

陕西省城市绿色发展水平时空演变及障碍因子分析

李文正, 刘宇峰, 张晓露, 邓晨晖

(咸阳师范学院 资源环境与历史文化学院, 陕西 咸阳 712000)

摘 要: 为了深入了解陕西省城市绿色发展状况, 为指导陕西省城市绿色发展提供有益参考, 构建了评价城市绿色发展水平的指标体系, 以陕西省 10 个地级城市 2008—2016 年面板数据为基础, 运用 TOPSIS 模型和障碍度模型对陕西省城市绿色发展水平时空演变特征及障碍因子做了分析。结果表明: (1) 整体上看, 2008—2016 年陕西省 10 个地级城市的绿色发展处于中等水平, 演变趋势以波动上升为主。各市水平的提升幅度差异较大, 水平演变轨迹表现为多种类型, 其中, 西安属于高水平稳步提升型, 提升幅度达 27.7%, 榆林属于高水平向较低水平稳步降低型, 降低幅度达 13.4%。各市之间的水平差距表现出逐渐增大的趋势。 (2) 2008—2016 年, 水平处于第一层次的城市显著减少, 第二层次的城市显著增加, 逐步演变为西安一市独优的空间格局。水平居后的城市主要聚集在关中东部和陕南东部。 (3) 各市的主要障碍因子在不同年份变化不大, 但各市之间比较, 各自的主要障碍因子差异明显。从整体上看, 第三产业劳动生产率、第二产业劳动生产率、城市每万人在校大学生数量、公共汽车数量以及城市居民人均可支配收入是制约陕西省城市绿色发展水平最主要的障碍因子。

关键词: 城市绿色发展; 时空演变; TOPSIS; 障碍因子; 陕西省

中图分类号: X822

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)06-0280-10

Spatial-temporal Evolution of Urban Green Development Level and Its Obstacle Factors in Shaanxi Province

LI Wenzheng, LIU Yufeng, ZHANG Xiaolu, DENG Chenhui

(College of Resources and Environment & Historical Culture,

Xianyang Normal University, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

Abstract: In order to deeply understand the status of urban green development in Shaanxi Province and provide useful reference for guiding urban green development in Shaanxi Province, we constructed an index system for evaluating the level of urban green development, and based on the panel data of 10 prefecture level cities in Shaanxi Province from 2008 to 2016, analyzed the spatial-temporal evolution of urban green development level in Shaanxi Province and its obstacle factors using TOPSIS model and obstacle degree model. The results are shown as follows. (1) On the whole, from 2008 to 2016, the green development of 10 cities in Shaanxi Province is at a medium level, and the trend of evolution is mainly fluctuating and rising. There are great differences in the level of each city, and there are many types of horizontal evolution trajectories. Among them, Xi'an belongs to the type of high-level steadily rising, with an increase of 27.7%, Yulin belongs to the type of steadily decreasing from high-level to low-level, with a decrease of 13.4%. The level gap between cities shows a trend of increasing gradually. (2) From 2008 to 2016, the number of cities at the first level decreased significantly, while the number of cities at the second level increased significantly, which evolved into a unique spatial pattern in Xi'an City. The backward cities are mainly concentrated in the east of Guanzhong and Southern Shaanxi Province. (3) The main obstacle factors of each city have little change in different years, but there are obvious differences among different cities. On the whole, the tertiary industry labour productivity, the secondary labour industry productivity, the number of college and university

收稿日期: 2019-07-28

修回日期: 2019-08-21

资助项目: 陕西省教育厅重点科学研究计划项目(16JZ088); 陕西省社科界重大理论与现实问题研究项目(2019Z168); 咸阳师范学院专项科研资助项目(XSYK18056)

第一作者: 李文正(1963—), 男, 陕西咸阳人, 教授, 主要从事资源环境评价与经济地理研究。E-mail: 1434511757@qq.com

students per 10 000 urban residents, the number of buses per 10 000 urban residents and the per capita disposable income of urban households are the most important obstacle factors to Shaanxi's urban green development.

Keywords: urban green development; spatial-temporal evolution; TOPSIS; obstacle factor; Shaanxi Province

党的十八大以来,绿色发展理念作为新时期指导国家发展的一个基本方略,在我国的产业结构调整、企业技术改造、基础设施建设、生活消费、城市规划、科教投入、环境保护及治理等许多领域受到高度重视和贯彻落实。城市是人口、工商业和交通运输高度集聚的区域,消耗的资源 and 排放的废弃物数量巨大,尤其是我国最近 20 多年一直处于工业化和城镇化快速发展阶段,城市在生产规模、人口规模、空间规模、居民消费水平和小汽车数量等方面扩张速度十分迅猛,生产中存在的高投入、高能耗、高污染和低效益问题,环境中存在的空气质量差、绿地少、交通拥挤和热岛效应等问题都很突出,因此,走绿色发展道路对城市更为迫切。尽管不同学者对绿色发展内涵的阐释视角及重点有所差异,但核心要义强调运用科技创新和政策法律等方法措施,转变落后的生产方式与消费方式,达到节约资源,提升经济质量和效益,减少污染,加强环境保护与治理,实现“生态、生产、生活”三者共赢与协调发展^[1-8]。

科学的测度及评价城市绿色发展水平有助于各市准确认识自身发展的现状、特点和存在的问题,是制订和完善城市绿色发展政策和规划的基础,而目前直接针对城市绿色发展水平进行评价的研究还不多。从选用的研究数据看,有运用截面数据对某一年份不同城市绿色发展水平进行比较研究^[9-13],有利用动态数据将区域内各个城市作为一个整体,对其绿色发展水平的变化进行分析^[14]或对某一个城市绿色发展水平的变化进行分析^[15],也有运用面板数据对区域内各个城市绿色发展水平的时序演变和空间格局变化进行综合研究^[16-17]。显然,面板数据包含的信息量要远大于截面数据或动态数据,而目前还缺少运用面板数据对陕西省城市绿色发展的研究。从确定指标权重的方法看,大多选用某一种客观赋权法或主观赋权法。从综合评价模型的选择看,大多数采用线性加权求和法,该方法虽然容易计算,但存在过于突出指标值或权重较大指标的作用,也有用 TOPSIS 法^[18-19]等其他方法。在分析影响城市绿色发展水平的因素时,主要是运用相关分析对各个要素的得分对综合得分的贡献及要素权重大小进行分析^[20-22]。与已有研究相比,本文的特点在于:以陕西省 2008—2016 年 10 个地级城市面板数据为研究对象,采用了主、客观相结合的赋权方法,有助于克服主、客观赋权法各自存在的缺

陷。运用 TOPSIS 综合评价模型对各市绿色发展水平时空演变进行测算,用障碍度模型对影响各市绿色发展水平主要障碍因素进行诊断,为进一步推进陕西省城市绿色发展水平提升提供理论参考。

