

中国城市韧性与产业结构耦合协调的时空分异研究

史玉芳, 张天伦*

西安科技大学管理学院, 西安 710054

摘要 为验证中国城市韧性与产业结构的耦合协调发展关系, 分别构建城市韧性与产业结构的评价指标体系, 采用熵值法对中国 2011—2020 年除西藏外 30 个省的综合水平进行测度, 通过耦合协调模型及空间自相关模型分析耦合协调度的时空变化及空间分布特征。结论如下: (1) 城市韧性与产业结构整体呈稳步增长趋势, 在新冠疫情公共卫生事件背景下, 各省城市韧性方面影响不大, 但产业结构方面受到不同程度的影响。(2) 中国城市韧性与产业结构耦合协调度整体处于上升阶段但水平较低, 省份之间差异大, 呈“东部沿海地区至西部逐渐减弱, 南强北弱”的分布格局。(3) 中国城市韧性与产业结构耦合协调度全局呈正相关关系, 空间呈集聚非均衡分布, 东南地区出现高-高集聚, 西北地区出现低-低集聚。未来应统筹城市韧性与产业结构的协同发展, 采取具有地域特色的措施进一步提升和促进城市可持续发展。

关键词 城市韧性; 产业结构; 耦合协调; 时空分异

从 2002 年“城市韧性”概念在联合国可持续全球发展峰会上首次提出, 到 2013 年洛克菲勒基金会通过“全球 100 韧性城市”推动韧性城市建设进程, 再到党的二十大报告提出实施城市更新行动, 打造宜居、韧性、智慧城市, 城市韧性已从应对灾害能力提升到风险防控预警、城市治理等各个方面。城市韧性涉及经济发展、教育医疗、基础设施和生

态环境等多要素, 其中经济建设是城市发展的中心点, 而产业结构优化升级作为经济高质量发展的内在需求和动力^[1], 通过资源合理配置、促进经济稳步发展等为城市韧性提升提供有效支撑。“十四五”规划提出将产业基础高级化、产业链现代化作为奋斗目标, 党的二十大报告提出推动产业结构、能源结构等优化调整。可见产业升级是打造宜居、韧性、

收稿日期: 2022-11-02; 修回日期: 2023-02-15

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(70901065); 教育部人文社会科学规划基金项目(21YJA630078); 陕西省科技厅软科学项目(2021KPM149); 西安市软科学项目(21RKYJ0015)

作者简介: 史玉芳, 教授, 研究方向为城市更新与可持续发展, 电子信箱: 39597495@qq.com; 张天伦(通信作者), 硕士研究生, 研究方向为城市更新与可持续发展, 电子信箱: 932570480@qq.com

引用格式: 史玉芳, 张天伦. 中国城市韧性与产业结构耦合协调的时空分异研究[J]. 科技导报, 2023, 41(8): 132-144; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.08.013

智慧城市的着力点和驱动力量。

城市韧性与产业结构之间相互影响、相互制约。一方面城市韧性提升能进一步促进产业结构优化升级。城市经济环境的稳定、教育医疗水平的提升、基础设施的完善、生态环境的改善及科学技术的突破等都为产业结构优化升级提供保障。韩文艳等^[2]指出科创能力的提高将直接促进产业结构的优化升级。而面对低水平的城市韧性,经济下滑、环境破坏、人口流失等各方面问题逐渐暴露,城市发展能力遭到重创,产业结构缺乏良好的发展空间,王鹏飞等^[3]指出在此情况下经济系统会优先保全核心产业运转,削弱甚至放弃边缘产业,大大影响产业结构优化调整。另一方面,产业结构对城市韧性的影响可以从产业集聚效应与扩散效应两方面进行分析^[4-5]。产业集聚效应即产业在空间上表现为集聚现象,随着生产要素的不断积聚,吸引更多生产要素投入。陈奕玮等^[4]指出产业集聚的正外部性效应是提高城市经济韧性、促进城市经济增长的内在动力,从而推动城市韧性水平的提升,胡晓辉^[6]的研究也证实了这种观点。扩散效应是产业集聚到一定程度后带动其他行业或在空间上外溢至其他地区,从而带动其他行业或周边地区发展的现象,类似于集聚效应中产业结构与城市韧性的作用机制,通过提高经济韧性来提升城市或城市群韧性水平。这也说明了产业结构的合理化有助于推动城市韧性水平的提升,而产业结构不合理直接导致经济下滑、科创能力受限,使城市韧性高水平发展面临困境。

综上,城市韧性水平的提升能从各方面为产业结构升级提供良好的发展环境,促进产业结构的优化;而产业结构的升级也进一步推动城市韧性的发展,使城市的功能更加完备。二者互为因果、且相互制约,并非独立存在,而是协同促进城市化水平的提升,同时吸引外来资源,形成良性循环,因此城市韧性与产业结构的耦合协调度能够检验城市发展过程中应对灾害及可持续发展的能力与资源配置效率是否同步发展,是否出现“瘸腿”现象,这不仅是我国可持续发展关注的重点,也是社会和谐稳定的客观要求。现阶段,研究中国城市韧性与产业

结构耦合协调水平在时序上发展态势、在空间上是否存在集聚现象,以及城市韧性与产业结构的耦合协调关系对城市更新与发展具有重要意义。

1 研究进展

韧性(resilience)最初指物体受到外力作用后能够恢复到原始状态的能力^[7]。1973年加拿大生态学家Holling^[8]将韧性应用到生态领域,并将工程韧性与生态韧性区分开。随着研究的不断深入,“韧性”被引入到城市研究领域。韧性联盟(resilience alliance)强调城市韧性是城市受到外界干扰后仍能保持其原有结构不变、关键功能正常运转。近年来,学者对城市韧性相关的内容研究较多,可以分为城市韧性综合评估和耦合协调两方面。在城市韧性综合评估方面,有学者针对城市中生态或经济等某一系统进行评估,例如夏楚瑜等^[9]从抵抗力、适应力、恢复力3个维度出发构建城市生态韧性评估模型,探究城市防范化解生态风险能力的时空差异,明确城市分区生态治理是实现韧性城市生态风险防控的有利途径。虽然研究体系更具有针对性,但缺乏全面性,更多研究从不同维度对城市或区域整体进行评估,例如陈韶清等^[10]提出从经济韧性、基础设施韧性、社会韧性及生态韧性4个维度运用综合评价法及障碍度模型等对长江中游城市群进行分析,明晰其城市韧性的时空演变格局及障碍因子。刘彦平^[11]提出从文化韧性、经济韧性、社会韧性、环境韧性及形象韧性5个维度对全国288个城市的韧性系统进行整体测评,使城市韧性评价体系更加全面客观。在城市韧性耦合协调方面,白帅等^[12]采用数据包络分析及耦合协调度模型探究河南省2019年城市韧性与土地利用效率的耦合协调关系,通过空间类型划分,得出经济韧性与生态韧性呈负相关关系,研究区域的协调性呈“t”型空间分布。除了按照行政区域划分进行耦合分析之外,还有学者对不同城市群进行总体分析。例如和佳慧等^[13]运用熵值法、重心模型及修正耦合协调度模型探究2015—2019年成渝双城经济圈城市韧性与科技创新的耦合协调发展水平,得出总体呈

