

福建省长汀县生态环境建设与经济发展的协调关系研究

范胜龙 张珊珊 邱凌婧 王培俊 黄炎和*

(福建农林大学 资源与环境学院,福州 350002)

摘要 以福建省长汀县为研究区域,建立生态和经济发展评价指标体系,基于功效函数模型和协调度模型,运用熵权法和多因素综合评价法,对该区域1985—2015年的生态建设与经济发展的协调状况进行分析。结果表明:1)功效函数模型结果表明,1985—2000年长汀县生态系统协调性呈上升趋势,1995和2000年分别达到中度和高度协调的水平,但2000年以后,生态系统协调性逐渐下降。1985—2015年经济系统协调性持续上升,经济发展协调性较好。2)协调度和协调发展度模型结果表明,长汀县生态与经济协调度在1985—2000年保持持续上升的状态,2001—2015年生态与经济协调度在整体转好的同时,也出现下行波动。3)长汀县生态系统和经济系统还存在人口压力、经济结构不合理、水土流失问题局部反弹等问题,生态环境治理和保护力度还有待加强。

关键词 水土流失; 功效函数; 生态建设; 经济发展; 协调度; 长汀县

中图分类号 X171.1

文章编号 1007-4333(2018)03-0175-10

文献标志码 A

Coordination relationship between ecological environment construction and economic development in Changting County, Fujian Province

FAN Shenglong, ZHANG Shanshan, QIU Lingjing, WANG Peijun, HUANG Yanhe*

(College of Resource and Environmental Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract Taking Changting County of Fujian Province in South China as an example, the evaluation index systems of ecological construction and economic development were established. The efficiency function and coordination degree models, combined with entropy method and multi-factor comprehensive evaluation method, were used to analyze the coordination of ecological construction and economic development from 1985 to 2015. The results showed that the coordination of ecosystem of Changting County displayed a linear upward trend from 1985 to 2000, and moderate and high levels of coordination were achieved in 1995 and 2000, respectively. However, the coordination of ecosystem was in decline since 2000. The coordination of economic system increased gradually since 1985, indicating that the economic development of Changting County was getting better and better. The results, derived from the coordination degree model, indicated that the coordination degree between the ecological and economic systems maintained a rising trend from 1985 to 2000 and from 2006 to 2010, respectively. However, there was a decline in coordination degree from 2001 to 2005 and from 2011 to 2015, respectively. In conclusion, there was still population pressure, irrational economic structure, recurrent soil erosion problems of the ecosystem and economic system in Changting County.

Keywords soil erosion; efficacy function; ecological construction; economic development; coordination degree; Changting County

人们普遍认为,生态环境退化与经济落后相互联系,存在地理上的耦合,这种耦合以“贫困陷阱”的典型形式呈现,即生态环境退化越严重的区域经济越落后,而经济落后又进一步加剧生态环境退

化^[1-2]。正确处理和协调区域生态环境建设与经济发展的关系,特别是与贫困地区经济发展的关系,找到生态环境保护和经济快速发展的协调均衡点,对保障区域经济的可持续发展,逐步消除贫困有着重

收稿日期:2017-04-18

基金项目:福建省自然科学基金资助项目(2015J01624)

第一作者:范胜龙,副教授,主要从事土地质量评价、土地资源可持续利用研究,E-mail:fsl@fafu.edu.cn

通讯作者:黄炎和,教授,主要从事土壤侵蚀与治理、土地资源可持续利用研究,E-mail:yanhehuang@163.com

要的意义。目前针对长汀县水土流失治理的大量研究成果^[3-10]集中在长汀县水土流失防治工作取得的成效,而对长汀县水土流失治理后的地区生态系统与经济协调性分析文献较少。如毕安平^[11]提出的水土流失地区生态与经济系统耦合效应。马璇等^[12]从GDP和生态足迹关联角度研究生态足迹结构。本研究基于长汀县近30年来以水土流失治理为主的生态建设与经济发展的相关数据,采用功效函数模型^[20]和协调度模型^[21]对长汀县的生态与经济协调发展状况做出评价,分析协调度的变化原因,并提出相应的改进措施和建议,旨在为促进水土流失区生态环境建设、加速区域经济发展,逐步消除贫困提供借鉴。

1 研究区概况

长汀县地处福建西南部闽赣交界区域,为武夷山脉南段,横跨 $116^{\circ}00'45''\sim 160^{\circ}39'20''E$, $25^{\circ}18'40''\sim 26^{\circ}02'050''N$,东西宽66 km,南北长80 km,幅员面积3 090 km²(图1)。区内降雨量大,雨季长;低山丘陵地多,地势北高南低,周围高中间低;地形破碎,岭谷相间。县内岩浆岩、变质岩、沉积岩均有分布,地质结构复杂。在沉积岩变质岩分布地区,由于岩石抗风化地区的水土流失不易发生或发生程度较轻。花岗岩广泛分布地区水土流失极易发生。区域植被类型发育有针叶林、阔叶林、针阔混交林、竹林、亚热带灌丛、亚热带草丛等,这些植被类型下虽然区域发育的土壤类型主要为红壤,占土地总面积的