1 研究区概况

陕西省地处中国腹地,西北地区的最东部,经纬度介于 105°29′—111°15′E, 31°42′—39°35′N, 面积 20.56 万 km²,截至 2016 年底常住人口 3 813 万,城镇化率 55.3%,人均 GDP 为 51 015 元,第一、二、三产业产值比重分别为 8.7%, 48.9%, 42.4%。陕西省辖西安、铜川、宝鸡、咸阳、渭南、延安、汉中、榆林、安康、商洛 10 个地级市和杨凌农业高新技术产业示范区,共含 107 个县级行政区。陕西省由北到南地理环境差异显著,按地貌类型可分为陕北高原、关中盆地和陕南山地三大区。陕北高原除了北部长城沿线以北是风沙滩地,气候属温带干旱与半干旱气候,其他地区都是黄土高原丘陵沟壑区,气候属暖温带半湿润气候。陕北是陕西省面积最广,人口最稀疏的大区,煤、石油、天然气等矿产储量十分丰富,能源化工产业地位突出,榆林和延安两市均在该区。关中盆地地势平坦,属暖温带半湿润气候,交通便利,经济发达,城市和人口十分密集,西安、铜川、宝鸡、咸阳和渭南 5 市就位于该区。陕南山地分布着秦岭、大巴山及汉江河谷盆地,属于北亚热带湿润气候,植被与动物资源丰富多样,汉中、安康和商洛 3 市就在该区。

2 评价指标体系的构建与数据来源

2.1 评价城市绿色发展的指标体系

根据城市绿色发展的目标及影响因素,遵循全面性、层次性、代表性和指标数据的可获取性原则,并参考其他学者构建的指标体系^[13-14, 23],将指标体系分为 4 层,以城市绿色发展综合指数为目标层,以人居环境指数、经济增长绿色指数和环境承载力指数 3 个子系统为准则层。用城市人居环境反映城市居民居住、通勤、购物等日常生活所处的自然环境、基础设施、环境治理和社会经济文化环境。用经济增长绿色指数反映城市生产中,在能源利用,经济效率,污染物排放等方面状况。用环境承载力反映城市建成区承受的环境污染压力和城市具有的市域空间范围承受污染物的潜力。中间层设计 11 个指标,基础指标层设计 35 个,见表 1。

2.2 指标数据来源

35 个基础指标的原始数据是根据《陕西统计年鉴 2009~2017》、《中国城市统计年鉴 2009~2017》、《中国环境统计年报 2008~2016》和《陕西区域统

计年鉴2009~2017》上相关数据换算得到或直接查得的,对统计资料中缺失的个别数据和相互不一致的数据,主要通过到政府相关职能部门调研获取和校对。

表 1 陕西省城市绿色发展综合评价指标体系

A 目标层	B 准则层	C 中间层	D 基础指标层
A 城市绿色发展综合指数	B ₁ 人居环境指数	C ₁ 环境绿化	D ₁ 建成区人均公园绿地面积(m ²);D ₂ 建成区绿化覆盖率(%)
		C ₂ 空气质量	D ₃ 建成区空气质量日报优良率(%)
		C ₃ 基础设施	D ₄ 城市人均道路面积(m ²);D ₅ 城市用水普及率(%);D ₆ 城市燃气普及率(%);D ₇ 城市居民每万人拥有公共汽车(辆);D ₈ 城市每万人拥有医疗床位数(张)
		C ₄ 科教投入	D ₉ 科教支出占财政支出比重(%);D ₁₀ 城市每万人在校大学生数量(人)
		C ₅ 富裕水平	D ₁₁ 城市居民人均可支配收入(元)
		C ₆ 环境治理	D ₁₂ 工业二氧化硫去除率(%);D ₁₃ 工业烟(粉)尘去除率(%);D ₁₄ 城市生活垃圾无害化处理率(%);D ₁₅ 城市生活污水集中处理率(%)
	B ₂ 经济增长绿色指数	C ₇ 能源利用	* D ₁₆ 单位 GDP 能耗(t 标准煤/万元)
		C ₈ 经济效率	D ₁₇ 第二产业劳动生产率(万元/人);D ₁₈ 第三产业产值所占比重(%);D ₁₉ 第三产业劳动生产率(万元/人)
		C ₉ 绿色生产	* D ₂₀ 单位工业增加值二氧化硫排放量(t/亿元);* D ₂₁ 单位工业增加值氮氧化物排放量(t/亿元);* D ₂₂ 单位工业增加值烟(粉)尘排放量(t/亿元);* D ₂₃ 单位工业增加值化学需氧量排放量(t/亿元);* D ₂₄ 单位工业增加值氨氮排放量(t/亿元);D ₂₅ 工业固体废物综合利用率(%)
	B ₃ 环境承载力指数	C ₁₀ 环境承载压力	* D ₂₆ 单位建成区面积二氧化硫排放量(t/km ²);* D ₂₇ 单位建成区面积氮氧化物排放量(t/km ²);* D ₂₈ 单位建成区面积烟(粉)尘排放量(t/km ²);* D ₂₉ 单位建成区面积化学需氧量排放量(t/km ²);* D ₃₀ 单位建成区面积氨氮排放量(t/km ²)
		C ₁₁ 环境承载潜力	* D ₃₁ 单位市域面积二氧化硫排放量(t/km ²);* D ₃₂ 单位市域面积氮氧化物排放量(t/km ²);* D ₃₃ 单位市域面积烟(粉)尘排放量(t/km ²);* D ₃₄ 单位市域面积化学需氧量排放量(t/km ²);* D ₃₅ 单位市域面积氨氮排放量(t/km ²)

注:1.带“*”指标为逆向指标,其余均为正向指标。2.在计算指标 D₇各个城市居民每万人拥有公共汽车数量时,对西安市地铁根据客运量,将其换算成了对应的公共汽车数量加在该指标内。

3 研究方法

3.1 TOPSIS 法

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)是逼近于理想解的排序方法,他是 Hwang C L 和 Yoon K S 于 1981 年首次提出的^[24],是系统工程学里一种较为实用的多目标决策分析方法。它是通过测算各评价对象与“正理想解”和“负理想解”的接近程度对各评价对象的优劣进行排序。由于 TOPSIS 法对数据分布和样本数量无严格限制,能有效避免简单加权中的线性叠加思想,被广泛应用于决策方案选择、竞争力评价和效益评价等领域。TOPSIS 法具体步骤如下:

(1) 指标数据的规范化处理:设评价指标构成的样本集为 $\{x_{ij} | i=1,2,3,\cdots m; j=1,2,3,\cdots,n\}$, x_{ij} 为某个年份第 i 个城市在第 j 项指标的原始值。选用极差标准化方法对原始数据进行规范化处理,消除不同指标之间存在的量纲和量级差异,同时使指标值表现为越大越好。

对正向指标

$$x'_{ij} = (x_{ij} - \min_i x_{ij}) / (\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}) \quad (1)$$

对逆向指标

$$x'_{ij} = (\max_i x_{ij} - x_{ij}) / (\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}) \quad (2)$$

式中: $\max_i x_{ij}$ 和 $\min_i x_{ij}$ 分别为第 j 个指标的最大值和最小值,规范化处理后结果为 $\{x'_{ij} | i=1,2,3,\cdots, m; j=1,2,3,\cdots,n\}, 0 \leq x'_{ij} \leq 1$ 。

