

基于三角模型的三峡库区(重庆段)土地利用系统健康评价*

陈 鹏^{1,2}, 周启刚^{1,2,3**}, 孟浩斌^{1,2}, 李明慧^{1,2}

(1. 重庆工商大学 环境与资源学院,重庆 400067;2. 重庆市生态环境与空间信息大数据挖掘与集成重点实验室,重庆 401320;3. 重庆工商大学 旅游与国土资源学院,重庆 400067)

摘 要:针对三峡库区蓄水前后土地利用结构紊乱、城市发展与生态保护矛盾突显的问题,提出通过土地利用系统健康评价来有效引导土地合理利用,提升土地资源长期效益;从土地利用系统健康基本内涵出发,构建基于三角模型的评价指标体系对库区重庆段进行实证分析;结果表明:2000—2017 年三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态不断提高,整体变化过程为“不健康-亚健康-初级健康”;系统健康状态的空间特征整体表现为渝西及渝东南高于渝东北;健康状态的变化趋势整体良好,主要以初级健康(T1、T3)的变化趋势为主;研究结果可反映本区域土地利用系统健康状态的发展态势,实现土地利用系统内部良性运行。

关键词:土地利用系统;健康评价;三角模型;三峡库区

中图分类号:F301.24 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-058X(2020)04-0052-11

0 引 言

土地作为一种独特的自然综合体,长期以来备受国内外研究学者的关注,有关土地利用结构、土地效益、土地可持续发展等相关研究亦是时的热点方向之一。伴随着三峡水库的修建,三峡库区在土地利用方面存在的问题日益突出,大量三峡移民造成的后果就是区域土地利用结构日益紊乱、生态环境质量不断下降、土地功能区域差异性愈加显著^[1]。探索如何在保障生态环境的前提下提升土地利用效率变得十分迫切,区域土地利用系统的健康状态正逐渐成为社会各界关注的焦点^[2]。

早在 1940 年时期美国生态学家阿尔多·李奥帕德率先提出“土地健康”的概念,并用“土地疾病”来概括土地系统的功能紊乱^[3]。后续学者在“土地健康”的基础上提出“生态系统健康”的概念,使得研究的方向发生了转变^[4-6]。20 世纪 80 年代,加拿大政府在此基础上实施全国土壤环境质量调查,率先组织开展了“土壤健康”项目^[7],其目的是调查全国的土壤质量。后续学者以此为导向提出了“土地利用系统健康”的概念。我国学者在之后也对土地利用系统健康评价进行了一定程度的研究。以蔡为民等^[8-11]为代表的学者对土地利用系统健康的研究取得了一定的成果,将土地利用系统健康的内涵概况为系统自身是否健康和系统对人类是否健康

收稿日期:2019-10-21;修回日期:2019-11-28.

* 基金项目:重庆市基础与前沿研究计划项目(CSTC2015JCYJA90010);重庆工商大学创新型科研项目基金(YJSCXX2019-101-70).

作者简介:陈鹏(1993—),男,重庆石柱人,硕士研究生,从事环境规划与管理研究.

** 通讯作者:周启刚(1976—),男,重庆铜梁人,博士,教授,从事 3S 理论与土地利用研究. Email:zqg1050@126.com.

两方面,并通过系统结构是否合理,功能是否正常发挥,产生的社会、经济和生态效益是否满足人类需求来表征系统的健康状态。在对区域土地利用系统健康水平评估的同时探讨关键影响因子。也有学者对区域城镇化质量和土地利用系统健康状态的协同演化关系进行分析^[12]。总结为:多数评价是以土壤和土地利用的角度研究土地的质量,以系统的视角评价土地利用系统健康状态的研究还有待加强;多数研究是从定性的角度以提出概念和分析,缺少定量的一些具体方面的研究^[13-15];多集中于对某单一评价单元,缺少从空间角度揭示其土地利用系统健康状态时空变化规律的研究;整体而言,土地利用系统健康状态研究还有待进一步深化。

基于以上分析,以三峡库区(重庆段)22 个区县为研究对象,构建反映库区特色的评价指标体系,运用三角模型进行土地利用系统健康状态分析评价和预测。旨在提高土地利用系统的良性运转,同时为库区屏障带开展相关领域研究提供综合参考借鉴。

1 研究区概况

三峡库区的区域概念来源于三峡大坝工程,包含了由于蓄水淹没而具有移民任务的 26 个区县。库区隶属于长江的中上游地带,辖内地势起伏较大,具有库湾、河口、湖盆、库尾等多种地势类型。三峡库区(重庆段)位于库区上半段,是库区最大的核心区域,整段共计 22 个区县,是库区的回水区(图 1)。库区重庆段人口接近 2 000 万,占地面积为库区总面积的 85%,常年温度保持在 17~20℃,空气质量较好,湿度高,雨水天气较长,年均降水量在 1 000 mm 以上,植被覆盖度常年较高^[16]。

三峡库区(重庆段)作为一个典型的生态脆弱区和生态屏障区,对整个库区乃至长江经济带在社会、经济、生态等多方面有着举足轻重的作用。对三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态水平进行研究,不但能够反映区域土地利用系统的发展态势,实现土地利用系统的良性运行,也为同类地区的生态环境保护提供决策支持。

