

基于 DPSIR 概念模型的黄土丘陵区协调发展预测评估 ——以志丹县为例

党晶晶¹, 孙斌²

(1. 西安工业大学 经济管理学院, 西安 710021; 2. 国网陕西省电力公司经济技术研究院, 西安 710065)

摘要:基于 DPSIR 概念模型,以志丹县水土保持及退耕还林(草)示范区为实证研究对象,构建了驱动力—压力—状态—影响—响应因果关系的生态—经济—社会系统协调发展预测评估指标体系,运用综合指数模型计算了 1997—2014 年志丹县的生态指数、经济指数、社会指数,在此基础上,通过灰色系统预测模型 GM(1,1)分别对 2015—2019 年生态指数、经济指数、社会指数进行预测,并采用变异系数协调发展模型评估其协调发展状态。结果表明:志丹县在 2015—2019 年,生态、经济、社会指数预测值呈稳定上升趋势,按上升速率排序为:社会指数>经济指数>生态指数,三个系统间协调发展预测值均呈上升态势,发展度>协调发展度>协调度,依据预测结果,在 2015—2019 年期间,志丹县应在巩固现有生态修复成果的基础上,继续以社会与经济的发展为重点,加快经济结构的调整,大力发展特色产业和民营经济,并加大对科教文卫等公共事业的投入和管理力度等,从而促进生态、经济、社会系统的持续协调发展。

关键词:DPSIR; 退耕还林(草); 生态—经济—社会系统; 协调发展预测模型; 志丹县

中图分类号:F171.1;F321

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)04-0143-06

Forecast and Evaluation of Coordinated Development of Ecology-Economy-Society System Based on DPSIR Framework in the Loess Hilly Region —Taking Zhidan County as a Case Study

DANG Jingjing¹, SUN Bin²

(1. School of Economics and Management Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China;

2. State Grid Shaanxi Electric Power Company Economic Research Institute, Shaanxi, Xi'an 710065, China)

Abstract:Based on DPSIR conceptual model, we took the demonstration area of soil conservation and 'grain for green' project as a study site of Zhidan County, used 5 factors: the drive force, pressure, state, influence, response to construct the prediction evaluation index system of harmonious development of EES systems, and calculated the ecological index and economic index, social index during the years from 1997 to 2014 as the sample data of Zhidan County, predicted index changes in three sub system in EES system 2015—2019 years by using the grey system prediction model of single sequence of first-order linear dynamic model GM(1,1), and predicted its development state using the coefficient of variation of coordinated development model. The results showed that in returning farmland to forest (grass) in the process of project implementation, the EES system of the predicted values showed the stable upward trend, the rates of rise of the sort decreased in the order: social index > economic development degree index > coordinated development degree > ecological index > coordination degree. According to the forecast results, Zhidan County should consolidate the existing ecological restoration results, and continue focusing on the social and economic development, speed up the adjustment of economic structure, develop the characteristic industry and private economy, and raise the public investment and management in the science-education-culture-health utilities etc., so as to promote the sustainable coordination development of ecological, economic and social(EES) system during the period from 2015 to 2019.

Keywords: DPSIR; grain for green; ecology-economy-society system; coordinated development forecast; Zhidan County

生态、经济与社会系统的协调发展是目前区域可持续发展研究的热点问题,对改善人类生存环境、全面发展经济及社会具有重大意义^[1]。黄土高原是我国生态系统较为脆弱的地区之一,该区具有丰富的煤炭石油资源禀赋,是我国重要的能源化工基地,如何促进该区域的生态、经济、社会的协调发展,已成为众多学者关注的重点^[2]。退耕还林(草)工程作为黄土高原生态建设及综合治理的主要措施,不仅对该区生态恢复有着巨大的推动作用^[3-6],提高了全民的生态意识,也在很大程度上调整了农村的经济结构,使生态退化、农业面源污染(农药、化肥)、粮食安全等众多问题得到了有效的解决。因此准确预测及评估黄土丘陵区生态、经济、社会的协调发展趋势具有重要的意义^[7-11]。

