

固原市原州区生态环境与经济系统的耦合协调发展

李静¹, 马亚亚¹, 王杰², 刘国彬³, 张超²

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学

水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: [目的] 构建宁夏回族自治区固原市原州区生态环境系统和社会经济系统之间的耦合度和耦合协调度模型, 以期为区域的协调发展调控提供科学依据。[方法] 基于固原市原州区 2002—2016 年生态环境和社会经济的数据, 构建原州区区域生态系统指标评价体系, 采用熵值赋权法计算各个评价指标的权重以及综合评价指数, 通过建立耦合度、耦合协调度模型和灰色预测度模型, 得到并预测该区域生态环境系统和社会经济系统的耦合度和耦合协调度发展趋势以及耦合协调类型。[结果] 2002—2016 年, 固原市原州区社会经济系统评价指数稳定上升, 受生态环境压力的影响, 生态系统综合评价指数呈现先下降后波动上升的趋势, 前者的发展速度快于后者; 耦合度和耦合协调度不断上升, 耦合协调类型从经济滞后中度失调型发展为生态环境滞后的濒临失调型; 通过模型预测, 2017—2025 年生态环境系统和社会经济系统之间耦合度及耦合协调度将逐渐升高, 耦合协调类型会不断向理想状态发展。[结论] 固原市原州区由于经济发展水平快于生态环境建设力度, 从而制约了该区域整体的协调发展。因此为实现原州区区域生态系统的可持续发展。还需大力加强对生态环境的建设。

关键词: 生态; 经济; 耦合; 灰色模型; 原州区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2020)01-0229-07

中图分类号: X24

文献参数: 李静, 马亚亚, 王杰, 等. 固原市原州区生态环境与经济系统的耦合协调发展[J]. 水土保持通报, 2020, 40(1): 229-235. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2020.01.033; Li Jing, Ma Yaya, Wang Jie, et al. Coordinated development of ecological environment and economic systems in Yuanzhou District, Guyuan City[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(1): 229-235.

Coordinated Development of Ecological Environment and Economic Systems in Yuanzhou District, Guyuan City

Li Jing¹, Ma Yaya¹, Wang Jie², Liu Guobin³, Zhang Chao²

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shanxi

712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shanxi 712100, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science & Ministry of Water Resources, Yangling, Shanxi 712100, China)

Abstract: [Objective] A coupling degree and coupling-coordination degree model between the ecological environment system and the socio-economic system in Yuanzhou District, Guyuan City, Ningxia Hui Autonomous Region was established to provide a scientific basis for the coordinated development and regulation of the region. [Methods] Based on ecological environment and socio-economic data for 2002—2016 in Yuanzhou District, an index evaluation system for the regional ecosystem of Yuanzhou District was constructed. The entropy method was used to calculate the weight of each evaluation index and the comprehensive evaluation index. By establishing the coupling degree, coupling coordination degree model, and gray prediction model, the development trend of the coupling degree and coupling coordination degree of the eco-environmental and

收稿日期: 2019-09-27

修回日期: 2019-10-08

资助项目: 十三五国家重点研发项目“黄土高原水土流失治理与生态产业协同发展技术集成与模式”(2016YFC0501707); 国家自然科学基金项目“氮肥施用对黄土丘陵区白羊草根—土界面碳流过程的影响机制分析”(41771554)。

第一作者: 李静(1996—), 女(汉族), 青海省西宁市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持与植被恢复。Email: lijing1996@nwfufu.edu.cn。

通讯作者: 张超(1985—), 男(汉族), 陕西省宝鸡市人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事水土保持与植被恢复研究。Email: zhangchaolyinn@163.com。

socio-economic systems, and the type of coupling coordination, were obtained and predicted. [Results] From 2002 to 2016, the evaluation index of the social economic system in Yuanzhou District steadily increased. Due to the impact of pressure on the ecological environment, the comprehensive evaluation index of the ecosystem first had a tendency of decline, and then fluctuated. The economic system developed faster than the ecologic system. The coupling degree and coupling coordination degree were rising, and the type of coupling coordination developed from the moderately dysfunctional type of economic lag to the end, a dysfunctional type of ecological environment. Through model prediction, the coupling degree and coupling coordination between the ecological environment system and the socio-economic system was projected to gradually increase from 2017 to 2025. This type of coupling coordination would continue to evolve toward an ideal state. [Conclusion] The economic development of Yuanzhou District is faster than the construction of ecological environment, which restricts the overall coordinated development of the region. Therefore, to achieve sustainable development of the regional ecosystem in Yuanzhou District, it is necessary to strengthen construction of the ecological environment.

