



Research on the Spatial-Temporal Differentiation and Influencing Factors of the Coordinated Development of Rural Ecological Environment and Economy in Hunan Province

Ting Wang, Dehua Mao *

School of Geographical Sciences, Hunan Normal University, Changsha, 410081

**Corresponding author. E-mail: 850276407@qq.com*

ABSTRACT

The research on the coordinated relationship between rural ecological environment and economy is of great significance to promote the implementation of rural revitalization strategy and the sustainable development of rural areas. Entropy method, coupling coordination degree model and spatial regression analysis were employed in this paper to analyze the coordinated development level, spatial distribution pattern and influencing factors of rural ecological environment and economic in 102 counties in Hunan Province. The results show that: first, the coupling and coordination level of rural ecological environment and economy in Hunan province has been significantly improved; the spatial distribution pattern of high in the east and low in the west is presented. Secondly, the degree of coupling and coordination between rural ecological environment and economy in Hunan province has a negative correlation with the total number of county population, and a positive correlation with other six factors such as the total amount of water resources in the county,

Keywords: *rural ecological environment; rural economy; coupling and coordinated development; spatial regression analysis; Hunan*

湖南省乡村生态环境与经济耦合协调发展时空分异及影响因素研究

王婷, 毛德华*

湖南师范大学地理科学学院, 长沙 410081

** 通讯作者. 电子邮箱: 850276407@qq.com*

摘要

乡村生态环境与经济协调关系的研究对于推进乡村振兴战略实施和乡村地区可持续发展具有重要的意义。本文运用熵权法、耦合协调度模型及空间回归分析,探讨了湖南省102个县域乡村生态环境与经济的耦合协调度时空分异及影响因素。结果表明:(1)研究期内,湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调水平得到明显改善;呈现东部高、西部低的空间分布格局。(2)湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调度与县域水资源总量、入河湖废水排放率、乡村劳动力资源总数、中等学校专任教师数量、县域耕地面积和全体居民人均可支配收入呈正相关关系,与县域人口总数呈负相关关系。

关键词: 乡村生态环境, 乡村经济, 耦合协调发展, 空间回归分析, 湖南

1. 引言

作为传统农业大国,乡村地域不仅是我国国土空间的重要组成部分,更是社会经济发展的重要载体^[1]。广大乡村地区迎来新时代的发展机遇的同时,也面临着生态环境恶化、村庄主体老弱化、农村空心化、生产要素非农化等诸多问题^[2]。2021年3月12日颁布的十四五规划和2035年远景目标纲要中提到坚持农业农村优先发展,全面推进乡村振兴,推动形成协调发展的新型城乡关系。产业是乡村经济的命脉,生态环境是乡村的优势所在,乡村生态环境与经济协调关系已然成为乡村振兴中不可忽视的问题。

国外学者对于乡村生态环境和经济协调发展的研究主要围绕农业经济可持续发展模式、农业生态转型和农业生态景观^[3-5]等。国内学者通过乡村经济发展模式对生态的影响^[6]和生态约束下乡村经济转型^[7]的研究,探讨了乡村生态环境与经济的相互关系。从不同研究尺度,运用了多指标综合评价法、耦合协调发展度模型、地理探测器、空间统计分析等方法,测度和分析子农业经济与农业生态环境耦合协调分析^[8-10]。湖南省关于乡村生态环境与经济协调发展的现有研究中,大多集中在地级市层面农业生态环境与经济增长耦合协调时空差异^[11]和长株潭城市群乡村建设中的经济-生态-文化系统的耦合协调发展^[12]。综上所述,分析湖南省县域乡村生态环境与经济协调发展的时空分异及驱动机制的文献较为匮乏。