“成都、重庆双核高,周边低”的空间分布格局,且科技创新较为滞后,该研究突破固有的行政划分,对经济及地理双重联系紧密的城市群合并分析,更具有现实意义。

产业结构相关的研究内容主要有两方面,一是产业结构作为自变量或因变量分析与其他变量间的相互影响关系,如杨文捷等^[14]以产业结构作为自变量通过实证分析探究其对经济增长的影响,得出产业结构高级化及产业集聚能正向促进经济增长,宏观经济不稳定能够抑制此影响作用。孙勇等^[15]以产业结构升级为因变量通过实证分析探究数字技术创新对它的影响,得出数字技术创新能正向促进产业结构升级。二是在验证产业结构协调发展关系方面,如熊兴等^[16]通过实证分析验证成渝地区新型城镇化与产业结构升级的协调发展关系,得出两个体系呈稳步上升态势,但耦合协调度水平仍需进一步加强。张明斗等^[17]借助耦合协调度模型探究东北地区产业结构优化与城市土地集约利用的耦合协调水平,得出耦合协调度的演变历程为先上升后下降,再稳步上升,空间上呈“多中心多圈层”的分布特征。在此方面研究内容呈点状分布,尚缺乏与城市韧性相关变量的耦合协调发展关系的研究。

关于城市韧性与产业结构的作用关系研究较少,徐圆等^[18]认为产业结构多元化直接影响经济韧性,在灾害来临之际起到“稳定器”的作用,从而增强城市韧性。彭荣熙等^[19]在此基础上从时、空角度研究产业结构对城市经济韧性的影响,从其差异性入手探究长、短期经济韧性的影响因素。除此之外,刘成昆等^[20]认为产业结构多元化对城市创新能力有正向促进作用,从而促进城市韧性水平的提升,这一研究抛开了“产业结构正向作用于城市经济韧性,从而促进城市韧性水平的提升”这一固有思路,为今后的研究提供了新方向。

综上,现有文献对城市韧性评估及产业结构等均有一定研究成果,对产业结构与城市韧性的不同作用关系也有一定的研究,但鲜有关于城市韧性与产业结构协调发展的验证。鉴于此,本文可能的边际贡献主要在于:(1)基于中国2011—2020年除

西藏外30个省的面板数据,分别构建城市韧性与产业结构评价指标体系,采用熵值法进行测度,对二者进行了较为全面的评价。(2)构建耦合协调模型测算二者的耦合协调度,并从时空两个角度讨论其演化特征、分析发展格局,相比以往研究更能准确分析二者耦合协调度的空间异质性。(3)运用空间自相关模型检验中国城市韧性与产业结构的耦合协调度空间集聚态势,并提出相关建议。

2 研究设计

2.1 数据来源

以中国大陆除西藏外30个省份为研究对象,以各省为研究的基本单元进行整体评价,不考虑省内区域间的差异性,其结果表征各省的整体水平。研究数据主要来源于2011—2020各年《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国科技统计年鉴》及各省统计年鉴,部分缺失数据根据插值法补全。

2.2 研究方法

2.2.1 熵值法

目前指标权重的计量方法较多,德尔菲法、层次分析法等具有主观性,对评价研究对象具有一定偏差,熵值法作为客观赋权方法中常用的一种,能够避免人为因素的影响。同时在原有公式基础上增加了时间变量,以此改进了熵值法,更加适用于本文的面板数据,具体计算过程如下。

对于正向指标和负向指标分别进行式(1)、式(2)的标准化处理:

$$x'_{\theta ij} = \frac{x_{\theta ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

$$x'_{\theta ij} = \frac{x_{\max} - x_{\theta ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

并根据以下公式依次计算指标比重 $P_{\theta ij}$ 、熵值 E_j 、信息效用值 g_j 、各指标权重及各省份综合指数 W_j :

$$P_{\theta ij} = \frac{x'_{\theta ij}}{\sum_{\theta} \sum_i x'_{\theta ij}} \quad (3)$$

$$E_j = -k \sum_{\theta=1}^r \sum_{i=1}^n P_{\theta ij} \ln P_{\theta ij} \quad (4)$$

$$g_j = 1 - E_j \quad (5)$$

$$W_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (6)$$

式中,共有 r 个年份, n 个省市, m 个指标, $x_{\theta ij}$ 表示第 θ 年省份 i 的第 j 个指标值。

2.2.2 耦合协调模型

耦合源于物理学,反映元素间关联交互的程度。城市韧性与产业结构相互关联、互为影响。因此借鉴耦合度模型探究两系统间的交互作用,公式如下:

$$C = 2 \sqrt{\frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2)(U_1 + U_2)}} \quad (7)$$

式中, C 是耦合度值, U_1 是城市韧性的综合得分, U_2 是产业结构的综合得分。

耦合度仅表现两系统的耦合强度,不能表征系统间是高水平促进还是低水平制约,进而进入协调度模型。协调度模型如下:

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (8)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (9)$$

式中, T 是城市韧性与产业结构的综合协调指数, α 、 β 分别表示城市韧性与产业结构的权重,本文认为两系统同等重要,均取0.5。 D 表示耦合协调度, D 值越大则两者协调发展水平越高。

为进一步反映二者的耦合协调关系,参考方大春等^[21]的研究,对耦合协调类型进行如表1划分。

表1 耦合协调发展度判别依据及类型

数值区间	耦合度类型	数值区间	耦合度类型
0~0.0999	极度失调	0.5~0.5999	勉强协调
0.1~0.1999	严重失调	0.6~0.6999	初级协调
0.2~0.2999	中度失调	0.7~0.7999	中级协调
0.3~0.3999	轻度失调	0.8~0.8999	良好协调
0.4~0.4999	濒临失调	0.9~1.0000	优质协调

2.2.3 空间自相关模型

通过普适性最为广泛的Moran' I 指数对中国城市韧性与产业结构的耦合协调度空间集聚态势进行检验。

1) 全局空间自相关。

通过全局Moran' I 指数判断是否存在空间集聚性,用标准化 Z 值进行显著性检验,公式如下:

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (10)$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2 \quad (11)$$

$$Z_{\text{score}}(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{VAR}(I)}} \quad (12)$$

