

陕西省 10 市“土地—经济—环境”耦合协调关系

闵义岚, 陈艳, 李录堂

(西北农林科技大学 经济管理学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:为了明晰土地集约利用、经济发展状况及环境生态效应的耦合协调程度,基于耦合协调模型,以西部大开发城市群中陕西省为例,首先建立了耦合协调指标体系,测算 10 市的土地集约度、IGM 指数和生态效应指数;其次研究了 10 市的土地—经济—生态耦合协调关系;最后进行了空间变异分析。结果表明:(1)相较于中东部地区,陕西省 10 市 3 个子系统总体协调发展水平偏低,其中西安和铜川存在生态效应滞后现象,咸阳、榆林、汉中 3 市土地集约水平较低,其余 5 市经济发展较为滞后。(2)从耦合协调情况来看,陕西省 10 市除延安、铜川和商洛市尚处于中度耦合协调阶段外,其他 7 市处于高度耦合协调阶段,但均未实现向优质耦合协调的跨越。(3)10 市耦合协调度不存在明显离散和集聚效应,没有强烈的空间极化效应,整体空间不存在显著自相关现象,且城市的耦合协调性受相邻城市影响不大。综上,陕西省 10 市 3 个子系统间耦合协调度存在不平衡现象,处理好三者的关系将有助于促进城市可持续高质量发展。

关键词:土地—经济—环境;区域耦合协调;陕西省

中图分类号:X24; F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)06-0420-09

Coupling Coordination Relationship Among Land, Economy and Environment in Ten Cities in Shaanxi Province

MIN Yilan, CHEN Yan, LI Lutang

(College of Economics & Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to clarify the degree of coupling and coordination of land intensive use, economic development and environmental and ecological effects, based on the coupling and coordination model, Shaanxi Province in the Western Development City Cluster was taken as an example. Firstly, a coupled coordination index system was established to measure the land intensification, IGM index and ecological effect index of 10 cities. Secondly, the land-economy-ecology coupling coordination relationship of 10 cities was studied. And finally, the spatial variation analysis was carried out. The results show that: (1) compared with the central and eastern regions, the overall coordinated development level of the three subsystems in the 10 cities of Shaanxi Province was low; among them, Xi'an and Tongchuan had lagging ecological effects, and the three cities of Xianyang, Yulin and Hanzhong had relatively low levels of land intensive development; the economic development of the other 5 cities was relatively lagging; (2) from the perspective of coupling and coordination, except for Yan'an, Tongchuan and Shangluo in the 10 cities in Shaanxi Province which were still in the moderate coupling and coordination stage, the other 7 cities were in the stage of highly coupled coordination, but none of them had achieved the leap to high-quality coupling and coordination; (3) there was no obvious dispersion and agglomeration effect in the coupling coordination degree of the 10 cities; the overall distribution of it was random without strong spatial polarization effect; there was no significant autocorrelation phenomenon in the overall space, and the coupling coordination of cities was not greatly affected by adjacent cities. In summary, there is an imbalance in the degree of coupling and coordination among the three subsystems in the ten cities of Shaanxi Province, and handling the relationship between the three subsystems will

收稿日期:2020-11-25

修回日期:2020-12-28

第一作者:闵义岚(1996—)女,重庆梁平人,硕士,研究方向为农业经济与管理。E-mail:tarram@163.com

通信作者:李录堂(1962—)男,陕西宝鸡人,博士,教授,主要从事农村土地制度研究。E-mail:lilut@nwsuaf.edu.cn

Keywords: land-economy-environment; regional coupling coordination; Shaanxi Province

西部地区幅员辽阔,却同步伴随产业布局不合理、发展速度较低、土地、经济与环境协调性差等矛盾,严重阻碍了西部地区的发展。本文以“西部大开发”建设名单中的陕西省及其辖内西安、咸阳、铜川、

1 土地—经济—环境耦合机理分析

土地利用、环境演变、经济发展是区域发展的重要表征,其协调关系一直是土地领域的研究重点^[13]。环境资源是自然赋予人类的宝贵财富,是经济效率与环境效益的统一,代表着经济增长与环境压力的关系,同时也是制约人类社会发展的关键性因素。经济建设则摒弃了以往的“唯增速”发展方式,强调经济的高质量平稳发展,试图通过质量、效率、动力变革提高全要素生产率、建立符合我国国情的现代化经济体系。合理利用土地资源,以最小的土地和生态资源消耗获取最大化经济、社会效益成为影响国家及地区未来可持续化发展的关键。作为既相互独立又紧密联系的3个不同子系统,三者均具有不同的特点和规律。具体而言,土地、经济、环境之间的耦合机理如图1所示。

