

三峡库区蓄水前后土地利用与经济发展协调度

庞敏¹, 周启刚^{1,3}, 马泽忠^{1,2}, 陈倩⁴, 张晓媛⁴

(1.重庆工商大学 环境与资源学院, 重庆 400067; 2.重庆市国土资源和房屋勘测规划院, 重庆 400020; 3.重庆工商大学 融智学院, 重庆 400067; 4.重庆房地产职业技术学院, 重庆 401331)

摘要:随着三峡库区蓄水的完成以及城镇化的推进,库区土地和经济结构发生了显著的变化。基于协调发展理论,将三峡库区 2000 年、2007 年、2014 年、2017 年 Landsat TM 影像作为土地利用数据源,利用 RS 和 GIS 技术获取土地利用变化数据,结合社会经济数据,建立了土地利用系统和经济系统的协调发展度评价指标体系,并采用协调发展度模型对三峡库区蓄水前到蓄水稳定期的协调发展度进行了精确计算。结果显示:(1) 2000—2017 年三峡库区土地利用系统与经济系统的协调发展度呈明显上升趋势,88% 的区县进入到中级协调发展阶段;(2) 2000—2014 年期间导致库区协调发展度较低的主要原因从经济发展滞后演变为土地利用滞后,2017 年导致库首、库尾与库腹协调发展度较低的原因呈现两个极端。该研究可以为后三峡时代库区土地利用、经济可持续发展提供文献参考和决策支持。

关键词:土地利用系统; 经济系统; 协调发展度; 三峡库区

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)01-0066-07

Coordination Degree of Land Use and Economic Development Before and After Storing Water in Three Gorges Reservoir Area

PANG Min¹, ZHOU Qigang^{1,3}, MA Zezhong^{1,2}, CHEN Qian⁴, ZHANG Xiaoyuan⁴

(1.College of Environment and Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China; 2.Chongqing Institute of Surveying and Planning for Land, Chongqing 400020, China; 3.Rongzhi College, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China; 4.Chongqing Real Estate College, Chongqing 401331, China)

Abstract: With the completion of storing water and urbanization in the Three Gorges Reservoir Area, the land and economic structure of the Reservoir Area have changed significantly. Based on the theory of coordinated development, the Landsat TM images of the Three Gorges Reservoir area in 2000, 2007, 2014 and 2017 were used as land use data sources. The land use change data were obtained by RS and GIS technology. The evaluation index system of coordinated development degree of land use system and economic system was established by combining with social and economic data, and the coordinated development degree model was used to evaluate the coordinated development degree of the Three Gorges Reservoir area before storing water in the reservoir. The coordinated development degree during the stable period of water storage was calculated accurately. The results show that: (1) the degree of coordinated development of land use system and economic system in the Three Gorges Reservoir area presented the obvious upward trend from 2000 to 2017, with 88% of the districts and counties entering the stage of medium-level coordinated development; (2) the main reason for the low degree of coordinated development of the reservoir area from 2000 to 2014 had changed from the lag of economic development to the lag of land use, leading to the coordinated development of the reservoir head, tail and middle in 2017, there were two extremes reasons for the low degree. This study can provide references and decision support for the sustainable development of land use and economy in

收稿日期:2019-02-25

修回日期:2019-03-23

资助项目:国家社科重大招标项目(11&ZD161);重庆市教委 2016 科技计划项目(KJ1605001);重庆市基础与前沿研究计划项目(cstc2015jcyjA90010);重庆市教委科学技术研究项目(KJ1500612);重庆市教委科技项目(KJ1749482);重庆工商大学创新团队(CJSYTD201708);重庆工商大学研究生“创新型科研项目”(yjscxx2019-101-74)

第一作者:庞敏(1994—),男,重庆合川人,硕士研究生,从事环境规划与管理研究。E-mail:pm6040@126.com

通信作者: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。E-mail:zqg1050@126.com

the reservoir area in the post-Three Gorges era.

Keywords: land use system; economic system; harmonious development degree; Three Gorges Reservoir area

当今社会经济发展和土地资源利用关系紧张,两者的协调问题已经成为制约很多城市发展的瓶颈。土地利用系统与经济系统协调发展水平的高低已经对区域的可持续发展产生了重要影响。探寻土地利用与经济发展之间的关系,准确把握和评价某一特定区域的土地利用和经济协调发展度,更好的制定符合实际当地发展实情的政策措施,促进土地和经济协调高效发展成为亟需解决的问题。研究土地利用系统和经济系统的关系,是反映人地关系的重要切入点^[1]。20世纪90年代开始,许多专家学者通过建立指标体系,选择数学模型对土地利用系统和经济系统两者的关系进行研究。例如,韩德军等对贵州省土地利用与区域经济耦合关系进行了分析^[2];杨丽霞等基于耦合协调度对浙江省的土地经济效益空间差异进行了分析^[3];姜海等对建设用地扩张对经济增长的贡献及其区域差异进行了研究^[4]。大量文献研究结论表明,土地利用系统与经济系统之间的确具有某种关联,会对彼此发展产生较大的影响。

协调发展理论是研究土地利用和经济发展之间关系的重要理论基础。协调发展是通过区域内的各个子系统及各子系统内部各元素间的相互协作、相互配合和相互促进而形成的社会发展的良性循环态势,从而实现整个系统的发展进步^[5]。本研究拟从系统发展的协调性出发,以三峡库区为研究区域,建立土地利用系统和经济系统协调发展评价的指标体系,运用熵值法对评价指标进行赋权,结合系统发展度模型、协调发展度模型,定量测算2000—2017年三峡库区蓄水前后土地和经济两系统的协调发展度^[6-8],并对库区两系统协调发展度进行评价分析,为政府促进三峡库区土地和经济协调高效发展提供决策支撑和文献参考。