其中, x_i 、 x_j 表示地区 i 、 j 两系统的耦合协调度, \bar{x} 和 S^2 分别表示其均值与方差, W_{ij} 表示空间权重矩阵 W 的一个元素的取值, $E(I)$ 、 $\text{VAR}(I)$ 分别为Moran's I 的期望值与方差。若全局Moran's I 为正,则两系统存在空间正相关;全局Moran's I 为负,则两系统存在空间负相关;全局Moran's I 为0,则两系统在空间上随机分布。 P 值决定标准化 Z 值的显著性水平,若 $P < 0.05$,则认为 n 个地区耦合协调度不存在空间相关性。

2) 局部空间自相关。

通过局部Moran' I 指数进一步揭示研究变量在局部范围内的空间特征,公式如下:

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2} \quad (13)$$

$$Z_{\text{score}}(I_i) = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{\text{VAR}(I_i)}} \quad (14)$$

依据 I_i 和 Z 值的关系可划分为HH(高-高)、LL(低-低)、HL(高-低)、LH(低-高)4种类型。

2.3 指标体系构建

关于城市韧性评价指标体系,以城市韧性的内涵为出发点,依据指标可获取性、科学性等原则,借鉴周倩等^[22]、张明斗等^[23]、程皓等^[24]的研究,从社会韧性、经济韧性、基础设施韧性及生态韧性4个维度出发共16个指标构建城市韧性评价指标体系。对于产业结构评价指标体系,借鉴张卫国等^[25]确定的产值结构、就业结构2个维度,以及张竣喃等^[26]

从动态角度考虑的产业结构合理化及高级化2个维度,构建共4个维度8个指标的产业结构评价指标体系。以上城市韧性和产业结构的评价指标体

系相互独立,互不干扰,没有交叉指标。运用熵值法分别对城市韧性及产业结构评价指标体系进行测度,具体指标、权重及属性见表2。

表2 城市韧性与产业结构评价指标体系

目标层	准则层	权重	指标层	权重	属性
城市韧性	社会韧性	0.2454	失业率	0.0353	-
			每万人在校大学生数	0.0635	+
			基本医疗保险参保人数	0.1161	+
			每千人卫生技术人员	0.0305	+
	经济韧性	0.3004	人均GDP	0.0639	+
			人均可支配收入	0.0729	+
			人均消费支出	0.0654	+
			财政收入	0.0982	+
	基础设施韧性	0.2947	人均道路面积	0.0295	+
			每万人拥有公共汽车数	0.0395	+
			互联网宽带用户数	0.1047	+
			排水管道长度	0.121	+
			建成区绿化覆盖率	0.016	+
			生活垃圾无害化处理率	0.0112	+
生态韧性	0.1595	城市全年供水量	0.1217	+	
		城市污水处理率	0.0106	+	
产业结构	产值结构	0.3193	第一产业所占比重	0.0792	-
			第二产业所占比重	0.0868	+
			第三产业所占比重	0.1533	+
	就业结构	0.4712	第一产业就业人数占总就业人数比重	0.1083	-
			第二产业就业人数占总就业人数比重	0.218	+
			第三产业就业人数占总就业人数比重	0.1449	+
	合理化	0.0606	0.0606	-	
	高级化	0.1489	第三产业增加值/第二产业增加值	0.1489	+

注:“+”代表指标为正向指标,数值越大越好;“-”代表指标是负向指标,数值越小越好。

3 结果与分析

3.1 城市韧性与产业结构测度结果

基于城市韧性与产业结构评价指标体系,对2011—2020年除西藏外各省城市韧性和产业结构分别进行测算并绘制测算结果图,如图1、图2所示。

3.1.1 城市韧性测度结果

整体来看,2011—2020年呈现稳步增长的态势。尽管2020年新冠疫情席卷全球,但全国各省

城市韧性平均水平未出现下滑,全国城市韧性均值从2011年的0.1768逐步增长至2020年的0.3542。这表明2011—2020年我国各省份城市韧性发展态势良好,各省均重视经济的持续发展,同时强调基础设施建设与生态环境对城市抗风险能力的协同促进作用,面对新冠疫情,各省公共卫生领域的基础设施及风险应对能力也得到了考验。从地域上分析,华东、华中、华南地区的城市韧性水平常年高于全国平均水平,华东及华南地区凭借沿海的地理优势率先发展,社会保障充足,医疗水平先进,抗风

