

doi: 10.3969/j.issn.1005-8141.2017.08.004

区域经济—社会—资源—环境协调发展的综合测度研究 ——以甘肃省庆阳市为例

鹿晨昱¹ 李文磊¹ 李恒吉² 逯承鹏³ 张子龙⁴

(1. 西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 中国科学院兰州文献情报中心, 甘肃 兰州 730000;

3. 中国科学院沈阳应用生态研究所 污染生态与环境工程重点实验室, 辽宁 沈阳 110016;

4. 兰州大学 中国西部循环经济研究中心, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 构建了庆阳市经济—社会—资源—环境系统协调发展评价指标体系和综合测度模型, 定量测算了 2000—2015 年庆阳市及其各区县的系统内部协调度、系统之间的协调度、复合系统的协调度、综合协调发展度。结果表明: 2000—2015 年庆阳市经济、社会、资源系统的内部协调度明显提升, 但环境系统内部协调度波动较大; 庆阳市各子系统之间的协调度较高, 但各县区系统之间的协调度波动变化较明显, 部分县区甚至出现了下降; 庆阳市整体经济、社会、资源与环境的复合系统协调度有一定程度的提升, 但提升不显著, 且波动变化明显; 庆阳市及各区县的经济、社会、资源、环境的综合协调发展度属于基本协调以上类型, 综合协调发展状况相对较好。

关键词: 协调发展; 经济; 资源; 环境; 庆阳市

中图分类号: X24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8141(2017)08-0916-06

Study on Comprehensive Measurement of Coordinated Development of Economy - Society - Resource - Environment

——A Case Study of Qingyang City, Gansu Province

LU Chen-yu¹, LI Wen-lei¹, LI Heng-ji², LU Cheng-peng³, ZHANG Zi-long⁴

(1. College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China;

2. Lanzhou Literature and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

3. Key Laboratory of Pollution Ecology and Environmental Engineering, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

4. Research Center for Circular Economy of Western China, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The coordinated development evaluation index system and the overall measurement model of Qingyang economy - society - resource - environment system was constructed in this article. The system internal coordination degree, the coordination degree among systems, the composite system coordination degree and the overall coordination development degree in Qingyang (including its counties) of the year 2000 - 2015 were quantitatively calculated. The results showed that the internal coordination degree of economy, society and resource in Qingyang was obviously improved in 2000 - 2015. But the internal coordination degree of environment was fluctuating. The coordination degree among the subsystems in Qingyang was higher, but the fluctuation of coordination degree between the counties was obvious, and the coordination degree was even reduced in some counties. The overall composite system coordination degree of economy, society and environment in Qingyang was improved in some degree. But it was not obvious and highly fluctuating. The coordinated development degree of economy, society, resource and environment in Qingyang and its counties belonged to the type that was above the basic coordination and the overall coordinated development was in good situation.

Key words: coordinated development; economy; resources; environment; Qingyang City

区域是自然系统与人工系统的复合系统^[1]。经济、社会、资源与环境的协调发展是区域可持续发展的核心问题, 对改善生态环境、提高经济的持续发展能力、推进社会的全面进步具有重要意义。随着资源匮

乏、环境恶化、经济衰退、社会发展不稳定等重大问题的显现, 资源环境与经济社会之间的矛盾变得尤为复杂和突出^[2-3]。如何坚持稳中求进, 统筹推进经济建设、社会建设、生态文明建设, 促进资源循环高效利用, 使生态环境质量总体改善, 实现发展转型, 是区域可持续发展面临的首要问题。自 1987 年“可持续发展”概念被世界环境与发展委员会(WECD)明确提出以来, 可持续发展便成为协调人类社会、经济活动与自然环境、资源状况之间关系的指导性思想, 得到不同领域的重视。但由于所依托的研究领域和方向的差异以及研究目的的不同, 可持续发展的概念在不同领域都有着

收稿日期: 2017-06-20; 修订日期: 2017-07-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 41561110、41261112、41301652、41471116); 甘肃省科技支撑计划项目(编号: 1304FKCA067)资助; 西北师范大学研究生培养与课程改革项目“研究生课程教学改革探索——以《旅游经济学》为例”资助。

第一作者及通讯作者简介: 鹿晨昱(1981-)男, 甘肃省兰州人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事人地关系与区域可持续发展方面的研究。

