

基于 DPSIR 模型的关中平原城市群 城市人居环境韧性评价

王丽芸¹, 杨民安¹, 钱勇生², 曾俊伟², 魏涓婷², 王 昀³

(1. 兰州交通大学建筑与城市规划学院, 兰州 730070; 2. 兰州交通大学交通运输学院, 兰州 730070;
3. 陇东学院地理与城乡规划学院, 甘肃 庆阳 745000)

摘要: 为了研究关中平原城市群人居环境的韧性能力,通过综合权重法确定 DPSIR(驱动力-压力-状态-影响-响应)模型权重,运用地理探测器和反距离空间插值法确定关中平原城市群 2010—2021 年城市人居环境韧性时空的分异和演变特征以及主要影响因素。结果显示:驱动力是韧性水平的主要影响指数;各城市的人居环境韧性在时间序列上呈现逐渐增强的趋势,韧性指数的变化趋势显著;韧性水平在空间演化上表现以西安和咸阳为中心沿着陇海铁路为发展轴的空间发展形式;在影响因素上,教育水平、经济动力为主要因素影响人居环境韧性水平,各因素之间相互作用的影响显著。

关键词: 关中平原城市群; 人居环境; 韧性; DPSIR(驱动力-压力-状态-影响-响应)模型; 地理探测器

中图分类号: K901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671—1807(2024)17—0292—09

当前中国处于社会经济快速转型时期,由于城市快速扩张以及城市人口增长产生的大气污染、交通拥堵、资源短缺等问题给城市人居环境带来了各种慢性压力^[1-2],同时突发公共卫生事件和金融危机等极端事件进一步加剧了城市人居环境所面临的风险扰动^[3],这些风险的不确定性高、呈现出来的种类多、随机性强,引发人们对城市的应变能力和恢复能力的理性思考,城市韧性逐渐成为多学科研究的重点。党的二十大报告提出中国式现代化要实现“人与自然的和谐共生”,提高城市规划、提升治理水平,打造宜人宜居的韧性、智慧城市,提出中国经济的发展不仅靠城市自身的发展,还要靠城市群的辐射带动。其中,关中平原城市群地处中国内陆中心,在国家现代化建设大局和全方位开放格局中,具有独特战略地位,大力发展该区域对推动全国经济增长和市场空间拓展、西部大开发及“一带一路”建设具有重要意义^[4]。

现阶段对于人居环境的研究趋向于城市宜居性与居民满意度^[5]、城市人居环境的影响因素^[6]、城市人居环境评价与竞争力^[7]、城市人居环境脆弱性分析^[8];对于韧性研究国内学者的研究主要侧重于对全球视角下城市韧性的展望^[9]、指标体系定量分析^[10]、数字经济与城市韧性的耦合^[11]以及通过建立双重差分模型^[12]、构建“抵抗-响应-创新”指标体系^[13]、选用“吸收-传导-转化”的韧性建设路径^[14]。通过韧性的固有属性的支撑,部分学者对于人居环境韧性进行研究,其中李雪铭等^[15]首先基于驱动力-压力-状态-影响-响应(driving force-pressure-state-impact-response, DPSIR)模型对于城市群人居环境进行定量研究;王成等^[16]建立乡村人居环境韧性指标对重庆片区乡村人居环境韧性的演变进行测度;彭坤杰等^[17]构建城市人居环境韧性综合评价指标体系,并运用多种学科研究方法,从地理时空二维视角详细探索长三角城市群的时空演化特性。

收稿日期: 2024-04-02

基金项目: 甘肃省哲学社会科学规划项目(2021YB058);甘肃省自然科学基金(23JRRA904);甘肃省教育厅“双一流”科研重点项目(GSSYLXM-04);甘肃省软科学项目(22JR4ZM104);陇东学院青年基金(XYZK2102)

作者简介: 王丽芸(2001—),女,甘肃灵台人,硕士研究生,研究方向为交通运输规划与管理;通信作者杨民安(1984—),男,甘肃通渭人,副教授,研究方向为城市与区域规划、交通运输规划与管理;钱勇生(1970—),男,江苏常州人,博士,教授,博士研究生导师,研究方向为交通运输规划与管理、安全技术及工程;曾俊伟(1983—),男,甘肃白银人,硕士,教授,研究方向为交通运输规划与管理、管理科学与工程、安全技术及工程、物流管理;魏涓婷(1984—),男,甘肃礼县人,硕士,讲师,研究方向为交通运输规划与管理;王昀(1982—),女,陕西西安人,硕士,讲师,研究方向为地质灾害、资源环境与区域发展。

通过文献的梳理,既有的文献对城市韧性和人居环境的研究有丰富的成果,突出城市在应对自然灾害时城市的基础设施所作出的反应,忽视了对人居环境内部环境之间的相互作用,缺乏对人居环境内部整体的协同抵抗外界冲击的研究。因此基于 DPSIR 模型构建评价模型,对关中城市群人居环境韧性水平进行科学测度,分析其时序特征、空间分异特征和影响因素,符合区域发展的宏观政策背景,可以为关中平原城市群人居环境水平提升和区域高质量发展提供参考。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

考虑到研究价值和资料的可获取性,将关中平原城市群内所包含城市的市域范围作为研究对象,包括西安、宝鸡、咸阳(杨陵区并入咸阳市一起考虑)、铜川、渭南、商洛、运城、临汾、天水、平凉、庆阳 11 个城市^[18],如图 1 所示。