DPSIR 概念框架由驱动力、压力、状态、影响、响应五个因子构成^[12],是对生态环境、经济与人类社会系统间因果关系进行分析的一种有效方法^[13-17]。基于此,本文在 DPSIR 概念框架下构建生态—经济—社会系统协调发展评估指标体系,结合协调发展模型及灰色动态系统预测模型,以志丹县为研究对象,预测评估其 2015—2019 年生态—经济—社会协调发展程度,为志丹县的协调全面发展提供依据。

1 研究区概况

志丹县位于陕北黄土高原丘陵沟壑区(108°11'56"—109°3'48"E, 36°21'23"—37°11'47"N)。东接安塞县,西北连靖边县、吴起县,东南毗邻甘泉县、富县,西南与华池县、合水县交界。志丹县土地总面积达 3 781 km²,其地貌类型属于以梁峁为主体的黄土梁峁丘陵沟壑区。该区域石油探明储量约达 1 亿 t,可供开发的面积为 2 916 km²,具有埋藏浅、油质好、易开采等特点,石油工业占地区生产总值的 92.4%,是工业体系中的主导,对经济快速发展有极大的助推作用,也为农副产品加工业的发展提供了保障。然而石油、煤炭等能源过渡开采造成了植被破坏、水土流失严重等一系列生态环境问题。为了恢复该区生态环境,国家从 1999 年开始试点实施退耕还林(草)工程,先后历经了大规模实施(1999—2005 年)和巩固恢复(2006—2014 年)两个阶段,取得了显著生态环境效应,其中小流域治理 102 条,水土流失治理面积 23.80 万 hm²,治理度达到 71.1%,累计造林 13.289 万 hm²,平均造林成活率为 94%,森林覆盖率由 1999 年的 21.5% 提升到 2014 年的 34%(图 1)。

2 研究方法

2.1 评价指标体系

本文基于 DPSIR 概念模型,参照全面建设小康社

会指标体系及中国社会科学院提供的主要社会指标体系^[18],建立了志丹县生态—经济—社会系统协调发展评价指标体系(表 1):在该区域资源型经济发展的“驱动力”下,石油的需求和开发与日俱增,给生态系统带来巨大的“压力”,使生态环境、经济总量及社会结构等“状态”发生变化,严重“影响”着生存环境、经济社会的持续性发展,通过退耕还林(草)的实施和转变经济发展方式等“响应”来解决生态、经济与社会间的矛盾,维持系统间的协调性和持续性^[19-20]。

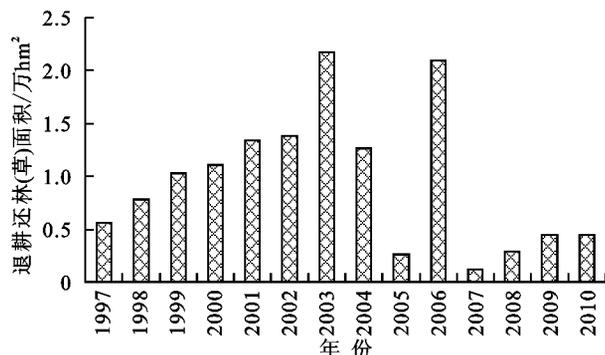


图 1 1997—2010 年志丹县造林面积

2.2 协调发展评价模型

本研究采用杨士弘、廖重斌等提出的变异系数协调发展模型,计算出 1997—2014 年志丹县生态、经济、社会综合指数及协调发展度。

$$B(t) = \left[\frac{f(t,x) \cdot g(t,y) \cdot h(t,z)}{(f(t,x) + g(t,y) + h(t,z))^3} \right]^k \quad (1)$$

