

成渝城市群城市韧性格局时空演变特征分析与影响因子探测^{*}

丁晨浩, 高鑫, 侯鑫
(重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331)

摘要:为探究成渝城市群城市韧性格局时空演变特征和探测有关影响因子,以该城市群内的重庆市及四川省 15 个地级市为研究对象,选取 2010—2019 年有关数据,基于适应性循环理论构建城市韧性评价指标体系并采用熵权-TOPSIS 法、核密度估计法、空间自相关分析、地理探测器和障碍度模型进行了分析。结果显示:1) 在时序演化维度上成渝城市群城市综合韧性水平处于长期波动状态,“双核心”城市韧性变化具有同步性,次级城市长期处于低水平波动上升状态;2) 在空间演化维度上成渝城市群城市韧性具有明显空间异质性并存在较弱空间关联性,“双核心”突出、中部与西南部地区凹陷,城市韧性演化类型以上升型和稳定型为主;3) 经济发展因子、社会保障因子、生态与资源因子和人口发展因子为影响成渝城市群城市韧性的主要因子,资金投入、科技创新水平、劳动力条件、社会治理能力和信息传播能力为成渝城市群城市韧性提升的主要障碍因子。研究结果为成渝城市群城市安全与可持续发展提供了科学参考。

关键词:成渝城市群;城市韧性;时空演化;地理探测器

中图分类号:X2;F292

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2024)05-0050-13

作为由诸多单元与要素组成的复杂体系,城市群所面临的人口、资源、生态等各类压力与冲击日益深刻,城市韧性已成为城市群发展建设的必备能力。2020 年党的十九届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中已明确提出要建设“韧性城市”^[1],这是中国在新时期向城市安全、健康发展转型的重要战略举措,有助于提升城市的综合治理水平,对于区域协调发展和高质量发展有着重要意义^[2]。成渝城市群既是长江经济带的战略支撑又是中国中西部的核心地区。随着中国城市化进程加快,成渝城市群成为了中国西部陆海新通道,发挥着重要的战略作用。近些年来,成渝城市群在发展中受到了各类自然灾害和公共卫生事件的急性冲击与各类人为因素所带来的慢性压力。因此,以成渝城市群面对各类风险而暴露出的问题为导向,对该城市群的城市韧性建立系统框架并进行评估,可为该城市群未来的发展战略提供科学依据和理论基础。

“韧性”一词原指“事物恢复到原始状态的能力”;该词被引入生态学中后,含义则明确为“系统在受到冲击时‘反弹’到正常功能的能力”^[3]。此后,“韧性”概念不断发展演化,经历了从工程韧性向生态韧性和演化韧性的发展历程,逐渐被众学科接受,并被不断修改完善运用到各学科中^[4]。近些年来,“韧性”在城市研究中的运用日益广泛。在国际上,相关研究多是针对制度、经济、基础设施、生态等各类城市韧性影响因素展开分析,并发现:政府政策干预与调控对城市韧性长期稳定发展有着关键性作用^[5],例如欧洲气候联盟、欧盟等以政府为主体的组织在其中发挥着协调合作稳定治理的作用^[6];在突发事件中,灾难的处置和善后工作得益于应急组织的快速反应与重组^[7];经济发展的水平和速率、科技创新水平、产业结构等对城市韧性发挥着基础支撑与推动作用,且之后有学者在此基础上定义了经济韧性,并对相关概念和测量方法进行了深入研究^[8],例如有学者利用就业指标对英国 4 次经济衰退的经济韧性进行了分析^[9]。基础设施发挥着保障城市安全与要素传输流动的重要职能,在有关基础设施的韧性研究中,有学者发现提升基础设施对风险的抗压力是提升城市韧性的重要举措^[10-11]。在城市问题日益突出、城市抗压与恢复能力亟待提升的背景下,中国学者在韧性的概念、定量评价、时空演变、影响因素等方面展开了深入研究。“韧性”概念在 20 世纪 80 年代引入中国,研究者们随后对相关理论进行梳理,并展

^{*} 收稿日期:2023-04-15 修回日期:2023-09-13 网络出版时间:2024-08-27T14:19

资助项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(No. 41601149);国家社会科学基金项目(No. 19XGL027);重庆市自然科学基金项目(No. cstc2019jcyj-msxmX0290)