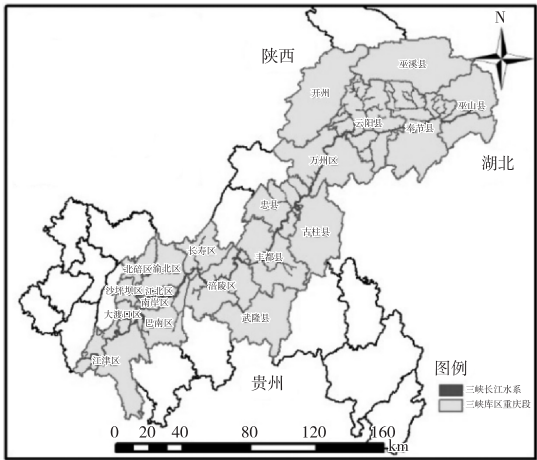


图 1 三峡库区(重庆段)行政区位图

Fig. 1 Administrative location map of the Three Gorges Reservoir area (Chongqing section)

2 数据源及研究方法

2.1 数据来源

数据源于 2000、2004、2007、2010、2014、2017 年 6 期 Landsat TM 遥感影像(均为 1:10 万的夏季影像),通过 3S 技术对三峡库区(重庆段)的影像进行几何、辐射校正,并用人工交互的解译方法对 6 期影像进行解译获取土地利用数据(分类标准采用中科院土地利用覆盖分类体系);同时收集处理 2000—2018 年重庆市统计年鉴、各类环境公报以及各气候监测站点数据,从中获取研究区历年自然、社会、人口、经济等数据。

2.2 研究方法

2.2.1 数据无量纲化

通过极差变化法求取指标的无量纲化值,具体方法如下:

正向型指标

$$y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m) \quad (1)$$

逆向型指标

$$y_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m) \quad (2)$$

式(1)和式(2)中*i*表示的是时间,*j*表示的是评价指标,*X_{ij}*表示的是*i*时间*j*评价指标的原始数

据。 y_{ij} 表示的是 i 时间 j 评价指标的无量纲化值。 $\max X_{ij}$ 和 $\min X_{ij}$ 分别表示 i 时间 j 评价指标的最大值和最小值,其中无量纲化值 $0 \leq y_{ij} \leq 1$ 。

2.2.2 评价指标体系构建

土地利用系统是由自然、社会、经济联合构成的复杂综合性系统^[17],参考众多国内外学者对土地利用系统健康研究概况,结合三峡库区(重庆段)的实际情况以及数据获取真实可靠性的前提确定本次评价从土地利用系统的“结构性-功能性-效益性”3 个方面(子目标层)的 23 个指标(指标层)进

行土地利用系统健康评价研究。其中以气候结构、社会经济结构、土地利用结构来反映土地利用系统结构性;以系统活力指数(如粮食增长率、单位耕地农机总动力)和稳定指数(如人口密度、人均耕地)代表土地利用系统的功能性;从经济效益、社会效益和生态效益来突显土地利用系统的效益性。指标选取原则是必须在某方面反映土地利用系统本身健康与否,即结构是否合理、功能是否满足、以及系统对人类健康影响,即系统的社会、经济、生态效益能否满足人类总体需求,体系如表 1 所示。

表 1 三峡库区(重庆段)土地利用系统健康评价指标体系及权重

Table 1 Health evaluation index system and weight table of land use system in Three Gorges Reservoir area (Chongqing section)					
目标层	子目标层	准则层	指标层	权 重	
土地 利用 系 统 健 康	土地利用 系统结构性	气候结构 指数	年平均降水量/mm	0.120 2	
			年平均气温/度	0.120 2	
		社会经济 结构指数	农林牧渔业总产值指数	0.140 2	
			三产比值	0.120 7	
			全社会固定资产投资/万元	0.088 9	
		土地利用 结构指数	土地利用多样性指数(SHDI)	0.2049	
			斑块密度(PD)	0.204 9	
		土地利用 系统功能性	活力指数	粮食增长率/%	0.115 4
				人均地区生产总值	0.110 6
				单位耕地农机总动力	0.086 4
	城镇化率/%			0.125 1	
	稳定指数		单位耕地化肥施用量	0.090 5	
			道路通达度	0.111 6	
			人均水资源	0.136 6	
			人口密度	0.114 5	
			人均耕地/hm ² /万人	0.109 3	
			劳均产粮/T/万人	0.113 6	
	土地利用 系统效益性	经济效益指数	地均 GDP/hm ² /万元	0.155 9	
			农业商品率	0.113 6	
		社会效益指数	人均可支配收入	0.113 5	
			就业指数/%	0.155 2	
			森林覆盖率/%	0.174 1	
		生态效益指数	水土协调度	0.174 1	

2.2.3 基于信息熵的权重改进方法

权重值表征了评价指标之间的相对重要程度,

目前,学术界常采用熵权法、离差最大化法、变异系数法、层次分析法方法进行计算^[18]。熵权法对指标

间的细微差异更为敏感,可避免指标区分度的趋同性,因此在较多指标情况下,采用熵权法更具有客观性和准确性。其计算公式如下:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)}$$

(3)