1.2 数据来源

以关中平原城市群的 11 个地级市为研究对象,研究数据选自 2011—2022 年《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》和各省市统计年鉴,甘肃省、陕西省、山西省和各市的统计公报和政府官网,部分数据来源于各市气象局官网^[15]。受限于数据的可获取性,对于部分缺失数据采取了 SPSS 缺失值替换法。

1.3 研究方法

1.3.1 DPSIR 模型构建以及指标体系构建

如图 2 所示,基于 DPSIR^[19-20] 模型构建,优化了 PSR(pressure-state-response,压力-状态-响应)和 DSR(driving force-state-response,驱动力-状态-响应)模型框架。DPSIR 是一种广泛应用于环境系统的理论框架,不仅反映社会、经济、环境、政策、资源 5 个组成部分的静态因果关系,可以揭示社会经济运行与环境变化之间的动态机制,全面分析资源、环境、发展和人类健康等多方面的关系,还可以深入透明地分析城市人居环境存在的问题,并作为进一步分析问题的基础。人居环境韧性指标体系借鉴李雪铭等^[15] 选取,包括 5 个准则层,36 个指标层,见表 1。

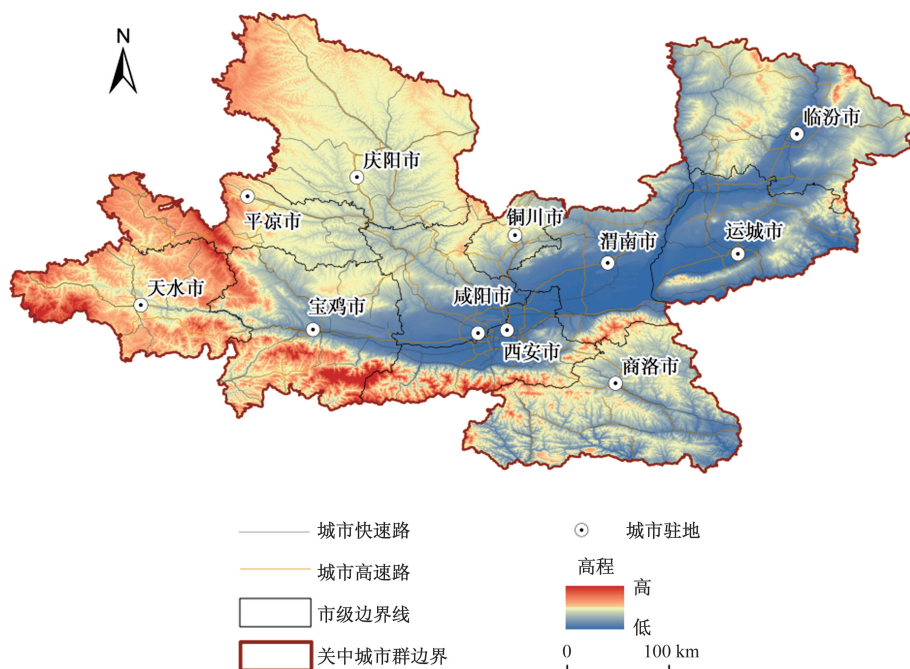
1.3.2 数据处理及权重计算

1) 标准化处理

因为数据在单位和数量上存在差异,所以必须对其进行规范化。首先,需要划分指标的属性,有正向指标和负向指标以及标准指标的划分。正向指标是指数值越大城市人居环境韧性水平越高,负向指标则相反,标准指标表示该项指标适中最好,不能过多也不能过少,具体公式见文献^[15]。

2) 权重计算

CRITIC 权重计算结果与改进熵值法^[21] 对指标层各指标进行组合赋权,获得各维度各指标最终权重,见表 1。



审图号: GS(2020)4619 号

图 1 研究区域地理位置

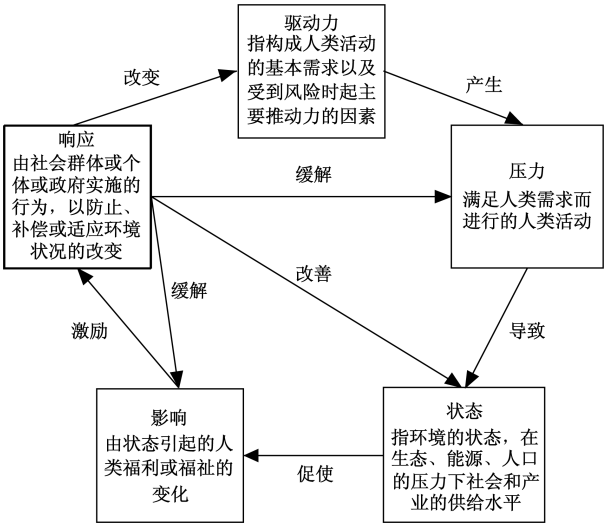


图 2 DPSIR 模型构建

指标归一化处理:

$$p_{\lambda ij} = b_{ij} / \sum_{\lambda=1}^h \sum_{i=1}^m d_{ij} \tag{1}$$

式中: i 为城市, $i=1, 2, \cdots, n$; j 为指标, $j=1, 2, \cdots, m$; λ 为年份, $\lambda=1, 2, \cdots, h$; d_{ij} 为对指标体系中的各项指标进行极差标准法无量纲化处理; b_{ij} 为人居环境韧性原始指标值; $p_{\lambda ij}$ 为原始指标的归一化处理。