$$f(x) = \sum_{i=1}^m \alpha x'_i \quad (2)$$

$$g(y) = \sum_{i=1}^n \beta y'_i \quad (3)$$

$$h(z) = \sum_{i=1}^l \delta z'_i \quad (4)$$

$$C(t) = \alpha f(t,x) + \beta g(t,y) + \delta h(t,z) \quad (5)$$

$$D(t) = \sqrt{B(t) \cdot C(t)} \quad (6)$$

式中: $f(t,x)$, $g(t,y)$, $h(t,z)$ 分别表示生态指数 $f(x)$ 、经济指数 $g(y)$ 和社会指数 $h(z)$ 在 t 时刻生态平衡状态、经济发展水平和社会进步程度; x_i , y_i 和 z_i 分别代表生态、经济和社会系统第 i 个指标的特征值,与其对应的权重分别用 α , β 和 δ 来表示; $B(t)$ 为 t 时刻协调度; $C(t)$ 为 t 时刻发展度; $D(t)$ 为 t 时刻协调发展度。

2.3 灰色系统 GM(1,1) 预测模型构建

基于生态、经济、社会指数变化的不确定性,本文采用灰色系统预测模型 GM(1,1),对 2015—2019 年生态、经济、社会综合指数发展趋势进行时序预测,然后利用变异系数协调发展模型,测算未来 5 a 生态、经济、社会系统的协调发展水平。模型构建步骤如下^[21-22]:

表 1 协调发展评价指标体

目标层	系统层	要素层	指标层
生态 经济 社会 复合 系统	生态系统 $f(x)$	生态环境状态	植被覆盖率(x_1)
		生态环境问题	年均降水量(x_2)
		生态治理措施	水土流失率(x_3)
			退耕造林面积(x_4)
	经济系统 $g(y)$	经济总量	地区生产总值(y_1)
			地方财政收入(y_2)
			农林牧渔总产值(y_3)
			工业总产值(y_4)
			粮食总产量(y_5)
			石油总收入(y_6)
		经济质量	人均地区生产总值(y_7)
			农民人均收入(y_8)
			第一产增长率(y_9)
			第二产增长率(y_{10})
经济结构	第三产增长率(y_{11})		
	第一产业比重(y_{12})		
	第二产业比重(y_{13})		
	第三产业比重(y_{14})		
社会系统 $h(z)$	人口结构	人口密度(z_1)	
		人口自然增长率(z_2)	
		农村从业人数(z_3)	
	社会结构	第二产业从业人数(z_4)	
		第三产业从业人数(z_5)	
		客运量人数(z_6)	
	社区发展	道路里程(z_7)	
		人均住房面积(z_8)	
		乡村电话用户(z_9)	
		各类学校数(z_{10})	
人民生活	拥有卫生技术人员数(z_{11})		
	社会保障参与人数(z_{12})		
	农民恩格尔系数(z_{13})		
	人均教育支出比重(z_{14})		

(1) 一次累加生成处理

设原始数据为 $x^{(0)} = [x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)]$

对 X 作一次累加,生成新数列(1-AGO)

$$x^{(1)} = [x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)] \quad (7)$$

其中 $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (k=1, 2, \dots, n)$

(2) 均值数列为 $X^{(1)}$ 的紧邻均值生成的序列

$$z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)) \quad (8)$$

其中 $z^{(1)}(k) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)]$

$(k=1, 2, \dots, n)$

(3) 建立 $X^{(1)}(M)$ 的一阶微分方程(影子方程)

$$\frac{dx}{dt} = +aX^{(1)} \quad (9)$$

其中 a 和 u 为待定参数,可通过最小二乘法拟合得到,将 u 离散化,即满足下式:

$$\hat{a} = (B^T \cdot B)^{-1} \cdot B^T \cdot Y$$

$$Y = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T \quad (10)$$

B 为构造数据矩阵

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

(4) 微分方程 $X^{(1)}$ 所对应的时间响应函数模型为

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(1) - \frac{\hat{u}}{a \hat{k}} \right] e^{-ak} + \frac{\hat{u}}{\hat{a}} \quad (12)$$

式中: a 为发展系数, u 为灰色作用量, X_1, X_2 为发展态势。由上式计算得到的是在 $K+1$ 时刻生成数列的预测值,对其累减运算即可求出原始数列的预测值,公式为:

$$x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) \quad (k=1, 2, \dots, n-1) \quad (13)$$