式(3)中假设给定 K 个评价指标 $X_1, X_2, \dots, X_k$, 其中 $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, n 为指标的期数。 X_{ij} 为当前值, $\min(X_i)$ 为当前指标最小值, $\max(X_i)$ 为当前指标最大值, Y_{ij} 为当前指标标准化后的值。

$$E_{ij} = -\ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^n (Y_{ij} / \sum_{i=1}^n Y_{ij}) \times \ln(Y_{ij} / \sum_{i=1}^n Y_{ij})$$

(4)

式(4)中 n 与前文 n 涵义一致, E_{ij} 为一组指标的信息熵。

$$W_{ij} = \frac{1 - E_i}{K - \sum E_i} \quad (i = 1, 2, \dots, K)$$

(5)

式(5) K 与前文涵义一致, W_{ij} 为各指标最终权重。

2.2.4 基于三角模型的评价方法

三角模型最早来源于美国农业部,最初拿来划分土壤类型,后来在工科及经济学得到推广^[19],利用三角模型的优点和特性,从土地利用系统健康评价研究中的效益性指数(f_{BI})、非结构性指数(f_{NFI})和非功能性指数(f_{NSI})3个指标之间的相互转变关系来对三峡库区(重庆段)的土地利用系统健康状态进行评价。公式如下:

$$f_{NSI} = 1 - \sum_{j=1}^m Y_{ij} \cdot W_j$$

(6)

$$f_{NFI} = 1 - \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot W_j$$

(7)

表2 土地利用系统健康指数划分标准表

区 域	指数值范围			相对健康状态			健康状态
	f_{BI}	f_{NSI}	f_{NFI}	f_{BI}	f_{NSI}	f_{NFI}	
A	0.8~1.0	0.0~0.2	0.0~0.2	非常高	非常低	非常低	高级健康
B	0.6~0.8	0.0~0.4	0.0~0.4	较高	较低	较低	中级健康
C	0.4~0.6	0.0~0.6	0.0~0.6	中等	中等	中等	初级健康
D	0.2~0.4	0.0~0.8	0.0~0.8	较低	较高	较高	亚健康
E	0~0.2	0.0~1.0	0.0~1.0	非常低	非常高	非常高	不健康

$$f_{FBI} = \sum_{j=1}^k Y_{ij} \cdot W_j$$

(8)

式(6)、式(7)、式(8)中: f_{NSI} f_{NFI} f_{BI} 分别为非结构性指数、非功能性指数、效益性指数; Y_{ij} 表示 i 时间 j 评价指标的无量纲化值; m 表示非结构性指标的个数, n 表示非功能性指标的个数, k 表示效益性指标的个数, W_{ij} 为各指标权重值。

依据 f_{NSI} f_{NFI} f_{BI} 三大指数的最终数值并结合 Grapher 9 软件的数据分析模块,最终构成三角模型结构示意图,如图2所示:

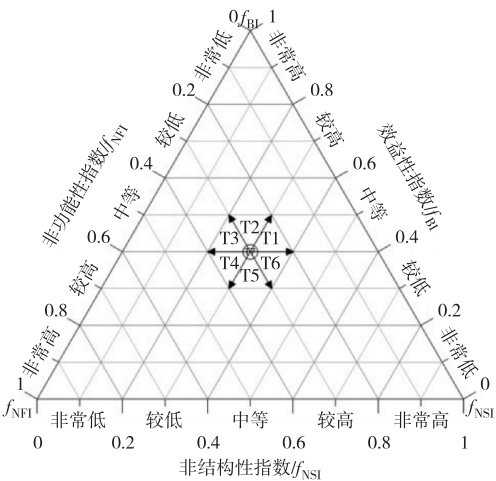


图2 三角模型结构图

Fig. 2 Structure diagram of triangle model

按照三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态评价指标体系,计算出 NSI 、 NFI 、 BI 的指数值,运用三角模型并结合图2(三角模型结构图)和表2(土地利用系统健康指数划分标准)和表3(土地利用系统健康变化趋势划分标准)可引导出每个研究期内研究区的土地利用系统健康状态以及变化趋势。

表 3 土地利用系统健康变化趋势划分标准

Table 3 Classification standard table of health change trend of land use system

趋 势	变化范围/°	指数变化相对方向			健康趋势
		BI	NSI	NFI	
T1	0 ~ 60	↑	↑	↓	初级健康
T2	>60 ~ 120	↑	↓	↓	中级健康
T3	>120 ~ 180	↑	↓	↑	初级健康
T4	>180 ~ 240	↓	↓	↑	亚健康
T5	>240 ~ 300	↓	↑	↑	不健康
T6	>300 ~ 360	↓	↑	↓	亚健康
T7	无变化	—	—	—	亚健康

3 结果与分析

3.1 土地利用系统健康分析

3.1.1 土地利用系统健康指数分析

通过三角模型建立三峡库区(重庆段)土地利用系统健康指标评价体系模型,利用熵权法求出指标权重(表 1),依据相关公式计算出库区重庆段土地利用系统健康状态的非结构、非功能、效益指数值图,如图 3 所示。