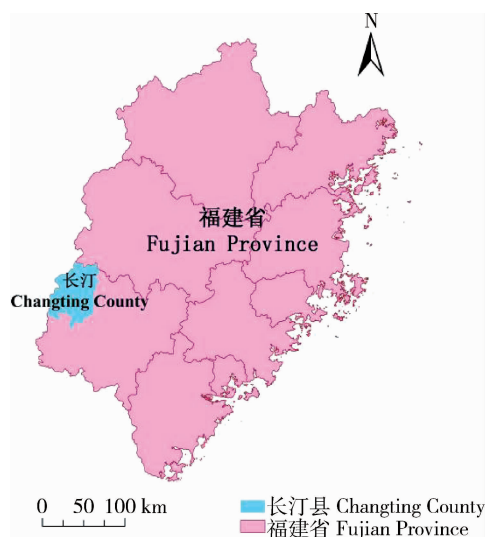


图1 长汀县地理位置

Fig. 1 Geographical location of Changting County

79.8%,还发育黄壤、紫色土等7个土类;长汀水系发达,河流众多,水土流失严重。长汀县是水土流失历史最久,面积最大、程度最严重的区域。回顾长汀县水土流失治理历程可知,其水土流失治理始于1940年福建省研究院设立“河田土壤保肥试验区”,新中国成立后,历届省委和省政府高度重视长汀县水土流失治理工作,进行了长期的试验与治理,治理工作几起几落,但整体趋势是水土流失面积逐渐减少,生态环境得到改善。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究数据主要涉及经济和生态方面。其中,经济数据来源于《长汀县统计年鉴》(1985—2015)和长汀县国民经济和社会发展统计公报;生态数据来源于《长汀县统计年鉴》(1985—2015)、长汀县国民经济和社会发展统计公报、龙岩市国民经济和社会发展统计公报以及福建省长汀县报表统计数据。

2.2 研究方法

协调度是用来度量系统之间或系统组成要素间协调状况的定量指标^[15]。本研究参照杨世琦^[13,15-17]提出的农业生态协调度评价理论体系即功效函数、协调函数和杨士弘^[14]提出的协调度模型函数。在此基础上,结合长汀地区的实际情况,划分协调度等级,构建生态经济系统评价指标体系。

2.2.1 功效函数、协调函数

功效函数($EC(x_{ji})$):根据指标功效对系统协调度的影响,将功效函数分为正功效和负功效。

$$EC(x_{ji}) = \frac{x_{ji} - \beta_{ji}}{\alpha_{ji} - \beta_{ji}}, \beta_{ji} \leq x_{ji} \leq \alpha_{ji} \quad (1)$$

$$EC(x_{ji}) = \frac{\alpha_{ji} - \beta_{ji}}{\alpha_{ji} - \beta_{ji}}, \beta_{ji} \leq x_{ji} \leq \alpha_{ji} \quad (2)$$

式(1)正功效函数和式(2)负功效函数中, $EC(x_{ji})$ 为评价指标的功效系数; x_{ji} 为系统评价要素的实际表现值; j 为子系统下标; i 为子系统评级指标的下标; α_{ji} , β_{ji} 分别为评价指标变量的极大值和极小值。

协调函数:协调函数是以功效函数为自变量,来评价系统的总体协调度,函数值称为协调度(Harmony coefficient),缩写为HC。

$$HC = 1 - \frac{S}{EC(\bar{x}_{ji})} \quad (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^m [EC(x_{ji}) - EC(\bar{x}_{ji})]^2}{n-1}} \quad (4)$$

式(3)和(4)中： HC 为协调度； $EC(\overline{x_{ji}})$ 为功效系数的平均值； n 为评价指标个数； k 为子系统的个数； m 为子系统中评价指标的个数。

目前，农业生态系统协调度还没有统一的划

分标准，本研究根据变异系数的内涵，借鉴相关研究成果^[18-20]把协调度范围划分为若干连续区间，一个区间代表一个等级，形成连续的协调等级阶梯(表1)。

表1 协调度等级及含义

Table 1 Grade and meaning of harmony coefficient

协调度 Harmony coefficient	协调度等级 Harmony coefficient level	含义 Meaning	协调度 Harmony coefficient	协调度等级 Harmony coefficient level	含义 Meaning
<0.000 0	0	极度失调	0.500 1~0.600 0	6	弱度协调
0.000 0~0.100 0	1	严重失调	0.600 1~0.700 0	7	低度协调
0.100 1~0.200 0	2	高度失调	0.700 1~0.800 0	8	中度协调
0.200 1~0.300 0	3	中度失调	0.800 1~0.900 0	9	高度协调
0.300 1~0.400 0	4	低度失调	0.900 1~1.000 0	10	极度协调
0.400 1~0.500 0	5	弱度失调			

2.2.2 协调度和协调发展度模型

借鉴研究协调度的2个或多个系统的不同领域的评价方法^[20]，应用生态和经济协调度函数模型(式(5))的计算方法。建立代表生态与经济总体发展水平的协调发展度模型(式(6))。

$$C = \left[\frac{f(x) \times g(y)}{[f(x) + g(y)]^2} \right]^k \quad (5)$$

式中： C 为协调度； $f(x)$ 为生态综合指数函数； $g(y)$ 为经济综合指数函数； k 为调节系数。 $0 \leq C \leq 1$ ，协调度 C 值越大则生态与经济两系统间越协调；反之，二者越不协调。