(2) 确定指标权重:客观赋权法和主观赋权法作为原理截然不同的两类确定权重方法,对同一组数据,分别用这两类方法确定的权重值差异常常较大。为了克服这两类方法各自存在的缺陷,本文将客观赋权法中的熵值法和主观赋权法中的德尔菲法相结合确定指标权重。先分别用熵值法和德尔菲法确定出各个指标的权重,再计算这两种方法算出的权重的平均值作为指标的最终权重,即 $w_j = (w_j^{(a)} + w_j^{(\beta)}) / 2$, 式中 $w_j^{(a)}$ 和 $w_j^{(\beta)}$ 分别代表用熵值法和用德尔菲法确定的指标 j 的权重; w_j 为指标 j 的最终权重。对各指标最终权重的计算结果见表 2。鉴于用熵值法和德尔菲法计算权重的方法已经很成熟,本文不再赘述,可参照相关文献^[10,13]。

表 2 2008—2016 年各指标权重及其变化情况

指标	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	平均值
D_1	0.0276	0.0245	0.0251	0.0259	0.0246	0.0245	0.0232	0.0245	0.0235	0.0248
D_2	0.0209	0.0263	0.0241	0.0297	0.0234	0.0254	0.0260	0.0184	0.0253	0.0244
D_3	0.0341	0.0330	0.0232	0.0293	0.0328	0.0166	0.0393	0.0245	0.0377	0.0301
D_4	0.0245	0.0250	0.0235	0.0239	0.0236	0.0250	0.0299	0.0360	0.0352	0.0274
D_5	0.0252	0.0215	0.0209	0.0242	0.0202	0.0207	0.0237	0.0203	0.0240	0.0223
D_6	0.0264	0.0262	0.0295	0.0209	0.0202	0.0191	0.0181	0.0191	0.0184	0.0220
D_7	0.0297	0.0320	0.0326	0.0313	0.0312	0.0288	0.0331	0.0350	0.0335	0.0319
D_8	0.0293	0.0301	0.0263	0.0256	0.0241	0.0208	0.0201	0.0203	0.0275	0.0249
D_9	0.0229	0.0305	0.0352	0.0276	0.0292	0.0312	0.0264	0.0281	0.0225	0.0282
D_{10}	0.0362	0.0439	0.0445	0.0406	0.0416	0.0483	0.0364	0.0376	0.0400	0.0410
D_{11}	0.0362	0.0392	0.0369	0.0369	0.0388	0.0385	0.0374	0.0384	0.0382	0.0378
D_{12}	0.0391	0.0213	0.0209	0.0311	0.0245	0.0211	0.0213	0.0218	0.0144	0.0239
D_{13}	0.0232	0.0234	0.0211	0.0230	0.0219	0.0221	0.0276	0.0225	0.0219	0.0230
D_{14}	0.0336	0.0236	0.0222	0.0280	0.0257	0.0326	0.0271	0.0323	0.0372	0.0291
D_{15}	0.0204	0.0286	0.0265	0.0215	0.0207	0.0308	0.0204	0.0295	0.0237	0.0247
D_{16}	0.0221	0.0230	0.0265	0.0272	0.0280	0.0279	0.0293	0.0285	0.0281	0.0267
D_{17}	0.0570	0.0536	0.0489	0.0483	0.0449	0.0333	0.0374	0.0326	0.0356	0.0435
D_{18}	0.0208	0.0242	0.0248	0.0271	0.0296	0.0296	0.0314	0.0378	0.0365	0.0291
D_{19}	0.0452	0.0441	0.0457	0.0420	0.0426	0.0494	0.0376	0.0427	0.0495	0.0443
D_{20}	0.0229	0.0258	0.0266	0.0227	0.0230	0.0225	0.0226	0.0228	0.0226	0.0235
D_{21}	0.0232	0.0185	0.0172	0.0175	0.0179	0.0174	0.0174	0.0177	0.0177	0.0183
D_{22}	0.0249	0.0249	0.0195	0.0170	0.0174	0.0172	0.0171	0.0173	0.0172	0.0192
D_{23}	0.0218	0.0251	0.0288	0.0254	0.0275	0.0281	0.0260	0.0270	0.0195	0.0255
D_{24}	0.0236	0.0246	0.0252	0.0252	0.0269	0.0316	0.0295	0.0319	0.0245	0.0270
D_{25}	0.0271	0.0262	0.0274	0.0248	0.0273	0.0260	0.0267	0.0269	0.0284	0.0268
D_{26}	0.0257	0.0264	0.0261	0.0279	0.0321	0.0291	0.0299	0.0298	0.0272	0.0282
D_{27}	0.0257	0.0274	0.0315	0.0361	0.0373	0.0327	0.0370	0.0317	0.0292	0.0321
D_{28}	0.0320	0.0273	0.0298	0.0279	0.0283	0.0302	0.0307	0.0304	0.0293	0.0295
D_{29}	0.0270	0.0283	0.0314	0.0283	0.0317	0.0330	0.0344	0.0317	0.0298	0.0306
D_{30}	0.0267	0.0287	0.0317	0.0290	0.0280	0.0277	0.0279	0.0278	0.0329	0.0289
D_{31}	0.0281	0.0285	0.0280	0.0284	0.0289	0.0284	0.0284	0.0285	0.0328	0.0289
D_{32}	0.0302	0.0286	0.0303	0.0344	0.0354	0.0356	0.0334	0.0312	0.0285	0.0320
D_{33}	0.0307	0.0289	0.0328	0.0282	0.0283	0.0324	0.0285	0.0281	0.0283	0.0296
D_{34}	0.0283	0.0289	0.0281	0.0286	0.0307	0.0313	0.0328	0.0329	0.0294	0.0301
D_{35}	0.0277	0.0279	0.0272	0.0345	0.0317	0.0311	0.0320	0.0344	0.0300	0.0307
B_1	0.4293	0.4291	0.4125	0.4195	0.4025	0.4055	0.4100	0.4083	0.4230	0.4155
B_2	0.2886	0.2900	0.2906	0.2772	0.2851	0.2830	0.2750	0.2852	0.2796	0.2838
B_3	0.2821	0.2809	0.2969	0.3033	0.3124	0.3115	0.3150	0.3065	0.2974	0.3007

(3) 构造加权规范化决策矩阵:

$$Y=(y_{ij})_{m\times n}=\begin{bmatrix}w_1x'_{11}&w_2x'_{12}&\cdots&w_nx'_{1n}\\w_1x'_{21}&w_2x'_{22}&\cdots&w_nx'_{2n}\\\vdots&\vdots&&\vdots\\w_1x'_{m1}&w_2x'_{m2}&\cdots&w_nx'_{mn}\end{bmatrix}$$

(3)

式中: w 为指标的权重。

(4) 确定评价对象的正理想解“ V^+ ”和负理想解“ V^- ”:

正理想解:

$$V^+=\{\max_{1\leqslant i\leqslant m}x_{ij}\mid j=1,2,3,\cdots,n\}=\{V_1^+,V_2^+,\cdots,V_n^+\}$$

(4)

负理想解:

$$V^- = \{ \min_{1 \leq i \leq m} y_{ij} \mid j = 1, 2, 3, \dots, n \} = \{ V_1^-, V_2^-, V_3^-, \dots, V_n^- \} \quad (5)$$

(5) 计算各评价对象指标值与 V^+ 和 V^- 的欧氏距离 S^+ 和 S^- :

正理想距离:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - V_j^+)^2} \quad (i=1, 2, 3, \dots, m) \quad (6)$$

负理想距离:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - V_j^-)^2} \quad (i=1, 2, 3, \dots, m) \quad (7)$$