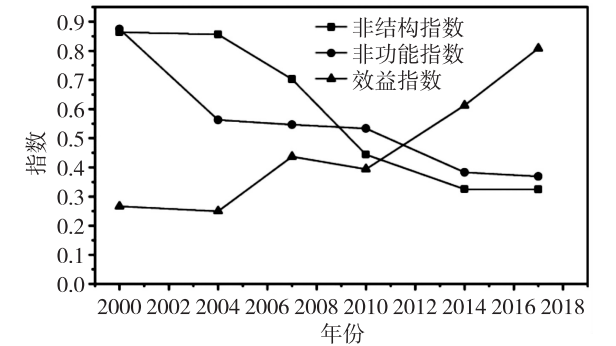


图 3 三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态指数变化图

Fig. 3 Changes of health status index of land use system in Three Gorges Reservoir area (Chongqing section)

由图 3 可以看出,非结构指数、非功能指数和效益指数在研究期内均发生较大的变化。2000—2017 年非结构指数始终处于下降的变化趋势,整体经历了缓慢—迅速—缓慢 3 个阶段,由 2000 年的 0.863 8 下降到 2017 年的 0.324 7,结构性指数上升显著。

主要原因是早期经济增长缓慢,土地利用结构性较低;中期经济水平增长迅速,全社会固定资产投资增长显著;而后经济增长速度放缓。2000—2017 年非功能指数总体趋势同样为下降的趋势,由 2000 年的 0.874 9 下降到 2017 年的 0.368 9,功能性指数上升幅度巨大。主要是因为三峡库区(重庆段)的人均地区生产总值逐步提升,单位耕地农机总动力投入显著,人均耕地增长速度较快。库区重庆段效益指数在研究期总体表现为上升的趋势,其中 2000—2004 年和 2007—2010 年两阶段出现短暂的下降,其余时期上升显著。总体从 2000 年的 0.266 1 上升到 2017 年的 0.808,其中 2000—2004 年森林覆盖率和就业指数的降低一定程度导致系统健康的社会效益和生态效益下降,2007—2010 年主要是受到劳均产粮和水土协调度降低导致的经济、生态效益日益下降,2010 年库区第 3 次蓄水完成,随之加大了环境治理与保护,土地利用更加合理,植被覆盖度显著提高,水质等级逐步提高,空气质量愈加优良,系统健康状况的效益性提升巨大。

3.1.2 土地利用系统健康状态分析

通过评价指标体系算出土地利用系统健康状态的非结构、非功能、效益性指数并运用 Grapher 9 软件生成三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态趋势图(图 4),在此基础上统计出三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态结构表(表 4)。在确定库区重庆段土地利用系统的健康状态时,取满足至少 2 种指数范围的状态为当年土地利用系统健康状态^[20]。

由图 4 和表 4 可得:三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态在 2000、2004 年都处于不健康状态。2000 年为重庆市直辖初期,城镇化水平低,社会经济发展落后,土地利用模式粗放,为提升经济发展速度,各类工厂大肆修建加之在当年首次政府组织移民搬迁,截至 2004 年三峡库区共计外迁移民 16.5 万人,人口流动随之造成大量土地利用撂荒,导致整个区域土地利用系统健康状态较差;2007、2010 年三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态

逐渐进入亚健康状态;主要原因是在此期间三峡工程完成第二阶段蓄水,库区相继开展水土流失治理以及退耕还林等保障措施来提高生态环境质量,同时重庆市经过 10 a 直辖发展,城镇化和经济状况得到逐步提升,但区域化差异明显,三峡库区(重庆段)库尾大部分区县经济发展较其他区县落后,多为国家级贫困县,土地利用结构不够合理性,土地撂荒和闲置现象严重,人民生活水平较差,其生态环境状况也比较落后;2014 和 2017 年整个研究区最终进入初级健康状态,此时三峡库区已进入第三阶段蓄水,库区全面进入 175 m 水位线蓄水时期,三峡工程所带来的发电、航运、泄洪等作用极大地促进了三峡库区的发展。重庆市在此期间 GDP 逐渐进入全国前列,且积极响应中央关于生态文明建设的号召,全市编制县级生态保护范围红线,划定三生空间,全面推进河长制,重工业及化工园区数量

逐步减少,生态环境状况稳步提升。

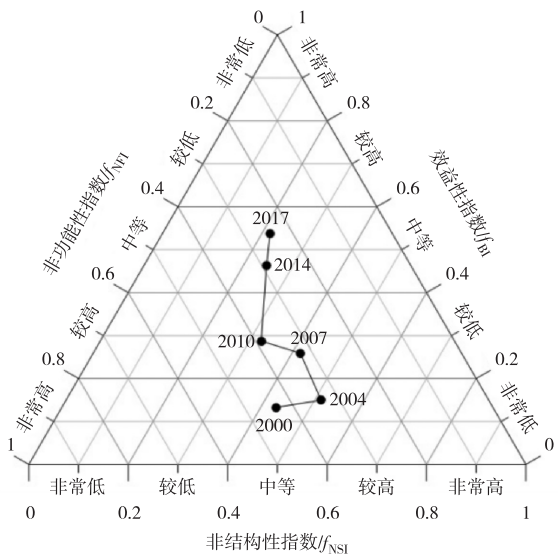


图 4 三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态变化图

Fig. 4 Health status changes of land use system in the Three Gorges Reservoir area (Chongqing section)