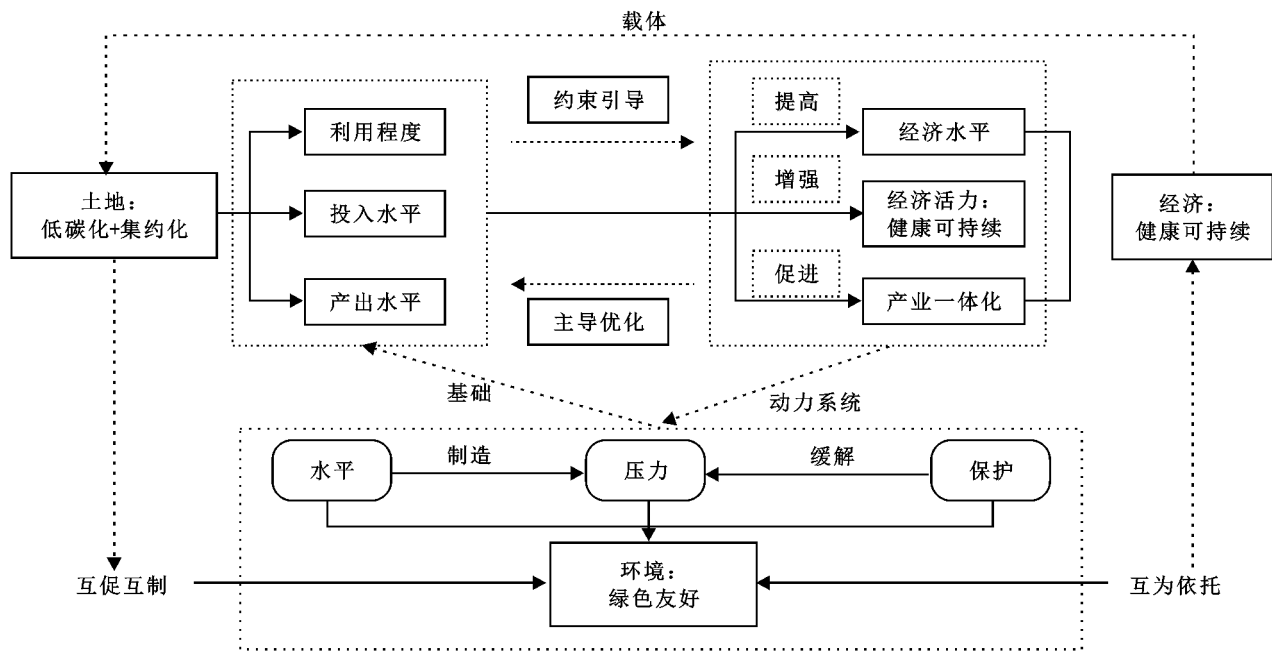


图 1 土地—经济—环境作用机制

镇化建设布局,改变土地利用结构及投入水平,进而实现土地产出水平与可持续性的双增长,促进生态环

境的改善与生态效率的提高;而良好的生态环境是土地集约利用和城市可持续发展的基础,能够在获得同等经济增长的同时,实现资源代价最小化与产出效益最大化,增强土地集约利用程度。土地粗放经营或过度集约利用都可能导致资源浪费与环境污染,从而减弱生态效率,而区域生态效率的降低反过来会加重环境污染,降低生态环境承载力,进而减弱土地产出水平与可持续性,土地集约利用受到制约^[14]。因此,在提高土地集约利用程度时,也要注重生态环境保护,只有协调好二者之间的关系,促进土地集约利用与生态环境的协调发展,才能有效缓解土地利用与生态环境保护之间的矛盾^[15]。

(2) 土地与经济。土地是人类活动与社会经济发展的重要载体,是各种经济、社会、资源、技术共同作用的结果,土地的低碳集约发展能够对经济发展起到一定的约束引导作用,其利用方式的不同反映了经济发展方式的变更。通过提高经济水平,增强经济活力,促进产业一体化布局能够实现经济的健康可持续发展,而经济的发展方式又反过来影响人的行为与活动,其结构的调整在一定层面上反映了土地利用方式的变化,体现出对土地集约利用的主导优化作用。

(3) 经济与环境。经济增长是人类依托自然资源创造的社会财富,也是表征人类发展与福祉的指示器,资源环境压力则是地理环境对人类活动的负向反馈,人类一切经济活动应当在不超出环境承载力的基础上进行^[16],二者的关系可高度概括于“绿水青山就是金山银山”。经济的发展与环境保护,本质上都源于人们对美好生活的追求,从这一点来看,二者具有相似之处。此外,经济的发展为环境保护提供了资金支撑,是环境建设的动力系统,而发展绿色友好的生态文明建设方式,加大环境保护力度,又能够通过提高环境质量、形成绿色可持续生活方式,给经济建设创造更大的空间,二者互相依托,辩证统一于现代文明建设。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究方法

2.1.1 耦合度模型 耦合度是用于刻画 2 个或 2 个以上子系统间相互作用、相互影响程度的数值,用以分析事物的协调发展水平。土地是产业空间集聚的载体,是经济发展的助推器,土地低碳集约化利用可以促进经济的健康可持续发展、生态环境的优化,而绿色经济的发展及生态环境保护反过来推动着土地利用的高度优化,土地—经济—环境 3 者相互影响、相互促进,共同作用于现代化经济建设发展目标。基

于此,构建三者的耦合度模型:

C_i = [(U_1 * U_2 * U_3) / (U_1 + U_2 + U_3)]^(1/3)

式中: U_1, U_2, U_3 分别为土地、经济、环境子系统的综合评价系数,在本文分别用土地集约利用度、经济发展方式指数、生态效益指数反映; C_i 为 i 个子系统的耦合系数,即耦合度, $C \in [0, 1]$, 其大小反映了子系统的耦合程度,数值越大,耦合程度越高。参照已有研究成果^[17],将耦合度划分为 5 种类型,见表 1。

U_i = \sum w_i \times x_i

式中: U_i 为第 i 个子系统综合评价系数; w_i 为各子系统内指标权重; x_i 为指标标准化值; i 为 1, 2, 3。

表 1 耦合协调度类型划分标准

耦合类型	C 值范围	协调等级	D 值范围	耦合协调程度
相互独立	0	不协调耦合	0	独立不协调
分离阶段	(0, 0.3]	低度耦合协调	(0, 0.2)	严重失调
			[0.2, 0.3)	中度失调
拮抗阶段	(0.3, 0.6]	中度耦合协调	[0.3, 0.4)	轻度失调
			[0.4, 0.5)	濒临失调
			[0.5, 0.6)	勉强协调
磨合阶段	(0.6, 0.8]	高度耦合协调	[0.6, 0.7)	初级协调
			[0.7, 0.8)	中级协调
耦合阶段	(0.8, 1.0]	优质耦合协调	[0.8, 0.9)	良好协调
			[0.9, 1.0]	优质协调