假设 $x_1 \dots x_m$ 代表长汀县的 m 个生态指标， $y_1 \dots y_n$ 代表长汀县 n 个经济指标。则有

$$f(x) = \sum_{j=1}^m a_j x_j ; g(y) = \sum_{j=1}^n b_j y_j$$

其中 $f(x)$ 代表长汀县生态系统综合评价函数； x_j

代表长汀县第 j 个生态评价指标的无量纲值； a_j 代表长汀县第 j 个生态评价指标的权重； $g(y)$ 代表长汀县经济系统综合评价函数； y_j 代表长汀县 j 个经济评价指标的无量纲值； b_j 代表长汀县 j 个经济指标的权重值。

$$T = \alpha f(x) + \beta g(y) \quad (6)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (7)$$

式(6)中： T 为反映生态与经济的整体效益或水平综合评价指数， α 、 β 为待定权数。因为生态系统与经济系统同等重要，因而权重相等并都取值为0.5， $k=2$ ； $0 \leq T \leq 1$ ， T 越大，表明生态与经济的整体水平越高；式(7)中： D 为协调发展度。 $0 \leq D \leq 1$ ， D 越大，表明生态与经济协调发展程度越高。

2.3 协调度C等级划分

借鉴相关研究^[21-24]，结合本研究的实际，将协调度 C 的值域由0~1，每间隔0.1等分，划分为以下10个等级(表2)。

表2 协调度C等级及其划分标准

Table 2 Grade and classification standard of coordination degree C

协调度C值域 Range of coordination degree C	协调度等级 Coordination degree level	含义 Meaning	协调度C值域 Range of coordination degree C	协调度等级 Coordination degree level	含义 Meaning
0.00~0.09	1	极度失调	0.50~0.59	6	勉强协调
0.10~0.19	2	严重失调	0.60~0.69	7	初级协调
0.20~0.29	3	中度失调	0.70~0.79	8	中级协调
0.30~0.39	4	轻度失调	0.80~0.89	9	良好协调
0.40~0.49	5	濒临失调	0.90~1.00	10	优质协调

协调发展度模型综合了生态与经济的协调状况 C 以及两者所处的发展层次 T 。它与协调度模型相比,具有更高的稳定性以及更广的适用范围,可用于不同区域之间、同一区域在不同时期生态

与经济协调发展状况的定量评价和比较。本研究按照协调发展度 D 的大小将生态与经济的协调发展状况划分为 3 大类、10 小类,共 30 种基本类型(表 3)^[21]。

表 3 协调发展度 D 等级及其划分标准

Table 3 Grade and classification standard of coordination development degree D

类型 Types	协调发展度 D Coordination development degree D	$f(x)$ 与 $g(y)$ 的关系 Relationship between $f(x)$ and $g(y)$	详细类型 Detailed types	
协调发展类 (可接受区间)	优质协调发展类	$f(x) > g(y)$	优质协调发展类经济滞后型	
		$f(x) = g(y)$	优质协调发展类生态经济同步型	
		$f(x) < g(y)$	优质协调发展类生态滞后型	
	良好协调发展类	0.80~0.89	$f(x) > g(y)$	良好协调发展类经济滞后型
			$f(x) = g(y)$	良好协调发展类生态与经济同步型
			$f(x) < g(y)$	良好协调发展类生态滞后型
	中级协调发展类	0.70~0.79	$f(x) > g(y)$	中级协调发展类经济滞后型
			$f(x) = g(y)$	中级协调发展类生态经济同步型
			$f(x) < g(y)$	中级协调发展类生态滞后型
	初级协调发展类	0.60~0.69	$f(x) > g(y)$	初级协调发展类经济滞后型
			$f(x) = g(y)$	初级协调发展类生态经济同步型
			$f(x) < g(y)$	初级协调发展类生态滞后型
过度类 (过渡区间)	勉强协调发展类	$f(x) > g(y)$	勉强协调发展类经济滞后型	
		$f(x) = g(y)$	勉强协调发展类生态与经济同步型	
		$f(x) < g(y)$	勉强协调发展类生态滞后型	
失调衰退类 (不可接受区间)	濒临失调衰退类	$f(x) > g(y)$	濒临失调衰退类经济滞后型	
		$f(x) = g(y)$	濒临失调衰退类生态与经济同步型	
		$f(x) < g(y)$	濒临失调衰退类生态滞后型	
	轻度失调衰退类	0.30~0.39	$f(x) > g(y)$	轻度失调衰退类经济滞后型
			$f(x) = g(y)$	轻度失调衰退类生态与经济同步型
			$f(x) < g(y)$	轻度失调衰退类生态滞后型
	中度失调衰退类	0.20~0.29	$f(x) > g(y)$	中度失调衰退经济滞后型
			$f(x) = g(y)$	中度失调衰退生态与经济同步型
			$f(x) < g(y)$	中度失调衰退生态滞后型
	严重失调衰退类	0.10~0.19	$f(x) > g(y)$	严重失调衰退类经济滞后型
			$f(x) = g(y)$	严重失调衰退类生态与经济同步型
			$f(x) < g(y)$	严重失调衰退类生态滞后型
极度失调衰退类	0~0.09	$f(x) > g(y)$	极度失调衰退类经济滞后型	
		$f(x) = g(y)$	极度失调衰退类生态与经济同步型	
		$f(x) < g(y)$	极度失调衰退类生态滞后型	

2.4 评价指标体系

生态经济系统是由复杂的多变量组成,遵循前述的协调度计算公式。本研究评价指标有生态指标和

经济指标两部分组成。生态指标体系,生态环境是自然条件、人类开发活动和环境管理共同作用形成的结果,在深入研究和分析构成长汀县生态环境要素因子

及其体系结构的基础上,选取生态指标时考虑地区自然条件和人类活动程度,根据长汀县“水土流失区”的实际情况选取以总人口、粮食产量、森林覆盖率、耕地面积、水土流失面积 5 个指标。经济指标体系主要根据长汀县经济发展具体情况,参考前人研究成果选取