表 4 三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态结构表

Table 4 Health status structure of land use system in Three Gorges Reservoir area (Chongqing section)						
年 份		不健康	亚健康	初级健康	中级健康	高级健康
2000	区县个数	18	4	—	—	—
	面积/hm ²	37 142. 99	9 010. 415	—	—	—
2004	区县个数	8	14	—	—	—
	面积/hm ²	24 613. 49	21 539. 91	—	—	—
2007	区县个数	5	17	—	—	—
	面积/hm ²	11 219. 88	34 933. 52	—	—	—
2010	区县个数	1	21	—	—	—
	面积/hm ²	2 948. 714	43 204. 69	—	—	—
2014	区县个数	—	7	15	—	—
	面积/hm ²	—	13 784. 14	32 369. 26	—	—
2017	区县个数	—	—	20	2	—
	面积/hm ²	—	—	38 167. 45	7 985. 95	—

3.2 土地利用系统健康空间差异性分析

3.2.1 区县级土地利用系统健康状态变化差异分析

通过三角模型分析得到整个三峡库区(重庆段)内部各区县的土地利用系统健康状态在此基础上运用 ArcGIS 空间分析功能对库区重庆段的土地

利用系统健康状态进行空间分析并作出不同年份研究区健康状态空间分布情况图(图 5)。

由图 5 可得:从 2000—2017 年三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态空间分布发生了巨大变化。其中 2000、2004 年研究区土地利用系统健康状

态都处于最低状态,且以不健康状态为主。2000 年库区重庆段只有巫山、石柱、涪陵和九龙坡处于亚健康状态,2004 年只剩下渝中、江津、巫山、万州、开州、巫、奉节县和武隆处于亚健康状态,主要源于重庆市直辖早期各区县土地利用结构差异大,经济发展水平不平衡。2007、2010 年库区重庆段土地利用系统健康状态整体仍然处于不健康和亚健康状态,但以亚健康状态为主。2007 年只有南岸、渝中、开州、巫溪和巫山处于亚健康状态,2010 年整个研究区只有巫山处于亚健康状态,巫山处于研究区库尾

最后一个区县,全县多山地,经济结构单一,土地利用粗犷,经济发展极为落后,全县土地利用系统健康状态较低。2014 年研究区土地利用系统健康状态整体处于亚健康和初级健康状态,整体以初级健康为主。2017 年整个研究区都进入初级健康状态,其中开州和巫溪率先进入中级健康状态,其中开州由于县城被库区蓄水淹没,人口大量迁移,生态环境治理与修复投入巨大,效果显著,因此导致其系统健康状态提升快速。

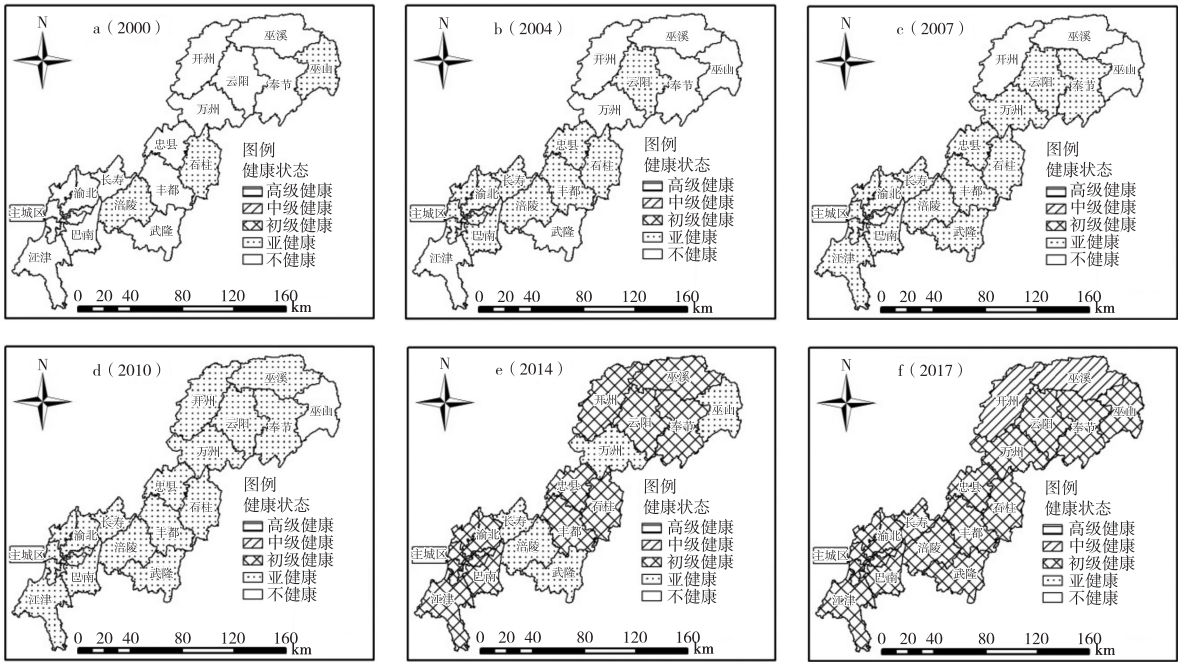


图 5 2000—2017 年三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态时空分布差异图

Fig. 5 Spatial and temporal distribution differences of land use system health status in the Three Gorges Reservoir area (Chongqing section) from 2000 to 2017