2.1.2 耦合协调度模型 由于耦合度只能说明系统之间相互作用的强弱,难以反映 3 个子系统的整体“功效”与“协同”效应,为进一步反映城市间土地—经济—环境三者之间的协调发展水平,因此引入耦合协调度模型:

D = \sqrt{C * T}

T = aU_1 + bU_2 + cU_3

式中: D 为系统耦合协调度; C 为耦合度; T 为土地—经济—环境 3 个子系统的综合评价协调指数,用以反映 3 个子系统的整体协同效益和发展水平, $T \in (0, 1]$; a, b, c 为待定参数,考虑到土地是一切发展的载体,是经济、环境建设的基础,为此 a, b, c 分别取 0.4, 0.3, 0.3。

2.1.3 耦合协调度空间变异分析 为分析土地—经济—环境耦合协调度空间分异情况、10 市的耦合协调度空间异质性和发展趋势,本文使用 ArcGIS 和 GeoDa 软件,采用全局莫兰指数(Global Moran's I)和局部莫兰指数(Local Moran's I)进行测度^[18]。Global Moran's I 用于判断区域是否存在空间自相关现象,通常 $-1 \leq I \leq 1$, 若 I 接近 0 则表明空间分布是随机的,大于 0 表示正自相关,即高值与高值、低值与低值相邻,小于 0 表示负相关,即高值与低值相邻。空间异质性在这里指的是空

间局域异质性 (spatial local heterogeneity), 指该点属性值与周围不同, 可用 LISA 图来检验。Local Moran's I 对全局自相关的补充, 能够评价局部地区内邻近空间单元属性特征值之间的相似性和相关性, 探测空间异质性。若 $L > 0$, 表示某区域的高(低)值被周围的高(低)值所包围; 若 $L < 0$, 表示某区域的高(低)值被周围的低(高)值所包围。

Globa Moran's I 指数计算公式:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (5)$$

Local Moran's I 指数计算公式:

$$L = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (6)$$

式中: n 为样本总数; w_{ij} 为空间权重; x_i ($i \neq j$) 为样本 i 的属性; \bar{x} 为样本 i 的平均值; S^2 为样本值标准差; i, j 为 $1, 2, \dots, 10$ 。

2.2 指标体系与数据来源

2.2.1 指标体系构建 本文借鉴已有研究成果^[19-22]

选取使用频率较高的指标, 并结合陕西各市实际情况、土地、经济、环境发展特征以及数据可获取性和指标体系的可操作性, 构建土地、经济、环境 3 个子系统 9 大准则层共 34 项指标的评价体系, 在具体的指标选取过程中, 淡化总量增长指标, 更注重综合考虑投入产出、差异率等标准, 侧重考核质量效益类指标, 各指标及相应权重见表 2。

在此基础上利用熵权法确定指标权重, 核心思想是根据各指标变异程度大小计算出对应的熵权, 通过熵权对各指标权重进行修正, 从而得出较为客观的指标权重。信息熵值越小, 指标离散程度越大, 该指标在评价体系中的重要性也越大, 即相应权重越高。基于这一思想, 构建具体步骤如下:

(1) 数据标准化处理。指标量纲的不同、正负取向及单位数量级的不一致对计算结果影响显著。因此在计算之前须对指标进行无量纲标准化处理。本文拟采用极差标准化方法, 具体处理方法见公式(7)~(8):

效益型/正向指标:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (7)$$

成本型/负向指标:

$$Y_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (8)$$

式中: X_{ij} 为第 i 年第 j 个指标的原始数据; Y_{ij} 为其标准化处理后的数据; $\max(X_{ij})$ 是该系统指标中的最

大值; $\min(X_{ij})$ 为该系统中的最小值。正向指标即效益型指标的值越大越好, 负向指标即成本型指标值越小越好^[23]。

(2) 确定第 j 项指标熵值。

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n (p_{ij} \ln p_{ij}) \quad (9)$$

式中: p_{ij} 为第 j 项指标下第 i 年的指标值的比重, $p_{ij} = Y_{ij} / \sum_{i=1}^n Y_{ij}$, 若 $p_{ij} \leq 0$, 为消除对数影响, 对该列数据进行平移处理; n 为年份数, 此处 $n = 10$ (2009—2018 年)。

(3) 确定各指标权重。

$$W_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^k (1 - E_j)} = \frac{1 - E_j}{k - \sum_{j=1}^k E_j} \quad (10)$$

式中: $E_1, E_2, E_3, \dots, E_j$ 为各指标的信息熵。

(4) 计算第 i 年各子系统的得分 Z_i 。

$$Z_i = \sum_{j=1}^n W_j \times P_{ij} \quad (11)$$

2.2.2 数据来源 本文以陕西省及辖区内 10 个市为研究对象, 陕西省总面积 20.56 万 km^2 , 北山和秦岭将陕西分为陕北高原、关中平原、秦巴山地三大自然区域。陕北地区海拔 800~1 300 m, 约占全省总面积 45%, 包括延安和榆林两市; 关中平原西起宝鸡, 东至潼关, 面积约占全省土地总面积的 19%, 涵盖西安、咸阳、铜川、宝鸡和渭南 5 市; 陕南秦巴山地主要是秦巴山脉和汉江谷地, 约占全省土地总面积的 36%, 包括汉中、安康和商洛市。截至 2019 年, 省内常住人口约 3 876.21 万人, 人均生产总值 66 649 元, GDP 达 25 793.17 亿元, 其中, 三大产业增加值分别为 1 990.93 亿元、11 980.75 亿元、11 821.49 亿元。