(6) 计算各评价对象指标值的与理想解的相对接近度 Q_i :

$$Q_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (i=1, 2, 3, \dots, m; 0 \leq Q_i \leq 1) \quad (8)$$

其中: $0 \leq Q_i \leq 1$, Q_i 越大, 表明离负理想解的距离越远, 越接近正理想解, 评价对象状态越优良, 即绿色发展综合水平越高。同理, 可计算出各个准则层水平得分。

3.2 变异系数

变异系数是衡量不同组别数据离散程度的常用指标, 广泛地应用在评价区域之间发展水平差距的演变方面^[25], 本文用变异系数对不同年份各市绿色发展水平总体差异程度进行比较, 变异系数的计算公式为:

$$C_v = \frac{1}{R_0} \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (R_i - R_0)^2} \quad (9)$$

式中: C_v 为变异系数; m 为城市个数; R_0 为某年份各市绿色发展指数得分的平均值; R_i 为该年份城市 i 的绿色发展指数得分。 C_v 越大, 表明各市水平差异越大。

3.3 运用 ArcGIS 软件进行等级类型划分和制图

运用 ArcGIS 10.0 软件, 根据 Jenks 自然断裂法按 4 个层次对不同年份陕西省各市城市绿色发展得分进行分级。同时, 用 ArcGIS 制图对其空间格局进行可视化表达。

4 结果与分析

根据 TOPSIS 法测算的陕西省 10 个地级市 2008—2016 年城市绿色发展综合指数得分, 绘制出各市综合水平的动态变化图, 见图 1, 对陕西省 10 个地级市城市绿色发展时空演变进行分析。

4.1 陕西省城市绿色综合水平的时序演变特征

总体上看, 2008—2016 年陕西省城市绿色发展综合水平处于中等水平, 各年份 10 个市综合水平的均值为 0.491 3~0.534 6, 均值在 2014 年之前以波动上升为主, 之后出现明显下降。2016 年的均值比 2008 年提高了 6.2%, 增幅较小。而各市的水平变化幅度差异较大, 西

安提升幅度最为显著, 增幅为 27.7%, 依次渭南为 14.0%, 汉中为 13.4%, 安康为 10.0%, 商洛为 8.6%, 咸阳为 8.0%, 延安为 3.6%, 宝鸡为 -3.4%, 铜川为 -3.7%, 榆林为 -13.4%。显然, 只有宝鸡、铜川和榆林这 3 个市有所降低, 榆林降幅还较大。

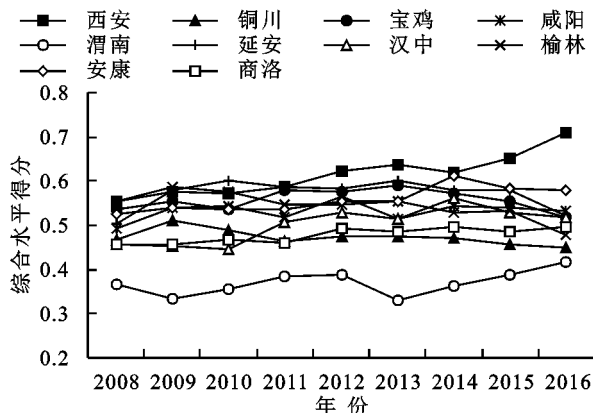


图 1 2008—2016 年陕西省 10 个地级市综合水平变化

安市综合水平演变表现出多种轨迹类型。西安一直保持着水平高并且提升较稳定, 均值排名第 1, 属于高水平稳步提升型, 主要由于西安在人居环境指数和经济增长绿色指数这两方面优势一直很突出。相反, 渭南的综合水平各年都远低于其他市, 均值排名第 10, 但波动上升较快, 属于低水平波动提升型, 主要是由于渭南在环境承载力指数和经济增长绿色指数这两方面水平一直很低。宝鸡综合水平一直居前并且波动小, 均值排名第 3, 属于较高水平稳定型, 主要由于宝鸡在人居环境指数方面一直保持优势。榆林在各市中波动下降趋势最为显著, 从 2008 年的第 2 位降到了 2016 年的第 8 位, 均值排名第 5, 属于较高水平稳步降低型, 主要是由于榆林在经济增长绿色指数和环境承载力指数两方面水平持续降低引起的。延安、安康、汉中和咸阳 4 个市水平波动幅度较大, 其中延安在 2012 年之前波动上升明显, 之后下降明显, 均值排名第 2, 属于较高水平波动型, 主要是由于延安在人居环境绿色方面波动大引起的。安康在 2014 年之前波动上升显著, 之后有所下降, 均值排名第 5, 属于较高水平波动提升型, 主要由于安康在经济增长绿色指数方面波动上升引起的。汉中在 2014 年之前波动上升显著, 之后下降明显, 均值排名第 7, 属于较低水平波动型, 主要由于汉中在经济增长绿色指数和人居环境指数两方面波动引起的。咸阳在 2012 年前上升明显, 之后有所下降, 均值排名第 6, 属于中等水平波动型, 主要由于受人人居环境指数和环境承载力指数两方面波动引起的。商洛和铜川水平一直落后并且波动变化小, 属较低水平稳定型, 前者均值排名第 8, 后者排名第 9, 其中商洛受经济增长绿色指数波动影响稍大, 铜川受环境承载力指数波

动影响稍大。

从变异系数的变化可以看出,各市之间综合水平的差距总体上呈现出波动增大的趋势。变异系数从 2008 年的 0.118 1,发展到 2016 年变为 0.152 4,显著扩大,参看图 2,变异系数最大的 2013 年比变异系数最小的 2008 年高 38.2%,变化幅度较大。各市之间综合水平差距经历了 2008—2009 年迅速扩大,2009—2012 年逐渐缩小,2012—2013 年又迅速扩大,2013—2015 年又逐渐缩小,2015—2016 年又稍微扩大的复杂过程。

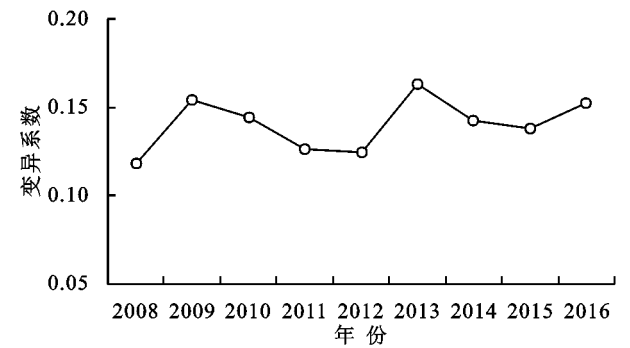


图 2 变异系数变化趋势

4.2 陕西省城市绿色综合水平的空间格局演变分析

空间格局的变化能反映研究期内各市之间绿色水平增长速度的空间差异。分别针对各个年份陕西省各市得分,运用 ArcGIS 10.0 软件,根据得分由高到低采用自然断裂法将其分为 4 个层次,如 2008 年,第一层次、第二层次、第三层次和第四层次各自的分值范围依次为 0.525 8~0.554 5,0.494 4~0.525 7,