Keywords: ecological; economic; coupling; grey model; Yuanzhou District

区域系统是生态环境系统和社会经济系统构成的复杂的系统^[1],区域的协调发展并不是单一的生态环境的发展或经济发展,而是生态环境和社会经济的协调发展,符合可持续发展要求的发展^[2]。生态环境系统和社会经济系统是对立统一的,生态环系统为社会经济的发展提供基础,社会经济发展会一定程度上破坏生态环境,而破坏的生态环境同时又制约着经济的发展^[3]。因此,生态环境与社会经济之间的矛盾随着经济的发展而日益突出,阻碍了区域生态系统的可持续发展^[4]。

宁夏回族自治区固原市位于中国黄土高原的西北边际,生态环境脆弱,自然灾害频发,水土流失严重^[5],曾经是全国水土流失最严重的地区之一,水土流失面积 2 072 km²,占土地总面积的 76%;经济基础薄弱,也是全国重点扶贫地区之一;加之人口增加、人类活动增强、生态环境的不合理和过度开发导致生态环境和社会经济发展不协调的问题愈发严重。国内对固原市原州区生态环境以及社会经济的研究主要倾向于对退耕还林还草之后取得的生态和经济效益的评估^[6-7],几乎没有对该区域近些年来生态和社会经济是如何发展以及二者是否和谐发展的研究,而且协调研究大多通过历史数据进行分析评价,缺乏对未来发展趋势的预测^[8]。

耦合度描述系统之间相互作用彼此影响的程度^[9],是对系统由无序走向有序的这种协同作用规律的度量。耦合协调度可以用来度量系统在发展过程彼此之间和谐一致的程度。通过耦合度和耦合协调度模型,能够更客观、清楚的反应生态环境系统与社会经济系统之间相互作用而彼此影响的程度,以及判断生态环境系统和社会经济系统之间是否和谐发

展^[10-11]。本文通过构建宁夏回族自治区固原市原州区生态环境系统和社会经济系统之间的耦合度和耦合协调度模型,得到固原市原州区 2002—2025 年生态环境系统与社会经济系统协调发展的动态变化趋势,旨在研究固原市原州区生态环境与社会经济之间的互动关系,认识该地区生态环境与经济协调发展水平,揭示二者之间的相互作用规律,以期区域的协调发展调控提供科学依据。

1 研究区概况

宁夏回族自治区固原市原州区(35°50′—36°20′N, 106°00′—106°30′E)地处宁夏回族自治区南部,黄土高原中西部,总面积 2 739 km²,成立于 2002 年,辖 11 个镇(乡),153 个行政村,35 个居委会;地形为典型的黄土高原地貌,海拔在 1 450~2 500 m。气候属暖温带半干旱区,年平均气温 6.8 ℃,无霜期 130 d 左右,年平均降水量为 450 mm,降水多集中在 7—9 月,平均蒸发量 1 200~1 800 mm,年平均日照时间 2 250~2 700 h^[12]。

自原州区从 2000 年实施退耕还林还草到 2012 年底,种草 11 330 hm²,还林 33 169 hm²,水土流失治理面积达 46 800 hm²,治理程度由 45% 提高到 68%^[13]。虽然水土流失已经得到了有效控制,生态环境有所改善,但是由于自身自然条件恶劣、生态环境脆弱导致林木存活率低、造林密度小^[14],有丰富的土地资源和矿产资源,但是资源开发不合理、不科学,而社会经济的快速发展也必然会导致生态环境破坏等原因^[15],使得该地区生态建设与快速发展的社会经济之间的矛盾日益凸显。本文在此背景下探究固原市原州区生态建设与社会经济发展之间的相互作用关系,以期为该区域系统协调发展提出针对性的建议。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

本文所选用的数据来源于《原州统计年鉴》(2009—2013)、《原州统计年鉴》(2016 年)。由于 2002 年宁夏实施撤地设县后,撤销了固原县,设置原州区,所以原州区数据最早从 2002 年开始。

2.2 研究方法

2.2.1 评价指标体系构建 本着科学性、指导性、全面性、代表性以及数据可获性的原则^[16],选取能够最大可能反映社会经济系统和生态环境系统功能和效益的具有代表性的指标(见表 1)^[17-18]。用当年造林面积等 9 个指标来表示固原县原州区生态环境状况,用人均 GDP 等 13 个指标来表示该地区社会发展状况。其中值越大表明系统功能越差的指标称为负指标(用“-”表示),相反,值越小表明系统功能越差的指标称为正指标(用“+”表示)^[19]。各个评价指标的权重采用熵值赋权法计算^[20]:

$$E_j = -\ln(m)^{-1} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (1)$$

$$W_j = (1 - E_j) / (k - \sum_{i=1}^m E_j) \quad (2)$$

式中: E_j 为指标 j 的信息熵; m 为某个评价指标的个数; P_{ij} 为指标 j 在第 i 年比重; W_j 为指标 j 的权重; k 为各个子系统的指标数。

2.2.2 数据标准化 由于评价指标的单位各不相同,无法直接比较,因此对各评价指标进行标准化处理非常重要。标准化的公式如下^[21]:

$$X_{ij} = (x_{ij} - \min x_{ij}) / (\max x_{ij} - \min x_{ij}) \quad (3)$$

(正向指标)

$$X_{ij} = (\max x_{ij} - x_{ij}) / (\max x_{ij} - \min x_{ij}) \quad (4)$$

(逆向指标)

式中: X_{ij} 为指标标准化值,其取值范围在 $[0, 1]$ 之间; x_{ij} 为 i 系统指标 j 的样本值; $\max x_{ij}$ 和 $\min x_{ij}$ 为指标 j 的最大值和最小值。然后计算 2002—2016 年社会经济系统和生态环境系统的综合评价得分^[22]:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m a_i x_i; \quad F(y) = \sum_{i=1}^m b_i y_i \quad (5)$$