土地子系统内的土地利用程度、土地投入水平、土地产出水平和环境子系统的环境水平二级指标原始数据来源于《陕西统计年鉴》及陕西省各市的统计年鉴和社会发展公报。经济子系统内的经济发展水平、经济活力和产业一体化相关二级指标原始数据来源于《国民经济和社会发展统计公报》和《陕西区域统计年鉴》。环境子系统内的环境压力 and 环境保护二级指标来源于《中国能源统计年鉴》。

2.2.3 指标测算 (1) 产业结构系数。产业作为经济的重要支撑, 能够充分体现地区经济发展方向与程度, 产业结构系数则以具体数字形式反映了各类产业在国民经济中的比重分配。为此选取第二、三产业增加值占地区 GDP 比重来构建产业结构系数, 比重越大, 表明该地区产业结构水平越高^[24]。

$$r_i = \frac{GDP_{i,2} + GDP_{i,3}}{GDP_i} \tag{12}$$

式中： r_i 为地区产业结构系数； $GDP_{i,2}$ 、 $GDP_{i,3}$ 分别为地区第二、三产业增加值； GDP_i 为地区生产总值。

表 2 耦合协调度评价指标体系及权重

评价系统	一级指标	二级指标	权重	计算公式/含义/来源
土地 U ₁	土地利用程度 0.3204	人口密度	0.0770	反映单位面积土地人口
		人均土地面积	0.0475	土地总面积/总人口
		人均城市道路面积	0.1204	城市道路面积/总人口
		耕地利用度	0.0755	耕地面积/土地总面积
	土地投入水平 0.2653	地均固定资产投资额	0.0986	固定资产投资额/土地总面积
		地均从业人员	0.0815	总就业人数/土地总面积
		地均财政支出	0.0852	财政支出/总面积
	土地产出水平 0.4143	地均 GDP	0.1053	地区 GDP/总面积
		地均财政收入	0.1051	财政收入/总面积
		地均社会消费品零售额	0.2040	社会消费品零售总额/土地面积
经济 U ₂	经济发展水平 0.2832	人均 GDP	0.0302	GDP/总人口
		城镇农村差异率	0.0121	城镇人均可支配收入/农村人均可支配收入
		资金流动	0.2409	实际利用外资额
		对外贸易依存度	0.2200	进出口总额(万美元)/GDP(亿元)
	经济活力 0.3454	全社会固定资产投资增长速度	0.0097	反映固定资产总量增长情况
		旅游收入	0.1157	统计资料获得
		工业增加值占 GDP 比重	0.0192	工业增加值/GDP
	产业一体化 0.3714	产业结构系数	0.2804	第二三产业产值和/总产值
		产业集聚度	0.0187	空间基尼系数反映
		产业扩张度	0.0395	规模以上工业企业数量
环境 U ₃	环境水平 0.2041	人口流动	0.0136	客运总量/总人口
		森林覆盖面积	0.1272	统计资料获得
		空气日报优良率	0.0594	统计资料获得
		人均园林绿地面积	0.0175	园林绿地面积/总人口
	环境压力 0.3722	单位 GDP 能耗下降率	0.0211	统计资料获得
		工业废水排放总量	0.0860	统计资料获得
		工业废气排放总量	0.1129	统计资料获得
	环境保护 0.4237	人口增长率	0.0213	统计资料获得
		人均碳排放量	0.1309	二氧化碳排放总量/总人口
		工业固体废物综合利用率	0.0176	统计资料获得
	累计水土流失治理面积	0.1765	统计资料获得	
	工业废水处理率	0.0778	工业废水处理量/总排放量	
	生活垃圾无害化处理率	0.0125	统计资料获得	
	地均环保投资额	0.1393	验收合格环保投资额/土地面积	

(2) 产业集聚度。产业集聚是特定产业在空间集聚基础上的专业化和网络化发展,是特定产业各种要素资源在特定区域范围内的重新组织与有机整合。一个地区某种产业的集聚程度对当地生产力有重要影响,产业集聚程度的加深有助于加速当地经济的发展^[25-26],不仅能够推动自身产业发展,还能对当地产业形成联动效应,并以此促进区域经济的快速发展^[27],为此设置产业集聚指标。

式中： K_i 为*i*地区产业集聚度； S_j 为*i*地区第*j*产业就业人数占该地区总就业人数比重； X_j 为*i*地区第*j*产业就业人数占该城市群（此处指陕西省）总就业人数的比重，*j*取2~3。

3 结果与分析

3.1 土地—经济—环境子系统评价

基于以上公式,求得 2009—2018 年陕西省 10 市各自的土地集约利用度值(U_1)、经济发展方式指数

$$K_i = \sum_{j=1}^n (S_j - X_j)^2 \tag{13}$$

(U_2)、生态效益指数(U_3),见表 3。

总体而言,关中地区和陕北地区的土地、经济和环境发展差异较为显著,陕南地区区域内整体差异较小。关中地区 5 市中,西安市的环境发展较为滞后,经济发展状况处于陕西首位,环境与经济和土地之间的矛盾突出,铜川市虽然整体水平低于西安市,但与西安市存在相同的发展问题。西安市对于咸阳市的经济带动作用明显,尤其是“西咸新区”的新建,但咸阳市也不可避免的存在土地发展问题,这与当地城市扩张是分不开