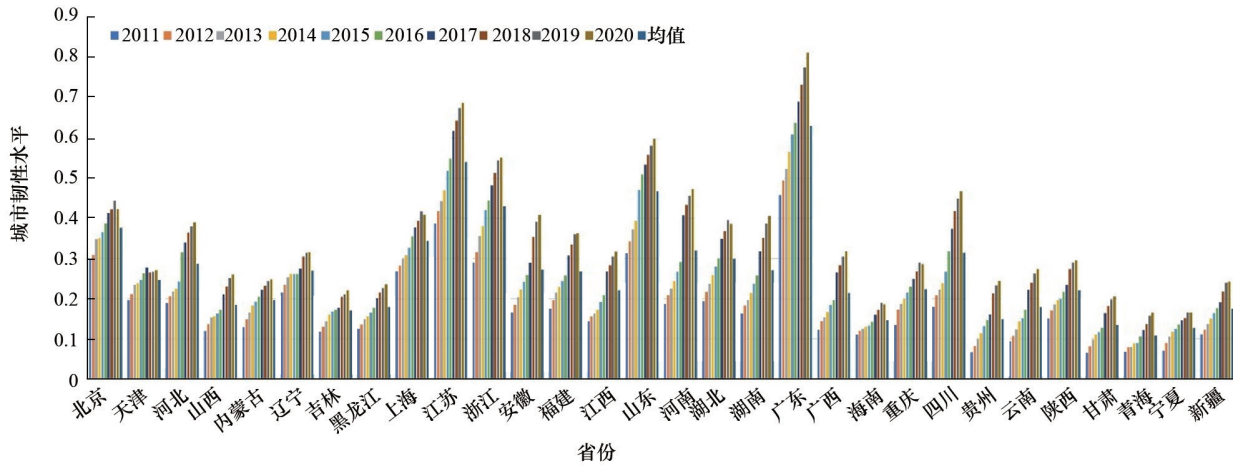


图1 2011—2020年城市韧性测算结果

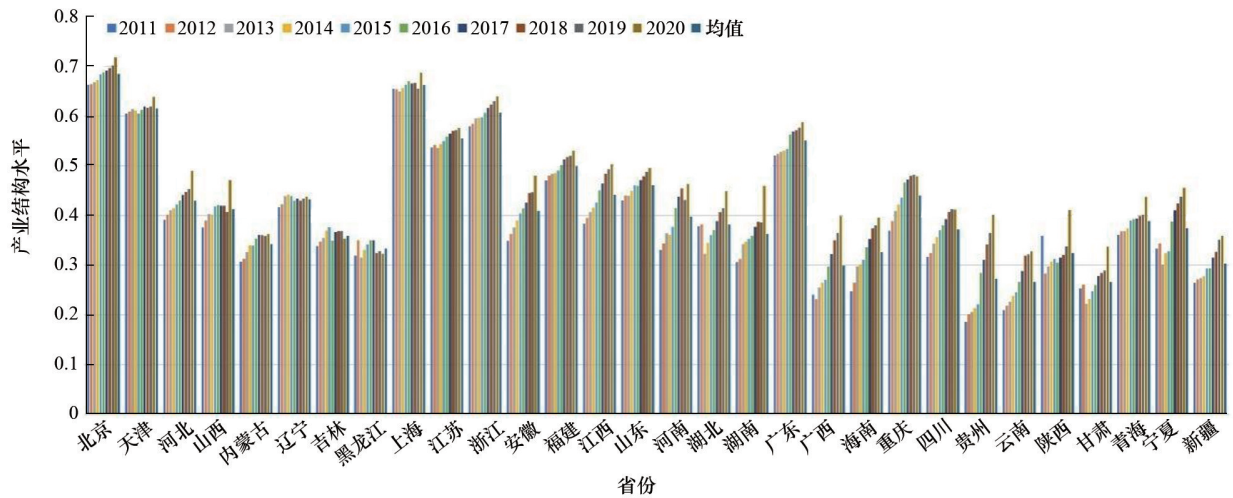


图2 2011—2020年产业结构测算结果

险能力极强。经计算,2011—2020年西南地区城市韧性度从0.1184增至0.3177,增速为183.97%,远高于全国平均增速115.31%(表3),其中起明显促进作用的贵州在2011—2020年增速为270.82%,可见其社会规划、经济发展、生态环境建设及基础设施建设方面不断地趋于完善,但贵州城市韧性度整体水平较全国平均仍有一定差距。华东、华中、华南地区城市韧性水平常年稳居全国平均水平之上,其中增速最高的华中地区的河南、湖南两省不仅城市韧性水平靠前且增速可观,可见其在经济及基础设施等方面的综合实力及潜力。华北地区城市韧性水平近几年从全国平均水平线上逐步下滑至线下,其中山西、内蒙古拉低了该地区的平均

水平,也应从经济、基础设施建设、生态等各方面寻求出路。东北、西北、西南地区城市韧性水平常年低于全国平均水平,主要源于西部及东北地区经济基础相对薄弱,地理限制及历史原因导致发展滞后,因此当城市面对灾害时应对能力、恢复能力相对较差,但西北、西南地区10年平均增速在全国平均水平之上,这与国家西部大开发政策的落实是分不开的,未来仍需不断释放西部的潜力,努力提升区域韧性水平。

3.1.2 产业结构测度结果

整体来看,产业结构呈稳步增长态势,尽管2020年新冠疫情对部分地区的产业结构造成影响,但全国整体情况良好。经计算,全国产业结构

表3 2011—2020各地区城市韧性测算结果

地区	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	均值	增幅
东北	0.1525	0.1669	0.1816	0.1922	0.1982	0.2033	0.2179	0.2415	0.2502	0.2575	0.2062	0.7436
华东	0.2489	0.2707	0.2929	0.3109	0.3447	0.3691	0.4108	0.4401	0.4679	0.4764	0.3632	0.9808
华北	0.1864	0.2022	0.2239	0.2302	0.2418	0.2686	0.2926	0.303	0.3171	0.3186	0.2584	0.7951
华中	0.1811	0.2028	0.2194	0.2389	0.2613	0.2824	0.3583	0.3847	0.413	0.4219	0.2964	1.3408
华南	0.2303	0.2526	0.2674	0.2874	0.3085	0.3258	0.3718	0.3962	0.4241	0.4391	0.3303	1.0187
西南	0.1184	0.1422	0.158	0.1736	0.1909	0.2163	0.2515	0.2845	0.3088	0.3177	0.2162	1.8397
西北	0.0928	0.1084	0.1208	0.1324	0.1384	0.1523	0.1713	0.1923	0.2101	0.2146	0.1533	0.417
均值	0.1768	0.1961	0.2137	0.228	0.246	0.2663	0.3015	0.3254	0.3469	0.3542	0.2655	1.1531

均值从2011年的0.383提升至2020年的0.4691,增速达27.76%(表4),随着经济的不断发展、社会进步,我国产业结构愈加趋于合理化,但面对公共卫生事件大多省份的产业结构均受到不同程度的影响。分区域来看,华东、华北地区产业结构测算平均值常年高于全国平均水平,且面对新冠疫情仍能持续增长,但其增速不及全国平均增速,其中安徽、江西的产业结构合理性提升较快,增速达38.02%、

31.17%。其余地区产业结构测算平均值均低于全国平均水平,东北地区产业结构增速最为缓慢,增速为3.55%,这由于黑龙江产业结构合理性欠佳,增速仅为1.25%,这是由于黑龙江处于产能过剩区间,经济市场化程度低、自然资源日渐枯竭、传统低效产业偏重、自主创新能力不足等种种原因导致黑龙江产业结构转型迟滞^[27]。

表4 2011—2020年各地区产业结构测算结果

地区	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	均值	增幅
东北	0.3581	0.3732	0.3697	0.3809	0.3852	0.3763	0.3837	0.3743	0.3771	0.3713	0.375	0.0355
华东	0.4859	0.4937	0.4978	0.5050	0.5129	0.5227	0.5313	0.5404	0.5434	0.5587	0.5192	0.1714
华北	0.4681	0.4756	0.4839	0.4875	0.4935	0.5005	0.5063	0.5078	0.5077	0.5354	0.4966	0.1644
华中	0.3386	0.346	0.343	0.3509	0.3629	0.3816	0.401	0.4157	0.4107	0.4571	0.3808	0.3617
华南	0.3362	0.3397	0.3602	0.3655	0.3716	0.3984	0.4145	0.4317	0.4406	0.4606	0.3919	0.4605
西南	0.2703	0.2834	0.2964	0.3075	0.3179	0.3489	0.366	0.3867	0.3951	0.4046	0.3377	0.579
西北	0.3139	0.3053	0.2926	0.3028	0.3141	0.3276	0.3428	0.351	0.3634	0.3999	0.3313	0.2834
均值	0.383	0.389	0.3924	0.4003	0.4086	0.4221	0.4342	0.443	0.4475	0.4691	0.4189	0.2776