式中: $F(x), F(y)$ 为生态环境系统和社会经济系统的综合评价指数; a_i, b_i 为权重; x_i, y_i 为标准化值。 $F(x)$ 和 $F(y)$ 值越大,表明系统的发展相对较快;值越小代表系统发展较为缓慢^[23]。

表 1 固原市原州区生态经济耦合协调发展指标体系

系统	一级指标	权重	二级指标	指标类型	权重
生态环境系统 A	生态环境水平 A_1	0.59	当年造林面积 A_{11}/hm^2	+	0.26
			建成区绿化覆盖率 $A_{12}/\%$	+	0.12
			绿地面积 A_{13}/hm^2	+	0.19
			年初耕地总资源 A_{14}/hm^2	+	0.02
	生态环境压力 A_2	0.41	农用化肥施用量 A_{21}/t	-	0.04
			农药施用量 A_{22}/kg	-	0.15
			污水排放量 $A_{23}/10^4 \text{ m}^3$	-	0.13
			城市建设用地面积 A_{24}/km^2	-	0.07
			人口密度 $A_{25}(\text{人}/\text{km}^2)$	-	0.02
			人均 GDP $B_{11}(\text{元})$	+	0.08
社会经济系统 B	经济水平 B_1	0.38	固定资产投资总额 $B_{12}(10^4 \text{ 元})$	+	0.13
			地方财政收入 $B_{13}(10^4 \text{ 元})$	+	0.11
			社会消费品零售总额 $B_{14}(10^4 \text{ 元})$	+	0.06
			第一产业生产总值 $B_{21}(10^4 \text{ 元})$	+	0.22
	经济结构 B_2	0.38	第二产业生产总值 $B_{22}(10^4 \text{ 元})$	+	0.10
			第三产业生产总值 $B_{23}(10^4 \text{ 元})$	+	0.06
			卫生技术人员 $B_{31}(\text{名})$	+	0.02
	生活水平 B_3	0.24	城市化水平 $B_{32}/\%$	+	0.02
			城镇居民人均可支配收入 $B_{33}(\text{元}/\text{人})$	+	0.04
			农村居民生活消费支出 $B_{34}(\text{元}/\text{人})$	+	0.07
高中阶段毛入学率 $B_{35}/\%$			+	0.02	
有线电视广播入户率 $B_{36}/\%$			+	0.07	

注:“+”表示正指标;“-”表示逆指标。

2.2.3 耦合协调度模型 耦合是指两个(或两个以上)体系或运动形式通过相互作用而彼此影响的现象^[24]。用耦合度来描述生态环境系统和社会经济系统之间相互作用彼此影响的程度^[9]。

根据标准化值和系统的综合评价得分计算生态环境系统和社会经济系统的耦合度,其耦合度模型如下^[25]:

$$C = \sqrt{\frac{F(x) \times F(y)}{[F(x) + F(y)]^2}} \quad (6)$$

通过计算生态环境系统与社会经济系统之间的耦合度,引入耦合协调度,可以判断生态环境系统和社会经济系统之间是否和谐发展^[26]。耦合协调度模型如下:

$$T = gF(x) + hF(y) \quad (7)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (8)$$

式中: T 为区域生态系统的综合评价指数; g, h 为生态环境系统和社会经济系统在综合评价指数中的权重,在一个区域系统中社会经济的发展 and 生态环境的建设同等重要,所以 g 和 h 都为0.5; D 为生态环境系统和社会经济系统的耦合协调度。 D 值越大表明系统之间的协调状态越好,值越小系统间协调状态越差。

2.2.4 灰色预测模型 灰色预测模型是以“部分信息已知、部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”为研究对象,建立模型并作出预测的一种预测方法。在制定发展战略,进行重大问题决策时,都可以借助预测模型对未来进行科学预测^[8]。具体原理如下:

设有非负序列 $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$, $X(1)$ 为 $X(0)$ 的一次累加序列,即 $X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}$, 式中: $X^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$; $k=1, 2, \dots, n$

建立灰色预测模型: $\frac{dx^{(1)}(k)}{dt} + ax^{(1)}(t) = b$, 当 $t = t_0$ 时 $x^{(1)} = x^{(1)}(t_0)$ 的时间响应方程为:

$$x^{(1)}(k+1) = [x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}]e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (9)$$

式中: a, b ——常数; a 称为发展灰数; b 为内生控制灰数。求出 a, b 后带入(9), $k+1$ 时刻的预测值为:

$$x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) \quad (10)$$

对于建立的预测模型要进行精度检验(见表2),达到精度要求才能进一步预测,否则要残差修正^[27]。

表2 灰色预测精度等级标准

预测精度等级	好	合格	勉强	不合格
C	<0.35	<0.45	<0.50	≥ 0.65
p	>0.95	>0.80	>0.70	≤ 0.70

3 结果与分析

3.1 生态环境系统与社会经济系统指标权重分析

由表1可以看出,生态环境系统中权重贡献率较高的指标依次是当年造林面积(0.26)、绿地面积(0.19)、农药施用量(0.15)、污水排放量(0.13)和建成区绿化覆盖率(0.12),5个指标总权重为0.85;社会经济系统中权重较高的指标依次是第一产业生产总值(0.22)、固定资产投资总额(0.13)地方财政收入(0.11)和第二产业生产总值(0.10)。在今后的生态环境建设中,应减少农药的施用和污水的排放,注重增加造林和绿地面积;社会经济发展中也应注意以上几个指标,此外,在大力推进第一产业的同时,带动第二、三产业发展,实现经济联动发展。