的。目前制约宝鸡市和渭南市的发展主要是经济问题,可能原因是自身的地理位置和资源以及西安市的辐射带动作用有限,其土地与环境发展水平尚可。陕北地区的榆林市和延安市差距是陕西省 10 市中最 大的,这可能是二者之间资源差异导致的,榆林市是典型的煤矿资源型城市,而延安市自身资源条件较差。陕南地区的 3 市整体发展水平差异较小,其中汉中市的发展较为均衡,值得关注的是该地区的环境发展整体水平较高,可能原因是当地山地面积广阔,环境压力小。

表 3 陕西 10 市耦合度、耦合协调度、各指数值

序号	城市	C	T	D	U_1	U_2	U_3	$\{U_x\}_{\min}$
1	西安	0.6573	0.4812	0.5624	0.4531	0.5650	0.4752	U3
2	咸阳	0.5158	0.4798	0.4975	0.4857	0.5011	0.5145	U1
3	铜川	0.3081	0.4226	0.3608	0.4183	0.4210	0.3591	U3
4	宝鸡	0.4835	0.4772	0.4803	0.5231	0.5200	0.5409	U2
5	渭南	0.3926	0.5340	0.4579	0.5144	0.4818	0.5693	U2
6	榆林	0.4796	0.5136	0.4963	0.5037	0.5248	0.5879	U1
7	延安	0.4213	0.4864	0.4527	0.4694	0.4526	0.4755	U2
8	汉中	0.3932	0.4289	0.4107	0.4001	0.4371	0.5070	U1
9	商洛	0.2984	0.4357	0.3605	0.4463	0.3892	0.4362	U2
10	安康	0.3992	0.5043	0.4487	0.4591	0.3522	0.5070	U2

在对 2009—2018 年陕西省 10 市的土地、经济、环境层面的指标数据进行处理后,求得陕西省的土地集约利用度值、经济发展方式指数和生态效益指数(图 2),并对其进行评价分析。在对陕西省总体数据进行归总时,为减少误差选择各市土地面积、GDP、单位 GDP 能耗下降率占陕西省总的相应指标比重作为归总时的权重,如各市第 i 年集约利用度值乘以该市土地面积占陕西省总面积的比重即得到陕西第 i 年土地集约利用度值。

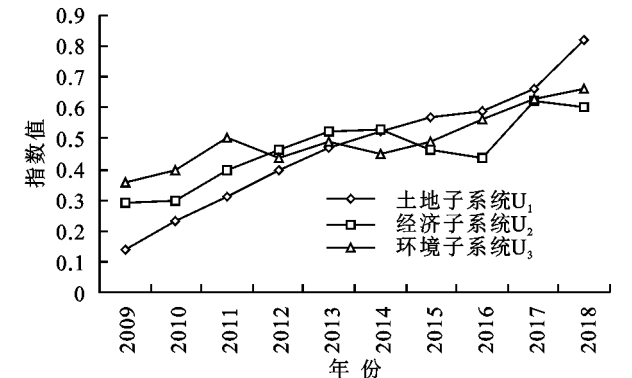


图 2 陕西省 3 个子系统指数值

陕西省近 10 a 发展主要经历了 3 个阶段:

(1) 生态环境占主导地位(2009—2011 年)。该阶段陕西省环境子系统的生态效益指数高于其他两系统各自指数值,这主要是由于陕西土地资源丰富,坐拥太白山、华山、秦岭等山脉,林地、园地、草地等碳

汇作用大于碳源作用^[28]的土地面积高达 14.86 万 km^2 ,且当时陕西经济正处于发展前期,土地资源利用度及经济发展水平偏低,同步伴随生态环境质量良好,环境发展水平明显高于土地及经济发展水平,但尚未达到最大化。

(2) 经济发展占主导地位(2012—2014 年)。当前阶段陕西省经济发展方式指数值明显高于生态效益指数及土地发展指数,可能的原因是“一带一路”倡议的提出为新常态下陕西加快发展提供了新的契机,前期基础设施的投入及经济建设的铺垫使得投资环境得以改善。陕西省加大了招商引资力度,实际利用外资额从 2009 年最初的 18.2 亿美元增长至 2014 年的 41.76 亿美元,增长速度达 129.5%;产业布局更为合理,非能源产业逐步发展,增强了陕西抵御市场风险的能力。与此同时,以秦岭保护、渭河治理、退耕还林等为主要内容的生态文明建设也促进了陕西环境水平的健康稳定,土地及环境指数增速虽低于经济发展指数,但依旧呈缓慢上涨趋势。

(3) 土地集约利用占主导地位(2015—2018 年)。可能的原因在于,前期以“土地财政”和“土地引资”为核心动力的用地模式在带来经济增长“红利”的同时也加剧了土地供需矛盾,快速城镇化催生了部分城市边界的无序扩张,威胁着“耕地红线”,经济发展

需求与有限资源环境的冲突使得国家及地区越发重视以“可持续”、“绿色发展”为基本理念的发展方式，一系列以土地集约利用为中心的土地及城镇化建设政策出台，促进了陕西土地集约利用水平的提升。

3.2 耦合协调度结果与分析

根据已测算出各年份的 IGM 指数、土地集约度和生态效应指数，基于以上公式，可以计算得出陕西省及其 10 市的土地—经济—环境耦合协调度(图 3)。为了更直观地看出其空间变化特征，本文选取 2009 年、2012 年、2015 年和 2018 年作为代表性年份，将陕西省 10 市的耦合协调度数值带入 ArcGIS 10.2 做空间分布图(图 4)。

从全局来看，2009—2018 年，陕西 10 市耦合协调度处于 0.2~0.8，整体呈平稳上升趋势，逐步实现了由低水平耦合向高度耦合协调的跨越，但城市间耦合协调差距增大(图 3)，说明陕西在近 10 a 的经济扩张中更加注重土地—经济—环境三者的协调，追求经济总量增长的同时兼顾土地集约利用与生态环境可持续发展，同步伴随