0.455 4~0.494 3,0.365 3~0.455 3,并得到陕西省城市绿色综合水平空间格局演变图,见图 3(限于文章篇幅,文中只显示了 2008 年、2012 年和 2016 年这 3 个时间节点的图)。可以看出陕西省城市绿色综合水平空间格局的演变具有以下特征。(1) 2008—2016 年,综合水平空间格局不断变化:2008 年,第一层次的城市数量较多(西安、榆林、宝鸡和安康),在空间分布上较均衡。第二层次有 2 个(延安和咸阳),第三层次有 3 个(汉中、铜川和商洛),第四层次只有渭南 1 个。2012 年,第一层次只有西安,第二层次的城市猛增为 6 个(延安、宝鸡、咸阳、安康、榆林、汉中),主要是由于西安的水平提升幅度显著大于其他各市,而并非其他城市水平降低了。第三层次减少为 2 个(商洛和铜川),第四层的城市仍为渭南 1 个,渭南与高水平的西安近邻,并未对渭南产生辐射带动作用。2016 年,第一层次的城市仍只有西安,第二层次降为 5 个(延安、宝鸡、咸阳、安康、汉中),第三层次变为 2 个(商洛和榆林),第四层次增加成 2 个(铜川和渭南)。显然,陕西最北部的榆林和位于关中北部的铜川等级下降了。(2) 位于关中中心地区的西安一直处在第一层,尤其是 2012 年后只有西安处于第一层,一市独优的空间格局十分突出。咸阳和延安一直在第二层,商洛一直在第三层,渭南一直处在第四层。而榆林、宝鸡、安康和铜川 4 个城市的所属层次有所降低,相反,汉中有所上升,综合水平空间格局的变化主要是由这 5 个城市水平变化引起的。水平居后的 3 个城市(渭南、铜川和商洛)集中分布在关中东部和陕南东部。

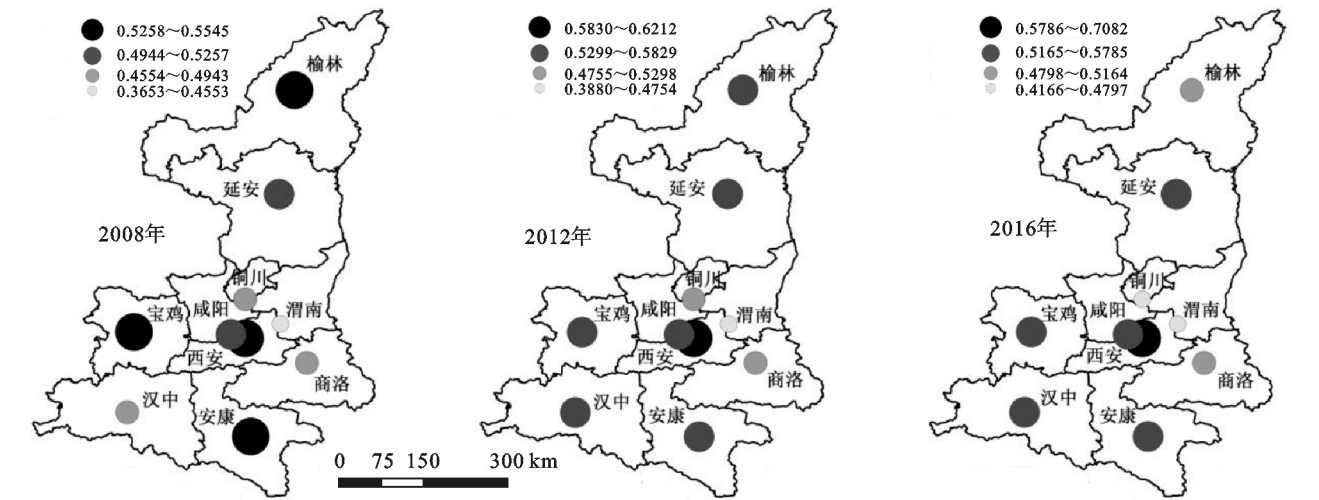


图 3 2008 年、2012 年、2016 年陕西省城市绿色综合水平空间格局

5 影响各市绿色发展的障碍因子分析

5.1 障碍度模型

各市综合水平的高低、相互差异及其演变是各个构成指标综合作用的结果,运用障碍度模型可测算和

发现制约各个城市绿色发展的障碍因素及障碍度,以便有针对性地各市绿色发展提供决策依据。某个指标障碍度越大,说明某地区绿色发展受该指标的阻碍作用越大。障碍度是根据因子贡献度和指标偏离度进行计算^[16],具体公式如下:

$$I_{ij} = \frac{U_j T_{ij}}{\sum_{j=1}^{35} U_j T_{ij}} \times 100\% \quad (10)$$

式中: I_{ij} 代表城市 i 在第 j 个指标的障碍度; U_j 为因子贡献度, 代表单项指标 j 对总目标的影响程度, 即单项指标对总目标的权重, $U_j = w_j$; T_{ij} 为指标偏离度, 指城市 i 的单项指标 j 与发展目标之间的差距, 设为单项指标标准化值与 100% 之差, 即 $T_{ij} = 1 - x'_{ij}$, 其中, x'_{ij} 为城市 i 在指标 j 的标准化值。

5.2 指标层障碍因子分析

运用障碍度模型, 对 2008—2016 年陕西省各市在 35 个基础指标上的障碍度进行了测算并按障碍度从大到小排序, 结果见表 3 (限于篇幅, 表 3 只列出了 2008 年、2012 年、2016 年各市障碍度从大到小排序前 8 位主要障碍因子)。前 8 位主要障碍因子的障碍度合计一般都在 60% 以上, 最少的也在 43% 以上, 显然, 它们影响作用在 35 个障碍因子中很突出。通过对 10 个城市各个年份排序前 8 位主要障碍因子的出现频次、覆盖面及障碍度特点进行分析可知:

(1) 从整体上看, 存在具有普遍影响的障碍因子, 主要是 D_{19} 第三产业劳动生产率 (出现 78 次, 覆盖面 87%, 平均障碍度 8.60%)、 D_{17} 第二产业劳动生产率 (出现 73 次, 覆盖面 81%, 平均障碍度 9.17%)、 D_{10} 城市每万人在校大学生数量 (出现 70 次, 覆盖面 78%, 平均障碍度 7.69%)、 D_7 城市居民每万人拥有公共汽车 (出现 58 次, 覆盖面 64%, 平均障碍度 6.12%) 和 D_{11} 城市居民人均可支配收入 (出现 52 次, 覆盖面 58%, 平均障碍度 7.32%)。可以看出, 这 5 个因子的出现频次、覆盖面及障碍度都很大, 成为整体上制约陕西省城市绿色发展的最主要障碍因子, 反映出陕西省 10 个地级城市整体上在第二产业和第三产业方面水平不高, 陕西以煤炭、石油、天然气开采及加工、装备制造和有色冶炼等工业比重较高, 需要进一步进行结构调整、技术改造和提升管理水平, 而出现这一结果的另一原因与榆林在这两个指标方面水平显著高于其他市有关。面对近些年城镇化的迅猛发展, 公共交通设施建设还不能适应城市人口流动量的快速增长, 需加快提升公共交通水平 (包含地铁建设)。城市居民收入水平和在校大学生数量这两个障碍因子原因与西安在这两个指标方面水平显著高于其他市有关, 尤其是西安在高等教育规模方面远远高于其他城市。