自己的见解^[4-7]。近年来,对区域经济—社会—资源—环境系统协调发展评价的研究逐渐从定性、静态的现状分析转向定量、动态的趋势评价,其评价方法有很多,主要有灰靶理论^[8]、压力—状态—响应模型^[9]、生态足迹与能值分析^[10]、系统动力学^[11]、权重评估^[12]、灰色模型^[13]、协调度和协调发展度综合评价模型^[14]等,这些方法各有优劣和适用范围,对区域系统间的协调发展具有重要意义。但总体上,针对经济—社会—资源—环境协调发展的评价方法主要集中于单一方法的使用,极少将多个方法结合起来考虑。现有研究相对比较狭隘,大致集中在两个方面:一是针对同一个研究区域在不同时间维度上的协调性定量研究^[15],二是关于同一时间维度上不同区域间的协调性测度与评价^[16],很少涉及到时空双维的协调性测度对比研究。此外,有关协调发展相关问题的研究大多集中于大尺度区域或经济发展较好的地区,中小尺度区域或经济发展较差地区却较少提及,从而忽略了这类地区的重要性。随着区域协调发展内容与范畴的不断延伸,对小尺度区域的可持续发展进行综合研究变得越来越重要。基于此,本文以甘肃省庆阳市为例,开展经济—社会—资源—环境协调发展研究,期望能为类似地区的协调及可持续发展提供借鉴。

庆阳市是甘肃省最东部的一个地级市,地处黄河中游,属于黄土高原区。该地区水资源匮乏,气候干旱,由于人类经济活动等原因,生态环境脆弱。随着农业与工业转型的深入和经济的迅速发展,区域人地关系逐渐恶化,极大地制约了区域可持续发展战略的实施。本文从经济、社会、资源与环境的角度,通过构建庆阳市协调度及协调发展度测算模型,定量测算了2000—2015年庆阳市及下辖八县(区)的协调发展度,并对它们进行了对比分析,从而为庆阳市的可持续发展战略实施提供科学合理的依据。

1 研究区概况

庆阳市为甘肃省地级市,位于陕甘宁三省区的交汇处,是陇东黄土高原区的主体部分,习称“陇东”。全市土地总面积 27119km²,人口总数 222.35 万人。其工业以化工、煤炭、石油和天然气为支柱产业,农业正走产业化道路,第三产业正迅猛发展。庆阳市气候干旱、自然条件较差,部分地区人口密度较大,带来了较大的资源环境压力。近些年,西部大开发战略的实施为庆阳市带来了难得的发展机遇,经济快速发展,社会经济发展水平进步很快,但是由此带来的资源环境破坏问题也更为严重。日益突出的资源环境和经济社会之间的矛盾对庆阳市的可持续发展不利,甚至会严

重威胁到庆阳市的可持续发展。因此,以庆阳市为例进行区域经济—社会—资源—环境协调发展综合测度研究,具有较强的典型性和代表性。

2 指标选取与研究方法

2.1 指标体系

表 1 庆阳市经济—社会—资源—环境协调度评价指标体系

目标层	系统层	准则层	指标层
经济—社会—资源—环境协调度评价指标体系	经济系统	经济规模	人均 GDP(A ₁)
			经济密度(A ₂)
			人均固定资产投资(A ₃)
			人均财政收入(A ₄)
			GDP 增长率(A ₅)
			规模以上工业企业增加值(A ₆)
		经济结构	第一产业占 GDP 比重(A ₇)
			第三产业占 GDP 比重(A ₈)
		经济效率	投入产出比(A ₉)
	社会系统	人口与就业	人口数量(B ₁)
			城镇人口密度(B ₂)
			人口自然增长率(B ₃)
			非农业人口比重(B ₄)
			城镇登记失业率(B ₅)
		人民生活质量	农民人均纯收入(B ₆)
			农民人均生活消费支出(B ₇)
			城镇居民人均可支配收入(B ₈)
		社会发展水平	城镇居民人均消费性支出(B ₉)
			城镇用水普及率(B ₁₀)
			农村居民恩格尔系数(B ₁₁)
			城镇居民恩格尔系数(B ₁₂)
	资源系统	自然资源	师生比(B ₁₃)
			农村适龄儿童入学率(B ₁₄)
			社会消费品零售总额(B ₁₅)
		社会资源	人均耕地面积(C ₁)
			人均园地面积(C ₂)
			人均林地面积(C ₃)
			人均草地面积(C ₄)
			亩均粮食产量(C ₅)
			人均日常生活用水量(C ₆)
			万元 GDP 能耗(C ₇)
环境系统	环境系统	环境污染	人均公路通车里程(C ₈)
			单位从业人员年平均人数(C ₉)
			货运周转量(C ₁₀)
			客运周转量(C ₁₁)
			人均城镇维护建设资金(C ₁₂)
		环境保护	污水排放量(D ₁)
			化肥施用强度(D ₂)
			生活垃圾清运量(D ₃)
			二氧化硫浓度(D ₄)
			氮氧化物浓度(D ₅)
环境系统	环境系统	环境污染	可吸入颗粒物浓度(D ₆)
			人均公园绿地面积(D ₇)
			建成区绿化覆盖率(D ₈)
			封山育林面积(D ₉)
			环保支出占 GDP 比重(D ₁₀)
		环境保护	