地区经济总量水平、区域自我发展水平、工业化结构水平、城市化水平、居民生活质量等指标。参考不同学者的相关研究成果^[3,12,25-28],结合长汀县的实际发展水平,构建长汀县生态经济系统协调发展评价指标体系(表 4)。表 4 中的指标权重通过熵权法^[36]确定。

表 4 长汀县生态经济指标及权重

Table 4 Eco-economic indicators and weight of Changting County

目标层 Object layer	准则层 Ruler layer	指标层 Indicator layer	指标属性 Indicator attribute	权重 Weight
生态指标		总人口/万人(X_1)	-	0.17
		粮食产量/万 t(X_2)	+	0.04
		森林覆盖率/%(X_3)	+	0.17
		耕地面积/hm ² (X_4)	+	0.05
		水土流失面积/hm ² (X_5)	-	0.07
协调度	经济指标	财政总收入/万元(X_6)	+	0.13
		社会固定资产投资/万元(X_7)	+	0.13
		从业人员/万人(X_8)	+	0.03
		农村居民人均可支配收入/(元/人)(X_9)	+	0.06
		工业总产值/万元(X_{10})	+	0.10
		农林牧渔总产值/万元(X_{11})	+	0.05

3 长汀县生态经济协调度时间动态分析

3.1 功效函数模型分析

利用功效函数计算出的长汀县生态经济系统协调度如图 2 所示,对应的协调度等级参考表 1。

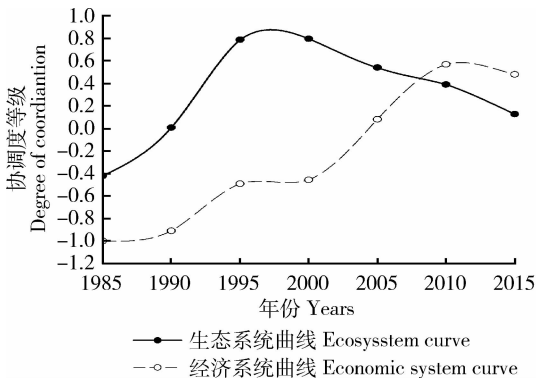


图 2 长汀县生态系统与经济系统协调度

Fig. 2 Coordination degree of ecosystem and economic system of Changting County

础,从生态系统与经济系统协调度曲线图(图 2)可以看到,长汀县的生态和经济的协调度总体上是上升的,具有变好的趋势。长汀县生态功效函数值从 1985—2015 年呈现先增加后减少的规律,生态系统协调度曲线呈倒 U 型曲线,2000 年生态协调度最高,达到中度协调水平。经济发展功效函数值从 1985—2010 年都是增加的,反映了长汀县的经济水平越来越好。经济协调度呈上升趋势,2010 年达到最高值;2011—2015 年则呈下降趋势。根据图形特征,把长汀县的生态经济协调状况分 4 个阶段进行分析。

3.1.1 1985—1995 年生态和经济协调度分析

生态的动态平衡是地区农业持续发展的基础。从图 2 和表 1 可以看出,1985—1995 年长汀县的生态协调度由 -0.422 2 上升到 0.786 8,由极度失调上升到中度协调,说明这 10 年间长汀县的水土保持工作取得了巨大进展。回顾长汀县水土流失治理历程可知,从 1983—1994 年,时任福建省委颁布了一系列的政策和措施,使得长汀县在这 11 年间的水土

生态系统的动态平衡是地区农业持续发展的基

流失工作取得了一定成效,其生态系统协调性有所好转^[30-31]。1985—1995年长汀县经济系统协调度也在一直上升,但是达到的协调度等级还不够高,主要是由于长汀县经济水平低,比较贫困。如统计年鉴显示1985年长汀县的总财政收入只有857万元,起点很低。

3.1.2 1996—2000年生态和经济协调度分析

1996—2000年这5年间,长汀县的生态系统的协调性呈现出先上升再下降的趋势,但仍维持在中度协调的水平。在1995年以前的水土流失治理政策的继续推动下,长汀县水土流失治理工作成效一直在提高,生态系统协调度从1995年的0.7868上升到1997年的0.8733,再下降到2000年的0.7955。长汀县经济系统的协调性由1995年的-0.4925上升到2000年的-0.4570,虽然一直在上升,但是上升的幅度较小。从经济子系统的评价指标来看,由于1996—2000年生态子系统中耕地面积的增加和水土流失面积的减少,直接导致了经济子系统中农业总产值、粮食单产和农林牧副渔业增加值的升高,所以功效系数在增加。但由于农业总产值、粮食单产和农林牧副渔业产值弹性较小,增长较慢,其对经济的贡献较小,使得经济系统协调性增长缓慢。