计算各指标熵值 E_j 。

$$E_j = -k \sum_{\lambda=1}^h \sum_{i=1}^m p_{\lambda ij} \ln p_{\lambda ij} \tag{2}$$

式中: $k=1/\ln(nh)$ 。

计算冗余度 D_j 。

$$D_j = 1 - E_j \tag{3}$$

计算权重 W_{1j} 。

表 1 城市人居环境韧性水平评价指标体系及指标权重

指标层	准则层	要素层	指标层	单位	性质	权重
城市人居环境韧性	驱动力	经济动力	非农业占 GDP 的比重	%	+	0.018 62
			邮政业务收入	万元	+	0.056 96
			电信业务收入	万元	+	0.047 13
			人均地区生产总值	元	+	0.017 37
			城镇居民人均可支配收入	元	+	0.017 21
			人均社会消费品零售额	元	+	0.019 19
		社会动力	城镇人口比重	%	+	0.014 56
			非农产业从业人员比重	%	+	0.011 53
			客运总量	万人	+	0.025 24
			货运总量	万 t	+	0.053 88
	压力	生态压力	年降水量	mm	*	0.013 15
			年平均气温	℃	*	0.017 95
		能源压力	人均家庭用水量	人/t	+	0.031 24
			人均全社会用电量	kW·h	+	0.100 13
			年末拥有汽车数	辆	+	0.027 49
		人口压力	人口密度	人/km ²	—	0.026 67
			自然增长率	‰	—	0.023 69
	状态	产业现状	规模以上工业企业数	个	+	0.024 91
			规模以上工业总产值	万元	+	0.024 70
		社会现状	普通高等学校数	所	+	0.056 07
			人均公园绿地面积	m ²	+	0.018 65
			建成区绿化覆盖率	%	+	0.017 94
			人均居住用地面积	m ²	+	0.025 33
			建成区面积占行政区划面积比重	%	+	0.040 23
	影响	社会资源	每百人公共图书馆藏书	册	+	0.031 19
			每万人拥有医院、卫生院床位数	张	+	0.016 02
			每万人拥有医生数	人	+	0.030 26
		教育水平	每千人高等学校学生拥有教师数	人	+	0.013 75
			每万人在校大学生数	人	+	0.034 18
	响应	污染治理	城镇生活污水处理率	%	+	0.017 87
			一般工业固体废物综合利用率	%	+	0.027 19
			生活垃圾无害化处理率	%	+	0.018 37
		社会投入	每万人互联网用户数	户	+	0.020 88
			科学技术支出占财政支出比重	%	+	0.021 84
			教育支出占财政支出比重	%	+	0.018 65
			人均城市道路面积	m ²	+	0.019 90

注:“+”表示正向指标;“—”表示负向指标;“*”表示适度指标,这里取平均值作为最适度数。

$$W_{1j} = D_j / \sum_{i=1}^n D_j \quad (4)$$

式中: W_{1j} 为熵权法计算的权重。

$$D_{ij} = \sigma_j \sum_{i=1}^n (1 - p_{ij}) \quad (5)$$

式中: D_{ij} 为第 j 项指标所包含的信息量; σ_j 为第 j 个指标的信息量占总信息量的比重。

$$W_{2j} = D_{ij} / \sum_{j=1}^n D_{ij} \quad (6)$$

式中: W_{2j} 为 CRITIC 法计算的权重。

$$W_j = (W_{1j} + W_{2j}) / 2 \quad (7)$$

式中: W_j 为综合权重。

3) 韧性指数计算

参照相应的文献和人居环境韧性,利用地理信息系统(geographic information system, GIS)中的空间自然间断法将城市人居环境韧性水平划分为 5 级指标,见表 2。

计算指标指数 C_j 。

$$C_j = p_{ij} W_j \quad (8)$$

计算韧性指数 Y 。

$$Y = \sum_{j=1}^m C_{ij} \quad (9)$$

表 2 城市人居环境韧性指标划分

等级	区间
低度	[0.039, 0.061)
较低	[0.061, 0.081)
中等	[0.081, 0.101)
较高	[0.101, 0.184)
高度	[0.185, 0.552]

1.3.3 反距离权重插值法

反距离权重插值法可以有效地反映城市人居环境韧性在空间上的差异,主要通过计算插值点与样本点之间的距离确定要素的权重。在这种方法中,离插值点越近的样本点被赋予更大的权重,而离插值点越远的样本点则被赋予较小的权重^[22]。

1.3.4 地理探测器

Wang 等^[23]提出了一门新的统计方法是基于地理探测器利用 GIS 对于自变量(人居环境韧性 5 大准则层中的指标因子)和因变量(城市人居环境的韧性影响)进行离散化处理并且将新数据利用地理探测器进行因子探测、交互探测。相对于其他统计方法而言,基于地理探测器在对不同种类的变量进行分析方面有着明显的优越性,具体公式见文献^[23]。

2 结果与分析

2.1 DPSIR 指标趋势分析

参考文献^[24-26]进行综合影响因子分析,计算

得出各指标层的权重,进而计算准则层的对 2010—2021 年的各城市准则层的综合权重。

由图 3 可以看出,关中城市群在 2010—2021 年 DPSIR 指数的趋势变化明显,其中驱动力指数上升趋势较显著,其次是状态、压力、响应和影响指数。其中状态指数在 2021 年有明显的下降,原因在于 2020—2021 年原始数据中各市的规模以上工业企业数量均有减少和规模以上工业总产值的下降,对状态指数产生的显著的影响。压力指数较高,主要因为原始数据中在人类活动,以及社会需求、资源消耗对人居环境韧性影响较大,压力指数和状态指数在 2021 年下降趋势明显,原因在于各市 2021 年原始数据相较于其他年份原始数据全社会用电量、每万人拥有的公共汽车数量以及人口密度均有所下降,对压力指数影响显著。关中平原城市群的人居环境韧性指数均呈上升趋势,但存在一定波动。