3.2 城市韧性与产业结构耦合协调度时空分异

3.2.1 时序演进

根据式(7)~(9),计算城市韧性与产业结构耦合协调度,并将结果绘制成耦合协调度变化图,见图3。

由图3可以看出,2011—2020年我国各省城市韧性与产业结构耦合协调度稳步上升,二者存在显著正向驱动关系。从增速上来看(表5),华中、华南、西南及西北地区的耦合协调度增速均在全国平均水平之上,其中贵州增速最快,达68.21%,天津

增速最缓,仅为9.45%,结合耦合协调度划分类型来看,我国城市韧性与产业结构耦合协调度整体处于上升水平但仍处于较低水平,只有北京、上海、江苏、浙江、山东、广东近年来稳居中级协调,其中广东一度到达良好协调水平,而甘肃刚从轻度失调阶段上升至濒临失调、勉强协调阶段,可见我国城市韧性与产业结构耦合协调度整体趋势较好,但大多处于勉强协调阶段,协调水平仍有待提升,且省份差异性较大,因此协调度低的省份应当多借鉴成功经验以提升自身水平。

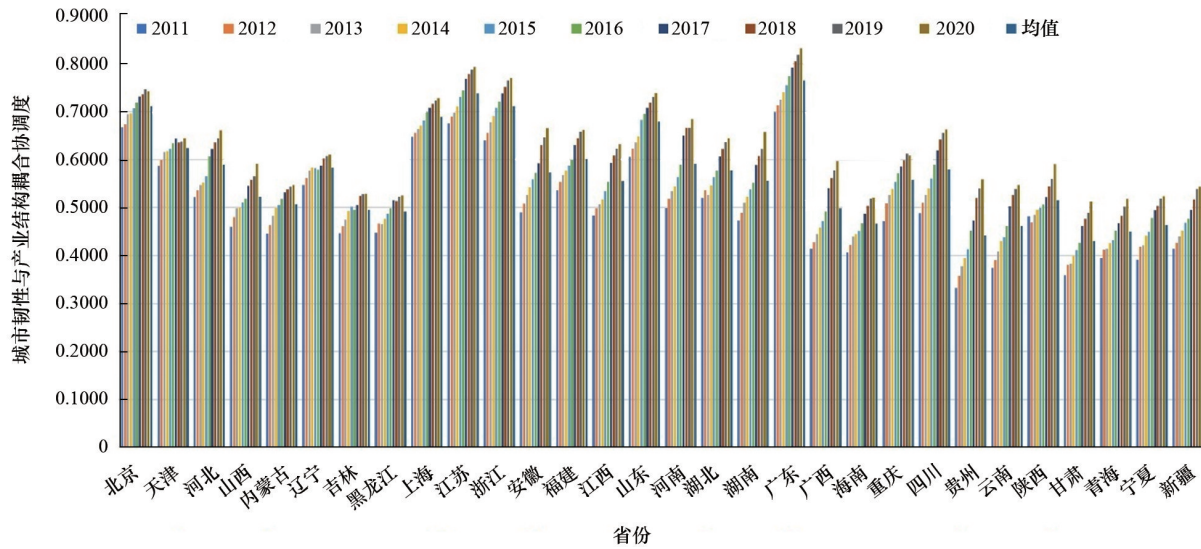


图3 2011—2020年城市韧性与产业结构耦合协调度变化

表5 2011—2020年各地区城市韧性与产业结构耦合协调变化

地区	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	均值	增幅
东北	0.4802	0.4964	0.5058	0.5174	0.5235	0.5242	0.5361	0.5465	0.5525	0.5545	0.5237	0.1577
华东	0.5825	0.5977	0.6109	0.6225	0.6406	0.6548	0.6769	0.6926	0.7048	0.7128	0.6496	0.2317
华北	0.5362	0.5505	0.5675	0.573	0.5819	0.5991	0.6148	0.6206	0.6275	0.6374	0.5909	0.1988
华中	0.4972	0.5143	0.5233	0.5377	0.5546	0.5726	0.6151	0.6319	0.6414	0.6622	0.575	0.3344
华南	0.5066	0.5207	0.5364	0.5477	0.5593	0.5778	0.6065	0.6231	0.6382	0.6496	0.5766	0.3035
西南	0.4168	0.4419	0.4597	0.4757	0.4911	0.5188	0.5451	0.5714	0.5866	0.5942	0.5101	0.447
西北	0.4080	0.4215	0.4287	0.4428	0.452	0.4682	0.4883	0.5049	0.5214	0.5376	0.4673	0.3238
均值	0.4973	0.5135	0.5264	0.5383	0.551	0.5673	0.5902	0.6055	0.6174	0.628	0.5635	0.2803

分区域来看,华东、华北、华中及华南均常年高于全国平均协调度水平,华东区域最为突出,长三角地区竞争优势明显且态势良好。东北、西南、西北协调度水平落后全国平均水平,西部区域整体水平不及其他区域,甘肃的差距应多加关注。

3.2.2 空间演进

为更清晰的揭示各省城市韧性与产业结构耦合协调发展变化情况及空间分布特征,选取2011年、2014年、2017年、2020年4个时间阶段为研究节点,借助ArcGIS10.8软件绘制相应的耦合协调度空间图,如图4所示。

由图4对比可知,中国城市韧性与产业结构耦合协调度水平在空间上呈现“东部沿海地区至西部逐渐减弱,南强北弱”的分布格局,北京、天津、河北等15个地区已经稳居或开始进入初级协调阶段,

占地区总量的56.67%。其中2011年处于勉强协调及以下的有天津、河北、山西等24个地区,占地区总量的80%,2020年处于勉强协调及以下的有山西、内蒙古、吉林等13个地区,占地区总量的43.33%,我国城市韧性与产业结构的耦合协调发展水平提升成效显著,但仍需进一步加强。

根据图4中城市韧性与产业结构耦合协调度类型,进行如下分类讨论。

1) 轻度失调(16.67%):轻度失调地区为贵州、云南、甘肃、青海及宁夏。这5个省经济基础薄弱、基础设施建设较为落后,产业结构高级性、合理性仍需增强,二者耦合协调度更在全国平均水平之下,但其近10年耦合协调度的增速均在全国平均水平之上且位列前茅,在衡量城市韧性与产业结构耦合协调度的标准下其潜力巨大。