指标体系的构建:考虑到指标选取的科学性、全面性及可行性等原则,在总结并借鉴现有研究成果^[17,18]

的同时,结合庆阳市自身特点及其发展情况,利用理论分析、频度统计等方法对指标体系进行设置和筛选,最终构建了庆阳市经济—社会—资源—环境的协调度评价指标体系(表1)。

指标的标准化处理:通过采用极差标准化来消除由于各项指标的单位不同和指标数量级不同对评价结果造成的影响,公式为:

$$\text{正向指标: } Z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (\text{指标值越大越好}) \quad (1)$$

$$\text{反向指标: } Z_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (\text{指标值越小越好}) \quad (2)$$

式中 Z_{ij} 是 X_{ij} 的标准化值; X_{ij} 是第 i 个指标第 j 期的实际值。

指标权重的确定:对指标权重的确定是否合理,直接关系到评价结果是否有效^[19]。指标权重的确定方法主要有:主观的层次分析法^[20]、德尔菲法^[21]、客观的熵值法^[22]、因子分析法^[23]等,本文通过层次分析法计算出权重,并与熵值法相结合对指标进行综合赋权。

设第 j 项指标主、客观赋值的权重分别为 w_{cj} 、 w_{sj} , 则综合赋值的权重 w_j 为:

$$W_j = \frac{W_{cj} \times w_{sj}}{\sum_{j=1}^m W_{cj} \times w_{sj}} \quad (3)$$

2.2 综合测度模型

系统内部协调度测算模型:本文在对经济、社会、资源与环境系统内部协调度进行测算时,选择序参量协调度评价模型,计算公式为:

$$u_i = \sum_{j=1}^n W_j Z_{ij} \quad (4)$$

式中 u_i 为系统内部协调度;序参量 $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})$ 是反映系统综合发展水平的一系列评价指标,且 $Z_{ij} \in [0, 1]$; W_j 为序参量 X_i 在指标体系中的重要程度, $W_j \geq 0, \sum_{j=1}^m W_j = 1$ 。

系统之间协调度测算模型:系统间的协调度是指某个系统的实际发展水平与该系统受其他系统影响作用下应该达到的发展水平之间的关联程度^[24]。通过模糊隶属协调度评价模型对经济、社会、资源与环境系统之间协调度进行测算,计算公式为:

$$u(i/j) = \exp[-(x_i - x_j)^2 / S_i^2] \quad (5)$$

式中 $u(i/j)$ 为 i 系统对 j 系统的状态协调度; x_i 为 i 系统的综合发展水平指数(通过主成分计算得到); x_j 为 i 系统对 j 系统要求的预测值; S_i^2 为 i 系统综合发展指数的方差。

通过状态协调度计算两个系统间的协调度,计算

公式为:

$$U(i/j) = \frac{\min\{u(i/j), u(j/i)\}}{\max\{u(i/j), u(j/i)\}} \quad (6)$$

式中 $u(j/i)$ 为 j 系统对 i 系统的状态协调度。三个系统之间的协调度 $U(i/j/k)$ 可由下式求得:

$$U(i/j/k) = \frac{\begin{bmatrix} u(i/j/k) \times U(j/k) \\ + u(j/i/k) \times U(i/k) \\ + u(k/i/j) \times U(i/j) \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} U(j/k) \\ + U(i/k) \\ + U(i/j) \end{bmatrix}} \quad (7)$$

式中 $u(i/j, k)$ 为 i 系统对 j, k 系统的状态协调度; $U(j, k)$ 为 j, k 系统的协调度; $u(j/i, k)$ 为 j 系统对 i, k 系统的状态协调度; $U(i, k)$ 为 i, k 系统的协调度; $u(k/i, j)$ 为 k 系统对 i, j 系统的状态协调度; $U(i, j)$ 为 i, j 系统的协调度,其中 $U(i, j, k) \in [0, 1]$ 。四个系统之间协调度依照三个系统算法计算,不再列出。