1 研究区概况

三峡库区东起湖北宜昌,西至重庆江津,是指由于三峡工程修建而受影响的区域^[9](图1)。三峡库区主要介于 $28^{\circ}52'—31^{\circ}72'N$, $105^{\circ}82'—111^{\circ}66'E$ 之间的长江上游段,总共包括26个区县(湖北4个区县:巴东县、秭归县、兴山县、夷陵区;重庆22个区县:万州区、涪陵区、丰都县、武隆县、忠县、开州区、云阳县、奉节县、巫山县、巫溪县、石柱县、渝中区、大渡口区、江北区、南岸区、沙坪坝区、九龙坡区、巴南区、北

碕区、长寿区、渝北区、江津区)。截至2017年,三峡库区总人口约为2000万,库区幅员积为 $57\,390.73\text{ km}^2$,其中耕地面积 $21\,326.28\text{ km}^2$,林地面积 $31\,257.69\text{ km}^2$,水域面积 $1\,521.05\text{ km}^2$,建设用地面积 $1\,879.59\text{ km}^2$ 。库区地形地貌复杂,地势起伏大,处于亚热带季风气候区,夏季降水量大且集中。由于三峡工程的修建,整个库区地位大大提升,该地区的经济发展和生态环境变化受到了国家和政府的高度重视。三峡库区从蓄水到完成总共经历了3个阶段:第一阶段为2003年6月,水位达到135 m;第二阶段为2006年9月,水位线达到156 m;第三阶段为2010年10月,水位线达到175 m。因此,本文依据三峡库区蓄水时间,从蓄水前、蓄水前中期、蓄水后期、蓄水稳定期4个时间节点对库区土地利用与经济发展协调度展开研究。随着三峡库区蓄水的完成和移民搬迁工作的推进,库区的土地和经济结构发生了巨大变化,将三峡库区作为研究对象,对整个长江流域土地利用和经济发展的探索都具有借鉴和参考价值。

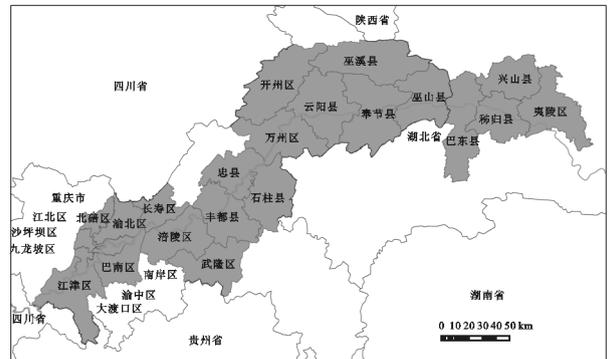


图1 三峡库区区域概况

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究中的土地利用数据来源于美国NASA陆地卫星(Landsat)所拍摄的空间分辨率均为30 m Landsat TM遥感影像,通过对该遥感影像进行辐射校正、几何配准,并结合库区实际情况以2000年、2007年、2014年、2017年为时间节点进行人机交互解译方式获得土地利用现状数据;社会经济数据来源于2000年、2007年、2014年、2017年《重庆市统计年鉴》、《湖北省统计年鉴》、《宜昌市统计年鉴》、《长江三峡工程生态与环境监测公报》,并对数据进行了标准化处理。

2.2 系统发展模型

系统间的协调发展是一个从离差到配合、从无序到

有序的总体演化过程^[10]。要评价和研究系统间的协调发展度,首先要分别对土地利用系统和经济系统内部各自的发展情况进行研究,要先建立系统发展模型分别求出两系统的发展度,然后在此基础上再构建协调发展度模型,求出两系统间的协调发展度。通过土地利用系统和经济系统的系统发展度,可以对比两个系统发展的快慢;通过土地利用系统和经济系统的协调发展度,可以对两系统间协调发展水平的高低进行评价。

计算贡献值:设变量 U_i ($i=1,2,3,\dots,n$) 是土地利用系统的横向评价指标,其纵向取值为 X_j ($j=1,2,3,\dots,m$); α_j, β_j 分别是 X_j 的上限和下限值,因而描述变量值 X_j 对系统发展度的功效,即贡献值 U_i 为:

$$U_i = \begin{cases} (X_i - \beta_i) / (\alpha_i - \beta_i) & U_i \text{ 具有正功效} \\ (\alpha_i - X_i) / (\alpha_i - \beta_i) & U_i \text{ 具有负功效} \end{cases} \quad (1)$$

运用熵值法确定权重 W_i :熵是对不确定性的一种度量,具有客观性和科学性。本研究根据各项指标的离散程度,计算出各项指标的信息熵,从而得到各项指标的权重,为多指标综合评价提供依据。熵值法计算权重公式为:

$$P_{ij} = Y_{ij} / \sum_{i=1}^n Y_{ij} \quad (2)$$

$$E_j = -\ln(n) - 1 \sum_{i=1}^m (P_{ij} \times \ln P_{ij}) \quad (3)$$

$$Q_j = 1 - E_j \quad (4)$$

$$W_i = Q_j / \sum_{j=1}^n Q_j \quad (5)$$

式中: Y_{ij} 表示第 j 项评价指标标准化后数值,如果 $Y_{ij} = 0$,则定义 $\lim_{Y_{ij} \rightarrow 0} P_{ij} \ln P_{ij} = 0$; Q_j 为信息熵; W_i 表示第 i 个指标的权重。