城市间发展不平衡的加深。在时间序列上，根据曲线波动情况可划分为两个阶段。

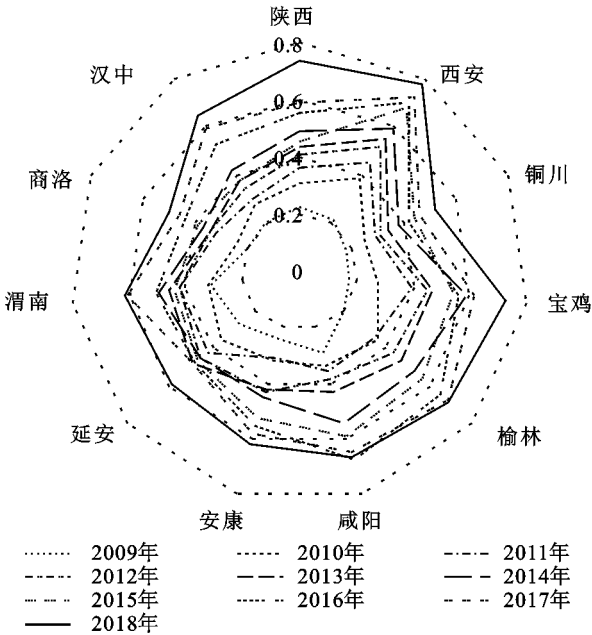


图 3 陕西省 10 个市“土地—经济—环境”耦合协调度雷达图

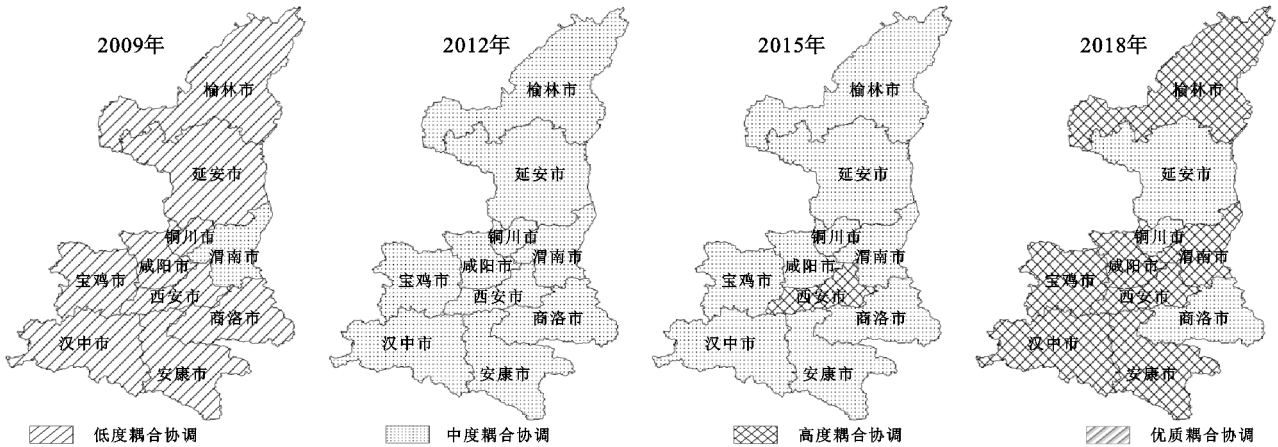


图 4 陕西省 10 市“土地—经济—环境”耦合协调度空间格局

第一阶段为 2009—2014 年，陕西省土地—经济—环境耦合协调度从 0.23 上升至 0.49，达到前 6 a 最大值，虽呈稳步上升态势，但总体处于中低水平耦合拮抗阶段，三子系统间表现为濒临失调或轻度失调。10 市均呈逐步上升趋势，各市土地—经济—环境耦合协调度与陕西省整体变化趋势较为同步，地区间尚未表现出明显差异。可能的原因是“十二五”期间，陕西省持续发力，成为改革开放以来陕西省经济增长、发展质量、民生改善、综合实力提升最多最快的时期，2014 年陕西省人均 GDP 达 7 640 美元，连续 3 年超过全国平均水平，经济质量效益的双提升促进了土地利用布局的优化及对环境质量的重视度。

第二阶段为 2014—2018 年，陕西省全局层面与省内各市在三系统耦合协调度上均出现了不同程度的先降后持续增长的情况，耦合协调度处于中度耦合

协调中的濒临失调范畴，具体表现为 2014—2015 年期间，陕西省整体耦合协调度从 0.49 下降至 0.45，后持续增长至 2018 年的 0.74，实现近 10 a 土地经济环境耦合协调最大化，省内各市除西安稳步增长外均呈短暂负增长态势；2015 年后，耦合协调度逐步回升，上升至一个新高度，到 2018 年时，陕西省全局层面耦合协调度达到高度耦合协调中的中级协调，各市基本实现勉强协调或初级协调。与此同时，省内差距拉大，发展不平衡问题暴露出来。造成这种先降后增局面可能的原因在于：一方面，2015 年处于陕西“十二五”与“十三五”规划承前启后阶段，也是陕西经济极为艰难的一年，存量不足、增量有限土地资源需要承载急剧扩张的经济产业，促使必须进行土地资源的集约利用，然而，当时我国正处于增加和强化绿色发展指标、倡导绿色发展理念的初中期，受以往观念的影