第一作者简介:丁晨浩,男,研究方向为城市网络、城市韧性,E-mail:marktingdch@126.com;通信作者:高鑫,男,教授,博士,E-mail:planninggx@126.com

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/50.1165.N.20240827.0855.002

望了这些理论未来发展方向与应用领域^[12-14]。在中国有关城市韧性的研究中,对城市韧性的评价是学者们关注的重点。定量评价多围绕城市群、经济带^[15-17]等尺度展开,通过构建指标体系对城市韧性进行测度,在此基础上进行时空演变^[18-21]与空间溢出效应分析^[22],并分析有关影响因素^[23-24],从而为未来韧性城市建设提供参考与建议。从评价方法来看,目前常用的城市韧性方法主要包括综合指标评价、遥感模型评价、韧性网络评价、图层叠置法等^[25-27],指标体系多从社会、经济、基础设施、环境、制度等维度来构建^[28-30]。但上述研究方法均存在一定的主观性,忽略了主观变异性,且对演化过程体现不到位。相比之下,适应性循环理论^[31]能够将城市中各种要素时空相互作用的过程展现出来。此外,现有有关中国城市韧性的研究多围绕理论与概念、测度、时空演化特征等方面展开,关于城市韧性的影响因素与障碍因子等问题的研究相对薄弱,而分析城市韧性影响因素可以发掘城市韧性变化的原因以及制约城市韧性提升的薄弱环节。影响因素与障碍因子的分析探测将更有针对性地为韧性城市建设提供参考依据。

综上所述,现有的有关城市韧性的研究存在以下不足:1) 相关研究在中国起步相对较晚,且偏向于概念与内涵的定性分析^[32-34],实证研究相对有限;2) 基于空间视角的城市韧性研究多集中于全国尺度或省级尺度,缺乏对城市群特别是西部地区高质量发展重要增长极成渝城市群的相关研究。3) 城市韧性测度体系仍不完备,理论框架尚未成熟有待发展完善。因此,本研究以位于成渝城市群内的重庆市及四川省 15 个地级市为研究对象,在适应性循环基础上构建评价指标体系,一定程度上体现出城市韧性各阶段特征;同时运用地理探测器模型与障碍度模型对影响因子和障碍因子进行探测,结合时空演变剖析该城市群城市韧性发展影响因素,以便在丰富当前中国城市韧性的实证研究的同时,能有针对性地为西南地区特别是成渝城市群的高质量发展提供理论支持,而且所构建的评价体系也可为后续其他地区城市韧性研究提供参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 城市韧性评价指标体系构建

在借鉴相关文献与研究成果基础上,结合适应性循环理论(图 1)与成渝城市群发展现状,从以下 4 个角度出发构建城市韧性评价指标体系。

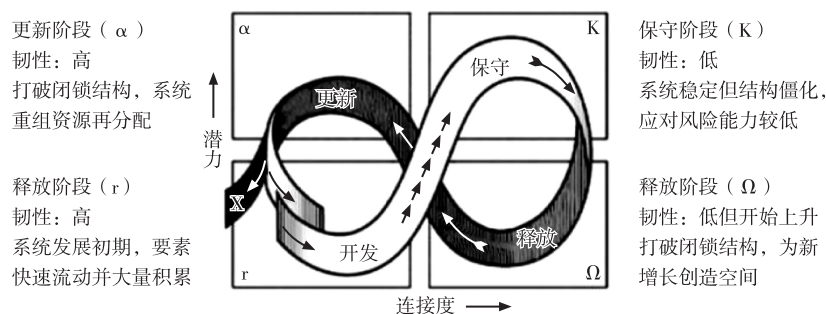


图 1 适应性循环示意图

Fig. 1 The diagram of adaptive cycle

1) 稳定性。在开发阶段即韧性发展初期,各要素在城市中迅速流动并不断积累,城市韧性处于低水平但增长迅速,其中稳定性的增长最为明显。本研究从社会、经济、工程和生态共 4 个方面构建稳定性指标,其中:社会系统关乎城市居民生活水平,经济系统为城市长期稳定发展提供基础支撑并与社会系统相互影响,工程系统多与城市基础设施有关,生态系统影响城市发展与自然的协调性,更关注人居环境质量。

2) 自组织性。在保守阶段,城市韧性在经历开发阶段的迅速增长后增速开始放缓并出现下降趋势。此阶段城市系统结构稳定,但相对僵化缺乏面对风险的应变与转化能力,空间闭锁风险明显提升。本研究从资源、资金、人口、信息等 4 个方面对自组织性进行评价,其中包括资源与资金利用水平、人口与就业、土地利用与网络信息传输等指标。