利用贡献值和权重计算土地利用系统发展度 $f(x)$,其中 U_i 为贡献值 W_i 为权重:

$$f(x) = \sum_i W_i U_i \quad \sum_i W_i = 1 \quad (6)$$

表 1 土地利用系统与经济系统协调发展度等级划分标准

协调发展度值	$0.0 \leq D \leq 0.2$	$0.2 < D \leq 0.4$	$0.4 < D \leq 0.6$	$0.6 < D \leq 0.8$	$0.8 < D \leq 1.0$
协调度等级	严重失调	轻度失调	初级协调	中级协调	高级协调

(1) 当 $D \in [0.0, 0.2]$ 时,严重失调状态,此时土地利用与经济发展之间存在突出的矛盾,土地利用的方式和各类用地的比例存在严重问题,土地利用的效益无法通过经济增长表现出来。

(2) 当 $D \in (0.2, 0.4]$ 时,轻度失调状态,此时土地利用与经济发展之间的矛盾开始缓和,土地利用结构开始调整,但是调整的程度和速度与经济发展之间仍然存在较大差异。

(3) 当 $D \in (0.4, 0.6]$ 时,初级协调状态,土地利用与经济发展之间的冲突得到初步的协调,土地利用方式的转变使得经济开始加速发展,但是经济发展又

同理,设变量 V_i ($i=1,2,3,\dots,m$) 是经济系统贡献值; W_i 为权重,通过计算得到经济系统发展度 $g(x)$:

$$g(x) = \sum_i W_i V_i \quad \sum_i W_i = 1 \quad (7)$$

2.3 协调发展度模型

参考其他学者研究结果,根据系统发展度,可以得到协调度模型^[11]:

$$C = \left\{ \frac{f(x) \times g(x)}{\left[\frac{f(x) + g(x)}{2} \right]^2} \right\}^k \quad (8)$$

式中: C 为两个系统间的协调度 ($0 < C < 1$); k 是调节系数 ($2 \leq k \leq 5$),设定 k 取值为 2。然而,协调度 C 仅仅能够反映土地利用和经济发展两者之间的紧密联系、和谐一致的程度,无法反映这种“协调”是系统低水平发展过程中的协调还是系统高水平发展过程中的协调^[12]。因此,为了使评价科学合理,构建协调发展度模型,通过协调发展水平综合指数来反映协调发展程度:

$$T = af(x) + bg(x) \quad (9)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (10)$$

式中: T 是协调发展水平综合指数; D 为土地利用和经济系统的协调发展度。为保证评价的客观性,假设土地利用与经济发展地位相同,那么 $a = b = 1/2$ 。

2.4 协调发展度等级划分

协调发展度是系统间和谐发展的程度也是系统自身发展阶段的所达到的统一程度。协调发展度 D 取值范围为 $[0, 1]$,当 $D = 1$ 时,系统间的协调发展程度极高,此时土地利用系统和经济系统都高度发展,两系统相辅相成,经济效益达到最大化;当 $D = 0$ 时,土地利用系统和经济系统相互处于无关状态,系统内部各要素都处于混乱无序的状态,经济发展近乎停滞,土地利用结构落后。其具体等级划分标准见表 1—2^[13-14]:

导致了一系列的环境问题,使得两者之间的关系未得到根本的解决,总是单方面发展较快,土地利用与经济发展间存在诸多短板。

(4) 当 $D \in (0.6, 0.8]$ 时,中级协调状态,前一阶段经济飞速发展,土地资源毫无节制的投入,产生了一系列生态环境和社会问题,但经济发展已经达到一定水平,速度放缓,开始对土地利用结构进行调整,土地利用水平提高,土地生态开始恢复。

(5) 当 $D \in (0.8, 1.0]$ 时,高度协调状态,这时土地利用系统和经济系统达到非常高的协调发展水平,经济发展水平达到新高度,经济结构科学合理,经济

质量高,同时土地利用系统也走出一条适合社会经济发展度道路,土地利用实现集约利用,土地利用和经济发展两者间相辅相成共同发展。

表 2 土地利用系统与经济系统协调发展类型划分

	第一层次		第二层次
	D	类型	
协调发展类	0.900~1.000	优质协调发展类	$f(x) > g(x)$ 经济发展滞后型
	0.800~0.899	良好协调发展类	
	0.700~0.799	中级协调发展类	
	0.600~0.699	初级协调发展类	
过度类	0.500~0.599	勉强协调发展类	$f(x) = g(x)$ 土地利用与经济发展同步型
	0.400~0.499	濒临失调发展类	
	0.300~0.399	轻度失调发展类	
失调衰退类	0.200~0.299	中度失调发展类	$f(x) < g(x)$ 土地利用滞后型
	0.100~0.199	严重失调发展类	
	0.000~0.099	极度失调发展类	

3 结果与分析

3.1 三峡库区土地利用变化

三峡库区自 2003 年 6 月蓄水以来,土地利用结构发生了明显的变化。由表 3 可以看出:2000—2017 年三峡库区 6 大地类中变化程度按照从大到小的顺

序依次是建设用地、耕地、林地、水域、草地、未利用地。具体来看,三峡库区耕地面积呈下降趋势,从 2000 年的 21 868.42 km² (占总面积的 38.1%) 减少到 2017 年的 21 326.28 km² (占总面积的 37.16%), 耕地总面积减少 542.14 km², 平均每年减少 31.89 km²。林地呈下降趋势,从 2000 年 31 493.58 km² 减少到 2017 年的 31 257.69 km², 林地总面积减少 235.89 km², 平均每年减少 13.88 km²。水域整体呈上升趋势,水域面积从 2000 年的 1 324.97 km² 增加到 2017 年的 1 521.05 km², 水域总面积增加 196.08 km², 其中 2000—2007 年期间增加了 109.57 km², 2007—2014 年期间增加了 81.72 km², 这均是由于三峡库区蓄水使得水位线上升导致的,2014—2017 年进入蓄水稳定期后,水域面积仅仅增加了 4.79 km²。建设用地呈上升趋势,从 2000 年的 1 276.71 km² 增加到 2017 年 1 879.59 km², 建设用地总面积增加 602.88 km², 平均每年增加 35.46 km²。草地面积呈现下降趋势,从 2000 年的 1 409.74 km² (占总面积的 2.46%), 减少到 2017 年的 1 389.57 km² (占总面积的 2.42%), 草地总面积减少 20.17 km²。未利用地由于在库区土地总面积中占比较小,未发生明显变化。