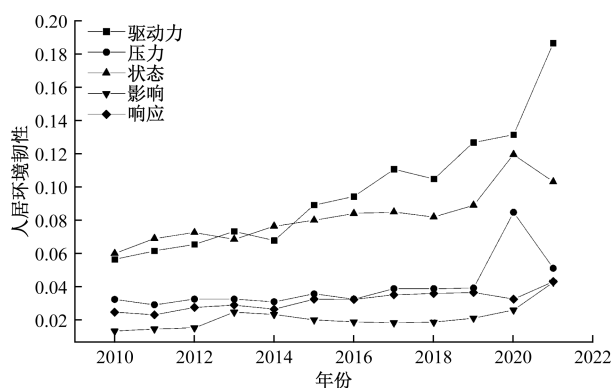


图 3 2010—2022 年 DPSIR 指标趋势

2.2 关中平原城市群人居环境韧性时序分析

利用式(9)得出各城市各年份城市韧性指数,选取 2010 年、2014 年、2018 年、2021 年为时间节点统计,如图 4 所示。4 个时间节点中各城市的韧性指数呈递增的态势,其中西安韧性指数增长最高,其次是咸阳的韧性指数增长较为明显,形成了西安咸阳共同带动以促进关中城市群城市人居环境韧性的形式。2018—2021 年运城指数变化最为明显,由 0.095 增长至 0.238,通过相关政策查阅,运城专业镇的发展和城市中产业的集聚带动了运城产业发展同时增加了就业率,有利于人口回流和人才引进,进一步提升了运城的人居环境韧性水平。商洛、天水等城市韧性指数增长较为缓慢,由于其位于关中平原边缘地带,增长极对其的辐射力不够,虽然西安对周边城市呈现较强的吸引力,但带动能力较弱。其余城市均呈增长的态势,城市间韧性指

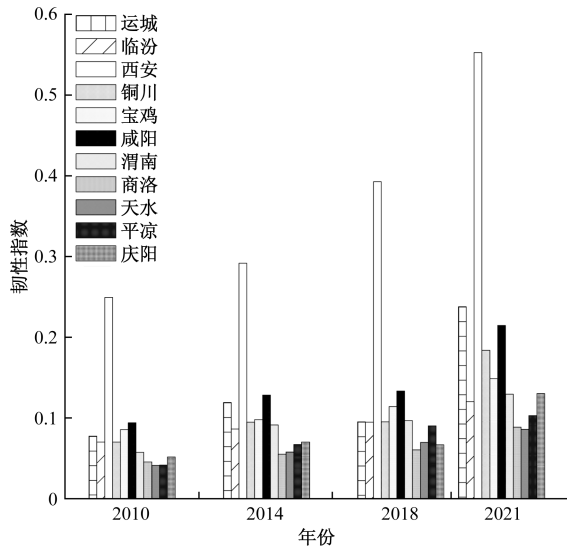


图4 4个时间节点各市DPSIR指标趋势

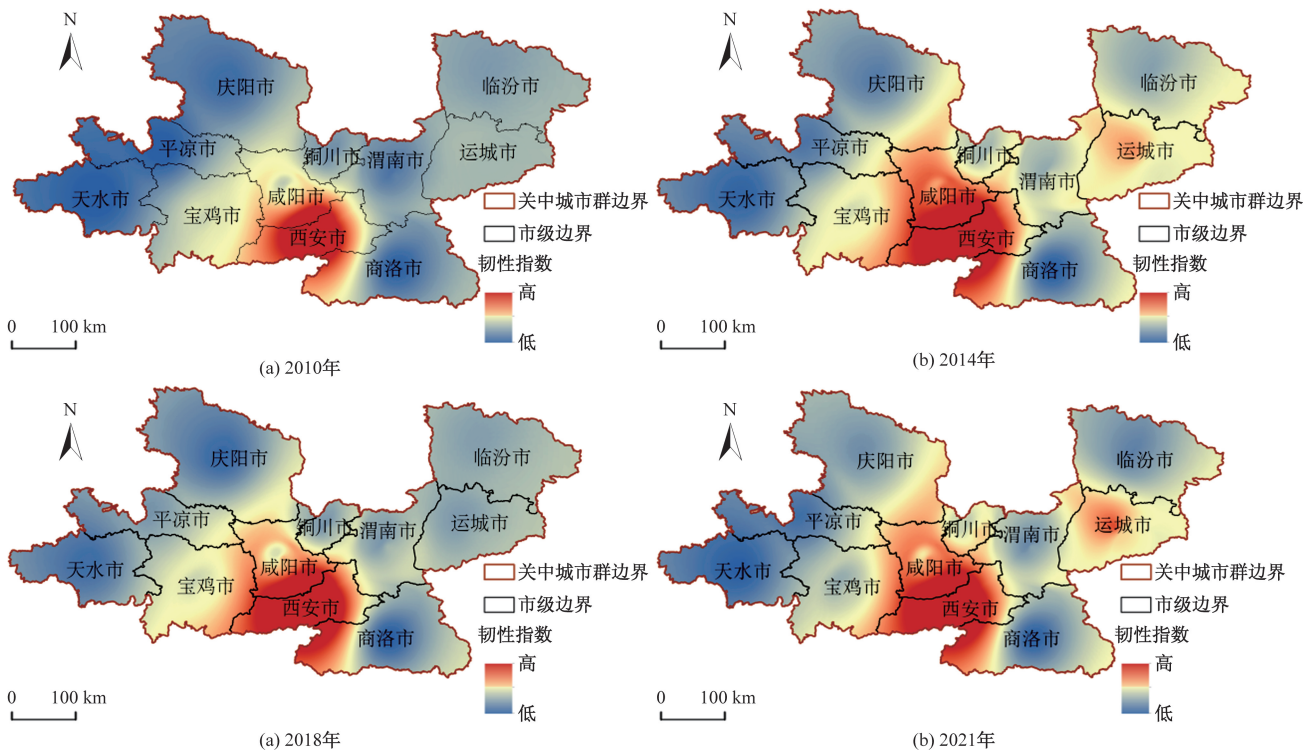
数位序变化不明显。同时,2010—2021年呈现上升的态势,最大值和最小值之间的距离也在逐渐增大,关中城市群城市人居环境韧性水平在一定程度上呈上升水平,城市间的差距也在逐渐上升。