(2) 分别从各个城市在不同年份主要障碍因子变化看, 各自变化不大, 但不同城市之间比较, 各自的主要障碍因子存在明显差别。西安市的主要障碍因

素是 D_{17} 第二产业劳动生产率、 D_3 建成区空气质量日报优良率、 D_{35} 单位市域面积氨氮排放量、 D_{34} 单位市域面积化学需氧量排放量、 D_9 科教支出占财政支出比重和 D_1 建成区人均公园绿地面积等, 只有 1 个属于普遍影响的障碍因子, 与其他 9 个城市差异很大。第二产业劳动生产率不高主要因为西安的第二产业就业人数巨大, 许多老企业在产品、技术设备等方面更新缓慢有关。建成区空气质量日报优良率在 10 市中最低, 主要由于西安的工业生产和人口居住高度集中, 生产和交通车辆产生的废气显著多于其他城市, 同时也与西安处于关中盆地中央及气象条件有关。单位市域面积化学需氧量与氨氮排放量大及建成区人均公园绿地面积小都主要与西安人口规模大、集聚程度高及生活废水排放量大有关。西安的科教支出占财政支出比重不高是由于近些年陕南、陕北和关中的铜川、渭南在教育硬件设施的改建和增添方面力度较大。

铜川市和渭南市的主要障碍因素相似, 主要为 D_{19} 第三产业劳动生产率、 D_{10} 城市每万人在校大学生数量、 D_{17} 第二产业劳动生产率、 D_{11} 城市居民人均可支配收入和 D_{32} 单位市域面积氮氧化物排放量等。铜川和渭南两市经济水平在 10 市中处于中等, 高等教育规模小, 尤其是铜川在每万人在校大学生数量显著低于其他 9 市。单位市域面积氮氧化物排放量远远高于其他 8 个市, 与这两市的煤炭、火力发电、有色和钢铁冶炼、水泥等重工业规模大有关。

宝鸡市主要障碍因素是 D_{10} 城市每万人在校大学生数量、 D_{19} 第三产业劳动生产率、 D_7 城市居民每万人拥有公共汽车、 D_{17} 第二产业劳动生产率和 D_{29} 单位建成区面积化学需氧量排放量等。在 10 市中, 宝鸡的第二、三产业劳动生产率处于中上水平, 每万人在校大学生数量处于中下水平。每万人拥有公共汽车属中上水平。单位建成区面积化学需氧量排放高, 主要与生活污水排放量大有关。

咸阳市主要障碍因素是 D_{17} 第二产业劳动生产率、 D_{19} 第三产业劳动生产率、 D_{18} 第三产业产值所占比重、 D_3 建成区空气质量日报优良率和 D_7 城市居民每万人拥有公共汽车等。在 10 市中, 咸阳市的第二、三产业劳动生产率处于中等水平, 第三产业比重较低。咸阳的空气质量日报优良率较低, 与其工业生产和汽车废气排放、空间上紧邻西安及自然条件有关。咸阳每万人拥有公共汽车属中上水平, 但与其社会经济水平及城市人口规模还不协调。

延安市主要障碍因素是 D_{19} 第三产业劳动生产率、 D_4 城市人均道路面积、 D_{17} 第二产业劳动生产率、

D_{18} 第三产业产值所占比重和 D_3 建成区空气质量日报优良率等。在 10 市中,延安市的第二、三产业劳动生产率处于中等水平,第三产业比重最低。城市人均道路面积也是最低,空气质量日报优良率水平中等。

榆林市主要障碍因素是 D_{10} 城市每万人在校大学生数量、 D_7 城市居民每万人拥有公共汽车、 D_{27} 单位建成区氮氧化物排放量、 D_{28} 单位建成区面积烟(粉)尘排放量和 D_{18} 第三产业产值所占比重等。在 10 市中,榆林的每万人在校大学生数量水平居中,每万人拥有公共汽车水平居中,这与其经济水平很不协调。单位建成区面积氮氧化物排放量和烟(粉)尘排

放量在 10 市中分别居第 2 和第 1,尤其烟(粉)尘排放量远高于其他城市,这是榆林以煤炭开采、煤化工和火力发电为主导产业带来的突出问题。

汉中市、安康市和商洛市的主要障碍因素相似,主要为 D_{19} 第三产业劳动生产率、 D_{11} 城市居民人均可支配收入、 D_{17} 第二产业劳动生产率、 D_{10} 城市每万人在校大学生数量和 D_7 城市居民每万人拥有公共汽车等。陕南 3 市在全省 10 市中经济最落后,这与他们在矿产、耕地、人才等资源条件及交通等经济区位条件处于劣势有关。高教规模与城市公交方面主要是安康市和商洛市在全省最落后。