复合系统协调度测算模型:复合系统协调度用来衡量一个地区的经济、社会、资源和环境复合系统之间的相互作用影响的强弱程度以及各系统间协调配合、良性循环的关系^[25],公式为:

$$T = \alpha \sum_{i=1}^4 W_i u_i + \beta U \quad (8)$$

式中 α, β 分别为系统内部协调度与系统之间协调度的重要程度,本文认为系统内部协调度与系统之间协调度同等重要,故取 $\alpha = \beta = 0.5$; W_i 为第 i 个系统的重要程度,由于经济、社会、资源与环境系统对区域协调发展同等重要,因此取 $W_1 = W_2 = W_3 = W_4 = 1/4$ 。

表2 庆阳市经济、社会、资源、环境系统协调发展度评价指标体系

目标层	准则层	指标层
庆阳市经济、社会、资源、环境系统协调发展度评价指标体系	协调度	经济子系统内部协调度
		社会子系统内部协调度
		资源子系统内部协调度
		环境子系统内部协调度
		经济与社会系统间协调度
		经济与资源系统间协调度
		经济与环境系统间协调度
		社会与资源系统间协调度
		社会与环境系统间协调度
		资源与环境系统间协调度
		经济、社会与资源系统间协调度
		经济、社会与环境系统间协调度
		经济、资源与环境系统间协调度
		社会、资源与环境系统间协调度
		经济、社会、资源与环境系统间协调度
	发展度	经济子系统综合发展水平指数
		社会子系统综合发展水平指数
		资源子系统综合发展水平指数
		环境子系统综合发展水平指数

协调发展评价模型:协调发展评价模型用以衡量一个地区经济、社会、资源与环境系统是否协调以及地

区可持续发展真实情况 ,考虑到各子系统内部、系统之间的协调度以及发展水平的差异等因素 ,构建了相应的指标体系(表 2) 。

本文运用灰色关联度模糊评价模型测算协调发展度 ,计算公式为:

$$B = P \times R = (p_1 \ p_2 \ ; \cdots \ p_n) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}$$
$$= (b_1 \ b_2 \ ; \cdots \ b_m) \cdots \cdots \cdots (9)$$

式中 ,B 表示综合协调发展度; P 表示各指标权重 $p_i \in [0 \ 1]$ 且 $p_1 + p_2 + \cdots + p_n = 1$; R 表示模糊关系矩阵 ,其中 $r_{ij} (i = 1 \ 2 \ ; \cdots \ n; j = 1 \ 2 \ ; \cdots \ m)$ 表示评价对象在无量纲标准化处理下的指标值与其最优指标的灰色关联系数; $b_i (i = 1 \ 2 \ ; \cdots \ n)$ 为综合评价值 ,其中 b_i 值越大 ,表示协调发展度评价效果越好。据此 ,通过参

考相关标准^[26 \ 27] ,将协调发展水平分为极不协调、不协调、基本协调、较协调和协调 5 个层次(表 3) 。

表 3 协调发展水平度量标准

值域	0—0.21	0.22—0.43	0.44—0.65	0.66—0.87	0.88—1
等级	极不协调	不协调	基本协调	较协调	协调

2.3 数据来源

本文所需数据均来源于历年的庆阳市及各县区的统计年鉴、《甘肃省统计年鉴》、庆阳市及各县区的国民经济和社会发展统计公报。

3 结果与分析

3.1 系统内部协调度分析

由式(1) —(4) 可计算出 2000—2015 年庆阳及其下辖八县(区) 的内部协调度(表 4) 。其中 ,A、B、C、D 分别代表经济子系统、社会子系统、资源子系统和环境子系统。