3.1.3 2001—2010年生态和经济协调度分析

2001—2010年,是经济系统协调性快速增长的10年,也是新一轮大规模治理水土流失的10年。在这10年间长汀县水土流失面积大幅减少,由2000年的70400 hm²减小到2010年的32246.67 hm²,水土流失治理工作取得了显著进展。虽然总的水土流失面积在一直减少,但在城镇人口密集地区又出现了新的水土流失^[11]。因此不仅要加强未治理区的水土保持工作,也要强化对水土流失已治理区的监管工作,防止反弹。徐松青^[4]的研究显示1949—2008年长汀县水土保持治理的生态和经济效益一直是上升的,而本研究中生态协调性从2000年的中度协调、2005年的弱度协调变为2010年的低度失调,一直呈现下降的趋势。一方面可能受指标差异影响,本研究分析了生态和经济2个子系统,并且在生态系统中引入总人口这项指标,但缺少对社会子系统的分析。其次2005年长汀县的社会从业人员为18.38万,相比2000年减少7.17万;同年长汀县的粮食产量为18.4万t,相比1995年减少0.39万t。其三,从不同的时间段来看,长汀县2001—2007年的林地面积分别为261420、261480、260913、

252553和260147 hm²,经历了先下降后上升的趋势,同王维明^[8]、张灿^[31]等的研究结果相一致。以上3个方面共同导致了长汀县2001—2010年的生态系统协调度下降,经济系统协调度上升。

3.1.4 2011—2015年生态和经济协调度分析

2011—2015年,长汀县的生态系统和经济系统的协调度均呈下降趋势。生态系统协调度下降主要原因是人口压力。2015年长汀县人口自然增长率为11.0%,人口增长了2.04万,而2015年龙岩市人口自然增长率为8.7%。人口增长一方面能带动经济的发展,另一方面也会造成建设用地增加和耕地面积减少。2011—2015年长汀县耕地面积减少了133 hm²,说明人类活动对生态的影响较大,对生态服务功能产生了负面影响^[32]。长汀县的经济系统协调度一直徘徊在弱度失调和弱度协调之间,经济系统协调度在变好,但未达到较协调的程度,说明长汀县的经济还有很大的发展空间。长汀县是福建省经济欠发达县和省级扶贫开发重点县,经济总量较小、产业整体竞争力不强、主导产业规模不大、综合经济实力尚弱。长汀县许多方面还落后于龙岩市平均水平。如2013年长汀县还有5个贫困乡镇、65个贫困村,年人均收入3000元以下的贫困人口35051,占全县农村人口的9%;2015年长汀县城镇居民人均可支配收入19747元,农民人均可支配收入11658元,分别比全市平均水平低8471和1616元。因此,长汀县作为一个欠发达区域,还需要包括上级政府在内的外来各种资源的持续大力支持^[33]。

长汀县的水土流失治理任务还很重,仍面临不少困难。2015年长汀水土流失面积还有26393.33 hm²,对于一些治理好的地区,要维护巩固难度也比较大。林木的种类,涵养水能力,防御病虫害和火灾等有着较大隐患,种植的经济林果由于地瘦缺肥,还要继续投入才能见效。总体来看,长汀县的生态协调度由曾经的极度失调,发展到良好协调和勉强协调,取得的成果是可观的。但由于劳动力缺乏,燃煤、液化气等价格成倍增长,导致群众上山砍枝割草当燃料的现象有所反弹;此外,长汀县稀土矿开发、基础设施建设及其他工业活动的开展等,共同导致其生态协调度持续下降^[34]。

3.2 协调度和协调发展度模型分析

3.2.1 长汀县生态与经济系统协调度C分析

长汀县生态经济的协调度C见图3。由图3可

以看出,长汀县生态经济的协调度 C 由 1985 年的极度失调达到 2000 的勉强协调的水平,2001—2005 年回落,2005 年达到轻度失调水平,2010 年达到最好的优质协调水平,2015 年又略有下降,为高度协调的水平。2006—2010 年长汀县生态与经济系统协调发展的较好,生态得到较好的保护,经济也得到了发展,在发展经济的同时兼顾生态,是一种较好的发展状态。

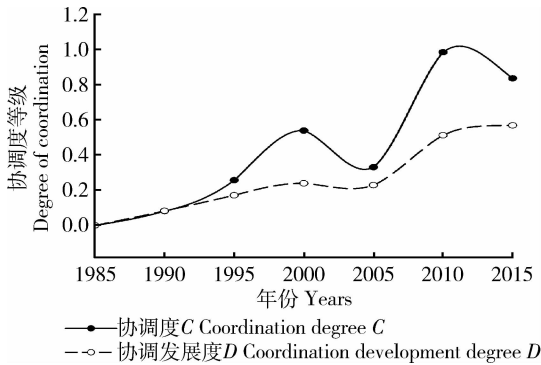


图3 长汀县生态与经济系统协调度及协调发展度

Fig. 3 Coordination development degree and coordination degree of ecosystem and economic systems of Changting County

2001—2005、2011—2015 年长汀县生态、经济的协调度是下降的,具体原因有以下几点。首先,

2001—2015 年长汀县人口持续增长,耕地面积逐年减少。长汀县统计年鉴显示 2001—2005 年,耕地面积减少了 60 hm²,2011—2015 年,耕地面积减少了 133 hm²。人口增多、耕地减少对生态系统造成了压力。其次,2001—2005 年长汀县社会从业人员减少了 7.17 万。此外,长汀县 2000、2005、2010 和 2015 年的农林牧渔业总产值分别为规模以上工业总产值的 4.20、1.70、0.38 和 0.30 倍,农林牧渔业所占比重较大,经济发展结构不合理,产业结构失调。由于上述两方面原因,使得 2000—2005 年、2010—2015 年长汀县生态、经济的协调度下降。