表 3 2000—2017 年三峡库区土地利用类型统计

年份	地类	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	合计
2000	面积/km ²	21868.42	31493.58	1409.74	1324.97	1276.71	17.30	57390.73
	比例/%	38.10	54.88	2.46	2.31	2.22	0.03	100.00
2007	面积/km ²	21726.99	31430.52	1406.56	1434.54	1375.56	16.56	57390.73
	比例/%	37.86	54.77	2.45	2.50	2.40	0.03	100.00
2014	面积/km ²	21460.48	31296.55	1397.90	1516.26	1702.59	16.95	57390.73
	比例/%	37.39	54.53	2.44	2.64	2.97	0.03	100.00
2017	面积/km ²	21326.28	31257.69	1389.57	1521.05	1879.59	16.55	57390.73
	比例/%	37.16	54.46	2.42	2.65	3.28	0.03	100.00

3.2 建立指标体系

参考刘琼等^[15]大量关于有关土地利用与经济的研究,在充分对协调发展理论的学习和参考下,遵循层次性、完备性、科学性以及数据可得性等原则,建立三峡库区土地利用系统与经济系统发展度评价指标体系。本研究从土地利用结构、要素替代、土地生态、经济水平、经济活力、经济结构 6 个方面选择了 15 个评价价值标,其中土地利用系统 8 个指标,经济系统 7 个指标。本研究所选择的 15 项指标均为正向指标,指标权重在数据标准化后,通过熵值法确定,见表 4。

3.3 协调发展度测算

通过运用系统发展度模型和协调发展度模型,结合建立的指标体系对 2000 年、2007 年、2014 年、2017 年三峡库土地利用系统和经济系统协调发展度进行计算得到表 5 和表 6。表 5 为整个三峡库区以及分

库首、库腹、库尾的协调发展度相关参数值,表 6 为三峡库区 26 个区县协调发展度相关参数值。

通过表 5 可知,2000—2017 年三峡库区的整体协调发展度呈现上升趋势:2000 年、2007 年、2014 年、2017 年协调发展度分别为 0.403,0.571,0.670,0.684,2000—2007 年,2007—2014 年两个时间段协调发展度上升幅度较大,2014—2017 年协调发展度十分平稳,这主要是由于前两个时间段内三峡库区蓄水使得土地利用结构和经济结构出现了较大的调整,土地利用系统和经济系统的协调度迅速上升,2014 年后由于库区未出现明显水位线调整,因此协调发展度相对平稳。从库首、库腹、库尾的协调发展度来看,2000—2017 年库首、库腹和库尾的协调发展度波动较大。2000 年协调发展度排序为库首>库腹>库尾,分别为 0.431,0.398,0.381;2007 年协调发展度排序为库尾>库腹>库首,且协调发展

度差距增大,分别为 0.613,0.575,0.526;2014 年协调发展度排序为库尾>库首>库腹,分别为 0.703,0.67,0.637;2017 年协调发展度排序为库腹>库尾>库首,分别为 0.762,0.712,0.578。

表 4 土地利用系统与经济系统协调发展度评价指标体系

系统层	准则层	指标层	评价函数
土地子系统	土地利用结构	土地利用效率 A_1 (%)	农用地与建设用地之和除以土地总面积
		土地垦殖率 A_2 (%)	耕地面积除以土地总面积
		土地开发强度 A_3 (%)	建设用地面积除以土地总面积
		地均化肥投入 A_4 (t/hm ²)	化肥
	要素代替	地均一产劳动力投入 A_5 (人/hm ²)	一产从业人员数除以农用地面积
		地均固定资产投资 A_6 (万元/hm ²)	固定资产投资完成额除以建设用地面积
	土地生态	地均二三产劳动力投入指数 A_7 (人/hm ²)	二三产业从业人员数除以建设用地面积
		森林覆盖率 A_8 (%)	园地与林地面积之和除以土地总面积
经济子系统	经济水平	地区生产总值 B_1 (10 ⁸)	来源于统计年鉴
		人均地区生产总值 B_2 (元/人)	地区生产总值除以总人口
	经济活力	地区生产总值增长率 B_3 (%)	当年地区生产总值与前一年地区生产总值的比再减 1
		社会消费品零售总额 B_4 (10 ⁸)	来源于统计年鉴
		工业增加值占 GDP 比重 B_5 (%)	工业增加值除以地区生产总值
	经济结构	第三产业比重 B_6 (%)	第三产业地区生产总值除以地区生产总值
		二三产业从业人员比重 B_7 (%)	二三产业从业人员数除以就业人员数