2.3 关中原城市群人居环境韧性空间分异特征

为进一步探究关中城市群人居环境韧性的空间分异特征,选取2010年、2014年、2018年、2021年4个时间节点,对关中城市群综合韧性利用ArcGIS

进行分距离插值分析,结果如图5所示。

从关中城市群的空间总体格局来看,在4个时间节点里关中城市群的城市人居环境韧性水平逐渐提高,以西安和咸阳为主要的发展核心,向四周扩散,呈辐射发展的态势。2010年,高值区在西安市,低值区聚集在西安市周围呈半包围趋势,周边城市发展缓慢,受核心城市的辐射效应较少;2014年城市的低韧性值区有所减少,高韧性值区在西安市和咸阳市及周围地区。2014年国务院批复同意西咸新区,为咸阳市的发展提供了机遇,西安、咸阳的规模以上工业企业数以及工业总产值都有大幅度增加,同时也提升了西咸的城市人居环境韧性水平;2018年城市高韧性城市为西安市,低韧性城市相对增加,表明在总体城市人居环境韧性水平增加的同时区域间发展不协调,西安市对周围城市的虹吸效应大于对周边城市的辐射效应,区域内部各个城市间韧性水平差异较大。2018—2021年城市的高韧性值区域变化明显,运城由低韧性区变为高韧性区,运城的三角的创新生态集聚区和绿色转型发展示范区基本成型,增加了创新能力和科研强度,使得城乡发展更加协调。关中城市群人居环境韧性水平整体呈上升趋势,中心城市的虹吸效应大于城市的辐射带动效应,区域发展不协调。



审图号: GS(2020)4619 号

图5 4个时间节点关中城市群人居环境韧性空间分析

总体来说呈现两种演变的空间格局:一是以西安、咸阳为主的大西安城市群辐射为主带动周围城市呈递减状态的演变格局;二是以陇海工业城市发展轴线为主线,以陇海铁路、连霍高速公路为主线,以西安的综合枢纽地位带动宝鸡、渭南、杨凌、天水等重要节点城市的发展,呈现出以西安为中心向两侧逐渐递减的趋势。

2.4 关中平原城市群城市人居环境韧性影响因素分析

为了探寻影响关中平原城市群人居环境韧性的影响指标,通过地理探测器对其进行分析,找寻影响因子。具体方法是,通过先对原始指标进行归一化,找出最大标准差中的 5 项指标,分别是驱动力准则层下的 X_1 (非农业占 GDP 的比重)、压力准则层下的 X_2 (每万人拥有的公共汽车数)、状态准则层下的 X_3 (普通高等学校数)、影响准则层下的 X_4 (每万人在校大学生数)、响应准则层下的 X_5 (一般固体废物的综合利用率)^[15]。最后对关中平原城市群人居环境韧性进行因子探测分析和交互探测分析。

2.4.1 因子探测分析

采用 ArcGIS 的自然间断点分级法对变量进行分类,并将韧性评价中的原始数据转化为需要的类型量。这样可以减少数据的复杂性,降低评价过程中的不确定性。最后将类型量(B_j)和城市韧性指数(Y)导入地理探测器中所对应的因变量(Y)与自变量(B_j)中进行因子探测,其中计算出的 q 值越大表示自变量 X 对因变量 Y 的解释力越强, q 的取值范围为(0,1], P 为显著性,主要考虑 Q 对于城市人居环境韧性水平的解释能力^[15]。

如图 6 所示,准则层影响因子 X_1 (非农产业占 GDP 比重)、 X_2 (每万人拥有的公共汽车数)、 X_3 (普通高等学校数)、 X_4 (每万人在校大学生数)、 X_5 (一般固体废物的综合利用率)对韧性的均有显著影响,其中 X_3 在 4 个年份对韧性表现出的解释力较强,4 个时间节点 q 值平均为 0.952,其次对韧性水平影响较大的是 X_4 、 X_1 ,4 个时间节点 q 值平均为 0.801 和 0.787。 X_2 和 X_5 的相对影响较小,均值分别是 0.556 和 0.245。不同的因子在 4 个时间节点内 q 值均有一定波动。 X_3 的 q 的波动相对稳定,对于韧性水平的解释力相对较大。 X_4 的 q 值波动相对较大,由 2010 年 0.965 变至 2021 年 0.597,对韧性水平影响较大; X_1 、 X_2 的波动呈现上升趋势,其 q 对韧性的解释力逐步增高, X_1 由 2010 年