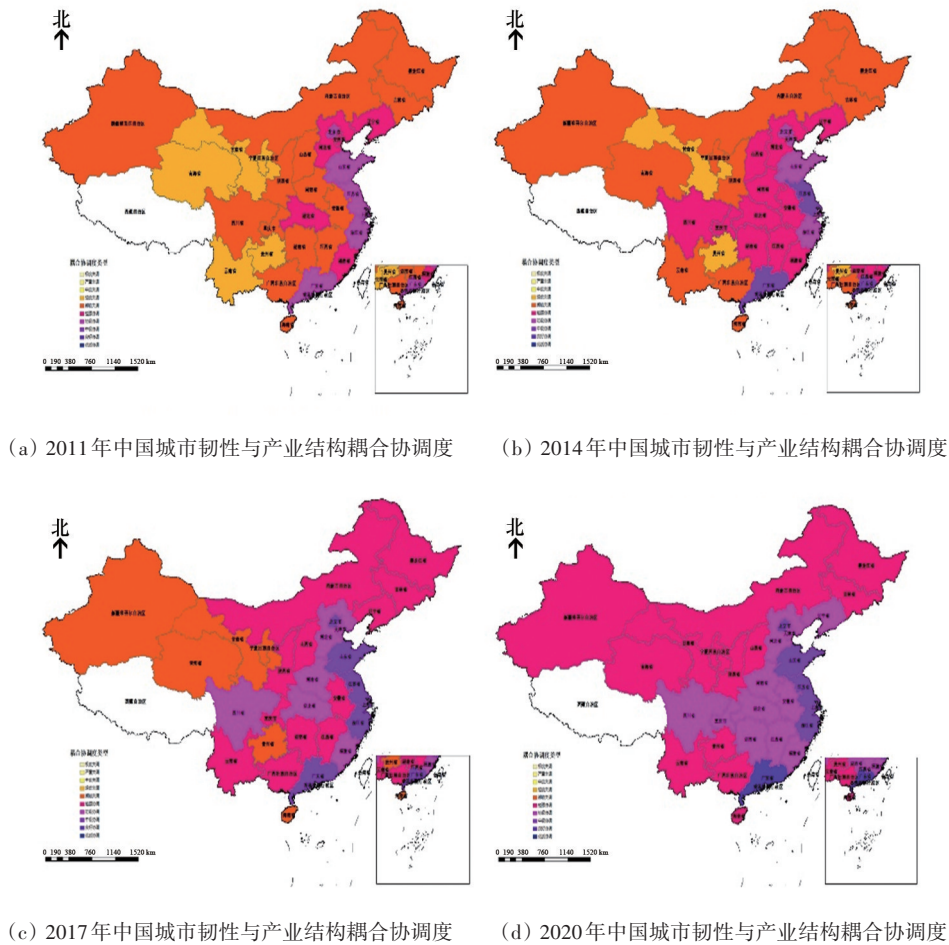


图4 城市韧性与产业结构耦合协调度空间分布

2) 濒临失调(46.67%):濒临失调地区为山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖南、广西、海南、重庆、四川、陕西、新疆。吉林、黑龙江、新疆地理位置较差,无法吸引外来人才,产业结构亟需转型发展,同时基础设施建设缓慢,城市韧性发展滞后,二者耦合协调发展水平难以迅速提升,海南借助其地理优势大力发展第三产业,但从第三产业比重看,产业形态表现出一种“虚高度化”,因此其城市韧性与产业结构协调发展受到制约^[28];内蒙古自2015年过渡到勉强协调阶段,究其原因因为内蒙古促进优化产业结构,主体由传统服务业向现代服务业转变,同时发展基础设施,全面推进产业数字化转型^[29];除此之外,山西、广西以及陕西10年仅过渡到勉强协调阶段,其余各省均过渡至初级协调阶段这与地区政策规划对城市韧性、产业结构的指

导性作用是分不开的,能够促进二者分别提升的同时不断增强其耦合协调水平。

3) 勉强协调(16.67%):勉强协调地区为天津、河北、辽宁、福建、湖北。其中天津、河北、福建湖北两地、辽宁分别于2013年、2016年、2017年、2018年过渡到初级协调阶段。该阶段是地区城市韧性与产业结构耦合协调水平进一步迈向初级协调的关键节点,同时地区所处的耦合协调阶段是一个动态调整的过程,面对突发事件更应发挥政府的管理职能,积极应对。

4) 初级协调(20%):初级协调的地区为北京、上海、江苏、浙江、山东、广东。从整体来看,能稳定处于初级协调阶段或过渡到中级协调阶段已经证实该地区面对突发事件有一定的防控处理能力,且恢复力较强,重视综合建设方面以及产业结构的合

理性,处于良性循环阶段。从地域上看,大多为东部沿海及一线发达城市,且长三角地区形成明显的良性竞争格局,能够在城市生态环境、基础设施、经济建设等方面取得成果的同时,促进产业结构合理化、高级化。

3.3 空间自相关分析

3.3.1 全局莫兰指数检验

借助 Goeda 软件对我国除西藏外 30 个省份城市韧性与产业结构的耦合协调度进行全局 Moran' I 指数空间自相关检验,结果见表 6。

表 6 中国城市韧性与产业结构耦合协调度空间相关指数

年份	Moran' I	$E(I)$	Sd	Z_{scores}	P -value
2011	0.4566	-0.0345	0.1208	4.0496	0.001
2012	0.4551	-0.0345	0.1212	4.026	0.001
2013	0.4598	-0.0345	0.1209	4.0795	0.001
2014	0.4406	-0.0345	0.1208	3.9244	0.001
2015	0.4406	-0.0345	0.1210	3.9185	0.001
2016	0.447	-0.0345	0.1209	3.9745	0.001
2017	0.4505	-0.0345	0.1212	3.995	0.001
2018	0.4584	-0.0345	0.1201	4.1019	0.001
2019	0.4563	-0.0345	0.1196	4.1001	0.001
2020	0.4581	-0.0345	0.1188	4.1396	0.001
平均	0.4121	-0.0345	0.1205	4.0309	0.001

通过表 3 可知,莫兰指数均为正,根据 P 值判断均在 1% 的置信水平下显著。说明我国各省市韧性与产业结构的耦合协调水平较易受相邻省份影响,且为正相关关系,空间分布存在集聚现象, Z 值大于 2.58 表明显著性更高。莫兰指数整体呈“V”字型且近两年逐渐趋于稳定,表明我国城市韧性与产业结构耦合协调发展空间自相关逐年稳定,区域间联动明显。

3.3.2 局部莫兰指数检验

为进一步探究局部区域内两系统耦合协调发展的空间集聚现象,以 2011、2020 年为研究节点分别绘制散点图及 LISA 聚类图进行分析。

以耦合协调度均值为横坐标,空间滞后值组成的相关关系图为纵坐标绘制 Moran' I 散点图,坐标轴 4 个象限分别代表高高(H-H)、低高(L-H)、低低(L-L)、高低(H-L)相邻,依次表示高值区域与高值区域相邻、低值区域被高值区域包围、低值区域与低值区域相邻、高值区域被低值区域包围。其中第一、三象限代表空间正相关关系,表现为空间集聚性,二、四象限代表空间负相关关系,表现为空间异质性。Moran' I 散点图如图 5 所示。