表 5 2000—2017 年三峡库区及其库首、库腹、库尾协调发展度参数统计

区域	2000 年					2007 年					2014					2017 年				
	$f(x)$	$g(x)$	C	T	D	$f(x)$	$g(x)$	C	T	D	$f(x)$	$g(x)$	C	T	D	$f(x)$	$g(x)$	C	T	D
三峡库区	0.413	0.169	0.610	0.280	0.403	0.374	0.342	0.918	0.358	0.571	0.402	0.648	0.860	0.525	0.670	0.562	0.486	0.905	0.524	0.684
库首	0.393	0.172	0.682	0.282	0.431	0.248	0.384	0.879	0.316	0.526	0.407	0.650	0.855	0.529	0.670	0.591	0.306	0.767	0.449	0.578
库腹	0.453	0.172	0.569	0.300	0.398	0.422	0.299	0.926	0.360	0.575	0.346	0.690	0.787	0.518	0.637	0.540	0.671	0.964	0.606	0.762
库尾	0.393	0.163	0.580	0.259	0.381	0.451	0.343	0.950	0.397	0.613	0.453	0.605	0.937	0.529	0.703	0.554	0.481	0.983	0.517	0.712

由表 6 可知,三峡库区各区县协调发展度呈现上升趋势,协调发展度从 2000 年 0.2~0.4 上升到 2017 年 0.6~0.8。从协调度 C 和协调发展水平综合指数 T 来看,2000—2017 年协调度 C 增长速度要明显高于协调发展水平综合指数 T ,说明虽然土地利用系统和经济系统的协调度上升较快,但两系统缺乏相辅相成和协调优化,是属于低水平的协调发展。2000—2017 年,导致两系统协调发展度发生变化的主要原因发生了转变。2000—2007 年期间库区大部分区县土地利用系统发展度高于经济系统发展度,说明该时间段土地利用效益高于经济发展效益;2014—2017 年期间库区大部分区县经济系统发展度明显高于土地利用系统发展度,说明 2014 年过后经济发展效益高于土地利用效益。

3.4 协调度等级分析

通过对协调发展度的计算,结合表 1 和表 2 运用 ArcGIS 10.1 对 2000—2017 年三峡库区各区县土地利用子系统与经济子系统两者的协调发展度进行协调等级划分(图 2)、协调类型划分(图 3)以及协调发展度滞后类型划分(图 4)。

由图 2 可以看出,2000—2017 年三峡库区各区县协调发展度等级的变化很大,各区县间的协调发展度等级的差异也十分显著。

2000 年是三峡库区协调发展度等级最为丰富的年份,也是协调发展度普遍最低的年份,协调发展度等级从严重失调、轻度失调、初级协调乃至中级协调都有分布,万州区、巴南区、兴山县、巫山县等 13 个区县处于严重失调和轻度失调等级,夷陵区、秭归县、巴东县等 12 个区县处于初级协调等级,仅忠县处于中级协调状态。由于三峡库区进行了第一阶段和第二阶段蓄水,水位线达到 156 m,土地利用和经济结构调整较大,2007 年整个三峡库区均进入了初级协调和中级协调发展阶段,其中开州区、涪陵区、渝北区、北碚区、沙坪坝区、南岸区、渝中区、大渡口区、九龙坡区、巴南区、江津区共计 11 个区县进入了中级协调阶段,主要集中在库尾;库首及库腹所在其他区县均处于初级协调阶段。由于三峡库区第三阶段的蓄水完成,水位线达到 175 m,2014 年三峡库区各区县的协调发展度再次发生了较大幅度的提升,仅余巴东县、巫山县、云阳县等 3 个区县处于初级协调阶段,其余区县均进入到中级协调阶段,值得一提的是兴山县的发展甚至进入了高级协调阶段。2017 年由于三峡库区进入蓄水稳定期,除湖北巴东县、兴山县、秭归县 3 个区县处于初级协调阶段外,三峡库区重庆段区县均进入中级协调阶段,其中巫溪县进入到高级协调阶段。

