”，土地是人类一切活动的基础，而土地资源合理利用与否直接关系到人类社会的粮食及可持续发展问题。本文基于湖南省益阳市2016~2021年面源数据，尝试从资源环境、社会、经济3个维度来制定评估框架体系，选取15个因素作为参评因子，并运用熵权法对益阳市土地可持续利用的情况进行综合评价。结果显示：在资源环境、经济水平以及社会承载力三个维度上，益阳市土地资源可持续利用总体呈现出上升趋势。具体而言，在2016年至2021年间，益阳市的资源环境指标贡献率呈现出波动上升的趋势；社会承载力指标贡献率在2018年达到低谷后，开始稳步回升；而经济水平指标贡献率则始终保持稳定的增长态势。综合来看，益阳市土地资源可持续利用水平逐年提升，至2020年已达到优质可持续利用阶段，显示出较高的土地资源可持续利用水平。最后，基于研究结果提出合理调整产业结构转型、引导农户合理施用农药化肥和提高水土流失治理意识等建议。

关键词

益阳市, 土地可持续利用, 熵权法

Evaluation of Sustainable Land Use Based on Entropy Weight Method

—Taking Yiyang City of Hunan Province as an Example

Zhaojun Liu, Dan Li*

School of Architecture and Design, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

Received: Feb. 18th, 2025; accepted: Mar. 20th, 2025; published: Jun. 17th, 2025

Abstract

“Food is the first necessity of people, and food is based on soil.” Land is the foundation of all human

*通讯作者。

文章引用: 刘朝君, 李丹. 基于熵权法下的土地资源可持续利用评价[J]. 城镇化与集约用地, 2025, 13(2): 21-28.
DOI: 10.12677/ulu.2025.132003

activities, and the rational use of land resources is directly related to the food problem and sustainable development of human society. Based on the non-point source data of Yiyang City, Hunan Province from 2016 to 2021, this paper attempts to formulate an evaluation framework system from the three dimensions of resources, environment, society and economy, selects 15 factors as the evaluation factors, and uses the entropy weight method to comprehensively evaluate the sustainable use of land in Yiyang City. The results show that the sustainable utilization of land resources in Yiyang City has an overall upward trend in the three aspects of resource environment, economic level and social carrying capacity. From 2016 to 2021, the contribution rate of resource and environmental indicators in the city fluctuated and increased; the contribution rate of social carrying capacity index reached the lowest value in 2018, and began to rise steadily after this year. The contribution rate of economic level indicators has always maintained a steady rise; the level of sustainable use of land resources in Yiyang City has generally increased year by year, and reached the basic sustainable use stage in 2021, with good results. Finally, according to the research results, some suggestions are put forward, such as rationally adjusting the transformation of industrial structure, guiding farmers to apply pesticides and fertilizers reasonably and improving the awareness of soil erosion control.

Keywords

Yiyang City, Sustainable Use of Land Resources, Entropy Weight Method

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土地资源不仅是人类社会赖以生存与发展的基石,同时也是创造社会财富的关键源泉[1]。我国仅以占世界 7%左右的耕地养活了占世界 22%左右的人口,堪称人类世界发展史上的奇迹[1]。然而,近年来随着工业化、城市化进程的加速推进、人口的不断增加以及人类活动范围的逐步扩大,不断增长的社会需求与有限的土地及土地利用不可逆性之间的矛盾日渐突出,严重威胁到区域环境、经济和社会的和谐发展[2][3]。在此背景下,分析地区土地资源可持续利用水平对及时发现区域土地资源现状问题具有重要意义,亦是缓解上述矛盾的关键途径之一。

近年来,我国学者在土地资源可持续利用评价领域展开了广泛而深入的研究,取得了诸多宝贵的研究成果。在评价对象上,涵盖了省级[4]、市级[5]及县级[6]等不同尺度的区域;在评价指标上,也逐渐从单一指标向综合指标体系发展,其中“生态-经济-社会”框架是我国最为普遍的土地利用评价模型[7][8]。在评价方法上,其涉及的方法众多,如层次分析法[9]、主成分分析法[10]、灰色关联度分析[11]、模糊综合评价法[12]、熵权法[13]等;其中熵权法作为一种客观赋权的方法,其具有精度更高、客观性更强等特点,能够较好地反映数据的内在规律和实际贡献。

因此本文以益阳市为研究对象,基于其土地利用现状,从“资源环境可持续性-社会承载能力可持续性——经济发展可持续性”3个维度构架评价指标体系,并运用熵权法对2016~2021年益阳市土地资源可持续利用进行综合评价,分析其土地可利用水平,旨在为益阳市未来制定土地资源可持续利用战略提供科学、合理的参考依据。