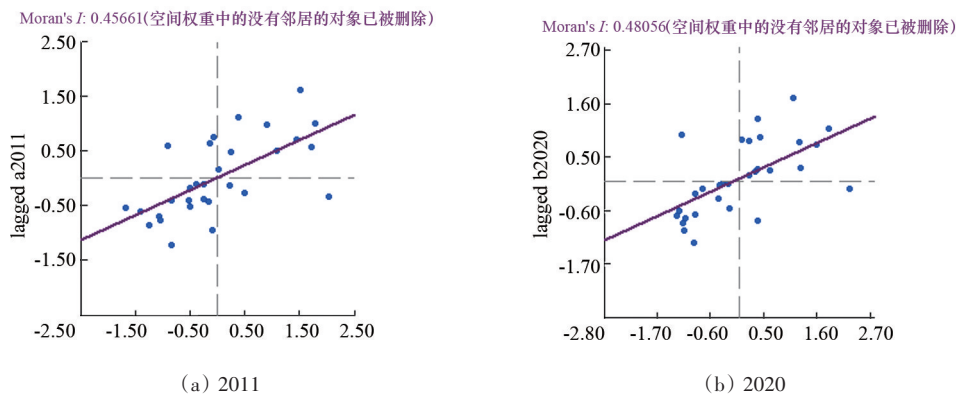


图 5 2011 年和 2020 年城市韧性与产业结构耦合协调度 Moran' I 散点图

1) 高高集聚:表明此区域与周边区域为高耦合协调集聚。2011 年此区域有北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、河南 9 个地区,2020 年增加了湖南、湖北、安徽、江西 4 地,此类地区城市韧性高且产业结构合理,两系统间的耦合协调性也较好,能够发挥区域间的关联带动作用,促进区

域间的发展。

2) 低高集聚:表明低耦合协调区域被高耦合协调区域包围。2011 年此区域有江西、安徽、海南。2020 年江西、安徽退出此类型,此类区域不易受周边地区发展的影响,城市发展独立性强,具有较高的空间异质性。

3) 低低集聚:表明此区域与周边区域为低耦合协调集聚。2011年此区域有山西、内蒙古、吉林、黑龙江、湖南、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 15 个地区,2020年湖南、四川退出此类型,新增辽宁,此类地区城市韧性与产业结构发展都有所欠缺,处于拮据发展状态,应当从城市韧性与产业结构两方面同时进行改善。

4) 高低集聚:表明高耦合协调区域被低耦合协调区域包围。2011年此区域有辽宁、湖北、广东 3 个地区,2020年仅广东、四川是此类型,此类地区城市韧性水平较高,对周边地区有一定的辐射带动作用。

自 2011—2020 年,局部自相关地区数量逐渐增多,在东南区域出现高-高集聚,在西北出现低-低集聚。其中,云南、四川由低-低集聚分别变为不显著、高-低集聚,安徽、江西由低-高集聚变为高-高集聚,内蒙古、宁夏由不显著变为低-低集聚,山东由不显著变为高-高集聚;在研究期间,新疆、甘肃一直处于低-低集聚,上海、江苏、浙江、福建一直处于高-高集聚。整体来看,东部和西部都有连片现象,但东部发展态势较好,西部发展较为拮据。

中国城市韧性与产业结构耦合协调发展水平在空间上呈不均衡分布,各区域的集聚类型与自身二者发展水平及周围区域发展水平密切相关。长期处于高-高集聚以长三角为核心的区域凭借沿海的地理优势及合理的产业结构已经完全形成高耦合协调区域,空间溢出效应较强。相较而言,西部地区产业结构不完善,基础设施建设水平较低,经济基础较差,形成了以新疆、甘肃为核心的低-低集聚区域,要想打破这样的空间不均衡发展格局,应当“内外兼修”,针对性提高各区域的产业结构、城市韧性水平的同时充分发挥高集聚区域的带动作用,从而实现中国城市韧性与产业结构的全面协调均衡发展。

4 结论

通过构建城市韧性与产业结构评价指标体系,

采用熵值法,基于中国 2011—2020 年除西藏外 30 省份面板数据进行测度,采用耦合协调模型分析了二者耦合协调度的时空变化及空间分布特征,通过空间自相关检验来验证二者耦合协调度的集聚情况,得到如下结论。

第一,中国各省份城市韧性和产业结构时序上发展态势良好。在空间上,华东、华中、华南地区的城市韧性常年高于全国平均水平,华中地区增速达 134.08%,远高于全国平均增速 115.31%,华北地区城市韧性水平徘徊于全国平均水平上下,但增速 79.51% 不及全国平均增速,东北、西北、西南地区低于全国平均水平。在产业结构时序上,整体情况良好,且面对 2020 年新冠疫情为造成太大的影响;空间上,华东、华北高于全国平均水平,其余低于均低于全国平均水平。

第二,中国城市韧性与产业结构耦合协调度整体处于上升阶段但水平较低。目前大多处于勉强协调与初级协调阶段,省份差异较大;在空间上呈现“东部沿海地区至西部逐渐减弱,南强北弱”的分布格局,具体为华东、华北、华中、华南高于全国平均协调度水平,东北、西南及西北地区较为落后。

第三,中国城市韧性与产业结构耦合协调度全局呈正相关关系。具体来看,二者耦合协调水平空间分布呈集聚现象,且空间自相关逐年增强;空间上均衡分布,局部自相关地区数量逐渐增多,在东南区域发展态势较好,出现高-高集聚,在西北地区发展拮据,出现低-低集聚。

根据以上结论,提出以下建议。

第一,因地制宜评价城市韧性与产业结构水平。针对各地区城市韧性与产业结构,应当结合当地实际情况构建指标体系进行全面评价,定期记录测度值以便了解城市发展及产业发展过程中的薄弱项,未来应当更加注重对新冠疫情公共卫生事件及其他突发灾害的预警、应对处理、恢复能力的建设,保障在灾害面前城市韧性与产业结构的发展能力,同时应该发挥二者的高发展水平的优势巩固区域建设。

第二,重视城市韧性与产业结构耦合协调的空间非均衡性。对于耦合协调度水平低的地区要更

加注重生态环境建设、基础设施建设、经济建设及产业结构合理性的协同发展,通过政策扶持,重点补短板,尽快缩短差距;对于耦合协调度水平较好的地区,优化产业结构、针对性发掘区域潜力,使其尽快迈入良好协调甚至高级协调阶段,打造具有全国影响的高级耦合协调示范区。

第三,加强高-高集聚中核心区域的联动性。在积极推动东南高-高集聚地区稳步发展的同时,打破地理空间关系的壁垒,核心城市带动周边城市发挥溢出效应,整体自东南向西北联动发展,加强信息沟通的及时性,以确保地区间城市韧性与产业结构耦合协调提高的一致性;在耦合协调发展体系中清晰分辨各区域的优势,积极引导落后板块的发展,从而促进耦合协调发展的有序优化升级。