响,在寻求完成经济发展目标的同时很容易出现环境为经济让步的情形,加之陕西省能源及产业布局特点,导致在“十二五”末经济总量上升的同时伴随三系统耦合协调度的降低。另一方面,前期绿色发展观念的逐步强化及“十三五”期间“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念的提出促使国家及各地对生态环境重视度大幅提升,环境保护在环境子系统中占比增加,推动了经济、土地、环境的良性发展,而地区间资源优势、资金、技术、人才、政策、产业布局及区位的差异导致了差距的拉大。

3.3 耦合协调度空间变异分析结果

根据耦合协调度模型得到的 10 个市历年的耦合协调度系数,适用全局莫兰指数(Global Moran's I)和局部莫兰指数(Local Moran's I)对陕西省 10 市耦合协调度进行分析。

(1) 全局莫兰指数(Global Moran's I)。当置信度为 90%时, $p<0.1$, $Z>1.65$ 或 $Z<-1.65$ 时才通过了显著性检验,由此从表 4 中可以看出,2009—2018 年陕西省 10 市均没有通过显著性检验,表明研究期间陕西省 10 市的耦合协调度趋向于随机分布,不存在明显的离散和集聚效应。空间差异总体上相对较小,主要是由于区域的耦合协调度没有因为地域的空间差异而引起强烈的空间极化效应。总体而言,研究区内耦合协调发展度呈负相关且具有随机分布的属性,呈波动性发展。

表 4 陕西省 10 市耦合协调度类型的 Global Moran's I			
年份	Moran's I	$Z(I)$	p
2009	-0.2422	-0.6334	0.5265
2010	-0.1576	-0.2247	0.8221
2011	-0.2469	-0.6515	0.5147
2012	-0.1943	-0.4095	0.6821
2013	-0.208	0.4872	0.626
2014	-0.0862	0.12	0.9044
2015	0.2415	0.6624	0.5076
2016	-0.1841	-0.3564	0.7215
2017	-0.2058	-0.4637	0.6429
2018	-0.0263	0.4218	0.6731

(2) 局部莫兰指数(Local Moran's I)。采用 GeoDa 的局域自相关工具进行局部莫兰指数的计算,得到陕西省 10 市的耦合协调发展类型的局部莫兰指数空间分异状况,用 LISA 图进行空间异质性检验(图 5)。由于部分年份没有明显的局域自相关现象,故选取有局域自相关现象的 2009 年、2011 年、2016 年和 2018 年进行分析。从图中可以看出空间异质性在 2018 年以前主要是出现在关中地区,2018 年以后开始向陕北地区和陕南地区转移。其中 2009

年和 2011 年关中地区的铜川市和咸阳市为低—低(L—L)分布,此时该区域和周边的经济水平比较低,二者的空间差异程度小,制约着自身和周围城市的发展。2016 年的宝鸡市为高—高(H—H)分布,说明 2016 年宝鸡市发展状况较好,此时该区域和周边的区域耦合协调度较高,快速跟上周围城市的发展。2016 年全市实现地区生产总值 1 932.14 亿元,比上年年增长 9.3%,增速位居全省第 4,在总量过千亿元市中位居第一。2018 年汉中市为高—高(H—H)分布,此时该区域和周边的区域耦合协调度都较高,主要原因是汉中市积极落实“五新”战略任务,大力发展“3 个经济”,践行“5 个扎实”的成果。2018 年榆林市呈高—低(H—L)分布,该市耦合协调度发展较好,但是还没能带动周围城市的发展,与邻近的延安市差距较大。

从以上分析得出研究期间陕西“土地—积极—环境”的耦合协调度整体上是呈现随机分布的,没有集聚效应和离散效应,说明从整体上说陕西省城市之间的耦合协调性地域带动性不强,城市的耦合协调性受相邻的城市的影响不大。从局部分析上看,铜川、宝鸡、榆林和汉中市出现了空间分异的情况,其中汉中和铜川整体耦合协调低,因此没能带动周围城市的发展,榆林耦合协调度高但对周围的辐射能力有限,汉中的耦合协调度在不断提高,对周围较差的诸如安康市的带动作用也在不断增强。

4 结论与建议

4.1 结论

(1) 从土地、经济、环境子系统各自发展特征来看,10 年间陕西省 3 个子系统发展质量均得到了不同程度的提升,但增速不同,在不同时期主导效应各异,在时间上分别经历了环境、经济和土地主导时期。

(2) 从三者的耦合协调度来看,陕西省土地—经济—环境系统的耦合协调度实现了从稳步上升到先降后增阶段的跨越,先后经历了低水平耦合协调阶段、中度耦合协调阶段和高水平耦合协调阶段,延安、铜川和商洛市尚处于中度耦合协调阶段,其他 7 个市处于高度耦合协调阶段,且整体都没有实现向优质耦合协调跨越,城市间差异逐步拉大,表现出明显的区域不协调。

(3) 陕西省 10 市的耦合协调度不存在明显的离散和集聚效应,整体上是呈现随机分布的,耦合协调性地域带动性不强,整体空间不存在显著的自相关现象,城市的耦合协调性受相邻的城市的影响不大。