2. 研究区概况及数据来源

2.1. 研究区概况

益阳市(110°43'02"E~112°55'48"E, 27°58'38"N~29°31'42"N),位于我国湘中偏北地域,跨越资水中下游,

处沅水、澧水的尾间, 环洞庭湖西南, 居雪峰山北段的主干及其余脉, 是湘中丘陵向洞庭湖平原过渡的倾斜地带。其地形西高东低, 成狭长状; 属亚热带大陆性季风湿润气候, 具有气温总体偏高、冬暖夏凉明显、降水年年偏丰、7月多雨成灾、日照普遍偏少, 春寒阴雨突出等特征。年平均气温 16.1℃~16.9℃, 日照 1348 h~1772 h, 无霜期 263 天~276 天, 降雨量 1230 mm~1700 mm, 适于农作物生长。截至 2021 年底, 益阳市耕地面积 27.49 万 hm^2 , 林地面积 60.01 万 hm^2 , 园地面积 2.17 hm^2 , 城市建设用地 1.38 万 hm^2 , 未利用土地 0.51 万 hm^2 。

2.2. 数据来源

本文研究所选用的数据真实可靠, 均来自于 2016~2021《湖南省统计年鉴》以及《益阳市统计年鉴》, 并通过整理计算获得。

3. 研究方法评价指标构建

3.1. 研究方法

本文以益阳市为例, 运用熵权法对其土地资源的可持续利用进行评价。因熵权法仅依赖于数据本身的离散性, 具有客观赋权的优点, 所计算的熵值用以评判所选指标的离散程度, 而指标的离散程度与其综合评价的影响(即权重)成正比; 如若某项指标对综合评价没有影响(该指标的取值都相等), 则说明其权重等于 0。具体步骤包括: 指标数据标准化、计算各指标的熵值与权重、计算综合得分[3]。

3.2. 评价指标的构建

对益阳市土地资源可持续利用程度进行评价时, 关键是选择合适的指标, 在借鉴相关文献[14][15]基础上, 结合当地实际情况, 遵循指标代表性、科学性、系统性、可获得性以及简明性等原则。鉴于土地经济、社会、生态环境高度耦合性的特征[16][17], 本文构建了 3 个准则层、15 个指标层, 对益阳市 2016~2021 年的土地资源可持续利用情况进行动态综合评价。具体指标见表 1。

Table 1. Evaluation index system of sustainable utilization of land resources in Yiyang City

表 1. 益阳市土地资源可持续利用评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标含义	影响方向
益阳市土地可持续利用评价	资源环境可持续性	x_1 : 建成区绿化覆盖率	建成区绿化覆盖率	正
		x_2 : 水土流失治理面积	水土流失治理面积	正
		x_3 : 人均公园绿地面积	公园绿地面积/城镇人口数	正
		x_4 : 粮食播种面积	粮食播种面积	正
		x_5 : 单位面积农药化肥施用量	化肥施用量/土地面积	负
	社会承载力可持续性	x_6 : 城镇化率	城镇人口数/总人口数	负
		x_7 : 人口自然增长率	自然增长数/总人口数	负
		x_8 : 人均粮食产量	粮食产量/常住人口数	正
		x_9 : 城乡收入比	城镇人均可支配收入/农村人均可支配收入	负
		x_{10} : 人均 GDP	人均 GDP	正
	经济发展可持续性	x_{11} : 人均可支配收入	人均可支配收入	正
		x_{12} : 第三产业占 GDP 重	第三产业占 GDP 比重	正
		x_{13} : 地均 GDP	地区生产总值 GDP/土地面积	正
		x_{14} : 单位土地面积财政收入	财政收入/土地面积	正
		x_{15} : 单位土地面积固定资产投资额	固定资产投资额/土地面积	正

其中资源环境可持续性是指土地资源的环境质量、生态保护以及资源的合理利用情况, 其主要关注的是土地资源的自然属性及其对社会经济活动的支撑能力。通过建成区绿化覆盖率、水土流失治理面积、人均公园绿地面积等指标, 可以衡量城市绿化水平和生态恢复能力; 粮食播种面积反映了土地资源在农业生产中的利用效率; 单位面积农药化肥施用量则体现了农业生产对土地资源的潜在压力。

社会承载力可持续性是指土地资源对人口增长、城镇化进程以及社会经济活动的承载能力。其中城镇化率和人口自然增长率是衡量土地资源人口承载压力的重要指标; 人均粮食产量则体现了土地资源对社会的粮食保障作用; 城乡收入比则反映了城乡经济发展的均衡性, 体现了土地资源对社会活动的平衡支撑能力。