3.2.2 区县级土地利用系统健康趋势变化差异分析

结合三峡库区(重庆段)各区县土地利用系统健康状态的三角模型变化过程和表 2,分析得到三峡库区(重庆段)各区县土地利用系统健康状态的变化趋势图(图 6)。

分析图 6 可得,三峡库区(重庆段)2000—2017 年全域土地利用系统的健康状态变化趋势良好。其中 2000—2004 年全重庆段主要呈现中级健康和初级健康两种变化趋势,中级健康主要分布在库首

上游区县,初级健康主要集中在库腹大部分重庆段的后半段;2004—2007 年出现了大量的不健康趋势,主要集中在中部的渝东南以及主城区的南、北部区域,其余地方趋势良好;2007—2010 年库区核心地带的万州区和库尾的巫山县在这期间呈现出亚健康的变化趋势,中部地方的长寿和武隆出现不健康的变化态势,其余地方土地利用系统健康状况的变化趋势良好;2010—2014 年只有大渡口区表现得亚健康趋势,其余区域全部是一片良好的变化

趋势;2014—2017 年只有江北区表现亚健康的变化趋势,绝大部分区县都呈现出中级健康的变化态势,整个研究期变化趋势良好。

总体来讲,由 2000—2017 年三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态及其变化趋势来看,其健康状态在不断提升,如何协调人口不断增长与资源有限的矛盾、经济快速发展与生态环境可持续发

展相结合成为土地利用系统健康关键所在。结合三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态的变化趋势及经济发展的不断提升,全社会生活水平日益提高,对环境要求愈加严格,整个三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态在未来几年内将进一步得到提升并将逐步达到全域中级健康状态。

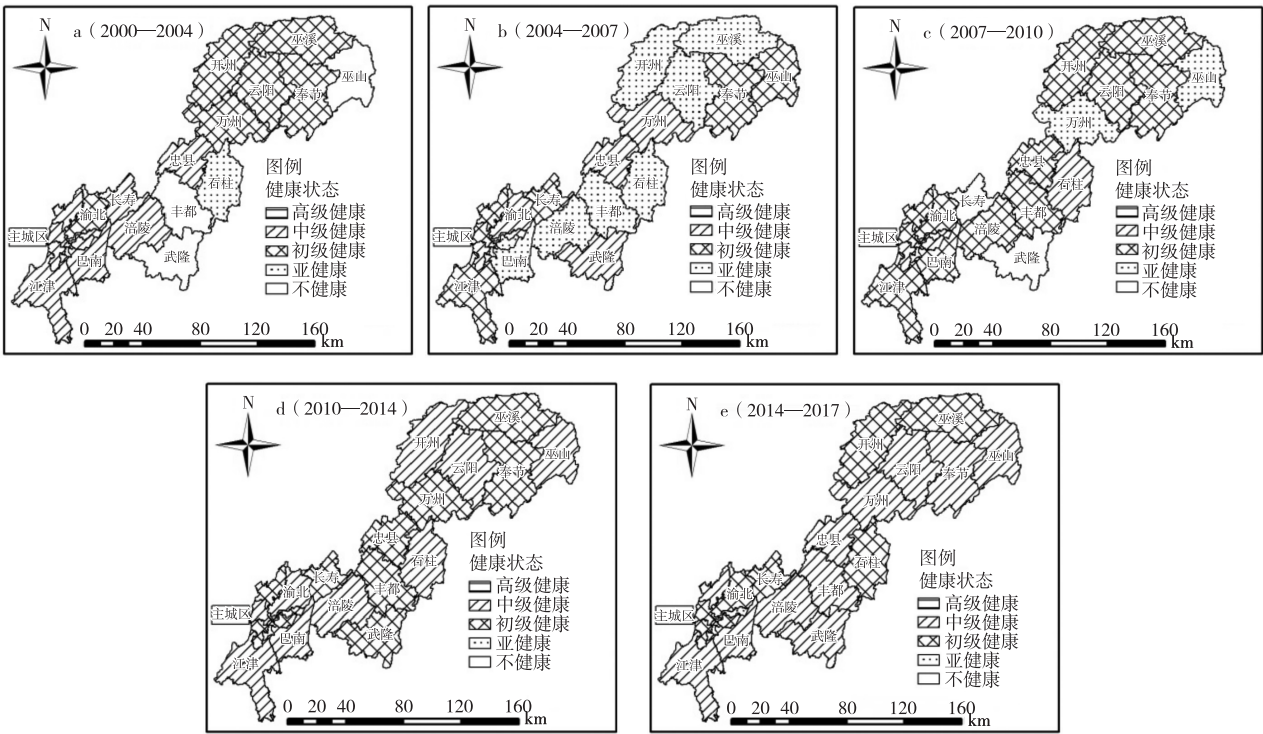


图 6 三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态变化趋势空间差异图

Fig. 6 Spatial difference diagram of variation trend of land use system health status in Three Gorges Reservoir area (Chongqing section)

4 结论与讨论

以 2000—2017 年三峡库区(重庆段)为研究时空对象,通过收集土地利用系统健康评价指标体系相关数据,运用三角模型对库区(重庆段)土地利用系统健康状态进行分析,得出系统健康状态及趋势变化的规律,为库区各级土地利用规划布局、生态环境修复治理提供一定的理论借鉴和实践参考。主要结论如下:

(1) 三峡库区(重庆段)土地利用系统指数变化趋势良好。其中系统非结构指数和非功能指数总体表现为下降的趋势,效益性指数整体保持为不断上升的态势,系统的效益性在不断提高。

(2) 三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态整体表现为从不健康状态过渡到亚健康状态最终进入初级健康状态。从空间差异变化来看表现为最初的全域不健康到中部地区和库首及主城区率先进入亚健康,再到全域进入亚健康阶段过渡到大部分地区到达初级健康状态,并最终实现整个三

峡库区(重庆段)全部进入初级健康状态。

(3) 三峡库区(重庆段)土地利用系统健康状态变化趋势整体表现为初级健康良好态势,其中前 3 个阶段波动起伏较大,近半数的区域分别经历了不健康、亚健康。初级健康互相交替变化的阶段,后两个阶段库区(重庆段)整体变化趋势较统一,都表现出初级健康和中级健康的趋势,其健康状态变化的趋势总体趋于良好。接下来全域的土地利用系统健康状态都将依次进入中级健康的状态。

以三角模型对三峡库区(重庆段)以县域尺度进行土地利用系统健康状态研究,借鉴了 P-S-R 模型的优点,克服了传统的特征值划分健康状态及等级的弊端,但依然存在一定的不足之处。首先研究构建的指标评价体系仍然不够完善,其次由于数据获取途径受限,在研究区域范围上仅选择库区重庆段 22 个区县作为研究区域对象,没有充分考虑三峡库区的完整性。鉴于以上不足之处,有待于在以后的研究中不断学习和改进。

参考文献(References):

[1] 张晓娟. 三峡库区土地利用变化对生态环境质量的影响研究[D]. 重庆:重庆工商大学,2018

ZHANG X J. Study on the Impact of Land Use Change on the Quality of Ecological Environment in the Three Gorges Reservoir Area [D]. Chongqing: Chongqing Technology and Business University,2018(in Chinese)

[2] 欧维新,张伦嘉,陶宇,等. 基于土地利用变化的长三角生态系统健康时空动态研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 213(5):87—95

OU W X, ZHANG L J, TAO Y, et al. Spatio-Temporal Dynamics of Ecosystem Health in Yangtze River Delta Based on Land Use Change [J]. China Population, Resources and Environment, 2018,213 (5):87—95(in Chinese)

[3] LEOPOLD A. Wilderness as a Land Laboratory [J]. Living Wildemess, 1941(7):3—10

[4] 于璐璐. 流域生态系统健康评价研究进展[J]. 水文,

2017,37(3):7—13

YU L L. Research Progress on Ecosystem Health Assessment of River Basin [J]. Hydrology, 2017, 37 (3):7—13(in Chinese)

[5] 高洁芝. PSR 框架下土地生态系统健康诊断[J]. 江苏农业科学,2017, 45(11):240—243

GAO J Z. Land Ecosystem Health Diagnosis under the Framework of PSR [J]. Jiangsu Agricultural Science, 2017, 45(11):240—243(in Chinese)

[6] 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(4):80—86

HONG H K, LIAO H P, WEI C F, et al. Health Assessment of Land Use System in Ecologically Sensitive Areas in the Three Gorges Reservoir Area Based on Improved TOPSIS Method [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(4):80—86(in Chinese)

[7] 李培霞,陈国建,韦杰. 三峡库区坡改梯地不同土地利用方式的土壤肥力质量评价研究—以重庆市巫山县为例[J]. 中国水土保持,2014(3):35—38

LI P X, CHEN G J, WEI J. Soil Fertility Quality Evaluation of Sloping Terracesin of the Three Gorges Reservoir Area with Different Land Use Patterns: A Case Study of Wushan County Chongqing [J]. China Soil and Water Conservation, 2014(3):35—38(in Chinese)

[8] 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

CAI W M, TANG H J, CHEN Y Q, et al. Framework and Index Selection for Health Assessment of Land Use System [J]. China Population. Resources and Environment, 2004, 14(1):31—35(in Chinese)

[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

GUO J, WU B. Health Evaluation of Land Use System [J]. China Land Science, 2011, 25(4):71—77(in Chinese)