表 6 2000—2017 年三峡库区各区县协调发展度参数统计

区县	2000 年					2007 年					2014 年					2017 年					
	$f(x)$	$g(x)$	C	T	D	$f(x)$	$g(x)$	C	T	D	$f(x)$	$g(x)$	C	T	D	$f(x)$	$g(x)$	C	T	D	
库首	巴东县	0.333	0.140	0.695	0.237	0.406	0.266	0.411	0.910	0.339	0.555	0.301	0.648	0.750	0.475	0.597	0.413	0.232	0.849	0.323	0.523
	兴山县	0.369	0.106	0.478	0.237	0.337	0.254	0.472	0.829	0.363	0.548	0.635	0.744	0.988	0.689	0.825	0.768	0.235	0.516	0.502	0.509
	秭归县	0.587	0.197	0.566	0.392	0.471	0.172	0.352	0.779	0.262	0.452	0.306	0.699	0.718	0.502	0.601	0.476	0.216	0.738	0.346	0.505
	夷陵区	0.284	0.243	0.988	0.264	0.510	0.301	0.302	0.999	0.301	0.549	0.387	0.508	0.964	0.448	0.657	0.707	0.542	0.965	0.625	0.776
	万州区	0.539	0.035	0.052	0.287	0.122	0.425	0.312	0.954	0.368	0.593	0.321	0.707	0.738	0.514	0.616	0.456	0.514	0.993	0.485	0.694
库腹	涪陵区	0.459	0.271	0.821	0.230	0.532	0.383	0.345	0.995	0.364	0.602	0.397	0.712	0.845	0.555	0.685	0.525	0.544	0.999	0.535	0.731
	丰都县	0.624	0.072	0.137	0.348	0.218	0.528	0.278	0.817	0.403	0.574	0.313	0.679	0.746	0.496	0.608	0.503	0.699	0.947	0.601	0.755
	武隆县	0.498	0.186	0.627	0.342	0.463	0.328	0.231	0.941	0.280	0.513	0.321	0.681	0.759	0.501	0.617	0.475	0.734	0.910	0.605	0.742
	忠县	0.475	0.320	0.925	0.397	0.606	0.594	0.268	0.735	0.431	0.563	0.363	0.616	0.871	0.489	0.653	0.509	0.575	0.993	0.542	0.733
	开州区	0.301	0.298	0.999	0.300	0.547	0.453	0.395	0.990	0.424	0.648	0.364	0.742	0.781	0.553	0.657	0.684	0.592	0.990	0.638	0.795
	云阳县	0.443	0.154	0.587	0.299	0.419	0.334	0.232	0.937	0.283	0.515	0.272	0.797	0.576	0.535	0.555	0.508	0.739	0.933	0.623	0.762
	奉节县	0.462	0.086	0.278	0.274	0.276	0.314	0.312	0.999	0.313	0.559	0.351	0.613	0.857	0.482	0.643	0.570	0.597	0.999	0.584	0.764
	巫山县	0.385	0.090	0.378	0.238	0.300	0.350	0.304	0.990	0.327	0.569	0.296	0.569	0.812	0.433	0.593	0.556	0.742	0.959	0.649	0.789
	巫溪县	0.283	0.239	0.986	0.261	0.508	0.447	0.316	0.942	0.382	0.600	0.441	0.724	0.885	0.583	0.718	0.631	0.883	0.945	0.757	0.846
	石柱县	0.507	0.143	0.470	0.325	0.391	0.486	0.295	0.884	0.391	0.588	0.371	0.746	0.788	0.559	0.663	0.527	0.758	0.936	0.643	0.776
	渝中区	0.579	0.140	0.394	0.360	0.376	0.418	0.378	0.995	0.398	0.629	0.371	0.627	0.874	0.499	0.660	0.434	0.377	0.990	0.405	0.633
	大渡口区	0.281	0.229	0.979	0.255	0.500	0.553	0.359	0.912	0.456	0.645	0.586	0.488	0.983	0.537	0.727	0.578	0.538	0.997	0.558	0.746
	江北区	0.328	0.214	0.914	0.271	0.498	0.447	0.313	0.939	0.380	0.597	0.410	0.566	0.950	0.488	0.681	0.576	0.434	0.961	0.505	0.697
	南岸区	0.440	0.135	0.517	0.287	0.385	0.559	0.351	0.898	0.455	0.639	0.415	0.683	0.884	0.549	0.697	0.460	0.493	0.998	0.476	0.689
	沙坪坝区	0.350	0.109	0.525	0.230	0.347	0.423	0.334	0.973	0.379	0.607	0.533	0.671	0.974	0.602	0.766	0.535	0.549	1.000	0.542	0.736
库尾	九龙坡区	0.303	0.190	0.897	0.247	0.470	0.440	0.340	0.967	0.390	0.614	0.489	0.555	0.992	0.522	0.720	0.606	0.442	0.952	0.524	0.706
	巴南区	0.456	0.036	0.072	0.246	0.133	0.474	0.318	0.923	0.396	0.605	0.421	0.583	0.949	0.502	0.690	0.561	0.494	0.992	0.527	0.723
	北碚区	0.340	0.083	0.397	0.212	0.290	0.377	0.328	0.990	0.353	0.591	0.539	0.588	0.996	0.564	0.749	0.697	0.490	0.940	0.594	0.747
	长寿区	0.468	0.211	0.876	0.234	0.346	0.436	0.312	0.945	0.374	0.595	0.432	0.552	0.971	0.492	0.691	0.492	0.449	0.996	0.470	0.684
	渝北区	0.323	0.236	0.058	0.173	0.346	0.358	0.426	0.985	0.392	0.621	0.410	0.753	0.833	0.581	0.696	0.620	0.555	0.994	0.588	0.764
江津区	0.450	0.211	0.756	0.330	0.500	0.476	0.316	0.920	0.396	0.604	0.375	0.591	0.902	0.483	0.660	0.536	0.467	0.991	0.502	0.705	

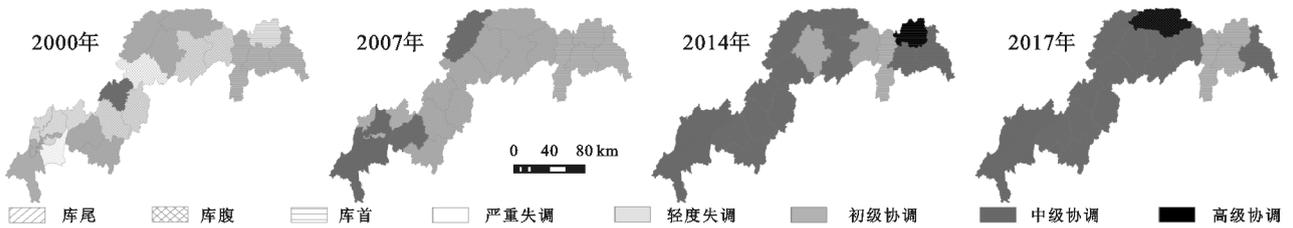


图 2 2000—2017 年三峡库区各区县协调发展等级分布

从图 3 可以看出，三峡库区各区县协调发展类型变化较大，越来越多的区县从失调进入到不同类型的协调发展状态。2000 年库区各区县的协调发展类型差异较大，其中万州区和巴南区属于严重失调发展类，只有忠县进入到初级协调发展类；2007 年库首区县除江北区、北碚区、长寿区外，均进入到了初级协调发展类，库腹区域除开州区、巫溪县进入初级协调发展类外，其余区县均属于勉强协调发展类，库首区域除秭归县处于濒临失调发展类外，其余 3 个区县均处于勉强协调发展类；2014 年库区所有区县均进入到发不同类型的协调发展类型，其中巴东县、巫山县、云阳县处于勉强协调发展类；2017 年库区 65% 的区县进入到中级协调发展类，巫溪县进入到良好协调发展类，但库首巴东县、兴