基于此,本文在构建乡村生态环境与经济耦合协调发展评价指标体系基础上,综合运用耦合协调发展、空间回归分析等模型,评价和分析2002、2010、2015和2018年湖南省102个县域的乡村生态环境与经济耦合协调发展水平和影响因子,以期增进对湖南省县域乡村生态环境与经济协调发展水平演进的认识,评估各乡村地区发展政策实施的效果,为政府制定乡村地区协调发展对策提供理论参考。

2. 研究区域、数据与方法

2.1 研究区域

2002-2018年,湖南省粮食作物单产从5.38t/hm²增加至6.37t/hm²,农田有效灌溉面积的比例从69%提高至76%,劳动力生产率从6684.1元增至32147.67元,农民人均可支配收入从3389.14元增至14092.5元,可见湖南省乡村经济发展基础不断巩固,经济总量大幅增长。乡村生态环境方面,研究期内农业、农村生活用水所占比例从75.4%减至59.5%,农药使用量从14.67kg/hm²减至10.72kg/hm²,化肥施用量从12.56t/hm²增至22.62t/hm²,前两者与乡村生态环境的矛盾得到缓和,后者对生态环境的压力有所增加。

2.2 研究数据

研究数据中粮食作物产量、乡村劳动力资源总数、乡村二三产业从业人口、农村居民人均可支配收入、农村用电量、农田有效灌溉面积、农药和化肥使用量等数据历年的《湖南省统计年鉴》和《湖南省农村统计年鉴》,水资源总量、农业用水比例等数据来自历年的《湖南省水资源公报》、各地级市的水资源公报,耕地面积数据来自研究时点上各地级市年鉴、株洲市自然资源与规划局提供的辖区内耕地面积数据,以及2005年、2015年的《湖南省土地利用现状变更表》。本文对于部分数据的缺失值采取均值插补的方式填充。

2.3 研究方法

2.3.1 综合评价模型

本文使用极差标准化和熵权法公式^[13]计算指标的权重(表1),乡村生态环境子系统(EE)、乡村经济子系统(JJ)的综合评价模型为:

$$EE(x) = \sum_{i=1}^m A_i X_i \quad JJ(y) = \sum_{i=1}^n B_i Y_i \quad (1)$$

式中, i 为各子系统的指标个数, A_i 、 B_i 分别为各子系统的指标权重, X_i 、 Y_i 为各子系统的第 i 个指标的标准化值。

2.3.2 耦合度及耦合协调模型

本文采用耦合评价模型进行耦合度和耦合协调度的测度^[14], 公式如下:

$$C = \left\{ \frac{W(x) \cdot L(y)}{[(W(x) + L(y))/2]^2} \right\}^k \quad (2)$$

$$T = (W(x) + L(y)) / 2, \quad D = \sqrt{CT} \quad (3)$$

式中, C 即耦合度, C 值越大, 乡村生态环境子系统 (EE)、乡村经济子系统 (JJ) 之间关联程度、拟合程度越好; k 为调节系数, 本文取 $k=2$ 。 T 为乡村生态环境与乡村经济复合系统的综合指数, D 即耦合协调度。耦合协调度等级划分见表 2。

2.3.3 全局空间自相关

本文通过计算 Moran's I 指数来判别将县域耦合协调发展度之间的空间关联性^[15,16], 计算公式如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}} \quad (4)$$

式中, I 为 Moran's I 指数, 取值范围在 -1~1 之间。 x_i 和 x_j 分别为县域 i 和 j 的各子系统评价价值、乡村生态环境与经济耦合协调度, \bar{x} 、 S 分别为观测值的平均值和方差, n 为县域数, w_{ij} 为空间权重矩阵。本文选择 Rook 邻接权重矩阵, 即认为县域之间有公共边界时存在邻接关系。

2.3.4 空间回归分析

本文采用空间滞后模型 (Spatial Lag Model, SLM) 和空间误差模型 (Spatial Error Model, SEM)^[17]。空间滞后模型用来探讨被解释变量在相邻地区的空间溢出效应, 其表达式为:

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n) \quad (5)$$

式中, Y 为因变量 (湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调度); X 为 $n \times k$ 的外生解释变量数据矩阵; W 为 $n \times n$ 空间权重矩阵; β 为参数向量, 反映解释变量对 Y 湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调度的影响; ε 为随机误差项; ρ 为空间滞后系数, 反映相邻县域乡村生态环境与经济耦合协调度变动对本县域的影响效应, 反映县域之间的空间相互作用程度。

表 1 乡村生态环境与经济耦合协调发展评价指标体系

系统层	功能层	指标层	指标计算方法	属性	权重
生态环境子系统 X	生态质量 X_1	X_{11} 农业水资源人口承载力 (人· m^3)	乡村总人口/农业水资源总量	+	0.156
		X_{12} 农业水土资源匹配系数 (10 ⁵ $m^3 \cdot hm^2$)	农业水资源总量/耕地面积	+	0.1699
	生态治理 X_2	X_{21} 当年造林面积 (hm^2)	/	+	0.3616
		X_{22} 水土流失综合治理面积 (hm^2)	/	+	0.3002
	生态可持续性 X_3	X_{31} 农药使用强度 ($kg \cdot hm^{-2}$)	农药使用量/农作物播种面积	-	0.0039
		X_{32} 化肥使用强度 ($kg \cdot hm^{-2}$)	农用化肥使用量/农作物播种面积	-	0.0084
经济子系统 Y	发展潜力 Y_1	Y_{11} 粮食作物单产 ($t \cdot hm^{-2}$)	粮食作物总产量/粮食作物播种面积	+	0.0406
		Y_{12} 有效灌溉面积比例 (%)	灌溉总面积/年末耕地总面积	+	0.0352
	产业结构 Y_2	Y_{21} 劳动力生产率 (元·人 ⁻¹)	农林牧渔业总产值/农林牧渔从业人员	+	0.235
		Y_{22} 乡村二三产业从业人口占比 (%)	乡村二三产业从业人口/乡村劳动力资源总量	+	0.1326
	生活水平 Y_3	Y_{31} 农村居民人均可支配收入 (元)	/	+	0.298

	Y_{32} 农村用电水平 (kWh·人 ⁻¹)	农村用电量/乡村总人口	+	0.2586
--	---	-------------	---	--------

表 2 乡村生态环境与经济耦合协调度评判标准和类型

协调类			过渡类		失调衰退类		
$0.8 \leq D \leq 1$	$0.7 \leq D < 0.8$	$0.6 \leq D < 0.7$	$0.5 \leq D < 0.6$	$0.4 \leq D < 0.5$	$0.3 \leq D < 0.4$	$0.2 \leq D < 0.3$	$0 \leq D < 0.2$
极度协调发展	良好协调发展	中级协调发展	低水平协调发展	勉强协调发展	濒临失调发展	中度失调发展	严重失调发展

空间误差模型能够度量本县域乡村生态环境与经济耦合协调度受其他县域随机误差项的影响程度，其表达式为：

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu \quad (6)$$

式(6)中 Y 、 X 、 W 与式(5)中对应符号的意义相同， λ 为 $n \times 1$ 的因变量的空间误差系数， β 为回归残差向量； ε 代表回归残差向量， μ 为正态分布的随机误差向量。