3.2 生态环境系统与社会经济系统综合评价指数分析

固原市原州区2002—2016年生态环境系统的综合评价指数如图1a所示,生态环境水平呈现先下降、后逐渐上升再逐渐下降的趋势,2002—2004年评价指数从0.34降到0.18,之后逐渐上升,到2011年达到最大值0.37,之后又逐渐下降,到2016年下降到0.29;说明这一时期生态环境水平的发展一直比较缓慢。生态环境压力的综合评价指数从2002年到2008年一直处于上下波动状态,之后一直呈下降趋势,从2008年的0.31降到2016年的0.03;主要受生态环境压力波动的影响,生态环境系统评价指数2002—2011年上下波动,之后呈逐渐下降的趋势。总体上来说,随着人口的增加和环境中污染物的排放使得生态环境系统的压力增大,超过它自身的承载力,导致生态环境逆向发展。

社会经济系统的综合评价指数如图1b所示,经济水平、经济结构和生活水平的评价指数整体上都呈稳步上升的趋势,分别由2002年的0.012,0.005和0.014上升到2016年的0.38,0.13和0.24,其中社会经济系统和经济结构的评价指数在2010年出现一个波动高峰,主要受经济结构中第一产业快速发展的影响。经济结构、经济水平和生活水平的发展带动了区域经济的快速发展,社会经济的快速发展同时也带动着城市化建设和社会水平的提高。

原州区生态环境系统与社会经济系统的综合评价指数变化趋势如图1c所示。社会经济系统评价指数整体上呈现稳定上升的趋势,从2002年的0.03上升到2016年的0.75,而生态环境系统的评价指数呈先下降后波动再逐渐下降的趋势,综合评价指数除了2002—2004年从0.61下降到0.43之外,2004—2016年整体上呈上升趋势,到2016上升到1.07。固原市

原州区生态环境系统建设水平与社会经济发展水平的相对变化速率呈逐渐下降的趋势(图 1d),在 2010 年之前,社会经济系统评价指数都低于生态环境系统评价指数,虽然前期二者之间发展差异较大,但是这种差异一直在缩小,并从 2010 年开始超过生态环境系统;从 2010 年之后,生态环境系统评价指数呈现波动下降的趋势,并从 2012 年之后一直低于社会经济系统综合指数,二者的发展差距迅速增大。这表明生态环境系统与社会经济系统的发展出现步调不一致

的状态,在 2010 年之前,生态环境系统充分发挥生态效益,带动了社会经济水平的稳步发展,而在 2010 年之后,社会经济的发展带动了区域生态系统的快速发展,而生态环境压力急剧增大导致生态环境发展缓慢,说明社会经济的这种发展是以牺牲生态环境作为代价所换取的。因此在创造经济价值的同时,应该要相互协调和平衡生态环境与社会经济之间的状态,尽量减少对生态环境的冲击,使得生态环境系统能持续发挥自身的生态效益带动整个区域生态系统的发展。