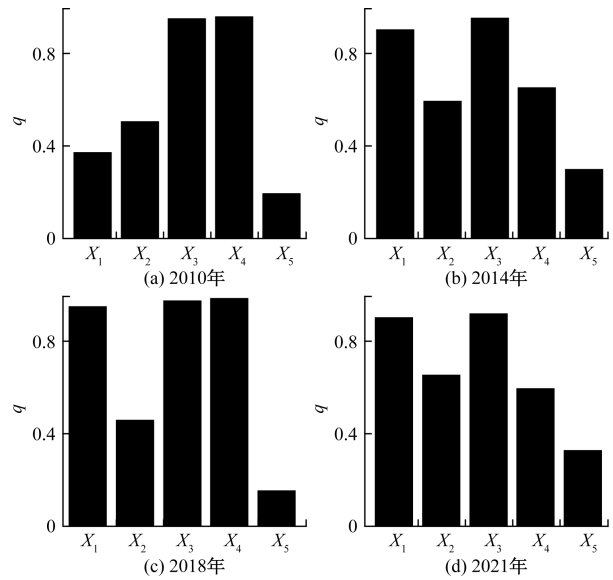


图 6 4 个时间节点城市人居环境韧性水平交互探测结果

0.376 增至 2021 年 0.904,表明随着经济水平的提高,对韧性水平的影响日益增强。 X_5 的 q 在 4 个年份均是最小的,平均在 0.200 左右,对于韧性水平的解释力最低。综上所述,普通高等学校数和每万人在校大学生数和非农产业占 GDP 的比重是影响关中平原城市群人居环境韧性水平的主要影响因子,每万人拥有的公共汽车数和一般固体废弃物的综合利用率的影响力次之。

2.4.2 交互探测分析

表 3 显示,韧性因子之间的相互作用可以解释城市人居环境韧性水平的增或减,并且这些影响因素对于城市人居环境韧性的作用都是相互独立的。关中平原城市群韧性水平的驱动因子的交互类型双因子呈两两增强的关系,任意两个因子得到交互驱动大于单个因子的影响,从而表明关中城市群的人人居环境韧性水平不是有单一的因素造成,是由多种因素共同作用的影响。 X_1 (非农产业占 GDP 比重)和 X_2 (每万人拥有的公共汽车数)4 个时间节点的交互作用影响最大,说明经济的发展和清洁能源的相互对于城市韧性水平的提升更加显著,双因子交互作用大于单因子的驱动作用。 X_2 (每万人拥有的公共汽车数)与 X_5 (一般固体废物的综合利用率)的交互作用对于关中城市群人居环境韧性水平的影响相对较低,但其双因子交互大于单因子的驱动作用。2010 年、2014 年、2018 年、2021 年的交互作用 q 值的解释力都达到了 90% 以上,充分说明这些因子对于关中平原城市群城市人居环境韧性指标的作用非常强,因此城市的发展应该考虑各个因子

表 3 4 个时间节点城市人居环境韧性水平交互探测结果

2010 年		2014 年		2018 年		2021 年	
交互作用	q	交互作用	q	交互作用	q	交互作用	q
$X_1 \cap X_2$	0.993 940	$X_1 \cap X_2$	0.987 499	$X_1 \cap X_2$	1.000 000	$X_1 \cap X_2$	1.000 000
$X_1 \cap X_3$	0.999 548	$X_1 \cap X_3$	0.998 575	$X_1 \cap X_3$	0.999 806	$X_1 \cap X_3$	0.956 890
$X_1 \cap X_4$	0.990 941	$X_1 \cap X_4$	0.986 729	$X_1 \cap X_4$	0.993 933	$X_1 \cap X_4$	0.992 522
$X_1 \cap X_5$	0.995 706	$X_1 \cap X_5$	0.988 765	$X_1 \cap X_5$	0.994 794	$X_1 \cap X_5$	0.997 913
$X_2 \cap X_3$	0.963 766	$X_2 \cap X_3$	0.991 505	$X_2 \cap X_3$	0.989 630	$X_2 \cap X_3$	0.989 828
$X_2 \cap X_4$	0.961 289	$X_2 \cap X_4$	0.987 499	$X_2 \cap X_4$	0.989 654	$X_2 \cap X_4$	0.989 829
$X_2 \cap X_5$	0.987 220	$X_2 \cap X_5$	0.999 888	$X_2 \cap X_5$	0.521 234	$X_2 \cap X_5$	1.000 000
$X_3 \cap X_4$	0.940 999	$X_3 \cap X_4$	0.979 622	$X_3 \cap X_4$	0.989 460	$X_3 \cap X_4$	0.987 932
$X_3 \cap X_5$	0.968 110	$X_3 \cap X_5$	0.992 610	$X_3 \cap X_5$	0.986 806	$X_3 \cap X_5$	0.997 913
$X_4 \cap X_5$	0.984 575	$X_4 \cap X_5$	0.721 879	$X_4 \cap X_5$	0.989 538	$X_4 \cap X_5$	1.000 000