3.2.2 长汀县生态经济协调发展度 D 分析

长汀县生态与经济系统协调发展度 D 的情况见图 3 和表 5。图 3 和表 5 均表明长汀县的协调发展度 D 在逐渐变好,由 1985 年的极度失调衰退类经济滞后型到 2015 年的勉强协调发展类生态滞后型,生态与经济发展状况在变好,经济发展状况在超越生态发展,这就要求生态经济发展相统一。长汀县的协调度等级达到勉强协调发展类生态滞后型,在经济发展过程中要保护环境,经济发展是生态环境的物质保障,二者是相互联系,相互促进的。发展经济与生态环境协调发展的模式,消除贫困的同时,促进资源的可持续利用。

表5 长汀县生态经济系统协调发展度 D

Table 5 Coordination development degree D of eco-economy system of Changting County

年份 Years	$f(x)$	$g(y)$	$f(x)$ 和 $g(y)$ 大小比较 Comparison between $f(x)$ and $g(y)$	长汀县协调发展度类型 Coordination development degree type of Changting County
1985	0.20	0.00	$f(x) > g(y)$	极度失调衰退类经济滞后型
1990	0.16	0.01	$f(x) > g(y)$	极度失调衰退类经济滞后型
1995	0.19	0.03	$f(x) > g(y)$	严重失调衰退类经济滞后型
2000	0.16	0.05	$f(x) > g(y)$	中度失调衰退经济滞后型
2005	0.26	0.05	$f(x) > g(y)$	中度失调衰退经济滞后型
2010	0.29	0.24	$f(x) > g(y)$	勉强协调发展类经济滞后型
2015	0.27	0.50	$f(x) < g(y)$	勉强协调发展类生态滞后型

2015 年长汀县的生态与经济的协调度并不高,有较大的发展空间,由于政策及非正常因素的影响,生态与经济的协调发展程度是变化的,它仍有可能退化到以前的失调阶段。长汀县水土流失面积的减

少,森林覆盖率的升高改善了当地的生态环境问题,促进了生态系统与经济系统的协调情况逐渐好转,所以水土流失面积的减少,生态环境的改善促进了当地生态与经济的协调发展状况,应进一步加强长

汀县生态环境治理和保护力度。

总体上,对比功效函数和协调度模型得到的长汀县生态与经济系统的协调性,研究结果与实际情况相吻合,说明本研究所选取的评价指标体系和综合评价方法客观合理、科学可行。功效函数法和协调度模型法可以为长汀县生态经济发展的客观评价提供一种新思路。

4 结论与建议

4.1 结论

长汀县水土流失面积在逐渐减少,强度逐渐减弱,总体好转,但2015年长汀县水土流失面积还有26 393.33 hm²,今后水土流失治理任务仍然严峻。本研究以福建省长汀县为研究对象,建立了生态和经济发展评价指标体系,基于功效函数模型和协调度发展模型,运用熵权法和多因素综合评价法,对长汀县1985—2015年的生态与经济的协调发展状况进行分析,取得如下结论。

1)功效函数模型结果表明,1985—2000年长汀县生态系统协调性呈上升趋势,1995和2000年分别达到了中度和高度协调的水平,但2000年以后,生态系统协调性逐渐下降。1985—2015年经济系统协调性逐渐上升,经济发展协调性较好。

2)协调度和协调发展度模型结果表明,长汀县生态与经济协调度在1985—2000年保持了持续上升的状态,经济发展与生态环境协调度逐渐变好。2001—2015年生态与经济协调度在整体转好的同时,也出现了下行波动,说明长汀县生态建设与经济发展的关系仍处于不稳定阶段。

3)长汀县水土流失面积的减少,森林覆盖率的升高能够改善了当地的生态环境问题,促进生态系统与经济系统的协调。但是长汀县的生态系统与经济系统的协调度也不高,有较大的发展空间,由于政策及非正常因素的影响,生态与经济的协调发展程度是变化的,它仍有可能退化到以前的失调阶段,应进一步加强长汀县生态环境治理和保护力度。

4.2 建议

结合长汀县生态与经济的协调现实状况,提高长汀县生态与经济的协调程度,消除生态环境恶化给当地经济发展带来的负面影响。提出以下建议。

1)控制长汀县人口,转移农村劳动力。人口的持续增长,使得人地矛盾突出,对长汀县的生态压力持续增加。既要保护耕地,提高耕地复种指数,又要

加快人口的转移,减少当地人口压力。农户就业和收入的非农化可以减轻当地的人口压力。

2)经济转型,调整产业结构,治理水土流失与开发建设相结合。根据当地实际,利用独特的旅游资源,发展生态旅游,带动长汀县经济发展,促进人口就业,减轻当地人对土地依赖,转变生活方式,间接改善水土流失,促进生态与经济的和谐发展。