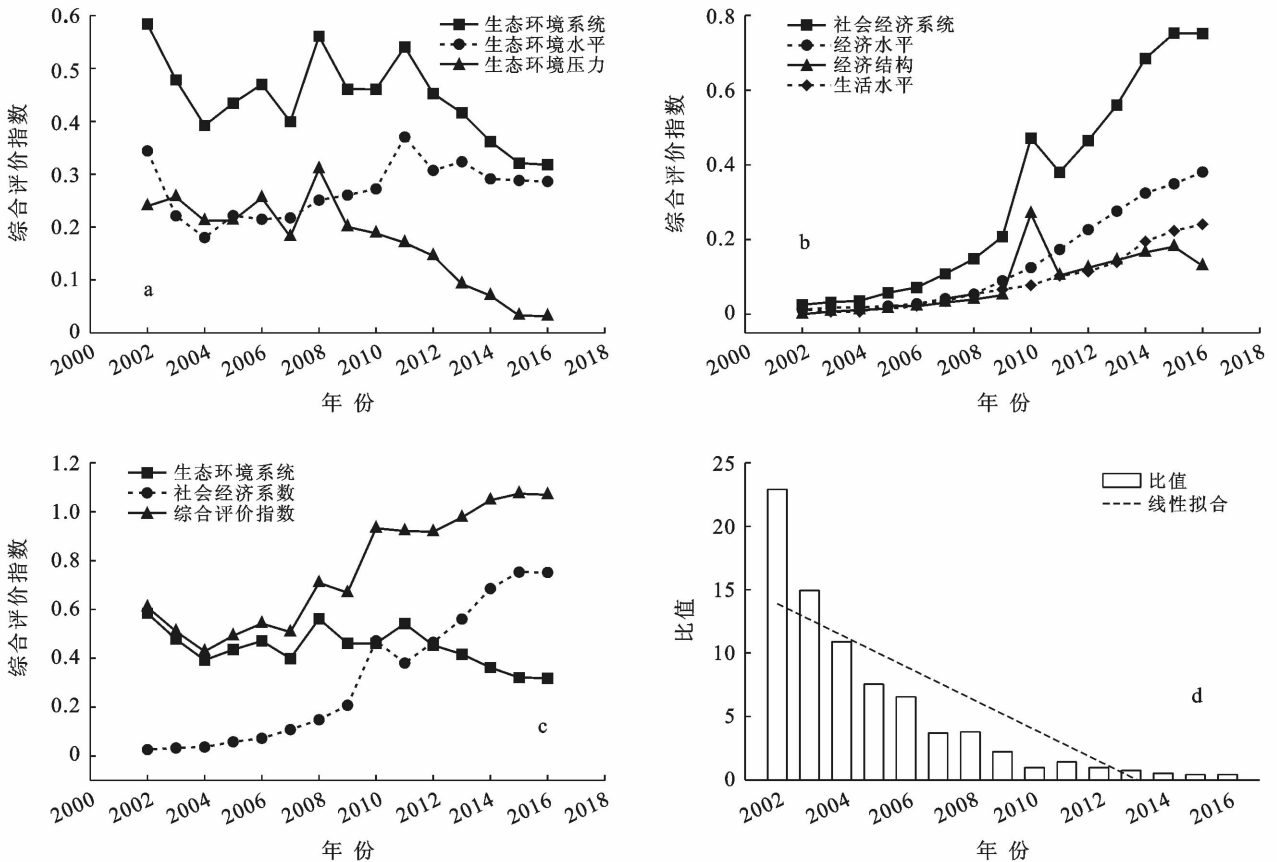


图 1 生态环境系统与社会经济系统综合评价指数

通过比较生态环境系统综合评价指数 $[F(x)]$ 和社会经济系统综合评价指数 $[F(y)]$ 所占比重的大小,将耦合协调度划分为 3 个类型:生态环境滞后型 $[F(x) < (F(y))]$ 、经济滞后型 $[(F(x)) > (F(y))]$ 和同步发展型 $[(F(x)) = (F(y))]$,2002—2009 年,固原市原州区社会经济的发展一直滞后于生态环境的建设水平,表现为经济滞后型;从 2010 年开始,社会经济的发展领先于生态环境,表现为生态环境滞后,说明在此期间,该地区社会经济快速发展的同时忽略了生态环境的建设。出现这种现象的原因可能是从 2002 年设立原州区以来,政府加大政策倾斜和项目资金支持使原州区经济发展实现了大幅度的增长;而“精准扶贫、精准脱贫”、“十一五”生态移民政策的实施保证

了人民经济和生活水平的持续上升。生态建设方面,退耕还林还草、三北防护林等工程的实施使原州区水土流失问题很大程度上得到了有效的控制,但是从 2010 年之后虽然有小流域综合治理等生态建设方面的工程,但是建设力度相对减弱,而且社会经济的快速发展必然会在一定程度上导致生态环境的破坏,以至于生态环境系统的综合指数逐渐降低,所以在经济快速发展的同时一定要同时加大生态建设的力度。

3.3 耦合协调度分析

固原市原州区生态环境系统与社会经济系统耦合度在研究期间整体呈现先上升后平稳的趋势(图 2a),由 2002 年的 0.20 上升到 2010 年的 0.50,2010—2016 年一直在 0.46~0.50 之间波动;生态环境系统与社

会经济系统的耦合协调度同样呈现先上升后平稳的趋势,由 2002 年的 0.25 上升到 2010 年的 0.48,2010—2016 年一直在 0.48~0.50 之间波动。根据耦合协调度的划分标准将协调度(D)划分为 10 个类型(见表 3)^[28]。通过耦合协调度模型计算出生态系统与社会经济系统的耦合协调度并划分类型(图 2b),从图中可以看出 2001—2005 年,固原市原州区生态环境系统与社会经济系统的耦合协调类型为中度失调型;

2006 至 2009 年间为轻度失调型,2010—2016 一直处于濒临失调状态。总的来说,2002—2016 年固原市原州区生态环境系统与社会经济系统的耦合协调类型是由低水平的经济滞后中度失调型发展为高水平的生态环境滞后濒临失调型。虽然生态环境系统与社会经济系统之间的关系逐渐向更加协调的方向发展,但是由于生态环境滞后于社会经济的发展,从而制约了整体区域系统的协调发展。