表 4 2000—2015 年庆阳市及其下辖八区县各子系统内部协调度

地区/年份		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
庆阳市	A	0.09	0.10	0.21	0.20	0.18	0.19	0.22	0.24	0.29	0.38	0.49	0.69	0.82	0.84	0.85	0.91
	B	0.09	0.13	0.15	0.16	0.23	0.25	0.30	0.38	0.46	0.52	0.62	0.78	0.95	0.96	0.96	0.98
	C	0.23	0.24	0.23	0.16	0.16	0.18	0.16	0.16	0.19	0.30	0.51	0.66	0.79	0.81	0.84	0.89
	D	0.58	0.54	0.49	0.40	0.47	0.53	0.46	0.44	0.40	0.54	0.51	0.52	0.50	0.51	0.51	0.52
西峰区	A	0.21	0.12	0.12	0.12	0.19	0.20	0.17	0.20	0.21	0.26	0.29	0.71	0.72	0.74	0.78	0.85
	B	0.26	0.29	0.30	0.33	0.38	0.41	0.47	0.53	0.60	0.65	0.70	0.78	0.85	0.87	0.89	0.93
	C	0.22	0.24	0.25	0.17	0.18	0.19	0.19	0.20	0.27	0.40	0.41	0.46	0.53	0.56	0.58	0.61
	D	0.40	0.39	0.37	0.32	0.28	0.23	0.24	0.39	0.34	0.36	0.34	0.35	0.38	0.39	0.40	0.42
庆城县	A	0.26	0.24	0.22	0.22	0.23	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.33	0.27	0.33	0.35	0.38	0.41
	B	0.35	0.35	0.36	0.37	0.36	0.40	0.42	0.40	0.46	0.52	0.53	0.62	0.70	0.73	0.75	0.79
	C	0.20	0.20	0.22	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16	0.19	0.18	0.19	0.26	0.36	0.38	0.43	0.46
	D	0.47	0.44	0.39	0.37	0.42	0.38	0.39	0.40	0.37	0.39	0.43	0.45	0.46	0.46	0.48	0.44
环 县	A	0.08	0.09	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.20	0.29	0.34	0.41	0.49
	B	0.17	0.19	0.24	0.26	0.25	0.26	0.30	0.33	0.40	0.42	0.50	0.56	0.67	0.71	0.75	0.78
	C	0.26	0.26	0.27	0.25	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.30	0.32	0.44	0.49	0.51	0.54	0.56
	D	0.62	0.62	0.52	0.47	0.42	0.52	0.41	0.37	0.36	0.52	0.46	0.50	0.47	0.48	0.51	0.49
华池县	A	0.20	0.28	0.22	0.20	0.15	0.27	0.18	0.20	0.26	0.25	0.33	0.43	0.53	0.57	0.62	0.68
	B	0.36	0.42	0.35	0.32	0.30	0.34	0.36	0.40	0.46	0.48	0.52	0.56	0.67	0.71	0.75	0.80
	C	0.34	0.34	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.32	0.38	0.43	0.64	0.66	0.68	0.71	0.73
	D	0.46	0.45	0.50	0.70	0.74	0.51	0.53	0.56	0.53	0.54	0.57	0.55	0.57	0.58	0.59	0.56
合水县	A	0.12	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.11	0.15	0.18	0.25	0.30	0.35	0.42	0.48
	B	0.21	0.22	0.24	0.31	0.27	0.30	0.30	0.32	0.40	0.43	0.50	0.56	0.65	0.67	0.71	0.76
	C	0.25	0.25	0.27	0.26	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.27	0.29	0.42	0.47	0.49	0.51	0.52
	D	0.48	0.45	0.57	0.58	0.58	0.56	0.52	0.53	0.54	0.59	0.61	0.56	0.59	0.58	0.60	0.61
正宁县	A	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.14	0.13	0.14	0.19	0.22	0.23	0.26	0.30	0.35	0.41	0.48
	B	0.22	0.25	0.27	0.27	0.29	0.27	0.30	0.36	0.42	0.46	0.51	0.57	0.67	0.71	0.78	0.81
	C	0.15	0.16	0.20	0.16	0.18	0.18	0.20	0.20	0.18	0.22	0.22	0.30	0.35	0.36	0.37	0.39
	D	0.54	0.53	0.55	0.52	0.52	0.55	0.46	0.41	0.48	0.48	0.49	0.46	0.42	0.41	0.44	0.48
宁 县	A	0.14	0.10	0.09	0.08	0.09	0.07	0.07	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.19	0.23	0.25	0.28
	B	0.19	0.22	0.23	0.23	0.23	0.26	0.29	0.32	0.38	0.42	0.46	0.55	0.63	0.66	0.69	0.74
	C	0.25	0.26	0.26	0.21	0.22	0.24	0.24	0.25	0.22	0.23	0.23	0.29	0.31	0.32	0.32	0.34
	D	0.50	0.48	0.52	0.50	0.45	0.44	0.44	0.44	0.42	0.45	0.48	0.55	0.51	0.50	0.47	0.53
镇原县	A	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.17	0.21	0.24	0.29
	B	0.17	0.20	0.24	0.24	0.22	0.23	0.27	0.30	0.33	0.37	0.44	0.49	0.60	0.64	0.68	0.75
	C	0.19	0.19	0.20	0.17	0.17	0.17	0.17	0.19	0.16	0.19	0.20	0.28	0.29	0.31	0.33	0.34
	D	0.68	0.65	0.68	0.64	0.61	0.62	0.57	0.55	0.54	0.60	0.63	0.62	0.60	0.58	0.59	0.61