表 3 2008—2016 年影响陕西城市绿色发展的主要障碍因子及障碍度排序

城市	年份	障碍因子及障碍度排序							
		1	2	3	4	5	6	7	8
西安	2008	D_{17} (15.31%)	D_3 (9.21%)	D_{12} (8.45%)	D_{35} (7.78%)	D_{34} (7.64%)	D_{33} (7.13%)	D_1 (5.70%)	D_9 (5.05%)
	2012	D_{17} (16.01%)	D_3 (11.70%)	D_{35} (11.31%)	D_{34} (10.95%)	D_9 (10.41%)	D_{19} (5.03%)	D_1 (4.67%)	D_{29} (4.14%)
	2016	D_{17} (18.94%)	D_3 (15.32%)	D_9 (11.97%)	D_{19} (10.37%)	D_{14} (7.02%)	D_1 (5.69%)	D_{34} (5.53%)	D_{15} (5.05%)
铜川	2008	D_{17} (11.68%)	D_{19} (8.83%)	D_{12} (7.73%)	D_{10} (7.42%)	D_{14} (6.89%)	D_{11} (6.17%)	D_7 (5.04%)	D_6 (4.00%)
	2012	D_{17} (8.71%)	D_{10} (8.57%)	D_{19} (8.32%)	D_{27} (7.68%)	D_{32} (7.29%)	D_{11} (6.34%)	D_3 (6.24%)	D_{33} (5.83%)
	2016	D_{19} (9.28%)	D_{10} (7.62%)	D_{14} (7.09%)	D_{17} (6.65%)	D_{11} (5.76%)	D_{27} (5.57%)	D_{32} (5.43%)	D_{33} (5.40%)
宝鸡	2008	D_{17} (12.75%)	D_{12} (9.47%)	D_{19} (7.56%)	D_{10} (7.54%)	D_3 (6.81%)	D_{13} (5.81%)	D_{25} (4.51%)	D_7 (4.38%)
	2012	D_{17} (10.90%)	D_{10} (10.40%)	D_{19} (8.06%)	D_3 (7.53%)	D_{29} (7.48%)	D_{18} (7.24%)	D_9 (6.29%)	D_7 (6.09%)
	2016	D_{18} (8.51%)	D_{10} (8.18%)	D_3 (8.16%)	D_{30} (7.67%)	D_{19} (7.50%)	D_{29} (6.94%)	D_{25} (6.62%)	D_7 (4.66%)
咸阳	2008	D_{17} (11.65%)	D_{12} (8.33%)	D_{19} (8.11%)	D_3 (6.90%)	D_{14} (6.53%)	D_9 (4.97%)	D_{15} (4.43%)	D_7 (3.99%)
	2012	D_{17} (10.30%)	D_{19} (8.47%)	D_9 (6.87%)	D_{35} (6.43%)	D_{18} (6.14%)	D_{32} (5.44%)	D_3 (4.83%)	D_7 (4.81%)
	2016	D_{19} (9.21%)	D_{18} (8.83%)	D_{35} (7.25%)	D_{34} (7.11%)	D_{17} (6.12%)	D_{30} (6.07%)	D_3 (5.75%)	D_7 (5.75%)
渭南	2008	D_{17} (8.29%)	D_{19} (5.93%)	D_{28} (4.75%)	D_{10} (4.69%)	D_{33} (4.55%)	D_{32} (4.48%)	D_{11} (4.47%)	D_{31} (4.17%)
	2012	D_{17} (6.69%)	D_{19} (6.25%)	D_{10} (6.04%)	D_{32} (5.36%)	D_{26} (5.23%)	D_{29} (5.16%)	D_{11} (5.08%)	D_{27} (4.86%)
	2016	D_{19} (8.52%)	D_{10} (6.51%)	D_{14} (6.30%)	D_3 (6.12%)	D_{31} (5.89%)	D_{17} (5.63%)	D_{11} (5.49%)	D_7 (5.10%)
延安	2008	D_{19} (9.40%)	D_{12} (8.73%)	D_{17} (8.26%)	D_3 (7.48%)	D_{27} (5.74%)	D_4 (5.47%)	D_{10} (5.12%)	D_{11} (4.76%)
	2012	D_{19} (10.54%)	D_{18} (8.25%)	D_{17} (8.06%)	D_3 (7.75%)	D_{14} (7.14%)	D_{12} (6.83%)	D_4 (6.58%)	D_{10} (6.16%)
	2016	D_{19} (11.66%)	D_4 (8.43%)	D_{17} (7.14%)	D_{14} (6.95%)	D_{10} (6.61%)	D_{18} (6.54%)	D_3 (5.32%)	D_{30} (4.77%)
汉中	2008	D_{17} (10.90%)	D_{19} (8.38%)	D_{11} (6.96%)	D_{28} (5.61%)	D_1 (5.04%)	D_5 (4.84%)	D_{10} (4.52%)	D_7 (4.50%)
	2012	D_{17} (10.16%)	D_{11} (9.16%)	D_{19} (8.55%)	D_{10} (7.09%)	D_7 (5.83%)	D_1 (5.81%)	D_9 (5.11%)	D_4 (4.53%)
	2016	D_{19} (9.32%)	D_{11} (8.68%)	D_3 (8.29%)	D_4 (7.09%)	D_{17} (5.96%)	D_{10} (5.87%)	D_7 (5.68%)	D_5 (5.53%)
榆林	2008	D_{12} (7.65%)	D_{13} (7.29%)	D_3 (6.35%)	D_1 (6.30%)	D_{10} (5.57%)	D_6 (5.39%)	D_{22} (5.34%)	D_7 (5.25%)
	2012	D_{27} (8.16%)	D_{10} (7.42%)	D_{26} (6.66%)	D_{28} (6.33%)	D_{18} (5.84%)	D_{20} (5.14%)	D_{11} (4.99%)	D_7 (4.92%)
	2016	D_3 (6.89%)	D_{10} (6.02%)	D_{14} (5.92%)	D_{18} (5.52%)	D_{28} (5.36%)	D_{26} (4.97%)	D_{24} (4.48%)	D_7 (4.41%)
安康	2008	D_{17} (11.70%)	D_{19} (10.65%)	D_{11} (8.81%)	D_{10} (8.42%)	D_{14} (7.47%)	D_7 (7.23%)	D_8 (6.59%)	D_6 (6.42%)
	2012	D_{19} (10.45%)	D_{10} (10.21%)	D_{11} (9.62%)	D_{17} (8.76%)	D_7 (8.11%)	D_{14} (6.68%)	D_{12} (6.16%)	D_{15} (5.38%)
	2016	D_{19} (13.69%)	D_{11} (10.73%)	D_{10} (10.55%)	D_7 (9.90%)	D_{18} (8.54%)	D_8 (7.15%)	D_{13} (6.47%)	D_{25} (5.91%)
商洛	2008	D_{17} (9.99%)	D_{19} (8.45%)	D_{11} (6.38%)	D_{10} (6.23%)	D_7 (5.39%)	D_8 (5.37%)	D_{25} (5.07%)	D_{30} (4.99%)
	2012	D_{19} (8.76%)	D_{17} (8.06%)	D_{11} (7.83%)	D_{10} (6.99%)	D_7 (6.17%)	D_{30} (5.76%)	D_{23} (5.65%)	D_{25} (5.61%)
	2016	D_{19} (10.65%)	D_{11} (8.22%)	D_{14} (7.40%)	D_4 (7.27%)	D_7 (7.21%)	D_{10} (6.93%)	D_{18} (6.52%)	D_{17} (5.92%)

注:括号内数据表示相应指标的障碍度大小。

5.3 准则层障碍因子分析

根据不同年份各市在各个基础指标的障碍度计算了各年份 3 个准则层指标的障碍度,见图 4。可以看出,3 个准则层指标的障碍度差异较大。人居环境方面的障碍度最大,并且各年份一直远高于其他两个准则层指标,障碍度处在 46.26%~54.08%之间,一直是制约陕西省城市绿色发展最主要的因素。经济增长方面的障碍度较大,处在 28.74%~31.94%之间。环境承载力方面的障碍度最小,处在 14.68%~22.87%之间。从 3 个准则层指标障碍度的变化看出,在研究期 3 个准则层指标的障碍度变化幅度都较小,尤其是经济增长方面障碍度波动幅度很小。人居环境方面的障碍度在 2008—2012 年呈明显减小趋势,相反,环境承载力方面的障碍度却在同期呈明显增大趋势,反映出 2008—2012 年陕西省城市绿色发展受人居环境方面的制约趋于减小,受环境承载力方面的制约趋于增大。2012 年以后,这两个方面的障碍度都变化很小。从障碍度大出现频次又高的这些障碍因子所在准则层及中间层看,各年份主要集中在人居环境中的空气质量、基础设施、科教投入、富裕水平和环境治理等多个方面。其次是经济增长中的经济效率方面。在环境承载力中分布最少,主要在环境承载压力方面。

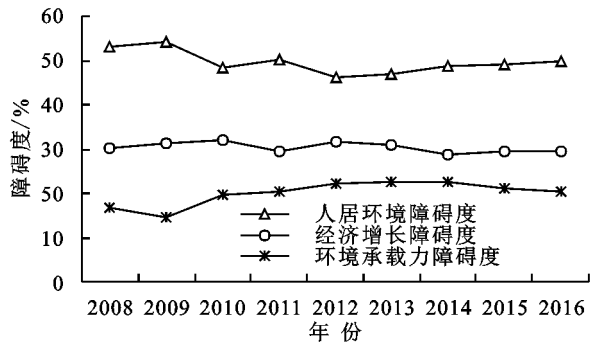


图 4 2008—2016 年各准则层指标障碍度

6 结论与讨论

(1) 本文以 2008—2016 年陕西省 10 个地级城市面板数据为研究对象,构建了包含 3 个准则层指标、11 个中间层指标和 35 个基础指标的评价指标体系,将客观赋权和主观赋权相结合确定指标权重,运用 TOPSIS 模型进行综合测算及评价,采用 ArcGIS 软件对评价结果进行空间表达,利用障碍度模型对制约各市绿色发展水平的主要障碍因子做了诊断。研究方法合理,评价结果准确,对指导陕西省城市绿色发展有一定参考价值。