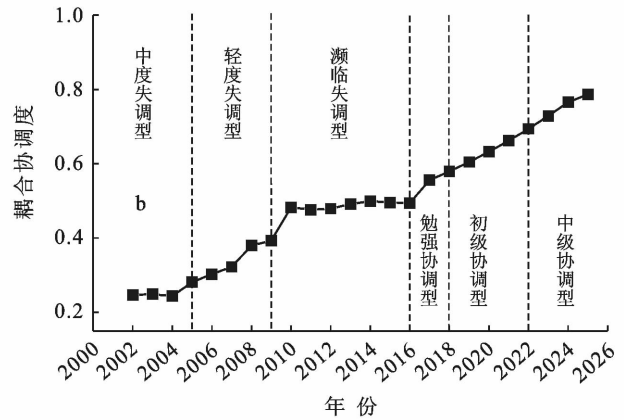
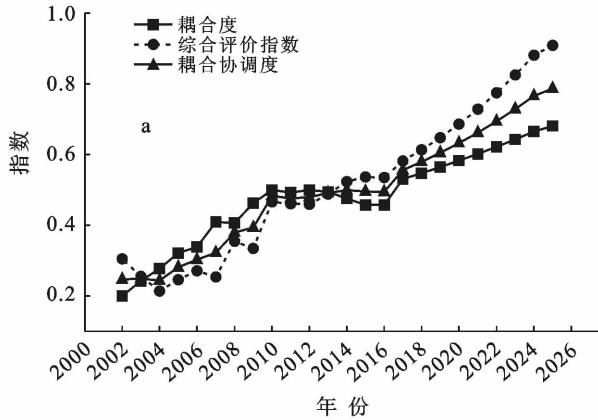


图 2 生态环境系统与社会经济系统耦合协调度

表 3 生态环境系统与社会经济系统
耦合协调度级划分标准

耦合协调度	耦合协调类型	耦合协调度	耦合协调类型
[0, 0.09]	极度失调型	[0.5, 0.59]	勉强协调型
[0.1, 0.19]	严重失调型	[0.6, 0.69]	初级协调型
[0.2, 0.29]	中度失调型	[0.7, 0.79]	中级协调型
[0.3, 0.39]	轻度失调型	[0.8, 0.89]	良好协调型
[0.4, 0.49]	濒临失调型	[0.9, 1.00]	优质协调型

采用灰色预测模型对固原市原州区 2017—2025 年未来 9 a 的区域生态环境系统综合评价指数、耦合度和协调度进行模拟预测(图 2a)。根据预测结果,该地区区域生态环境系统综合评价指数、生态环境系统与社会经济系统之间的耦合度及协调度等都呈现快速上升的趋势,如图 2b 所示,2007—2022 年耦合协调度将会从勉强协调型过度到初级协调型,到 2023 年开始进入中级协调状态。说明生态环境与社会经济之间的矛盾将会逐渐缓和。主要因为原州区在中国到 2020 年实现全面建设小康社会奋斗目标的时代背景之下,紧紧把握“十三五”时期是全面建成小康社会的决定性阶段这一契机,转变经济发展方式,调整产业结构,推进绿色发展,降低污染物排放,进一步优化产业结构,全面提高农业、工业、服务业的水平和效益,使经济持续健康发展,人民生活水平全民提高,区域生态环境与社会经济之间的关系变得更加良好、和谐。

4 讨论与结论

4.1 讨论

通过对固原市原州区生 2002—2016 年生态环境系统和社会经济系统综合评价指数的分析表明:耦合协调度呈现逐渐上升的趋势,耦合协调类型由最初的经济滞后中度失调型发展为生态滞后濒临失调型。其原因有:①小流域的综合治理以及从 2000 年开始实施的退耕还林还草等,对生态环境的建设力度逐渐加大,林地面积不断扩大,水土流失得到了有效的控制,生态环境明显改善,生态效益显著增加,对生态保护的意识也逐渐加强。②西部大开发政策的实施,促进了该地区经济的快速发展,退耕还林政策为退耕农民发放退耕补助、大量劳动力外出务工等增加了农民的收入,2010 年原州区农民的平均收入是 1999 年的 3.4 倍,也带动了当地经济的发展^[14]。③近些年国家对贫困地区、贫困家庭的大力扶持政策,使得社会经济水平稳定上升,但是相对于中国东部地区,原州区经济发展落后,对生态环境的建设有一定的局限性;科学种植技术的落后和观念的缺乏使农药、化肥等滥用,导致农业生态环境的污染严重;原州区气候干旱,冻害危害严重,从自然条件上就限制了林木的成活率及保存率;不合理放牧对草地生态环境影响较大,虽然围封的实行一定程度上控制了草地的退化,但是夜

牧、偷牧现象严重^[29];原州区是林木病虫害兔害重灾区,林业建设成果面临着森林有害生物的严重威胁。这些都是限制原州区生态环境水平发展的重要因素,使得社会经济系统与生态系统的耦合度有下降的趋势,耦合协调类型转变为生态滞后的初级协调型。

虽然生态系统与社会经济系统的耦合度逐渐上升至一个稳定水平,耦合协调度也在逐渐上升,但是生态环境与经济发展之间的矛盾依旧很突出^[30]。区域的协调发展不是单一的生态系统或社会经济系统的发展,而是要彼此协调、共同和谐发展^[31]:社会经济方面,要抓住脱贫攻坚的契机,积极调整产业结构,发展绿色经济、循环经济,不断增强市场竞争力;大力发展清真食品、手工艺品等新型工业;加快马铃薯产业、草畜产业休闲循环农业等现代农业和第三产业的发展。对于生态环境建设,深入实施生态立区战略和创新驱动发展战略,应坚持协调发展,加快推进生态环境建设;要加大荒漠化、水土流失的综合治理力度,继续深入推进退耕还林、三北防护林和天然林资源保护工程等生态修复工程的实施;因地制宜恢复和建设城乡水域,建立水土流失综合防治体系;大力发展生态农业,通过发展生态农业带动生态城市的建设;深入贯彻原州区“十三五”林业发展规划,加快推进绿色城镇化和美丽乡村建设进程;要加快建设文化旅游业,充分融合当地的地方特色、民族文化,打造具有固原特色的旅游产业^[32]。加快推进生态环境系统和社会经济系统的和谐发展,努力实现生态良好、生态安全、生态文明的建设目标。