参考文献(References)

- [1] 张明斗, 吴庆帮, 李维露. 产业结构变迁、全要素生产率与城市经济韧性[J]. 郑州大学学报(哲学社会科学版), 2021, 54(6): 51-57.
- [2] 韩文艳, 熊永兰. 科技大国创新驱动产业结构优化的比较研究[J]. 科技管理研究, 2020, 40(11): 1-8.
- [3] 王鹏飞, 李红波. 基于产业结构关联视角的区域经济韧性作用机理研究——以江苏省为例[J]. 地理科学进展, 2022, 41(2): 224-238.
- [4] 陈奕玮, 吴维库. 产业集聚、产业多样化与城市经济韧性关系研究[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(18): 64-73.
- [5] 张振, 赵儒煜, 杨守云. 东北地区产业结构对区域经济韧性的空间溢出效应研究[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(5): 37-46.
- [6] 胡晓辉. 区域经济弹性研究述评及未来展望[J]. 外国经济与管理, 2012, 34(8): 64-72.
- [7] Klein R J T, Nicholls R J, Thomalla F. Resilience to natural hazards: How useful is this concept[J]. Environmental Hazards, 2003, 5(1): 35-45.
- [8] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4(4): 1-23.
- [9] 夏楚瑜, 董照樱子, 陈彬. 城市生态韧性时空变化及情景模拟研究——以杭州市为例[J]. 生态学报, 2022, 42(1): 116-126.
- [10] 陈韶清, 夏安桃. 快速城镇化区域城市韧性时空演变及障碍因子诊断——以长江中游城市群为例[J]. 现代城市研究, 2020(1): 37-44.
- [11] 刘彦平. 城市韧性系统发展测度——基于中国288个城市的实证研究[J]. 城市发展研究, 2021, 28(6): 93-100.
- [12] 白帅, 吴金华, 王祯. 河南省城市韧性与土地利用效率的耦合协调性[J]. 水土保持通报, 2022, 42(1): 308-316.
- [13] 和佳慧, 吴映梅, 李婵. 城市韧性与科技创新耦合协调发展研究——以成渝地区双城经济圈为例[J]. 资源开发与市场, 2022, 38(1): 46-52.
- [14] 杨文捷, 蒋晓阳, 朱顺和. 产业结构、宏观经济不稳定性与经济增长[J]. 统计与决策, 2022, 38(10): 112-115.
- [15] 孙勇, 张思慧, 赵腾宇, 等. 数字技术创新对产业结构升级的影响及其空间效应——以长江经济带为例[J]. 软科学, 2022, 36(10): 9-16.
- [16] 熊兴, 余兴厚, 汪亚美. 成渝地区双城经济圈新型城镇化与产业结构升级互动关系研究[J]. 经济体制改革, 2022(2): 42-49.
- [17] 张明斗, 翁爱华. 东北地区产业结构优化与城市土地集约利用协调性[J]. 自然资源学报, 2022, 37(3): 734-752.
- [18] 徐圆, 邓胡艳. 多样化、创新能力与城市经济韧性[J]. 经济学动态, 2020(8): 88-104.
- [19] 彭荣熙, 刘涛, 曹广忠. 中国东部沿海地区城市经济韧性的空间差异及其产业结构解释[J]. 地理研究, 2021, 40(6): 1732-1748.
- [20] 刘成昆, 李欣然. 突发公共卫生事件下产业结构多元化对城市韧性的影响分析——以粤港澳大湾区为例[J]. 贵州社会科学, 2021(1): 116-125.
- [21] 方大春, 张凡. 人口结构与产业结构耦合协调关系研究[J]. 当代经济管理, 2016, 38(9): 54-60.
- [22] 周倩, 刘德林. 长三角城市群城市韧性与城镇化水平耦合协调发展研究[J]. 水土保持研究, 2020, 27(4): 286-292.
- [23] 张明斗, 冯晓青. 长三角城市群内各城市的城市韧性与经济发展水平的协调性对比研究[J]. 城市发展研究, 2019, 26(1): 82-91.
- [24] 程皓, 阳国亮, 纪晓君. 中国十大城市群城市韧性与环境压力脱钩关系研究[J]. 统计与决策, 2019, 35(7): 79-83.
- [25] 张卫国, 黄晓兰, 郑月龙, 等. 包容性城镇化与产业结构的协调发展评价[J]. 经济与管理研究, 2016, 37(2): 28-34.
- [26] 张竣喏, 逯进, 周惠民. 技术创新、产业结构与金融发展的耦合效应研究——基于中国省域数据的实证分析[J]. 管理评论, 2020, 32(11): 112-127.

- [27] 高运龙. 黑龙江省产业结构优化问题研究[J]. 中国市场, 2021(22): 45-46.
- [28] 傅国华, 马恺阳, 张德生. 构建现代产业体系背景下海南自贸港产业结构优化研究[J]. 海南大学学报(人文社会科学版), 2022, 40(2): 92-100.
- [29] 包思勤. “双碳”背景下内蒙古产业结构战略性调整思路探讨[J]. 内蒙古社会科学, 2021, 42(5): 199-206.

Research on the spatial-temporal differentiation of the coupling and coordination between urban resilience and industrial structure in China

SHI Yufang, ZHANG Tianlun*

School of Management, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China

Abstract In order to verify the coupling and coordinated development relationship between urban resilience and industrial structure in China, the evaluation index systems of urban resilience and industrial structure were constructed respectively. The entropy method was used to measure the comprehensive level of 30 provinces except Tibet from 2011 to 2020. The spatial-temporal changes and spatial distribution characteristics of the coupling coordination degree were analyzed through the coupling coordination model and spatial autocorrelation model. The results showed as follows: (1) The overall urban resilience and industrial structure show a steady growth trend. In the face of the public health event of the new epidemic, the resilience of cities in each province has little impact, and the industrial structure is affected to varying degrees. (2) The coordination degree of urban resilience and industrial structure in China is on the rise as a whole, but the level is relatively low, and the provincial differences are large, showing a distribution pattern of "gradually weakening from the eastern coastal areas to the western regions, and strong in the south and weak in the north". (3) The overall relationship between urban resilience and industrial structure coupling coordination degree in China is positive, and the spatial distribution is uneven, with high concentration in the southeast and low concentration in the northwest. In the future, coordinated development of urban resilience and industrial structure should be coordinated, and measures with regional characteristics should be taken to further promote sustainable urban development.

Keywords urban resilience; industrial structure; coupling coordination; spatial-temporal differentiation ●



(责任编辑 卫夏雯)