(2) 从时间演变看,各市综合水平整体上处于中等,波动变化的幅度较小,表明研究期内陕西省在城市绿色转型发展中进步不大,能够提升的空间还较大,需要引起重视。各市水平演变轨迹表现出多种类型,反映出各市绿色发展各自的优劣势存在差异。有 7 个城市水平有所提升,西安提升幅度最大(增幅为 27.7%),渭南虽然提升幅度也较大,但水平一直在各市中处于最低。有 3 个城市水平有所下降,榆林下降幅度最大(降幅为 13.4%)。各市之间的水平差异总体上呈增大趋势,其中西安的水平提升最快,越来越高于其他城市。

(3) 从空间格局演变看,西安一直处于水平最高的第一层次,其水平提升速度远大于其他市,到 2012 年水平处于第一层次的城市已由原来的 4 个减少成只有西安 1 个的空间格局。水平处于第二层次的城市增加较多,第三和第四层次的城市数量变化较小。集中分布在关中和陕南东部的渭南、铜川和商洛水平居后,其中渭南一直处于水平最低的第四层。各市水平高低与所处的自然环境相关性不明显,主要与各市的主导产业门类、产业结构、经济水平以及基础设施水平关系密切。针对城市绿色发展水平在空间上的不均衡性,今后应推动高水平城市与低水平城市之间在产业技术合作、产业转移、相互投资、环境保护与治理等多领域合作,发挥高水平城市的辐射带动作用。陕西省政府也可以通过对低水平的城市在交通等基础设施建设、科教投入、引导外来投资等方面给予更多的支持。

(4) 障碍因子分析结果表明,各市在城市绿色发展过程中,遇到的主要障碍因子有差异明显,但各市的主要障碍因子在不同年份变化不大。各市都存在一些严重影响绿色发展水平的因素,即便是水平最高,水平提升最稳定的西安也存在着第二产业劳动生产率不高,城区空气质量不高、氨氮排放量大等突出问题。总体上看,陕西省各市今后要加大对第二、三产业的技术改造,提高劳动生产率。陕西其他城市在高等教育规模和城市公共汽车(含地铁)方面,存在着与西安差距过大的问题,另外,城市居民经济收入水平较低也是一个突出问题。障碍度大的因子分布在城市人居环境方面相对较多。

(5) 城市绿色发展涉及政策、经济、社会、生活及生态环境等许多领域的绿色转型,任务十分复杂而艰巨。要提高陕西省各市绿色发展水平,省、市领导和有关管理部门必须从思想上充分认识实施城市绿色

发展战略的重要性,要准确了解各市绿色发展特点和存在的障碍,认真分析问题产生的原因,制定城市绿色发展的政策制度、规划和措施。从产业空间布局、产业结构调整、企业技术改造、科教投入、交通等基础设施建设、生态环境保护与治理等多方面,对各市实施绿色发展状况进行监督、指导和考核,并协调和解决好各市在实施绿色发展政策方面出现各种问题,才能推动陕西省各市绿色发展水平的快速提高。

参考文献:

- [1] 黄志斌,姚灿,王新.绿色发展理论基本概念及相互关系辨析[J].自然辩证法研究,2015,31(8):108-113.
- [2] 胡岳岷,刘甲库.绿色发展转型:文献检视与理论辨析[J].当代经济研究,2013,29(6):33-42.
- [3] 秦小丽,刘益平.绿色发展研究述评[J].社会科学家,2018(4):70-81.
- [4] 王永芹,王连芳.当代中国绿色发展观研究[M].北京:社会科学文献出版社,2018:116-122.
- [5] 胡鞍钢,周绍杰.绿色发展:功能界定机制分析与发展战略[J].中国人口·资源与环境,2014,24(1):14-20.
- [6] 黄海峰,王昕宇,吴华南,等.中国绿色创新之路[M].北京:首都经济贸易大学出版社,2016:53-69.
- [7] Carmen L T, Marilena P. Green Economic Growth Premise for Sustainable Development [J]. Theoretical and Applied Economics, 2013(1):28-34.
- [8] Eve Z B. Contradictions of green development: human rights and environmental norms in light of belo monte dam activism [J]. Journal of Latin American Studies, 2014,46(2):261-289.
- [9] 李文正.基于层次分析法的陕西省城市绿色发展区域差异测度分析[J].水土保持研究,2015,22(5):152-157.
- [10] 刘凯,任建兰,穆学英,等.中国地级以上城市绿色化水平测度与空间格局[J].经济问题探索,2017(11):77-83.
- [11] 石敏俊,刘艳艳.城市绿色发展:国际比较与问题透视[J].城市发展研究,2013,20(5):140-145.
- [12] 欧阳志云,赵娟娟,桂振华,等.中国城市的绿色发展评价[J].中国人口·资源与环境,2009,19(5):11-15.
- [13] 北京师范大学经济与资源管理研究院,西南财经大学发展研究院,国家统计局中国经济景气监测中心.2012中国绿色发展指数报告:区域比较[M].北京:北京师范大学出版社,2015.
- [14] 李文正,刘宇峰,陈玲侠.2006—2015 陕西省城市绿色发展水平演变分析[J].河南科学,2017,35(11):1838-1844.
- [15] 李妍,朱建民.生态城市规划下绿色发展竞争力评价指标体系构建与实证研究[J].中央财经大学学报,2017(12):130-138.
- [16] 马勇,黄智洵.长江中游城市群生态文明水平测度及时空演变[J].生态学报,2016,36(23):7779-7791.
- [17] 朱斌,吴赐联.福建省绿色城市发展评判与影响因素分析[J].地域研究与开发,2016,35(4):74-78.
- [18] 袁文华,李建春,刘呈庆,等.城市绿色发展评价体系及空间效应研究:基于山东省 17 个地级市时空面板数据的实证分析[J].华东经济管理,2017,31(5):19-27.
- [19] 陈彦,陈英,谢保鹏,等.嘉峪关市土地利用绩效评价及障碍因子诊断[J].水土保持研究,2018,25(5):226-233.
- [20] 黄跃,李琳.中国城市群绿色发展水平综合测度与时空演化[J].地理研究,2017,36(7):1309-1322.
- [21] 李华旭,孔凡斌,陈胜东.长江经济带沿江地区绿色发展水平评价及影响因素分析:基于沿江 11 省(市)2010—2014 年的相关统计数据[J].湖北社会科学,2017(8):68-76.
- [22] 刘凯,任建兰,穆学英,等.中国地级以上城市绿色化评价[J].统计与信息论坛,2018,33(1):36-42.
- [23] 耿天召,朱余,王欢.城市绿色发展竞争力评价研究[J].环境监控与预警,2014,6(1):15-19.
- [24] Hwang C L, Yoon K S. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1981.
- [25] 丁志伟,张改素,王发曾.中原地区多尺度城乡收入的时空分异[J].地理研究,2015,34(1):131-148.