经济发展可持续性指土地资源在推动经济发展过程中的持久性和稳定性。人均 GDP 和人均可支配收入是衡量地区经济发展水平的重要指标, 反映了土地资源对经济发展的贡献程度; 第三产业占 GDP 比重则体现了经济结构的优化程度, 反映了土地资源对产业升级的支撑作用; 地均 GDP、单位土地面积财政收入和单位土地面积固定资产投资额等指标, 则进一步揭示了土地资源利用效率和经济活动的密集程度。

3.3. 具体流程

3.3.1. 原始数据标准化处理

由于在土地可持续利用研究中, 所选择指标的影响有正有负, 因此采用标准化方式去除原始数据量纲影响, 使其具有可比性, 公式如下:

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

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

式中: i 为评价指数, $i=1, 2, \dots, n$; j 为评价年份, $j=1, 2, \dots, m$; x_{ij} 为原始指标值; x'_{ij} 为标准化处理后的值; $\max(x_{ij})$ 、 $\min(x_{ij})$ 为相应指标原始最大值与最小值。

3.3.2. 信息指标熵计算

设有 n 个评价指标 m 个评价对象的评估问题中, 第 i 个指标的信息熵如下:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m Y_{ij} \times \ln Y_{ij} \quad (0 \leq e_j \leq 1) \quad (3)$$

其中:

$$Y_{ij} = X'_{ij} / \sum_{i=1}^m X'_{ij}; \quad k = 1/\ln m \quad (4)$$

式中, e_j 为信息熵; x'_{ij} 为原始数据归一化矩阵。

3.3.3. 熵权计算

在综合考虑各评价指标所提供信息量的基础上, 根据各指标所携带信息量的多少确定其权重, 公式如下:

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

$$w_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j \quad (6)$$

式中, w_j 代表第 j 个指标的权重, 同时各指标权重总和为 1。

3.3.4. 评价指数计算

在土地可持续利用综合评价体系中, 经济可持续性、环境资源保护性和社会承载能力均是构成土地资源可持续利用的不同维度, 而不同维度下的指标又是对区域土地可持续利用不同方面的反映, 因此通过构建不同维度指数和综合指数来衡量益阳市土地可持续利用水平。

$$I_i = \sum_{j=1}^n x'_{ij} w_j \quad (7)$$

$$I = \sum_{i=1}^n X'_{ij} w_j \quad (8)$$

式中, I_i 为不同维度下土地可持续利用指数; I 为土地可持续利用综合指数; W_i 和 w_i 为相应权重; X_i 和 x_i 为原始数据归一化值; n 为指标数。

3.4. 评价标准

合理的评价标准是土地资源可持续发展科学评价的前提, 本文借鉴已有研究成果[18][19], 同时结合益阳市相关专家的意见, 最终制定益阳市土地资源可持续利用评价标准(表 2)。

Table 2. Evaluation criteria for land use sustainable development in Yiyang City

表 2. 益阳市土地可持续利用评价指标

指标	等级	指数值域
土地可持续利用评价	V. 不可持续利用	[0, 0.4]
	IV. 弱可持续利用	(0.4, 0.5]
	III. 可持续利用	(0.5, 0.6]
	II. 强可持续利用	(0.6, 0.8]
	I. 优可持续利用	(0.8, 1]

4. 益阳市土地可持续利用评价结果

以 2016~2021 年每年份数据作为一个样本, 每年包含 15 个指标, 将可持续利用指标如图(具体如表 3 所示)。

Table 3. Index weight of sustainable land use in Yiyang City

表 3. 益阳市土地可持续利用指标权重

目标层	准则层	指标层	维度权重	总体权重
益阳市土地可持续利用评价	资源环境可持续性	建成区绿化覆盖率	0.1756	0.0585
		人均公园绿地面积	0.1537	0.0512
		水土流失治理面积	0.1710	0.0570
		粮食播种面积	0.2014	0.0671
		单位面积农药化肥施用量	0.2983	0.0994
	社会承载能力	城镇化率	0.2039	0.0680
		人口自然增长率	0.2077	0.0692
		人均粮食产量	0.2544	0.0848
		城乡收入比	0.3340	0.1113

续表

经济可持续性	人均 GDP	0.1695	0.0565
	人均可支配收入	0.1788	0.0596
	第三产业占 GDP 重	0.1535	0.0512
	地均 GDP	0.1677	0.0559
	单位土地面积财政收入	0.1605	0.0535
	单位土地面积固定资产投资	0.1700	0.0567