将 12 式代入 13 式,则可得到原数列的预测值为:

$$x^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] [1 - \exp(a)] e^{-ak} \quad (14)$$

其中 $X^{(1)}(0) = X^{(0)}(1), k = 1, 2, \dots, n$

(5) 模型检验(参差检验)

原始数据方差

$$s_1^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [x^{(0)}(k) - \overline{x^{(0)}}]^2, \quad (15)$$

$$\text{其中 } \overline{x^{(0)}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x^{(0)}(k)$$

残差方差 s_2 :

$$s_2^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [e^{(0)}(k) - \overline{e^{(0)}}]^2, \quad (16)$$

$$\text{其中 } \overline{e^{(0)}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n e^{(0)}(k)$$

均方差比值 c :

$$C = \frac{s_2}{s_1} \quad (17)$$

小误差概率 P :

$$p = \{ |e^{(0)}(k) - \overline{e^{(0)}}| < 0.6745s_1 \} \quad (18)$$

式中: c 值越小, p 值越大时,则表明模型的精度越好,精度等级划分见表 2。

表 2 精度检验等级表

精度评价等级	p	C
1 级(很好)	$0.95 \leq P$	$C \leq 0.35$
2 级(好)	$0.80 \leq p < 0.95$	$0.35 \leq C < 0.50$
3 级(一般)	$0.70 \leq p < 0.8$	$0.50 \leq C < 0.65$
4 级(不合格)	$p < 0.7$	$0.65 < C$

(6) 纳什系数

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_t^o - Q_t^m)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_t^o - Q_o^-)^2} \quad (19)$$

式中: E 为 Nash 系数; Q_t^o 为 t 时刻的观测值; Q_t^m 为 t 时刻的拟合值; Q_o^- 表示观测值的平均值。 E 取值范围为 $[-\infty, -1]$, 当 E 小于 0 表示模型不可信;接近 0 表示模拟结果接近观测值的平均值水平,总体结果可信,但模拟误差大;接近 1,表示模拟质量好,模型可信度高。

2.4 数据来源及处理

本文涉及的经济、社会数据来源于志丹县 1997—2014 年的统计年鉴,部分数据来源于实地考察调研;生态环境数据来源于志丹县气象局、林业站以及周河志丹站长期定位观测数据。并运用综合指数模型测算出生态指数、经济指数、社会指数(1997—2014 年),然后采用灰色系统预测模型预测出生态、

经济、社会三个指数预测值(2015—2019 年),以此作为预测协调发展水平的样本数据来源。并对所收集的数据进行无量纲处理。

3 结果与分析

3.1 1997—2014 年综合指数变化分析

(1) 生态指数。志丹县 1997—2014 年生态指数最低值为 1998 年的 0.135,最高值为 2014 年的 0.815,明显高于 18 a 均值 0.563,其整体呈波动式上升的趋势(图 2)。大致划分为 1997—2003 年,2004—2008 年,2009—2014 年三个阶段,其中 2000—2003 年生态指数增幅高达 71.4%,主要是因为退耕还林(草)工程进入大规模实施阶段,植被覆盖率明显提升,水土流失有所缓解,生态环境得以改善;从 2004—2008 年退耕规模逐渐放缓,生态指数尽管有所下降,但整体仍高于经济指数与社会指数;2009—2014 年进入生态巩固时期,生态系统日趋稳定,其平均值为 0.754,与 1997—2003 年和 2004—2008 年相比分别增加了 23% 和 16%;2009—2014 年生态修复的后发效应逐渐显现,截止到 2014 年,志丹县森林覆盖率达和水土流失治理度,分别达到 69.2% 和 75.1%。