由表4可知,2000—2015年庆阳及各区县各子系统内部协调度主要表现在经济、社会与资源系统各评价指标的序参量随着时间的增长呈现出明显的上升趋势,各子系统的内部协调度明显提升,但环境系统内部协调度相比较其他系统,波动较大,形似平缓的“W”型曲线。究其原因,一方面是由于日益加剧的人类活动和盲目开发资源造成环境污染和生态破坏,导致环境质量下降;另一方面是生态系统本身具有自我调节能力,因此生态环境在一定范围内是可恢复的,一般会小幅度回升。因此努力防止环境恶化,减小环境压力,保证系统内部协调度持续提升是当前庆阳市亟待解决的问题。

表5 2000—2015年庆阳市及其下辖八区县各系统间的协调度

地区/年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
庆阳市	0.85	0.96	0.97	0.75	0.66	0.88	0.88	0.98	0.51	0.82	0.80	0.96	0.79	0.82	0.86	0.91
西峰区	0.95	0.91	0.81	0.97	0.93	0.48	0.58	0.25	0.76	0.78	0.75	0.80	0.84	0.81	0.85	0.88
庆城县	0.97	0.95	0.90	0.88	0.53	0.99	0.87	0.73	0.27	0.59	0.80	0.95	0.74	0.79	0.81	0.85
环 县	0.35	0.28	0.38	0.37	0.60	0.42	0.59	0.63	0.59	0.33	0.41	0.39	0.55	0.57	0.61	0.59
华池县	0.79	0.74	0.96	0.61	0.12	0.69	0.91	0.87	0.70	0.96	0.84	0.84	0.98	0.85	0.83	0.88
合水县	0.73	0.39	0.71	0.75	0.80	0.96	0.58	0.39	0.59	0.88	0.76	0.85	0.97	0.89	0.81	0.86
正宁县	0.98	0.94	0.66	0.19	0.88	0.89	0.79	0.85	0.88	0.96	0.60	0.98	0.95	0.89	0.91	0.95
宁 县	0.91	0.95	0.57	0.77	0.71	0.82	0.60	0.58	0.95	0.75	0.75	0.52	0.69	0.73	0.77	0.82
镇原县	0.62	0.78	0.66	0.58	0.80	0.89	0.88	0.29	0.67	0.77	0.80	0.79	0.89	0.84	0.86	0.81

3.3 复合系统协调度分析

由表6可知,2000—2015年庆阳市整体的经济、社会、资源与环境的复合系统协调度有一定程度的提升(表6),但提升不显著且波动较大,复合系统协调度并不稳定。因此,还应提高其经济系统、社会系统、资源系统、环境系统的内部协调度以及经济、社会、资源与环境四个系统之间的协调度,以促进复合系统间协调配合、形成良性循环发展的关系。影响复合系统协调发展的原因主要在于经济社会系统和资源环境系统

表6 2000—2015年庆阳市及其下辖八区县的复合系统协调度

地区/年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
庆阳市	0.55	0.61	0.62	0.49	0.46	0.58	0.58	0.64	0.42	0.63	0.67	0.81	0.78	0.75	0.77	0.80
西峰区	0.61	0.58	0.53	0.60	0.59	0.37	0.43	0.29	0.56	0.60	0.59	0.68	0.73	0.61	0.64	0.72
庆城县	0.64	0.63	0.60	0.58	0.41	0.64	0.59	0.51	0.30	0.47	0.58	0.67	0.60	0.61	0.63	0.68
环 县	0.31	0.28	0.33	0.32	0.42	0.35	0.42	0.45	0.44	0.34	0.38	0.41	0.52	0.43	0.45	0.51
华池县	0.56	0.56	0.66	0.50	0.25	0.53	0.63	0.62	0.55	0.69	0.65	0.69	0.79	0.63	0.71	0.74
合水县	0.50	0.32	0.50	0.53	0.55	0.63	0.44	0.34	0.46	0.62	0.58	0.65	0.74	0.67	0.69	0.73
正宁县	0.62	0.60	0.47	0.23	0.58	0.58	0.53	0.57	0.60	0.65	0.48	0.69	0.69	0.61	0.63	0.67
宁 县	0.59	0.61	0.42	0.51	0.48	0.54	0.43	0.42	0.61	0.52	0.54	0.45	0.55	0.58	0.61	0.63
镇原县	0.45	0.53	0.48	0.43	0.54	0.58	0.58	0.28	0.48	0.54	0.57	0.59	0.65	0.57	0.61	0.66

3.4 协调发展度综合评价分析

由表7可知,总体看庆阳市及各县区的经济、社会、资源、环境的综合协调发展度类型属于基本协调型以上,综合协调发展状况相对较好。尤其是2010年以来,庆阳市及各县区的协调发展度总体上出现了不同程度的上升,说明这段时期子系统协调性较好,各子系统综合协调发展水平有了一定程度的改善。但也存在部分县区上升幅度不大,一直在基本协调类型附近徘徊,