4.2 建议

(1) 坚持土地市场化改革方向,优化土地的资源承载作用。土地是经济、环境建设的基础载体,坚持

市场化导向,通过充分发挥市场在资源配置中的决定

性作用以实现各类资源要素的协调流通。

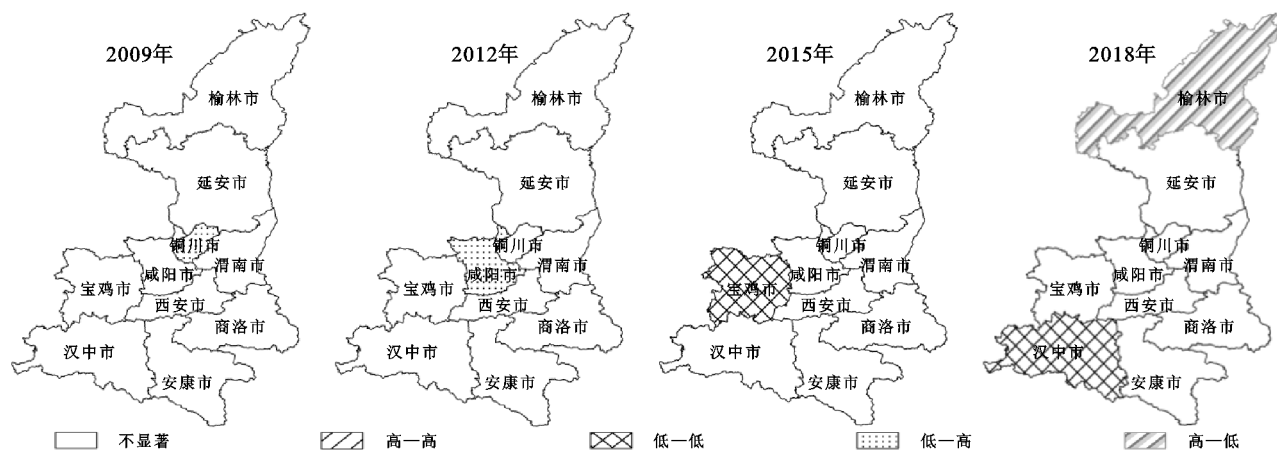


图 5 陕西省 10 市耦合协调发展类型的 LISA 图空间分异状况

(2) 优化产业布局,发挥城市联动效应。陕南、陕北、关中地区优势资源各异,各市应充分结合实际情况,合理布局,最大化发展和释放优势产业潜能,促进当地发展水平的提升;同时前排城市应充分发挥其领头作用,通过城市互帮互扶等把部分产业生产适当转移到临近城市,既可以释放前排城市资源与空间,又能通过城市联动带动临近城市发展。

(3) 强化生态与区域协调意识,实现区域协同发展。建立生态保护专项基金及跨省横向补偿机制,基层、市级政府着重当地企业综合评价,省级政府致力于区域产业、资源、要素的协调,将生态贡献率及污染处理率纳入企业年度考核体系并纳入企业用地审批的依据。通过对土地、经济、环境子系统采取针对性改进,强化省、市级政府全局协调作用,从而推动陕西省域内土地、经济、环境的协调可持续化发展。

参考文献:

[1] 高琳轩,管卫华,夏四友,等.泛长三角地区经济发展—空间开发—环境演变耦合协调的时空格局演化[J].长江流域资源与环境,2020,29(4):813-823.

[2] Fleskens L, Nainggolan D, Stringer L C. An exploration of scenarios to support sustainable land management using integrated environmental socio-economic models[J]. Environmental Management, 2014, 54(5): 1005-1021.

[3] 葛玉娟,赵宇鸾,李秀彬.山区耕地细碎化对土地利用集约度影响:以贵州省亚鱼村为例[J].地理科学进展,2020,39(7):1095-1105.

[4] 于媛,韩玲,李明玉,等.哈长城市群生态系统服务时空特征及其权衡协同关系研究[J].水土保持研究,2021,28(2):293-300.

[5] 谢冬水.经济社会转型与农村土地产权变迁:中国的经验证据[J].华中科技大学学报:社会科学版,2020,34(4):74-84.

[6] 陈莹,吴秀兰.土地集约利用与生态效率的耦合协调发展研究[J].长江流域资源与环境,2019,28(5):1025-1035.

[7] 张志,龚健,王利华.城市土地集约利用与社会经济时空耦合协调发展评价:以湖北省 12 个地级市为例[J].水土保持研究,2017,24(4):296-303,310.

[8] 仇振宇,朱记伟,解建仓,等.西安市土地利用效益与城镇化耦合协调关系[J].水土保持研究,2020,27(4):308-316.

[9] 崔木花.中原城市群 9 市城镇化与生态环境耦合协调关系[J].经济地理,2015,35(7):72-78.

[10] 赵胡兰,杨兆萍,韩芳,等.新疆旅游产业—经济发展—生态环境耦合态势分析及预测[J].干旱区地理,2020,43(4):1146-1154.

[11] 张琪,郑刘根,刘辉,等.煤炭资源型城市生态—经济—社会协调发展分析:以淮南市为例[J].应用生态学报,2019,30(12):4313-4322.

[12] 王伟新,许蒋鸿,王晓莹,等.长江经济带现代农业—区域生态—生态环境耦合关系的时空分异[J].农业现代化研究,2020,41(1):64-74.

[13] 杨清可,段学军,王磊,等.基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应:以长江三角洲核心区为例[J].地理科学,2018,38(1):97-106.

[14] 朱庆莹,陈银蓉,胡伟艳,等.中国土地集约利用与区域生态效率耦合协调度时空格局[J].农业工程学报,2020,36(4):234-243.

[15] 黄文娟.基于耦合模型的襄阳市土地集约利用与生态环境协调发展研究[D].武汉:华中师范大学,2018.

[16] 彭红松,郭丽佳,章锦河,等.区域经济增长与资源环境压力的关系研究进展[J].资源科学,2020,42(4):593-606.

[17] 田泽,黄萌萌.长江经济带终端能源消费碳排放效率与产业结构耦合分析[J].安徽师范大学学报:人文社会科学版,2018,46(1):92-100.

[18] 薛鹏飞,李国景,罗其友,等.中国农业科技资源水平区域差异及空间结构研究[J].农业技术经济,2021(5):108-120.