(2) 经济指数。1997—2014 年志丹县的经济水平存在较大差异,经济指数均值为 0.493,与 1997 年(0.087)经济指数相比,2014 年(0.871)是 1997 年的 10 倍(图 2)。其中 1997—2005 年为快速发展时期,经济指数增加了 47.6%,年均增幅 5%,但整体水平较低,主要是由于退耕实施过程中,农业结构单一、第二、三产业才逐步壮大、粗放的经营方式等使地区生产总值、农民人均收入、工业总产值、地方财政收入均处于较低水平;2006—2014 年经济指数逐渐趋于稳中有增的态势,经济指数增加了 29.6%,年均增幅 3.7%,为稳定发展时期。

(3) 社会指数。志丹县 1997—2014 年社会指数整体呈上升趋势,2014 年的社会指数较 1997 年增加了 85.2%,年均增幅 4.7%。在 1997—2002 年处于退耕还林的实施期,由于生态的时滞效应,资金的大量投入及社会进步缓慢,期间社会指数增幅较小,增加了 16.3%,年均增幅 2.7%;2007—2014 年进入退耕还林巩固期,生态效应初见效果,社区基础设施的改善,社会结构及人民生活水平的调整与提高,使该时期社会指数增加了 30.3%,年均增加率为 4%,明显高于同期的经济指数与生态指数,社会进步显著。

3.2 综合指数预测分析

依据志丹县 1997—2014 年生态指数、经济指数、社会指数,构建灰色预测模型方程,并对预测模型进

行检验,确保预测 2014—2019 年的生态指数、经济指数、社会指数的可信度。

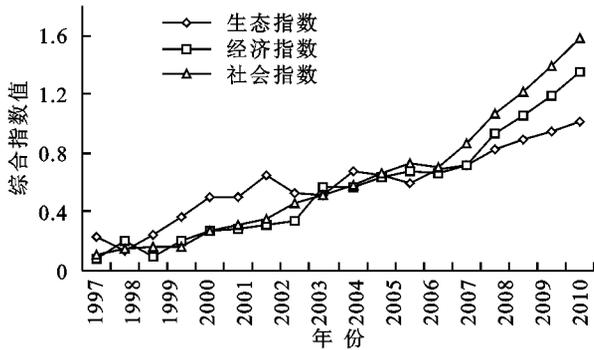


图 2 1997—2014 年生态—经济—社会各指数变化趋势

由表 3 可知,建立的生态指数函数预测模型精度基本可靠,Nash 系数接近 0,主要是与生态滞后效应及其不可预知的特性等因素有关,致使误差大,但模拟结果总体可信;相比之下,建立的经济与社会指数函数预测模型精度可靠,C 值均小于 0.35,p 值均为 1,Nash 系数均接近 1,精度很好,模型构建合理。

依据上述预测模型预测志丹县(2015—2019 年)

表 3 指数预测模型与精度检验参数

指数类型	灰色系统 GM(1,1)预测模型表达式	C	p	Nash 系数	精度等级
生态指数	$\hat{x}(t+1)=4.716212e^{0.069122t}-4.479212$	0.5185	0.8462	0.061	3 级(一般)
经济指数	$\hat{x}(t+1)=1.471448e^{0.122258t}-1.384448$	0.3106	1.0000	0.888	1 级(很好)
社会指数	$\hat{x}(t+1)=1.325287e^{1.33063t}-1.214287$	0.1994	1.0000	0.950	1 级(很好)

3.3 协调发展度预测分析

依据预测获取的生态、经济、社会指数,运用变异系数协调发展模型,对志丹县协调度、发展度及协调发展度进行预测,得出生态、经济、社会(EES)系统协调发展的各项预测值均呈稳定上升趋势,按其上升速率排序为:发展度>协调发展度>协调度。

(1) 发展度。研究区发展度未来 5 a 总体呈现增加趋势(图 3)。其中 2015 年最低为 0.943,2019 年最高为 1.478,年平均发展度为 0.106。由此可见,未来 5 a 志丹县在社会持续进步、经济稳定增长以及生态环境逐步恢复的共同驱动下,发展基数不断增加,发展度持续提高,但发展速度放缓,趋于稳定态势。总之,继续巩固退耕还林成果、重视社区水利、交通等基础设施和能源收入等方面的提升,对研究区生态、社会经济的持续发展依然有着重要的驱动作用。