[10] 刘宝涛. 城镇化发展与土地健康利用协同演化关系—以长春市为例[J]. 经济地理,2016,36(10):76—83

LIU B T. Co-evolution Relationship between Urbanization

- Development and Land Healthy Use: A Case Study of Changchun City [J]. *Economic Geography*, 2016, 36 (10):76—83 (in Chinese)
- [11] 范丽娟,田广星. 基于 PSR 模型的土地利用系统健康评价—以银川市为例[J]. *宁夏工程技术*, 2017, 16 (4):372—376
- FAN L J, TIAN G X. Evaluation of Land Use System Health Based on PSR Model: A Case Study of Yinchuan City[J]. *Ningxia Engineering Technology*, 2017, 16 (4): 372—376 (in Chinese)
- [12] 苗苗,李长健. 城市土地利用与社会—经济—自然系统协调发展研究——以长江中游城市群 26 市为例[J]. *城市发展研究*, 2017, 24(7):1—6
- MIAO M, LI C J. Research on the Coordinated Development of Urban Land Use and Socio-Economic-Natural System: A Case Study of 26 Cities in the Urban Agglomeration of the Middle Reaches of the Yangtze River [J]. *Urban Development Research*, 2017, 24(7):1—6 (in Chinese)
- [13] 陈倩. 重庆市长寿区土地利用系统健康评价研究[D]. 重庆:重庆工商大学, 2015
- CHEN Q. Study on Health Evaluation of Land Use System in Changshou District of Chongqing [D]. Chongqing: Chongqing Technology and Business University, 2015 (in Chinese)
- [14] 段豪伟,孙鹏举,刘学录,等. 基于“低碳”理念的城市土地利用系统健康评价研究[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(21):188—193
- DUAN H W, SUN P J, LIU X L, et al. Research on Health Evaluation of Urban Land Use System Based on the Concept of “Low Carbon” [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31(21):188—193 (in Chinese)
- [15] 兰亭超,唐世超. 基于 PSR 模型的土地利用系统健康诊断与时间演化特征[J]. *湖北农业科学*, 2014, 53 (18): 4470—4474
- LAN T C, TANG S C. Health Diagnosis and Time Evolution Characteristics of Land Use System Based on PSR Model [J]. *Hubei Agricultural Science*, 2014, 53 (18): 4470—4474 (in Chinese)
- [16] 周启刚,张晓媛,王兆林. 基于正态云模型的三峡库区土地利用生态风险评价[J]. *农业工程学报*, 2014, 30 (23):289—297
- ZHOU Q G, ZHANG X Y, WANG Z L. Ecological Risk Assessment of Land Use in Three Gorges Reservoir Area Based on Normal Cloud Model [J]. *Chinese Journal of Agricultural Engineering*, 2014, 30 (23):289—297 (in Chinese)
- [17] 蔡炜宇. 长春市九台区土地利用系统动力学特征及结构优化[J]. *江西农业学报*, 2017, 29(7):110—116
- CAI W Y. Dynamic Characteristics and Structural Optimization of Land Use System in Jiutai District Changchun City [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2017, 29(7):110—116 (in Chinese)
- [17] 乔中涛. 基于主客观权重集成的训练评估方法[J]. *现代电子技术*, 2017, 40(15):90—93
- QIAO Z T. Training Evaluation Method Based on Subjective and Objective Weight Integration [J]. *Modern Electronic Technology*, 2017, 40 (15): 90—93 (in Chinese)
- [18] 倪广亚,刘学录,李沁汶,等. 基于数据信息特征的土地资源评价客观赋权方法的研究[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(20):255—262
- NI G Y, LIU X L, LI Q W, et al. Objective Weighting Method of Land Resource Evaluation Based on Data Information Characteristics [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(20):255—262 (in Chinese)
- [19] 杨淑伟. 黄河三角洲地区可持续性评估与空间类型研究[D]. 济南:山东师范大学, 2017
- YANG S W. Sustainability Assessment and Spatial Type Research in the Yellow River Delta Region [D]. Jinan: Shandong Normal University, 2017 (in Chinese)
- [20] 姚岚,吴次芳,吕添贵,等. 基于三角模型的喀斯特地区土地利用系统健康评价[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(14):246—254
- YAO L, WU C F, LV T G, et al. Evaluation of Land Use System Health in Karst Region Based on Triangle Model [J]. *Journal of Agricultural Engineering*, 2015, 31(14):246—254 (in Chinese)

Health Evaluation of Land Use System in Three Gorges Reservoir Area (Chongqing Section) Based on Triangle Model

CHEN Peng^{1,2} , ZHOU Qi-gang^{* 1,2,3} , MENG Hao-bin^{1,2} ,
LI Ming-hui^{1,2}

(1. School of Environment and Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;2. Chongqing Key Laboratory of Big Data Mining and Integration of Ecological Environment and Spatial Information, Chongqing 401320, China;3. School of Tourism and Land Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract:In view of the problems of disordered land use structure before and after water storage in the Three Gorges Reservoir area and the contradiction between urban development and ecological protection, this paper proposes to guide the rational use of land effectively and promote the sustainable development of regional land resources through the health evaluation of land use system. Based on the analysis of the health connotation of the land use system, a triangular model based evaluation index system is constructed to make an empirical analysis of the Chongqing section of the reservoir area. The results showed that from 2000 to 2017, the health status of the land use system in the Three Gorges Reservoir area (Chongqing section) was continuously improved, and the whole land use system experienced the evolution process of " unhealthy, sub-healthy and primary health", the overall spatial characteristics of health state showed that western Chongqing and southeast Chongqing were better than northeast Chongqing, the change trend of health status is generally good, mainly in primary health (T1, T3). The research results can reflect the development trend of the healthy state of the land use system in the region and realize the benign operation of the land use system.

Key words:land use system; health evaluation; triangular model; Three Gorges Reservoir area

责任编辑: 田 静

引用本文/Cite this paper:
陈鹏,周启刚,孟浩斌,等. 基于三角模型的三峡库区(重庆段)土地利用系统健康评价[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版),2020,37(4):52—62
CHEN P,ZHOU Q G,MENG H B,et al. Health Evaluation of Land Use System in Three Gorges Reservoir Area (Chongqing Section)Based on Triangle Model[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition),2020, 37(4):52—62