本研究基于固原市原州区生态环境水平、环境压力、社会经济状况和人民生活水平等建立了评价指标体系,从时间尺度上对原州区生态环境系统和社会经济系统的耦合协调度进行了评价,从研究结果来看比较符合该地区的实际情况,而空间尺度和更大尺度范围内的耦合协调度研究,有待进一步研究。在建立评价指标体系时,因数据可获性的影响,可能对数据的代表性、全面性有一定的限制。本研究基于原州区 2002—2016 年生态环境系统与社会经济系统的数据,运用灰色预测模型对原州区未来 9 a 生态环境系统与社会经济系统的耦合协调度进行了预测,而该模型对原始数据列较短的预测精度会更高^[33],对原始数据列较长的预测,可能对精度有一定的影响。

4.2 结论

(1) 当年造林面积、绿地面积、农药施用量、第一产业生产总值等指标对生态环境系统和社会经济系统的影响较大,在区域协调发展建设中,应注重这些指标。

(2) 2002—2016 年,固原市原州区社会经济系统

评价指数稳定上升,受生态环境压力的影响,生态系统综合评价指数呈现先下降后波动上升的趋势,总体上来说,前者的发展速度快于后者。

(3) 2002—2016 年,固原市原州区生态环境系统和社会经济系统耦合度和耦合协调度不断上升,耦合协调类型从经济滞后中度失调型发展为生态环境滞后的濒临失调型。

(4) 通过模型预测,固原市原州区 2017—2025 年生态环境系统和社会经济系统之间耦合度及耦合协调度将逐渐升高,耦合协调类型会不断向理想状态发展。

[参 考 文 献]

- [1] 王搏. 基于耦合模型的我国区域经济与生态环境协调发展动态研究[D]. 长沙:湖南大学,2014.
- [2] 宋颖. 鄱阳湖生态经济区资源环境与社会经济发展的协调性研究[D]. 南昌:江西财经大学,2017.
- [3] 张浩. 生态与经济互动关系分析对生态经济耦合评价模型的应用[J]. 生态经济,2016,32(3):70-74.
- [4] Oliveira C, Antunes C H. A multiple objective model to deal with economy-energy-environment interactions[J]. European Journal of Operational Research, 2004, 153(2):370-385.
- [5] 张璐,雍振华. 固原市绿地生态网络构建研究[J]. 苏州科技大学学报(工程技术版),2017,30(2):75-80.
- [6] 支玲,李怒云,刘俊昌,等. 三北防护林体系建设工程的生态经济评价:以固原市原州区和辽宁省朝阳县为例[J]. 林业科学,2007,43(11):122-131.
- [7] 李蕾,刘黎明,谢花林. 退耕还林还草工程的土壤保持效益及其生态经济价值评估:以固原市原州区为例[J]. 水土保持学报,2004,18(1):161-163,167.
- [8] 史亚琪,朱晓东,孙翔,等. 区域经济-环境复合生态系统协调发展动态评价:以连云港为例[J]. 生态学报,2010,30(15):4119-4128.
- [9] 刘定惠,杨永春. 区域经济-旅游-生态环境耦合协调度研究:以安徽省为例[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(7):892-896.
- [10] 党建华,瓦哈甫·哈力克,张玉萍,等. 吐鲁番地区人口-经济-生态耦合协调发展分析[J]. 中国沙漠,2015,35(1):260-266.
- [11] 马亚亚,刘国彬,张超,等. 陕北安塞县生态与经济系统耦合协调发展研究[J]. 生态学报,2019,39(18):6840-6849.
- [12] 马永红. 固原市原州区枸杞栽培技术[J]. 现代农业科技,2013(18):102.
- [13] 杨波. 水土保持农业综合开发项目调研报告[J]. 价值工程,2013,32(25):58-59.
- [14] 尹瑞,金小平. 固原市原州区退耕还林建设现状及问题与对策[J]. 黑龙江农业科学,2011(6):156-159.