(2) 协调度。志丹县 2015—2019 年协调度整体高于协调临界点 0.9,但协调水平趋于下降趋势,这主要归咎于研究区社会、经济和社会指数值之间的离差系数较大(图 3),其中生态指数在自身修复和外在能源开发利用的共同作用下有所波动,而在产业结构的不断调整和工业园区集群化发展牵引下,经济持续

生态、经济与社会指数的变化趋势,对其排序为:社会指数>经济指数>生态指数。其中社会指数预测在 2015—2019 年整体呈上升趋势(图 3),到 2019 年,社会指数较 2015 年将增加 74.8%。由此可见,在退耕还林工程的后发效应及经济持续发展的驱动下,社区综合条件、人口及社会结构以及人民生活水平等方面将呈良性快速发展趋势;经济指数预测在 2015—2019 年整体呈直线上升趋势,增幅为 58%,其中 2015—2017 年增速比 2018—2019 年缓慢,表明随着能源工业园区的逐步完善,能源开采技术和方式的不断改进,经济指数持续增加,经济趋于持续稳定发展;生态指数预测整体呈稳定上升的趋势,但与社会指数、经济指数相比,整体增幅较小,2019 年生态指数较 2015 年将增加 27%。可见随着退耕规模逐渐降低,进入生态巩固恢复中长期,生态系统逐渐稳固。总之,该区域依托现有的能源产业,经济仍保持发展态势,并为社会进步提供支撑、保障。同时仍需继续重视生态治理,持续巩固现有的生态修复成果,充分发挥其后发优势。

发展,在社区建设不断完善和人民生活水平不断提高的带动下,社会发展显著,导致社会、经济和社会指数离差增大,协调度有所下降。因此,如何实现志丹县生态、经济、社会同步协调发展,是未来发展的重点。

(3) 协调发展度。志丹县 2015—2019 年协调发展度从预测绝对值分析得出:协调发展度呈稳定上升趋势,较 2015 年相比,2019 年协调度增加 18%;但从相对值分析,协调发展度增幅缓慢,仅 2016—2018 年均增副为 2.1%,表明未来志丹县生态、经济、社会三者间整体呈良性平衡的协调发展状态;但生态的相对滞后,仍将是生态、经济、社会持续协调发展的制约因子。

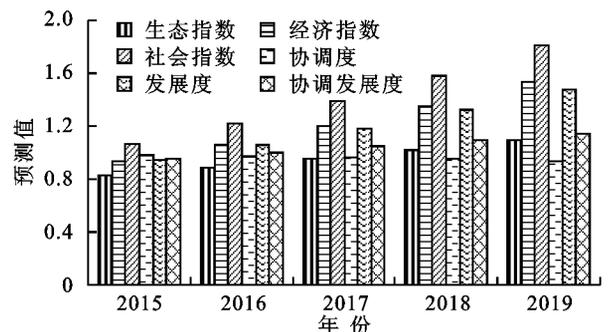


图 3 生态—经济—社会各指数值及协调度、发展度、协调发展度预测变化趋势

4 结论与讨论

本文以 1997—2014 年志丹县的综合指数值为样本,通过灰色 GM(1,1)预测模型对该区域 2015—2019 年的生态指数、经济指数、社会指数预测,得出三个指数均呈上升趋势,其中社会指数增加最快,经济指数次之,生态指数发展最慢。在此基础上采用变异系数协调发展模型测算出生态、经济、社会协调发展预测值(2015—2019 年),即研究区生态、经济、社会发展度预测值最高,协调发展度次之,协调度预测值最低。总之,志丹县未来生态、经济、社会的发展整体呈协调趋势。