对于城市人居环境的影响。关中平原城市群综合实力 and 整体竞争力显著提升,一体化发展水平发展促进人居环境韧性水平。

3 结论与讨论

3.1 结论

基于 DPSIR 模型建立指标体系,利用综合权重法、GIS 空间分析进行数据可视化、地理探测器的因子和交互探测等方法对关中城市群人居环境韧性进行研究。从经济、生态、能源、社会投入等多方面分析关中城市群城市人居环境韧性评价,得出如下结论。

(1)关中城市群的人居环境韧性指数均呈上升趋势,但存在一定波动。驱动力的影响力最为显著,各指标间的相互作用促进驱动力的发展。根据 DPSIR 模型,各指标层之间存在着相关关系。状态类指标的改变会引起影响类指标的变化,而影响类指标的变化又会促使响应类指标发挥作用。响应类指标的作用可以恢复和提高状态指标的影响,并且对改善驱动力指标产生影响。

(2)从关中城市群人居环境韧性时序演变分析来看,西安市的韧性指数增长较大,城市的人居环境韧性形成了以西安为中心向周围的城市进行辐射发展格局,并且城市的韧性水平指数的位序发生了明显变化,运城的位序变化最为明显,其中位序较为靠后的位于关中城市群的外围区域韧性水平呈缓慢增长趋势,受到“核心-边缘”的影响核心城市西安的辐射作用对周边城市较弱。

(3)从关中城市群人居环境韧性的空间分异来看,城市群内部的发展不平衡,总体来说呈现两种演变的空间格局:一是以西安-咸阳为主的大西安城市群辐射为主带动周围城市呈递减状态的演变格局;二是以陇海工业城市发展轴为主线,以西安为

中心,带动宝鸡、渭南、咸阳、天水及其他重点枢纽城市为中心的开发,呈现出以西安为中心向两侧逐渐递减的趋势。中心城市的辐射带动作用不强,城市数量总体来说不足,城市功能不够完善,西安的吸引能力与摩擦力较周围区域大,因此周边地区的发展较为缓慢,受到的辐射作用较弱。关中平原城市群要得到协同发展需要考虑补全短板,提高城市群的整体实力,形成一体化格局。

(4)从关中平原城市群的影响因素分析看来,影响城市群人居环境韧性的因子在地理探测器中从因子探测和交互探测中发现,不同的因子对于城市群的发展起到的作用不同,其中教育水平、人均地区生产总值以及能源压力是影响人居环境韧性的主要因素。由于教育水平直接影响关中城市群的创新力,以及西安对于周边城市的虹吸效应强于辐射作用,因此需要解决区域的创新能力,增加西安对于周边区域的辐射作用,同时发展政府之间的契合能力以及产业之间的联动作用。

3.2 讨论

目前对于城市人居环境韧性评价的研究尚未完全统一,现有研究存在一定限制。选择了经济、社会、环境、资源、政策等宏观数据研究关中城市群人居环境韧性,影响人居环境的自然要素没有充分考虑,在今后的研究中应充分考虑这些因素。此外,在选择指标方面,主要借鉴了 DPSIR 模型和相关研究成果,以建立一个综合评估城市韧性的指标体系,然而,这个体系可能难以全面涵盖城市韧性这一复杂系统的所有方面。在权重分配方面,主要采用了客观分析方法,而没有使用主观评价方法来确定权重,研究结果完全依赖于数据本身。因此,今后的研究应聚焦于对城市人居环境韧性的动态评估和情景预测,逐步改善城市韧性评价指标和应

用模式,并且基于实证研究不断完善。

4 建议

创新能力是关中城市群的主要影响因子,加强城市内部的教育和科学技术的投入,推动关中城市群内部教育事业更高的发展,同时增加第二第三产业的协调发展,增加区域内的经济水平,促进城市群的协调发展,增强城市的韧性水平;解决关中城市群中的能源压力,减少环境污染,迎合国家节能减排政策,打造低碳城市群,推动关中城市群的绿色发展;强化城市群内部基础设施的建设,打造智慧城市群,构建各种现代化的智慧基础设施,提高预防各种城市问题的能力,推动关中平原城市群内部的协调发展。要提高关中平原城市群城市人居环境韧性水平,需要提升关中平原城市群的经济实力、促进西安的辐射作用带动周围区域的城市协调发展、弱化西安对周围城市的虹吸效应、大力发展区域产业。