Table 4. Evaluation results of sustainable land use in Yiyang City from 2016 to 2021

表 4. 2016-2021 年益阳市土地可持续利用评价结果

年份	资源可持续性指数		社会承载力指数		经济可持续性指数		总指数	
	数值	对应等级	数值	对应等级	数值	对应等级	数值	对应等级
2016	0.390	V	0.220	V	0.000	V	0.204	V
2017	0.316	V	0.356	V	0.263	V	0.311	V
2018	0.293	V	0.264	V	0.499	IV	0.352	V
2019	0.610	II	0.442	IV	0.610	II	0.554	III
2020	0.577	III	0.548	III	0.677	II	0.601	II
2021	0.635	II	0.796	II	0.893	I	0.775	II

2016~2021年益阳市土地可持续利用评价结果



Figure 1. Results of sustainable land use in Yiyang City from 2009 to 2018

图 1. 2009~2018 年益阳市土地可持续利用结果图

运用熵值法得出益阳市土地资源可持续评价各指标权重及资源环境可持续性、社会承载力、经济可持续性各维度指标权重,而后将标准化结果与其对应权重相乘得出各维度和土地可持续利用总体评价结果(表 4, 图 1)。

从资源环境可持续性来看,2016~2021 年期间,益阳市土地资源环境可持续性总体表现呈现出波动上升的趋势。其中 2016~2018 年间资源环境表现为不可持续利用,且可持续性水平呈缓慢下降趋势;2018~2019 年环境资源可持续性增速明显,由不可持续利用转变为强可持续利用,但于 2019~2021 年间,其可持续性又呈现出缓慢下降而后缓慢增加趋势,可持续等级变化呈现出由强可持续利用转变为可持续利用再转变为强可持续利用。结合数据可知,2016~2018 年资源环境可持续性下降的主要原因来自于建成区绿地面积的减少以及粮食播种面积的急剧下降。2018~2019 年间其可持续性急剧上升由各指标的缓慢增长、粮食播种面积的大幅增加以及单位面积化肥施用量大幅减少所引起。2019~2021 年所表现的波动增长原因来自于各指标的多样化变化趋势。

从社会承载力来看,2016~2021 年期间,益阳市土地资源的社会承载力总体表现仍呈现出波动上升的

趋势, 增长趋势中仅于 2017~2018 年间呈现出短暂下降趋势。2016~2018 年间益阳市土地资源社会承载力由不可持续利用阶段转变为 2019 年的弱可持续利用阶段, 而后于 2020 年达到可持续利用阶段, 并最终于 2021 年达到强可持续利用阶段。结合数据可知, 社会承载力整体表现为上升趋势的原因主要是人口自然增长率的减少、人均粮食产量的增加以及城乡可支配收入比值的减少; 而 2017~2018 年社会承载力表现为降低趋势主要源于城镇化率的提高、当年段自然增长率的短暂增长以及人均粮食产量的短暂降低。

从经济可持续性来看, 2016~2021 年益阳市土地资源经济可持续表现为逐年增长趋势。从 2016~2021 年, 其可经济持续利用水平由 2016~2018 年间的不可持续水平、可持续水平逐渐转变为 2019~2021 年间的强可持续、优可持续水平。结合数据结果, 经济可持续性逐年增长的趋势主要受人均 GDP、人均可支配收入、地均 GDP、单位土地面积财政收入、单位土地面积固定资产投资额的影响, 该 5 项指标均呈逐年增加的趋势, 第三产业产值占 GDP 比重则变化不大。

从总体情况来看, 2016~2021 年间益阳市土地可持续利用水平呈逐渐上升趋势, 各指标的贡献能力也是整体均呈上升趋势。其土地资源可持续利用水平实现了从 2016~2018 年间的不可持续阶段, 到 2019 年的可持续阶段, 再到 2020~2021 年间的强可持续阶段的转变。结合实际, 这一变化趋势得益于益阳市对土地可持续利用工作的高度重视, 其充分发挥了要素保障功能, 通过加强政策支持、推动合理布局、实施存量挖掘等策略, 为经济社会的高质量发展提供了土地要素的保障。同时, 益阳市还利用国土空间规划编制的契机, 深化土地供给侧结构性改革, 科学规划生产、生活、生态空间, 强调规划的前瞻性和合理性, 为土地资源的可持续利用提供了强有力的规划指导。此外, 益阳市在土地利用方面注重节约集约, 通过优化园区产业空间布局、引导工业项目向园区集中、鼓励建设多层厂房等措施, 提升了土地使用效率和产出效益, 从而提高了土地资源的可持续利用水平。