随着经济的发展,生态的改善及社会的进步,志丹县作为资源型发展县域,生态、经济与社会发展更为协调,但生态环境的不可确定性、自我修复等特性,使其相对经济社会环境略显不足。同时经济与社会的可持续协调发展都是以良好的生态环境为前提,因此,志丹县未来应继续加强退耕还林后续产业建设,巩固退耕还林等生态修复的成果,确保生态治理的成效和持续性;在利用资源禀赋优势的同时,加快产业结构转型升级,转变经济发展方式,大力发展特色产业(草畜、棚栽、林果、杂粮)和民营经济,完善产业工业园区,充分发挥产业集群及集约效应,保障区域经济持续稳定发展,为生态修复提供必要保障和支撑;加大对科教文卫等公共事业的投入和管理力度,不断完善城乡基础设施与城乡居民生活环境,改善民生,支持社会持续进步。在生态、经济、社会三个系统各自发展的同时,应更加注重以维持生态平衡为基础,以经济、社会发展为重点,实现生态、经济、社会系统间的协调发展。

参考文献:

- [1] 秦大河,张坤民,牛文元. 中国人口资源环境与可持续发展[M]. 北京: 新华出版社, 2002.
- [2] 刘国彬,李敏,上官周平,等. 西北黄土区水土流失现状与综合治理对策[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 16-21.
- [3] 田均良,刘国彬. 黄土高原退耕还林工程中的现存问题及有关建议[J]. 水土保持通报, 2004, 24(1): 63-65.
- [4] 姜娜,邵明安. 黄土高原小流域不同坡地利用方式的水土流失特征[J]. 农业工程学报, 2011, 27(6): 36-41.
- [5] 温仲明,焦峰,赫晓慧,等. 纸坊沟流域黄土丘陵区土地生产力变化与生态环境改善[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 91-95.
- [6] 张晓明,曹文洪,余新晓,等. 黄土丘陵沟壑区典型流域土地利用/覆被变化的径流调节效应[J]. 水利学报, 2009, 40(6): 641-650.
- [7] 刘国彬,王国梁,上官周平,等. 黄土高原地区水土保持科学研究的重点领域[J]. 中国水土保持, 2008(12): 37-39.
- [8] 何小武,刘广全,郭孟华. 黄土高原植被建设的水资源环境及对策[J]. 水利学报, 2008, 39(7): 843-847.
- [9] 刘国彬,杨勤科,陈云明,等. 试论水土保持生态修复的若干科学问题[J]. 中国水利, 2006(12): 22-24.
- [10] 牛文元. 中国农业资源的可持续性分析[J]. 自然资源学报, 1996, 11(4): 293-300.
- [11] 张志强,孙成权,程国栋,等. 可持续发展研究: 进展与趋向[J]. 地球科学进展, 1999, 14(6): 589-595.
- [12] Maxim L, Spangenberg J H, O'Connor M. An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework[J]. Ecological Economics, 2009, 69(1): 12-23.
- [13] 刘新卫,张定详,陈百明. 快速城镇化过程中的中国城镇土地利用特征[J]. 地理学报, 2008, 63(3): 301-310.
- [14] 刘伟德. 中国人口城市化水平与城乡就业问题探讨[J]. 经济地理, 2001, 21(3): 427-430.
- [15] 刘涛. 山东县域社会经济协调发展格局及对策研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(11): 172-173.
- [16] 郭镭,张华,曲秀华,等. 可持续发展模式下环境—经济协调发展程度定量评价[J]. 云南环境科学, 2003, 22(3): 15-18.
- [17] 韦杰,贺秀斌,汪涌,等. 基于 DPSIR 概念框架的区域水土保持效益评价新思路[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(4): 66-69.
- [18] 司蔚. 看江苏如何构建小康社会环境质量综合指数考核体系[J]. 环境保护, 2012(14): 98-105.
- [19] Adriaanse A. Environmental policy performance indicators: A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands[M]. Sdu Uitgeverij Koniginnegracht, 1993.
- [20] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [21] 聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
- [22] 聂春霞,刘晏良. 区域经济与环境协调发展评价与预测: 以新疆阿勒泰地区为例[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(10): 32-37.