山县、秭归县仍然处于勉强协调阶段。

从图 4 来看，三峡库区蓄水前、蓄水中前期、蓄水后期、蓄水稳定期 4 个阶段导致库区协调发展度较低的原因发生了显著变化。2000—2007 年库区蓄水前到第一、第二蓄水阶段，经济发展滞后是导致库区协调发展度较低的主要原因。2007—2014 年第三蓄水阶段，库区协调发展度较低的主要原因是土地利用滞后导致的。2014—2017 年库区进入蓄水稳定期后，库首、库尾与库腹导致协调发展度较低的原因呈现两个极端。具体来看，2000 年库区 26 个区县均是由于经济发展滞后导致土地和经济两者间的协调发展度较差。2007 年除库首 4 个区县和库腹渝北区是由于土地利用滞后型导致土地利用系统和经济系统协调

发展度较低外,其余 21 个区县协调发展度较低的主要原因仍然是经济发展滞后。2014 年除大渡口区外,其余 25 个区县导致协调发展度低的原因全部转变成土地利用滞后。2017 年协调发展度变化的原因

开始出现两个极端,库首和库尾区县主要是土地利用滞后型导致协调发展度较低,库腹协调发展度较低的原因除开州区是土地利用滞后外,其余区县均由于经济发展滞后型导致。

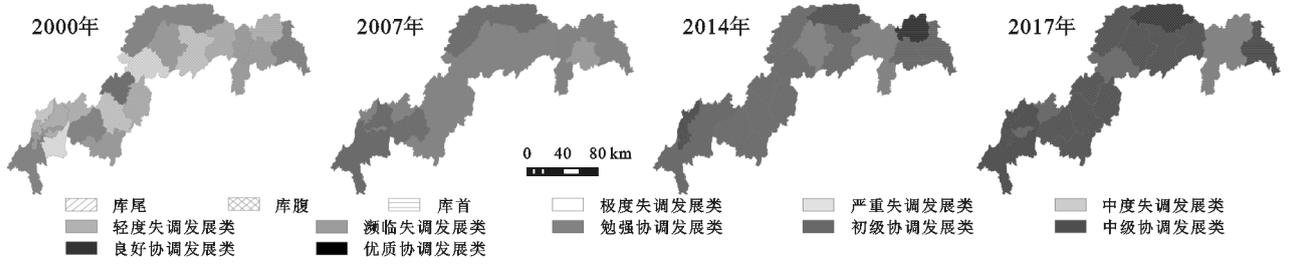


图 3 2000—2017 年三峡库区各区县协调发展类型分布

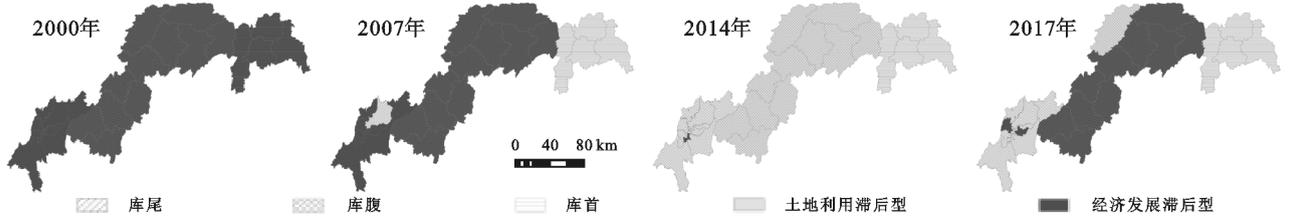


图 4 2000—2017 年三峡库区各区县协调发展滞后类型分布

4 结论与对策

4.1 主要结论

通过建立指标体系并运用系统发展度和协调发展度模型对三峡库区 2000 年、2007 年、2014 年、2017 年土地利用系统和经济系统协调发展度进行研究分析表明:(1) 2000—2017 年三峡库区土地利用系统与经济发展系统的协调发展度呈现明显上升趋势,88%的区县进入到中级乃至高级协调阶段。(2) 三峡库区蓄水前、蓄水中前期、蓄水后期、蓄水稳定期 4 个阶段导致协调发展度较低的原因发生了显著变化,2000—2007 年土地利用系统和经济系统的协调发展度较低的原因主要是由于经济发展滞后导致的,2014 年协调发展度较低主要是由于土地利用滞后导致的,2017 年导致库首、库尾与库腹协调发展度较低的原因呈现两个极端。

4.2 问题与建议

虽然三峡库区总体进入了中级协调发展阶段,但土地与经济两个系统间仍然存在许多问题。2017 年三峡库区库首、库腹、库尾土地利用系统和经济系统发展出现了明显得两极分化。一方面土地利用系统发展度水平较低,且不稳定,导致经济发展水平和质量低;另一方面经济系统发展度增速快,且上升幅度较大,导致土地利用较经济发展迟缓,会造成土地资源浪费。尽管库区 88%的区县都进入了中级协调阶段,但是距离高级协调阶段仍然存在一定的距离。针对研究中发现的问题,为加快库区土地利用系统和经济系统从中级

协调发展阶段进入高级协调发展阶段,形成相辅相成的高质量发展,提出以下几点建议:(1) 库首和库尾区县要加强土地利用结构调整,制定科学合理的土地利用规划,做到土地节约集约利用,使土地利用效益跟上经济发展的速度;(2) 库腹区县要调整经济发展的结构,提高经济发展的质量和水平,使经济发展效益跟上土地效益;(3) 库区要发挥土地的宏观调控作用,充分借鉴地票制度,通过农村宅基地置换的方式增加城市建设用地的供应,严守各类用地红线;(4) 把握经济新常态,进一步调整经济结构,促进土地利用和经济发展相辅相成,走绿色发展道路。