3. 结果与分析

3.1 乡村生态环境与经济耦合协调发展时空演变

2002-2018 年，县域乡村生态环境与经济耦合协调度的均值从 0.269 升至 0.495 (图 1a)，呈持续上升趋势。四大区域板块中，长株潭城市群、湘西地区一直保持着上升的趋势，洞庭湖和湘南地区在 2010-2015 年有过下降的表现。2002、2010 年勉强协调发展类型的县域仅 11 个，其他县域均属于失调发展类型。2015 年，各县域开始出现低水平协调发展类型，表示乡村生态环境与经济开始向协调发展的趋势转变(图 2)。2018 年，湖南省县域各乡村空间协调水平开始出现 1 个良好协调发展型(浏阳市)，9 个中级协调发展型的县域(宁乡市、攸县等)，但仍存在 9 个失调发展型的县域(韶山市、南岳区、北塔区、云溪区等)。总体上，研究期内湖南各县域乡村生态环境与经济耦合协调度水平得到显著提升，但大多仍处于低水平协调发展及其以下水平，存在极大耦合协调潜力。空间分布上表现出东部高、西部低的空间分布特征，湘南地区和大湘西地区乡村生态环境与经济耦合协调度的变异系数较低(图 1b)。

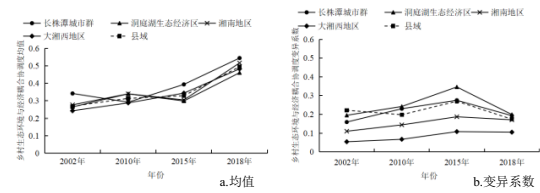


图 1 四大区域、县域尺度耦合协调度均值及变异系数

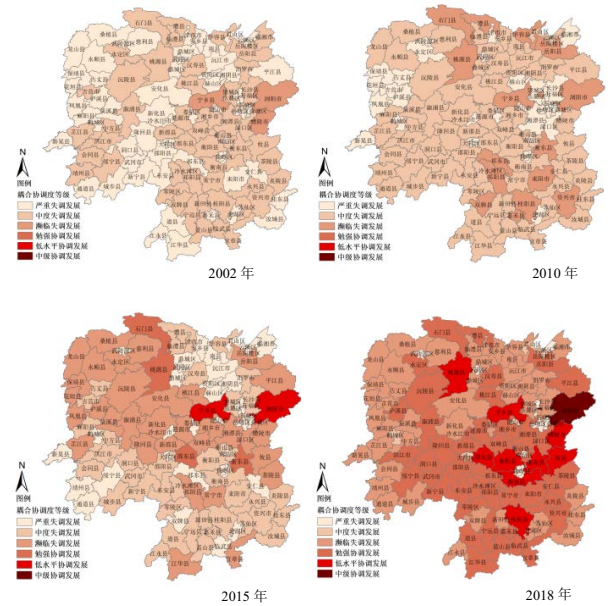


图 2 县域乡村生态环境与经济耦合协调度时空分布

3.2 乡村生态环境与经济耦合协调度影响因素分析

3.2.1 乡村生态环境与经济耦合协调度影响因素建模

2018 年湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调度的 Moran's I 值为 0.078，存在空间自相关性和集聚状态。因此，共选取 7 个指标对 2018 年湖南省乡

村生态环境与经济耦合协调度的影响因素进行分析。依据 Anselin^[17]提出的判断规则, 综合对比根据普通 OLS 模型、SLM 模型和 SEM 模型模型拟合结果检验, 最终选择构建 SEM 模型。

3.2.2 乡村生态环境与经济耦合协调度影响因素分析

依据表 3 可知, 湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调度与县域水资源总量、入河湖废污水排放率在 0.01 的显著性水平下呈正相关关系, 与县域耕地面积在 0.1 的显著性水平下呈正相关关系。水土资源具有生态和经济双重价值属性, 农业水资源、耕地资源更是进行农业生产、推动乡村发展的资源和空间载体, 因此水资源、耕地资源越丰富, 越能够促进县域乡村生态环境与经济耦合协调发展。入河湖废污水量的排放一定程度上能够反映县域经济规模和基础设施的发展, 而社会经济的发展能够帮助治理和恢复生态环境, 因此存在县域入河湖废污水排放率对乡村生态环境与经济耦合协调度正向作用。但在实际的社会经济发展过程中, 我们应全面的考虑水资源承载力, 关注对县域废污水的处置和治理效率, 以此来促进湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调发展的持续性。

湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调度与县域人口总数在 0.01 的显著性水平下呈负相关关系, 与乡村劳动力资源总数在 0.01 的显著性水平下呈正相关关系, 与全体居民人均可支配收入在 0.1 的显著性水平下呈正相关关系, 与中等学校专任教师数量在 0.05 的显著性水平下呈正相关关系。乡村生态环境系统最先受到城市发展带来人口集聚的侵扰, 人口压力一旦超过地区生态环境承载力, 将对地区的生态环境造成严重地威胁。因此人口总量越大, 湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调度越低。农村劳动力的持续流出, 乡村产业体系面临发展劳动力、智力支撑不足的困境。“老人农业”、“化学农业”等非生态农业成为现代农业发展的滞后因子^[19], 不仅农业经济效益低

下, 也使农村生态环境遭受农业面源的内源污染和城镇化的外源污染双重威胁, 降低了乡村地区生态环境与经济耦合协调度。城乡全体居民可支配收入的提升促使消费能力、消费结构和需求的改变, 使得独具乡村特色生态农业产业的吸引力增加, 进一步带动了乡村经济发展, 有利于乡村地区生态环境与经济协调发展。中等学校教育是高等教育的基础, 也是培养建设新时代乡村人才的前沿阵地。教师数量的增加能够扩大乡村地区受教育范围, 给予乡村后备智力支持和造血能力, 以此促进乡村生态环境与经济协调发展。

表 3 县域乡村生态环境与经济耦合协调度影响因子

影响因子	SEM	
	系数	P 值
县域水资源总量 (x ₁)	0.03614	0.00003
县域耕地面积 (x ₂)	0.01544	0.06527
入河湖废污水排放率 (x ₃)	5.68916	0.00005
县域人口总数 (x₄)	-0.11535	0.00322
乡村劳动力资源总数 (x ₅)	0.113451	0.00000
全体居民人均可支配收入 (x ₆)	0.035149	0.07028
中等学校专任教师数量 (x ₇)	0.059504	0.03156

4. 结论与建议

2002-2018 年, 各县域乡村生态环境子系统与经济子系统耦合协调水平越来越好, 但大多县域仍处于低水平协调发展及其以下发展水平, 存在着极大的耦合协调空间。湖南省县域乡村生态环境与经济耦合协调度与县域水资源总量、入河湖废污水排放率、乡村劳动力资源总数、中等学校专任教师数量、县域耕地面积和全体居民人均可支配收入呈正相关关系, 与县域人口总数呈负相关关系。

长株潭城市群应推进乡村绿色和蓝色基础设施建设, 建成乡村绿心及绿色走廊, 形成长株潭城市群城乡结合的绿色开发空间网络, 保证区域内生态环境的质量。洞庭湖生态经济区与湘南地区注重培养乡村人才和培育乡村产业体系, 前者侧重于现代化农业科学技术的发展, 后者集中在集聚产业片区的紧凑发展理念。大湘西地区应适度合理开发, 保护生态环境的前提下, 注重历史文化特色保护、生态文化旅游和生态安全等功能分区价值的挖潜和评估, 降低国土利用

效益低的用地面积比例,利用特殊的地形、风土人情和历史文化塑造多元化的乡村景观来实现乡村经济的增长,以此促进乡村生态环境与经济的协调发展。由于缺乏县域历年的数据,乡村生态环境与经济耦合协调发展的指标体系构建、影响因子选择不够完善,对于乡村生态环境发展、乡村经济发展及其协调发展的评价不够全面,未来应根据各区域板块的特点进一步细化和完善研究对象和内容。