- 水利学报,1997,28(8):73-79.
- [7] 张天宇,卢玉东,王正川.基于多层次模糊综合评价模型的沙漠绿洲水资源承载力评价与预测[J].水土保持通报,2018,38(2):275-280.
- [8] Wang Yanli, Zhou Ruiping, Zhang Min, et al. Analysis of water resources carrying capacity in Xianyang City under the background of the Xi'an-Xianyang Integration [J]. Applied Mechanics and Materials, 2014,675/676/677:787-793.
- [9] 王翠,杨广,何新林,等.基于系统动力学的水资源承载力研究[J].中国农村水利水电,2016(9):212-215,220.
- [10] 王雅竹,石炼.五家渠市水资源供需平衡及水资源承载力分析[J].中国农村水利水电,2013(6):16-20.
- [11] 李清河,赵英铭,江泽平,等.乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区水资源供需平衡及其承载力研究[J].水土保持通报,2005,25(6):24-27.
- [12] 李玲,潘雪倩,夏威夷,等.基于SD模型的重庆市水资源承载力模拟分析[J].中国农村水利水电,2018(5):128-133.
- [13] Milano M, Ruelland D, Dezetter A, et al. Modeling the current and future capacity of water resources to meet water demands in the Ebro basin[J]. Journal of Hydrology, 2013,500(11):114-126.
- [14] Dessu S B, Melesse A M, Bhat M G, et al. Assessment of water resources availability and demand in the Mara River Basin[J]. Catena, 2014,115:104-114.
- [15] 夏军,朱一中.水资源安全的度量:水资源承载力的研究与挑战[J].自然资源学报,2002,17(3):262-269.
- [16] 刘裕辉,范泽华,肖凯,等.滨海新区水资源供需量预测及用水结构特点分析[J].中国给水排水,2016,32(7):63-68.
- [17] 贾绍凤,周长青,燕华云,等.西北地区水资源可利用量与承载能力估算[J].水科学进展,2004,15(6):801-807.
- [18] 张靖琳,吉喜斌,陈学亮,等.河西走廊中段临泽绿洲水资源供需平衡及承载力分析[J].干旱区地理,2018,41(1):38-47.
- [19] 付玉娟,何俊仕,慕大鹏,等.辽河流域水资源可利用量分析计算[J].干旱区资源与环境,2011,25(1):107-110.
- [20] 董颖,赵健.水资源可利用量计算方法在陕北地区的应用研究[J].干旱区资源与环境,2013,27(3):104-108.
- [21] 刘佳燕,李强.2008年奥运会对北京社会人口的影响评估[J].北京规划建设,2012(4):64-69.

(上接第235页)

- [15] 张青峰,吴发启,王力,等.黄土高原生态与经济系统耦合协调发展状况[J].应用生态学报,2011,22(6):1531-1536.
- [16] 任春燕,王继军.黄土丘陵区农业生态经济效益评价指标体系的构建[J].水土保持通报,2009,29(1):155-159.
- [17] Wang Qingsong, Yuan Xueliang, Cheng Xingxing, et al. Coordinated development of energy, economy and environment subsystems: A case study[J]. Ecological Indicators, 2014,46(6):514-523.
- [18] Yuan Chaoqing, Liu Sifeng, Xie Naiming. The impact on Chinese economic growth and energy consumption of the Global Financial Crisis: An input-output analysis [J]. Energy, 2010,35(4):1805-1812.
- [19] 马丽,金凤君,刘毅.中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J].地理学报,2012,67(10):1299-1307.
- [20] 李亮.评价中权系数理论与方法比较[D].上海:上海交通大学,2009.
- [21] 张荣天,焦华富.泛长江三角洲地区经济发展与生态环境耦合协调关系分析[J].长江流域资源与环境,2015,24(5):719-727.
- [22] 熊建新,陈端吕,彭保发,等.洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度时空分异[J].地理科学,2014,34(9):1108-1116.
- [23] 王辉,苑莹,刘帆,等.辽宁省人口、经济与环境协调发展的空间自相关分析[J].人口与发展,2013,19(3):29-37.
- [24] 韩瑞玲,佟连军,佟伟铭,等.沈阳经济区经济与环境系统动态耦合协调演化[J].应用生态学报,2011,22(10):2673-2680.
- [25] 姜磊,柏玲,吴玉鸣.中国省域经济、资源与环境协调发展分析:兼论三系统耦合公式及其扩展形式[J].自然资源学报,2017,32(5):788-799.
- [26] 张晶,刘耀林,陈新明.基于生态足迹的浙江省生态安全动态研究[J].水土保持通报,2008,28(4):185-190.
- [27] 周成,冯学钢,唐睿.区域经济—生态环境—旅游产业耦合协调发展分析与预测:以长江经济带沿线各省市为例[J].经济地理,2016,36(3):186-193.
- [28] 宋永永,米文宝,杨丽娜,等.宁夏农业生态环境与经济耦合协调演化研究[J].南方农业学报,2015,46(5):922-928.
- [29] 王晓君,周立华,石敏俊.农牧交错带沙漠化逆转区禁牧政策下农村经济可持续发展研究:以宁夏盐池县为例[J].资源科学,2014,36(10):2166-2173.
- [30] 贾小蓉.原州区水土保持生态文明建设目标和实现途径[J].中国水土保持,2015(4):65-67.
- [31] 吴梦初,延军平.丝绸之路东段生态支持能力与社会经济动态耦合[J].水土保持通报,2015,35(2):287-291.
- [32] 田晓勇.固原生态文明建设略论[J].宁夏社会科学,2013(6):67-69.
- [33] 朱晓华,杨秀春,蔡运龙.基于灰色系统理论的旅游客源预测模型:以中国入境旅游客源为例[J].经济地理,2005,25(2):232-235.