5. 结论与建议

5.1. 结论

本文通过熵值法对区域土地可持续利用水平作出客观评价, 在一定程度上丰富了现有土地可持续利用研究的方法学体系, 同时为未来相关政策的制定提供了进一步依据。2016~2021 年评价结果表明, 益阳市土地可持续利用水平呈现出逐年上升趋势, 并于 2020~2021 年间保持强可持续利用水平; 其中资源环境贡献虽于整体上为上涨趋势, 但稳定性较差, 波动明显; 社会承载力经历了“上升-下降-上升”阶段, 逐步实现了由不可持续向强可持续的转变; 经济可持续性呈逐年上升趋势, 其对益阳市土地资源可持续发展的拉动性作用最为明显, 逐步实现了由不可持续向优可持续利用的转变(图 2)。

2016~2021年益阳市土地可持续利用评价结果



Figure 2. Evaluation results of the total index of sustainable land use in Yiyang City from 2016 to 2021

图 2. 2016~2021 年益阳市土地可持续利用总指标评价结果

5.2. 建议

为提高益阳市高质量发展与土地资源可持续利用水平, 根据以上分析结果, 提出以下建议: (1) 针对资源环境稳定性较差的现象, 应注重对水土流失的治理及提高公众对水土保持和生态环境保护的意识; 此外, 合理引导农户农业化肥施用量, 进一步减少农业生产的环境污染; (2) 针对第三产业产值占 GDP 比重较低的现状, 应采取优化产业结构、推动产业升级、加强科技创新、提高劳动力素质等措施, 逐步发挥第三产业拉动区域经济发展以及土地资源可持续利用的潜力。

参考文献

- [1] 赵兴国, 潘玉君, 丁生, 等. 中国省域土地利用可持续性评价及时空格局特征[J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 196-204.
- [2] 陈百明, 张凤荣. 中国土地可持续利用指标体系的理论与方法[J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 197-203.
- [3] 漆良华, 周金星, 张旭东, 等. 长江上游山区土地承载力研究与评价: 以四川省宜宾市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 169-174.
- [4] 蔡京宸. 河南省土地可持续利用综合评价及优化研究[D]: [硕士学位论文]. 开封: 河南大学, 2024.
- [5] 苏晨晨, 周奥, 潘玉翠, 等. 基于 PCA 的龙口市土地可持续利用评价[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(12): 96-103.
- [6] 王琦, 何瑞珍. 郑州市县域土地可持续利用健康性评价[J]. 林业调查规划, 2021, 46(5): 7-14.
- [7] 焦世泰, 王鹏, 陈景信. 滇黔桂省际边界民族地区土地资源可持续利用[J]. 经济地理, 2019, 39(1): 172-181.
- [8] 董文帅, 程钢. 土地可持续综合评价与时空分析——河南省为例[J]. 遥感信息, 2017, 32(1): 166-174.
- [9] 蒋玲, 蒲春玲, 梁文靖, 等. 基于 PSR 模型和层次分析法的甘肃省土地可持续利用研究[J]. 环境与可持续发展, 2016, 41(4): 182-184.
- [10] 王红丹, 杨晓红, 汪黎黎, 等. 熵值法和主成分分析法在贵阳市土地可持续利用评价中的应用比较[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(9): 251-255.
- [11] 赵旭, 叶剑平, 薛姝. 基于改进灰色关联分析法的湖南省城市土地可持续利用评价[J]. 水土保持通报, 2013, 33(3): 265-269+324.
- [12] 张磊, 吕世勇. 基于模糊综合评价法的贵州土地可持续利用评价[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(5): 199-203.
- [13] 黄威达. 基于熵权法的宁明县土地可持续利用评价[J]. 农村经济与科技, 2021, 32(5): 43-45.
- [14] 谭永忠, 吴次芳, 叶智宣, 等. 城市土地可持续利用评价的指标体系与方法[J]. 中国软科学, 2003(3): 139-143.
- [15] 刘双, 胡动刚. 北部湾土地资源可持续利用评价研究[J]. 农业技术经济, 2013(11): 57-63.
- [16] 周小萍, 陈百明, 王秀芬. 区域农业土地可持续利用的空间尺度效应分析: 以京津冀地区为例[J]. 经济地理, 2006, 26(1): 100-105.
- [17] 黄威达. 基于熵权法的宁明县土地可持续利用评价[J]. 农村经济与科技, 2021, 32(5): 43-45.
- [18] 江晓雨. 江苏省土地资源可持续利用评价研究[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2018.
- [19] 赵海杨, 胡宝清. 基于熵权法的广西土地生态安全评价[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2019, 36(1): 127-131.