3.2 系统之间协调度分析

由表5可见,2000—2015年庆阳市经济、社会、资源与环境之间的协调度均在0.5以上,说明各系统的实际发展水平与该系统受其他系统影响作用下应达到发展水平之间的关联程度很高,即各子系统之间协调度较高,有利于系统间的协调发展。但是各县区系统之间协调度波动变化明显,部分县区甚至出现了下降。近年来,部分县区第二产业产值占GDP的比重明显上升,与之对应的环境问题较严重,尤其是随着第二产业产值的增加导致污染物排放量增加等问题,使系统间的协调度有所波动,甚至出现下降。因此,要提高重视度,防止系统间出现失调或崩溃。

之间的矛盾。由于对资源的利用效率较低且依赖程度过高,环境污染及破坏问题严重,导致资源浪费和生态环境问题突出。庆阳市的石油、天然气、煤炭资源较为丰富,这为其发展经济奠定了良好的基础,并为其相关产业的发展创造了条件,但是对资源的长时间高度依赖,必然会带来更大的资源消耗甚至导致资源枯竭,同时也会加大环境破坏和污染,从而使系统间很难实现协同发展,导致资源环境与经济社会的整体协调程度不高。

徊,协调发展水平仍有待进一步的提升。因此,全面实现区域各子系统协调发展,仍需要较长的一段时间。这就要求当地必须转变经济发展模式,以促进经济社会的可持续发展。同时,要提高资源利用效率,通过调整产业结构降低对资源的依赖程度,重视环境保护与生态建设,提高环境承载能力,这样最终才能使各子系统间得到整体提升,协调发展,全面实现区域可持续发展战略。

表7 2000—2015年庆阳市及其下辖八区县的综合协调发展度

地区/年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
庆阳市	0.46	0.45	0.47	0.40	0.42	0.44	0.47	0.50	0.42	0.50	0.63	0.75	0.86	0.85	0.87	0.90
西峰区	0.48	0.47	0.45	0.48	0.47	0.43	0.43	0.43	0.52	0.53	0.54	0.66	0.71	0.73	0.76	0.79
庆城县	0.47	0.47	0.48	0.48	0.44	0.52	0.48	0.44	0.43	0.48	0.49	0.53	0.53	0.55	0.56	0.58
环县	0.48	0.46	0.49	0.47	0.45	0.49	0.49	0.46	0.47	0.48	0.48	0.52	0.55	0.58	0.62	0.66
华池县	0.45	0.45	0.48	0.48	0.47	0.46	0.49	0.47	0.46	0.52	0.54	0.67	0.80	0.81	0.83	0.87
合水县	0.43	0.41	0.46	0.47	0.49	0.49	0.45	0.44	0.46	0.51	0.49	0.50	0.58	0.61	0.63	0.69
正宁县	0.46	0.47	0.45	0.42	0.45	0.43	0.42	0.41	0.49	0.50	0.47	0.50	0.51	0.52	0.51	0.54
宁县	0.46	0.47	0.40	0.41	0.43	0.44	0.43	0.42	0.49	0.46	0.44	0.45	0.47	0.49	0.51	0.54
镇原县	0.44	0.46	0.43	0.45	0.46	0.49	0.48	0.42	0.45	0.46	0.47	0.48	0.47	0.49	0.51	0.55

4 结论

2000—2015年,庆阳市经济、社会、资源系统的内部协调度明显提升,但环境系统内部协调度相对于其他系统波动较大,形似平缓的W型曲线。庆阳市各子系统之间协调度较高,有利于促进系统间的协调发展,但各县区的系统之间协调度波动变化明显,部分县区甚至出现了下降。庆阳市整体的经济、社会、资源与环境的复合系统协调度有一定程度的提升,但提升并不显著,且波动变化明显,复合系统协调度并不稳定。庆阳市及各区县的经济、社会、资源、环境的综合协调发展度类型属于基本协调型以上,综合协调发展状况相对较好。因此,庆阳市必须转变经济发展模式,大力发展循环经济与生态经济,完善社会基础设施的建设、推动产业升级、实现产业转型,同时加大生态建设和环境保护的力度,从而实现区域经济、社会、资源、环境系统的协调发展,最终全面实现可持续发展战略。

参考文献:

- [1]王如松,欧阳志云. 社会—经济—自然复合生态系统与可持续发展[J]. 中国科学院院刊 2012 27(3): 337-345.
- [2]鹿晨昱,王春娟,张子龙,等. 陇东黄土高原地区资源消耗、环境污染与经济增长的耦合关系——以庆阳市为例[J]. 生态学杂志 2015, 34(9): 2681-2690.
- [3]Chengyu Lu, Lin Zhang, Yongguang Zhong, et al. An Overview of E-waste Management in China[J]. Journal of Material Cycles and Waste Management 2015 17(1): 1-12.
- [4]Kahouli B S. Technological Learning in Energy-Environment-Economy Modeling: A Survey[J]. Energy Policy 2008 36(1): 138-162.
- [5]Xue Bing, Cheng Xing peng, Geng Yong, et al. Emergy-based Study on Eco-economic System of Arid and Semi-arid Region——Case of Gansu Province, China[J]. Journal of Arid Land 2010 2(3): 207-213.
- [6]Mulder P, Van den Bergh J C J M. Evolutionary Economic Theories of Sustainable Development[J]. Growth and Change 2001 32(1): 110-134.
- [7]Wehner J. Our Money, Our Responsibility: A Citizens' Guide to Monitoring Government Expenditures[J]. Development Policy Review 2009 27(1): 107-108.
- [8]黄新焕,王文平,蔡彬清. 我国能源—经济—环境系统协调发展评价[J]. 统计与决策 2015 (9): 68-70.
- [9]冯惠娟,杨海娟. 基于压力—状态—响应模型的榆林市可持续发展评价及预测[J]. 水土保持通报 2013 33(4): 64-69.
- [10]杨青,逯承鹏,周锋,等. 基于能值—生态足迹模型的东北老工业基地生态安全评价——以辽宁省为例[J]. 应用生态学报 2016, 27(5): 1594-1602.
- [11]逯承鹏,陈兴鹏,王红娟,等. 西北少数民族地区人地关系演变动态仿真研究——以甘南州为例[J]. 自然资源学报 2013 28(7): 1255-1263.
- [12]马艳梅,吴玉鸣,吴柏钧. 长三角地区城镇化可持续发展综合评价——基于熵值法和象限图法[J]. 经济地理 2015 35(6): 47-33.
- [13]李超,李文峰,李林润. 基于灰色关联度模型的区域农业生态系统可持续发展水平评价[J]. 生态科学 2014 33(2): 373-378.
- [14]易平,方世明. 地质公园社会经济与生态环境效益耦合协调度研究——以嵩山世界地质公园为例[J]. 资源科学 2014 36(1): 206-215.
- [15]陈兴鹏,郭晓佳,王国奎,等. 甘肃省中部贫困地区资源—环境—经济系统的耦合演进分析——以定西市为例[J]. 干旱区资源与环境 2013 27(11): 1-8.
- [16]杨建辉,任建兰,程钰,等. 我国沿海经济区可持续发展能力综合评价[J]. 经济地理 2013 33(9): 13-18.
- [17]宋建波,武春友. 城市化与生态环境协调发展评价研究——以长沙三角洲城市群为例[J]. 中国软科学 2010 (2): 78-87.
- [18]鹿晨昱,马忠,张子龙,等. 基于元指标理论的庆阳区域可持续发展研究[J]. 生态科学 2012 31(1): 62-68.
- [19]陈午,许新宜,王红瑞,等. 基于改进序关系法的北京市水资源可持续利用评价[J]. 自然资源学报 2015 30(1): 164-176.
- [20]董燕红,钟定胜,卢小丽. 主成分与层次分析法在区域可持续发展能力评价中的应用对比[J]. 安全与环境学报 2016 16(1): 359-365.
- [21]王亚欣,鞠洪波,张怀清,等. 东洞庭湖国家级自然保护区湿地资源评价[J]. 地球信息科学学报 2011 13(3): 323-331.
- [22]安传艳. 基于熵权法的河南省城市旅游竞争力分析[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版) 2014 31(1): 102-108.
- [23]黄璨,邓宏兵,李小帆. 基于动态因子分析法的四川省旅游业竞争力实证分析[J]. 长江流域资源与环境 2013 22(8): 1011-1018.
- [24]狄乾斌,郭亚丽. 海洋经济可持续发展系统交互胁迫关系验证及协调度测算——以辽宁省沿海六市为例[J]. 海洋环境科学 2016, 35(3): 453-459.
- [25]于鲁冀,王小青,梁亦欣,等. 流域复合系统协调度预警研究: 以河南省淮河流域为例[J]. 环境科学与技术 2014 37(9): 168-173.
- [26]石培基,杨银峰,吴燕芳. 基于复合系统的城市可持续发展协调性评价模型[J]. 统计与决策 2010 (14): 36-38.
- [27]洪开荣,浣晓旭,孙倩. 中部地区资源—环境—经济—社会协调发展的定量评价与比较分析[J]. 经济地理 2013 33(12): 16-23.