参考文献

- [1] YAO F, WANG Y. Towards resilient and smart cities: a real-time urban analytical and geo-visual system for social media streaming data[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2020, 63: 102448.
- [2] DING Y, WANG P, LIU X, et al. Risk assessment of highway structures in natural disaster for the property insurance[J]. *Natural Hazards*, 2020, 104: 2663-2685.
- [3] ZHU S, LI D, FENG H, et al. Smart city and resilient city: differences and connections[J]. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 2020, 10(6): e1388.
- [4] 发展改革委, 住房城乡建设部. 关中平原城市群发展规划[N]. 西安: 西安日报, 2018-02-08(T02).
- [5] 李兆中, 甄峰. 多源数据结合的城市生活空间质量评价: 以南京为例[J]. *人文地理*, 2019, 34(6): 53-61.
- [6] LUO J, ZHOU T, DU P, et al. Spatial-temporal variations of natural suitability of human settlement environment in the Three Gorges Reservoir Area: a case study in Fengjie County, China[J]. *Frontiers of Earth Science*, 2019, 13(1): 1-17.
- [7] 魏献花, 白永平, 车磊, 等. 基于栅格的关中平原城市群人居环境质量综合评价[J]. *干旱区地理*, 2019, 42(5): 1176-1184.
- [8] 冯琰玮, 甄江红, 田桐羽, 等. 呼和浩特市人居环境脆弱性演变及机制[J]. *经济地理*, 2020, 40(12): 91-99.
- [9] 赵瑞东, 方创琳, 刘海猛. 城市韧性研究进展与展望[J]. *地理科学进展*, 2020, 39(10): 1717-1731.
- [10] 钟学思, 郑睿, 蒋楷文. 中国城市群数字经济与城市韧性耦合协调关系研究[J]. *资源开发与市场*, 2023, 39(10): 1320-1332.
- [11] 张卓群, 姚鸣奇, 张晓慧. 水生态文明城市建设试点对水生态韧性的影响研究[J]. *城市问题*, 2023(10): 45-53.
- [12] 王松茂, 牛金兰. 山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化研究[J]. *地理学报*, 2023, 78(10): 2591-2608.
- [13] 王松茂, 牛金兰. 黄河流域城市生态韧性时空演变及其影响因素[J]. *生态学报*, 2023, 43(20): 8309-8320.
- [14] 张勤, 宋青勋. 构建中国式现代化的城市社区韧性治理新探索: 基于“吸收-传导-转化”的分析[J]. *理论探讨*, 2023(6): 48-57.
- [15] 李雪铭, 刘凯强, 田深圳, 等. 基于 DPSIR 模型的城市人居环境韧性评价: 以长三角城市群为例[J]. *人文地理*, 2022, 37(1): 54-62.
- [16] 王成, 代蕊莲, 陈静, 等. 乡村人居环境系统韧性的演变规律及其提升路径: 以国家城乡融合发展试验区重庆西部片区为例[J]. *自然资源学报*, 2022, 37(3): 645-661.
- [17] 彭坤杰, 许春晓, 贺小荣. 长三角地区城市人居环境韧性水平演化特征[J]. *经济地理*, 2023, 43(6): 74-84.
- [18] 李玲燕, 陶进. 多维联系视角下关中平原城市群城市网络结构分析[J]. *资源开发与市场*, 2021, 37(11): 1339-1344, 1353.
- [19] WANG W Q, SUN Y H, WU J. Environmental warning system based on the DPSIR model: a practical and concise method for environmental assessment[J]. *Sustainability*, 2018, 10(6): 1-20.
- [20] 周雅欣, 王建伟, 高洁, 等. 基于 DPSIR 的低碳交通发展评价及障碍因子分析: 以北京市为例[J]. *生态经济*, 2020, 36(4): 13-18.
- [21] 李连刚, 张平宁, 谭俊涛, 等. 韧性概念演变与区域经济韧性研究进展[J]. *人文地理*, 2019, 34(2): 1-7.
- [22] 郭向阳, 穆学青, 丁正山, 等. 长三角多维城市化对 PM_{2.5} 浓度的非线性影响及驱动机制[J]. *地理学报*, 2021, 76(5): 1274-1293.
- [23] WANG J F, LI X H, CHRISTAKOS G, et al. Geographical detectors based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010, 24(1): 107-127.
- [24] 宋泽明, 宁凌. 基于 DPSIR-TOPSIS 模型的我国沿海省份海洋资源环境承载力评价及障碍因素研究[J]. *生态经济*, 2020, 36(8): 154-160, 212.
- [25] 傅聪颖, 赖昭豪, 郭熙. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域资源环境承载力评价及障碍因素诊断[J]. *生态经济*, 2020, 36(1): 198-204.
- [26] 崔馨月, 方雷, 王祥荣, 等. 基于 DPSIR 模型的长三角城市群生态安全评价研究[J]. *生态学报*, 2021, 41(1): 302-319.

Resilience Evaluation of Urban Residential Environment in Guangzhong Plain Urban Agglomeration Based on DPSIR Model

WANG Liyun¹, YANG Min'an¹, QIAN Yongsheng², ZENG Junwei², WEI Xuting², WANG Yun³

(1. School of Architecture and Urban Planning, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

2. School of Transportation, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

3. School of Geography and Planning, Longdong University, Qingyang 745000, Gansu, China)

Abstract: In order to study the resilience capacity of the Guanzhong Plain Urban Agglomeration's habitat environment, the weights of the DPSIR(driving force-pressure-state-impact-response) model are determined by the comprehensive weight method, and the geographic detector and inverse distance spatial interpolation are applied to determine the spatial and temporal differentiation and evolution characteristics of the urban habitat environment resilience of the Guanzhong Plain Urban Agglomeration in the period from 2010 to 2021, as well as the main influencing factors. The results show that the driving force is the main influence index of the toughness level. The human habitat toughness of each city shows a gradually increasing trend in the time series, and the change trend of the toughness index is significant. The toughness level in the spatial evolution manifests the spatial development in the form of Xi'an and Xianyang as the center and along the Longhai Railway as the axis of development. The level of education and the economic driving force are the main factors influencing the toughness level of the human habitat in the influencing factors, and the interaction between factors has a significant influence on the level of the toughness. The influence of the interaction between the factors is significant.

Keywords: Guanzhong Plain Urban Agglomeration; habitat; resilience; DPSIR (driving force-pressure-state-impact-response) model; geographical detector