参考文献:

- [1] 张光宇,刘永清.土地可持续利用的系统学思考[J].中国人口·资源与环境,1998,8(1):11-14.
- [2] 韩德军,朱道林.贵州省土地利用与区域经济耦合关系分析[J].农业工程学报,2012,28(15):1-8.
- [3] 杨丽霞,夏浩,苑韶峰.基于耦合协调度的土地利用经济效益空间差异分析:以浙江省为例[J].中国土地科学,2015,29(11):83-88.
- [4] 姜海,曲福田,欧名豪,等.区域土地集约利用评价方法与应用[J].农业工程学报,2008,24(S1):117-123.
- [5] 王维国.协调发展的理论与方法研究[D].北京:中国财经出版社,1998.
- [6] 毛振强,左玉强.土地投入对中国二三产业发展贡献的定量研究[J].中国土地科学,2007,21(3):59-63.
- [7] 丰雷,魏丽,蒋妍.论土地要素对中国经济增长的贡献[J].中国土地科学,2008,22(12):4-10.

- tion of 15 N-labeled nitrogen deposition in a nitrogen saturated old-growth tropical forest[J]. *Global Change Biology*, 2016,22(11):3608-3620.
- [12] Valliere J M, Allen E B. Interactive effects of nitrogen deposition and drought-stress on plant-soil feedbacks of *Artemisia californica*, seedlings [J]. *Plant & Soil*, 2016,403(1):277-290.
- [13] Midgley M G, Phillips R P. Resource stoichiometry and the biogeochemical consequences of nitrogen deposition in a mixed deciduous forest[J]. *Ecology*, 2016, 97(12):3369-3378.
- [14] Pivovarov A L, Santiago L S, Vourlitis G L, et al. Plant hydraulic responses to long-term dry season nitrogen deposition alter drought tolerance in a Mediterranean-type ecosystem[J]. *Oecologia*, 2016,181(3):1-11.
- [15] Wang A Y, Wang M, Yang D, et al. Responses of hydraulics at the whole-plant level to simulated nitrogen deposition of different levels in *Fraxinus mandshurica*[J]. *Tree Physiology*, 2016,36(8):1045-1055.
- [16] Lee J A, Caporn S J M. Ecological effects of atmospheric reactive nitrogen deposition on semi-natural terrestrial ecosystems [J]. *New Phytologist*, 1998, 139(1):127-134.
- [17] Matson P, Lohse K A, Hall S J. The globalization of nitrogen deposition: consequences for terrestrial ecosystems[J]. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 2002,31(2):113-120.
- [18] Berg M P, Verhoef H A, Bolger T, et al. Effects of air pollutant-temperature interactions on mineral-N dynamics and cation leaching in replicate forest soil transplantation experiments [J]. *Biogeochemistry*, 1997,39(3):295-326.
- [19] Ghee C, Neilson R, Hallett P D, et al. Priming of soil organic matter mineralisation is intrinsically insensitive to temperature [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2013,66(11):20-28.
- [20] 郭剑芬,杨玉盛,陈光水,等.森林凋落物分解研究进展[J].*林业科学*,2006,42(4):96-103.
- [21] 曾锋,邱治军,许秀玉.森林凋落物分解研究进展[J].*生态环境学报*,2010,19(1):239-243.
- [22] 李志安,邹碧,丁永祯,等.森林凋落物分解重要影响因素及其研究进展[J].*生态学杂志*,2004,23(6):77-83.
- [23] 杨玉盛,陈光水,郭剑芬,等.杉木观光木混交林凋落物分解及养分释放的研究[J].*植物生态学报*,2002,26(3):275-282.
- [24] 廖利平,高洪.外加氮源对杉木叶凋落物分解及土壤养分淋失的影响[J].*植物生态学报*,2000,24(1):34-39.
- [25] 莫江明,薛璟花,方运霆.鼎湖山主要森林植物凋落物分解及其对 N 沉降的响应[J].*生态学报*,2004,24(7):1413-1420.
- [26] 王其兵,李凌浩,白永飞,等.模拟气候变化对 3 种草原植物群落混合凋落物分解的影响[J].*植物生态学报*,2000,24(6):674-679.
- [27] 李海涛,于贵瑞,李家永,等.井冈山森林凋落物分解动态及磷、钾释放速率[J].*应用生态学报*,2007,18(2):233-240.
- [28] 宋新章,江洪,张慧玲,等.全球环境变化对森林凋落物分解的影响[J].*生态学报*,2008,28(9):4414-4423.

(上接第 72 页)

- [8] 李名峰.土地要素对广东省经济增长贡献的岭回归分析(1996-2008)[J].*经济问题*,2010(10):118-121.
- [9] 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*,2015,30(23):289-297.
- [10] 廖重斌.环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J].*热带地理*,1999,19(2):76-82.
- [11] 孙宇杰,陈志刚.江苏省城市土地集约利用与城市化水平协调发展研究[J].*资源科学*,2012,34(5):889-895.
- [12] 彭晚霞,宋同清,曾馥平,等.喀斯特峰丛洼地退耕还林还草工程的植被土壤耦合协调度模型[J].*农业工程学报*,2011,27(9):305-309.
- [13] 刘耀彬,宋学锋.城市化与生态环境的耦合度及其预测模型研究[J].*中国矿业大学学报*,2005,34(1):91-96.
- [14] 赵媛,沈璐.江苏省能源与经济系统协调发展评价[J].*地理科学*,2012,32(5):557-561.
- [15] 刘琼,吴斌,欧名豪,等.扬州市土地利用与经济系统的协调发展评价[J].*中国土地科学*,2013,27(6):28-34.