3)加强水土流失治理监管,防止已治理区水土流失问题反弹。加大人力物力投入,强化水保意识,加强对水土流失已治理区域的有效监管,巩固治理成果,保护水土资源。

参考文献 References

- [1] Cao S X, Zhong B L, Yue H, Zeng H S, Zeng J H. Development and testing of a sustainable environmental restoration policy on eradicating the poverty trap in China's Changting County[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(26): 10712
- [2] 刘燕华, 李秀彬. 脆弱生态环境与可持续发展[M]. 北京: 商务印书馆, 2001
Liu Y H, Li X B. *Fragile Ecological Environment and Sustainable Development*[M]. Beijing: Commercial Press, 2001 (in Chinese)
- [3] 游惠明, 李建民, 黄石德, 洪志猛, 岳辉. 基于突变级数法的长汀水土保持综合效益评价[J]. 中国农学通报, 2014, 30(28): 34-37
You H M, Li J M, Huang S D, Hong Z M, Yue H. Assessment of the comprehensive benefits of soil and water conservation in Changting based on catastrophe progression method[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(28): 34-37 (in Chinese)
- [4] 徐松青. 长汀县水土流失治理效益及机制研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2011
Xu S Q. Study on the benefit and mechanism of soil and water loss control in Changting County[D]. Fuzhou: Fujian Normal University, 2011 (in Chinese)
- [5] 冯加昌. 南方典型红壤区水土保持-社会经济系统协调性研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2012
Feng J C. Study on soil and water conservation-socioeconomic system coordination in typical red soil region of south China [D]. Fuzhou: Fujian Normal University, 2012 (in Chinese)
- [6] 杨玉盛, 何宗明, 林光耀, 罗学升. 退化红壤不同治理模式对土壤肥力的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(2): 276-282
Yang Y S, He Z M, Lin G Y, Luo X S. Effect of different improving pattern soil fertility of severely degraded granitic red soil[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 1998, 35(2): 276-282 (in Chinese)

- [7] 蔡丽平,刘明新,侯晓龙,吴鹏飞,陈苏英.长汀强度水土流失区不同治理模式恢复效果的灰色关联分析[J].中国农学通报,2014,30(1):85-92
Cai L P, Liu M X, Hou X L, Wu P F, Chen S Y. Grey relation analysis on restoration effects of different governance models in intensity soil erosion area of Changting County [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(1): 85-92 (in Chinese)
- [8] 王维明,陈明华,林敬兰,吴清泉,钟炳林,岳辉.长汀县水土流失动态变化及防治对策研究[J].水土保持通报,2005,25(4):73-77
Wang W M, Chen M H, Lin J L, Wu Q Q, Zhong B L, Yue H. Monitoring soil and water loss dynamics and its management measures in Changting County [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2005, 25(4): 73-77 (in Chinese)
- [9] 林晨,周生路,吴绍华.30年来东南红壤丘陵区土壤侵蚀度时空演变研究:以长汀县为例[J].地理科学,2011,31(10):1235-1241
Lin C, Zhou S L, Wu S H. Evolution of soil erosion degree in 30 years in granite hills, Southeastern of China: A case study of Changting County, Fujian [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2011, 31(10): 1235-1241 (in Chinese)
- [10] 赵彬.学习“长汀经验”促进经济与生态协调发展[J].发展研究,2012,(3):106-107
Zhao B. Study “Changting experience” to promote the coordinated development of economy and ecology [J]. *Development Research*, 2012, (3): 106-107 (in Chinese)
- [11] 毕安平.水土流失地区生态与经济系统耦合效应[D].福州:福建师范大学,2011
Bi A P. Coupling effect of ecological and economic systems in soil and water loss area [J]. Fuzhou, Fujian Normal University, 2011 (in Chinese)
- [12] 马璇,宗跃光,刘志强.从GDP和生态足迹关联角度研究生态足迹结构:以福建长汀县为例[J].安徽农业科学,2007,35(24):7540-7542
Ma X, Zong Y G, Liu Z Q. Analysis of the ecological footprint from the view of GDP and ecological footprint [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35 (24): 7540-7542 (in Chinese)
- [13] 杨世琦,高旺盛.农业生态系统协调度理论及实证研究[J].中国农业大学学报,2006,11(2):7-12
Yang S Q, Gao W S. Harmony coefficient theory and case study on agricultural ecosystem [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2006, 11(2): 7-12 (in Chinese)
- [14] 杨士弘.城市生态环境学[M].北京:科学出版社,2001
Yang S H. *Urban Ecological Environment* [M]. Beijing: Science Press, 2001 (in Chinese)
- [15] 牛文元.可持续发展的能力建设[J].中国科学院院刊,2006,21(1):7-13
Niu W Y. The capacity building of sustainability in China [J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2006, 21(1): 7-13 (in Chinese)
- [16] 杨世琦,杨正礼,高旺盛.不同尺度下区域农业系统协调度的评价[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(5):64-72
Yang S Q, Yang Z L, Gao W S. Appraising on harmony coefficient of regional agricultural system at different scales [J]. *Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition*, 2008, 36(5): 64-72 (in Chinese)
- [17] 杨世琦,王国升,高旺盛,陈源泉,陈冬冬.区域生态经济系统协调度评价研究:以湖南省益阳市资阳区为例[J].农业现代化研究,2005,26(4):298-301
Yang S Q, Wang G S, Gao W S, Chen Y Q, Chen D D. Evaluation on harmony degree of region eco-economic system: A case of Ziyang section of Yiyang City of Hunan Province [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2005, 26 (4): 298-301 (in Chinese)
- [18] 苏飞,张平宇.基于生态系统服务价值变化的环境与经济协调发展评价:以大庆市为例[J].地理科学进展,2009,28(3):471-477
Su F, Zhang P Y. Assessment of coordinative development between economy and environment based on ecosystem service values change: A case of Daqing City [J]. *Progress in Geography*, 2009, 28(3): 471-477 (in Chinese)
- [19] 夏霆,朱伟,赵联芳.镇江市社会经济:水环境系统协调发展[J].水资源保护,2007,23(4):52-55
Xia T, Zhu W, Zhao L F. Coordinated development of social economy-water environment system in Zhenjiang City [J]. *Water Resources Protection*, 2007, 23(4): 52-55 (in Chinese)
- [20] 吴玉鸣,张燕.中国区域经济增长与环境的耦合协调发展研究[J].资源科学,2008,30(1):25-30
Wu Y M, Zhang Y. Analyzing coupled regional economic growth and environmental conservation in China [J]. *Resources Science*, 2008, 30(1): 25-30 (in Chinese)
- [21] 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):12-16
Liao C B. Quantitative judgement and classification system for coordinated development of environment and economy: A case study of the city group in the Pearl River Delta [J]. *Tropical Geography*, 1999, 19(2): 12-16 (in Chinese)
- [22] 班春峰,刘友兆,黄琪,贾后辉.基于集对分析的江苏省土地利用协调性研究[J].中国人口·资源与环境,2011,21(97):56-62
Ban C F, Liu Y Z, Huang Q, Jia H H. Coordination of land-use based on the set pair analysis in Jiangsu Province [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21 (97), 56-62 (in Chinese)
- [23] 李祚泳,甘刚,沈仕伦.社会经济与环境协调发展的评价指标体系及评价模型[J].成都信息工程学院学报,2001,16(3):174-178
Li Z Y, Gan G, Shen S L. Appraisal index systems and assessment model of social, economical and environmental coordinative development [J]. *Journal of Chengdu University*