参考文献

- [1] 唐承丽,贺艳华,周国华,等.基于生活质量导向的乡村聚落空间优化研究[J].地理学报,2014,69(10): 1459-1472. DOI: 10.11821/dlxb201410006
- [2] 陈秧分,刘玉,李裕瑞.中国乡村振兴背景下的农业发展状态与产业兴旺途径[J].地理研究,2019,38(3):632-642. DOI: 10.11821/dlyj020181026
- [3] Emmanuelle R, François F, Gilles P. Agro-ecology in action: The environmental oasis projects[J]. Environmental Economics, 2019, 10 (1):66-78. DOI:10.21511/ee.10(1).2019.05
- [4] Ollivier G, Magda D, Mazé A, et al.. Agroecological transitions: What can sustainability transition frameworks teach us? An ontological and empirical analysis[J].Ecology and Society, 2018,23(2):18. <https://doi.org/10.5751/ES-09952-230205>
- [5] Boris Z, Peter V, Maria E, et al. European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review[J]. Agronomy for Sustainable Development, 2014, 34(2):309-325. DOI:10.1007/s13593-013-0183-4
- [6] 丁彬,李学明,孙学晖,等.经济发展模式对乡村生态系统服务价值保育和利用的影响——以鲁中山区三个村庄为例[J].生态学报,2016,36(10): 3042-3052. DOI:10.5846/stxb201409041753
- [7] 李松睿,曹迎.“乡村振兴”视角下生态宜居评价及其对农村经济转型发展的启发——以川西林盘四川都江堰精华灌区为例[J].农村经济,2019,440(6): 66-74.
- [8] 贾凤梅.黑龙江省绥化市农业生态环境与农村经济协调发展研究[J].水土保持通报,2012,32(5):56-60. DOI: CNKI: SUN: STTB.0.2012-05-013
- [9] 李宗伟.内蒙古自治区农业经济与农业生态环境耦合研究[J].中国农业资源与区划,2018,39(3):172-178.DOI:10.7621/cjarrp.1005-9121.20180325
- [10] 李治兵,沈涛,肖怡然,等.西北地区农业生态和经济系统协调发展研究[J].中国农业资源与区划,2020,41(12):237-244.DOI:10.7621/cjarrp.1005-9121.20201227
- [11] 邓淇中,邹雨情.农业生态环境与经济增长耦合协调度时空分异研究——以湖南省为例[J].湖南财政经济学院学报,2018,34(1):37-44. DOI:10.16546/j.cnki.cn43-1510/f.2018.01.004
- [12] 唐瑾.美丽乡村建设中经济-生态-文化系统的耦合及其评价[J].求索,2019(4):182-188. DOI:10.16059/j.cnki.cn43-1008/c.2019.04.022
- [13] 江孝君,杨青山,耿清格,等.长江经济带生态-经济-社会系统协调发展时空分异及驱动机制[J].长江流域资源与环境,2019,28(3): 493-504. DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201903001
- [14] 刘新平,孟梅.土地持续利用与生态环境协调发展的耦合关系分析——以塔里木河流域为例[J].干旱区地理,2011,34(1):173-178. DOI: CNKI:SUN:GHDL.0.2011-01-030
- [15] 柯文前,陆玉麒.基于县域的福建省经济空间格局演化.经济地理,2011,31(7): 1081-1087.DOI: CNKI:SUN:JJDL.0.2011-07-004
- [16] 李少英,吴志峰,李碧莹,等.基于互联网房产数据的住宅容积率多尺度时空特征——以广州市为例[J].地理研究,2016,35(4):770-780. DOI: 10.11821/dlyj201604014
- [17] 潘兴侠.我国区域生态效率评价、影响因素及收敛性研究[D].南昌大学,2014.

- [18] ANSELIN L. Spatial econometrics: methods and models[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988: 55-164.
- [19] 王晓东,李繁荣.农村劳动力流动正向驱动乡村绿色发展研究—基于新中国成立 70 年历史的分析 [J]. 经济问题 ,2019(12):104-113. DOI:10.16011/j.cnki.jjwt.2019.12.016

Open Access This chapter is licensed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits any noncommercial use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license and indicate if changes were made.

The images or other third party material in this chapter are included in the chapter's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the chapter's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.