- of Information Technology*, 2001, 16 (3): 174-178 (in Chinese)
- [24] 高志刚,沈君. 新疆典型区域经济与环境协调发展评价与预测研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(2): 1-5
Gao Z G, Shen J. Assessment and forecast of the coordinated development of economy and environment in typical region of Xinjiang[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2010, 24(2): 1-5 (in Chinese)
- [25] 梁流涛,李斌,段海静. 农村发展与生态环境协调性评价及其时空分异特征分析[J]. 河南大学学报:自然科学版, 2015, 45(3): 320-326
Liang L T, Li B, Duan H J. The study on coordination of rural development with eco-environment[J]. *Journal of Henan University: Natural Science*, 2015, 45 (3): 320-326 (in Chinese)
- [26] 刘纪根,张平仓,喻惠花. 水土流失治理率综合评价指标体系框架研究[J]. 长江科学院院报, 2008, 25(3): 82-89
Liu J G, Zhang P C, Yu H H. Health diagnosis in representative regions in Changjiang Basin based on soil and water loss improvement rate[J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2008, 25(3): 82-89 (in Chinese)
- [27] 何孝颖,刘伟,王海红,马来坤. 绿色经济评价指标体系的构建研究[J]. 市场周刊:理论研究, 2013(9): 91-93
He X Y, Liu W, Wang H H, Ma L K. Study on the construction of green economy evaluation index system[J]. *Market Weekly: Theoretical Research*, 2013 (9): 91-93 (in Chinese)
- [28] 徐世龙. 可持续发展定量评价指标体系的构想[J]. 统计与信息论坛, 2000, 15(1): 7-14
Xu S L. Suggestions on statistic index system for the quantitative evaluation of sustainable development[J]. *Statistics & Information Tribune*, 2000, 15 (1): 7-14 (in Chinese)
- [29] 李帅,魏虹,倪细炉,顾艳文,李昌晓. 基于层次分析法和熵权法的宁夏城市人居环境质量评价[J]. 应用生态学报, 2014, 25(9): 2700-2708
Li S, Wei H, Ni X L, Gu Y W, Li C X. Evaluation of urban human settlement quality in Ningxia based on AHP and the entropy method[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(9): 2700-2708 (in Chinese)
- [30] 陆天然. 长汀经验:一面生态建设旗帜-福建省长汀县治理水土流失工作纪实[J]. 理论参考, 2012(5): 62-64
Lu T R. Brief introduction of Changting's experience: A project of ecological construction in Changting county, Fujian Province[J]. *Reference Journal*, 2012(5): 62-64 (in Chinese)
- [31] 张灿,徐涵秋,张好,唐菲,林中立. 南方红壤典型水土流失区植被覆盖度变化及其生态效应评估:以福建省长汀县为例[J]. 自然资源学报, 2015, 30(6): 917-927
Zhang C, Xu H Q, Zhang H, Tang F, Lin Z L. Fractional vegetation cover change and its ecological effect assessment in a typical reddish soil region of Southeastern China: Changting County, Fujian Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(6): 917-927 (in Chinese)
- [32] 郑晶. 基于生态系统服务价值的长汀县土地利用结构优化研究[D]. 福州:福建农林大学, 2009
Zheng J. Study on land use structure optimization in Changting county based on ecosystem service value [D]. Fuzhou: Agriculture and Forestry University, 2009 (in Chinese)
- [33] 郭为桂. 从水土流失治理到生态家园建设打造“长汀经验”升级版:专访中共长汀县委书记魏东[J]. 领导文萃, 2015(10): 7-22
Guo W G. From the soil erosion control to the ecological home construction to create “Changting experience” upgrade: an interview with Wei Dong, the Party Secretary of the Communist Party of China[J]. *Leading Papers*, 2015(10): 7-22 (in Chinese)
- [34] 叶伟,赖日文,池毓锋,陈芳,汪琴. 基于HJ-1的长汀县森林绿量分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(5): 42-46
Ye W, Lai R W, Chi Y F, Chen F, Wang Q. Analysis of green biomass in Changting County based on environmental resources satellite images (HJ-1 images)[J]. *Journal Central South University of Forestry & Technology*, 2014, 34(5): 42-46 (in Chinese)

责任编辑:王燕华