3) 适应性。在释放阶段,原有系统在外部冲击下发生崩溃瓦解,城市韧性进入快速下降期,但打破了闭锁的僵局为新生力量提供机会。本研究从知识、技术与外部适应条件入手选取教育水平、科技创新与财政、公共资源

支撑等指标来对适应性进行评价。

4) 可转化性。在更新阶段,在对原有系统破除的基础上进行更新重组,进而形成一个全新系统,城市韧性再次提升进入新一轮循环的开发阶段。本研究借鉴已有研究选取城市连通性、城市形态、设施密度等指标对可转化性进行评价。

总体上看,本研究所构建的城市韧性评价指标体系由 4 个 1 级指标、15 个 2 级指标和 39 个 3 级指标构成(表 1)。

1.2 研究方法

1.2.1 熵权-TOPSIS 评价模型

基于熵权-TOPSIS 评价模型^[35]对成渝城市群城市韧性进行测度。运用熵值法确定指标权重,找出最优和最劣矩阵向量,分别计算评价对象与正理想解距离或负理想解距离,结合距离值计算得出研究区各城市的综合韧性值。

1.2.2 核密度估计法

作为一种非参数检验方法,核密度估计可以避免人为设定函数形式造成的误差并对数据进行优化拟合,它的具体计算公式为^[36]:

$$f(x) = (1/nh) \sum_{i=1}^n ((k(X_i - x))/h),$$

其中: n 为样本总个数, X_i 为第 i 个样本的观测值, x 为观测值平均值, h 为带宽, k 为核函数, $(k(X_i - x))/h$ 为高斯函数。

1.2.3 空间自相关分析

分别运用全局与局部空间自相关分析法^[37],对变量的全局与一定空间范围内空间实体相互依赖或相互关联程度进行分析。

1.2.4 地理探测器

运用地理探测器模型对成渝城市群城市韧性影响因素进行探测,有关计算公式为^[38]:

$$q(Y/h) = 1 - \sum_{h=1}^L ((N_h \sigma_h^2) / (N \sigma^2)),$$

其中: $h=1,2,\dots,L$ 为指标分类; Y 为城市韧性值; N 为评价单元个数; N_h 为探测指标个数; σ_h^2 和 σ^2 分别为 h 和 Y 的方差; $q \in [0,1]$, q 值越大则表示对成渝城市群城市韧性空间分异的解释力越强。

1.2.5 障碍度模型

在城市韧性评价中,障碍度模型是一种常用的数据分析方法,主要用于测度城市系统中各指标对城市韧性的阻碍程度;理清制约城市韧性的关键障碍因子,可为制定城市规划和治理政策提供科学参考。参考文献^[39],对成渝城市群的障碍因子进行探测。

1.3 数据来源

本研究以成渝城市群为研究区域,根据《成渝城市群发展规划》,将研究范围确定为重庆市与四川省下辖的成都市、自贡市、泸州市、德阳市、绵阳市、遂宁市、内江市、乐山市、南充市、眉山市、宜宾市、广安市、达州市、雅安市、资阳市等 15 个地级市。研究数据主要来源于 2011—2020 年公布的《重庆市统计年鉴》《四川省统计年鉴》《重庆市国民经济和社会发展统计公报》《四川省国民经济和社会发展统计公报》等。

2 结果与分析

2.1 城市韧性整体特征

对 2010—2019 年成渝城市群城市韧性进行描述性统计分析,结果显示:1) 研究区城市综合韧性平均值处于较低水平,但呈波动增长态势。2) 研究区城市综合韧性平均值的标准差较小,说明研究区各城市综合韧性值离散程度较小,且标准差逐年递减。3) 变异系数波动式下降,也说明研究区内各城市综合韧性值差距逐年缩小。4) 峰态系数波动式轻度下降,说明城市韧性相近的地区韧性集聚性下降。5) 偏态系数大于 0 且先降后增,说明城市综合韧性值较高城市数量占比具有一定波动(表 2)。

表 1 城市韧性评价指标体系

Tab. 1 Urban resilience evaluation indicator system

目标层	子目标层	因子层	指标层			
			指标名称	指标代码	指标方向	指标所反映的内容
综合韧性	稳定性	社会	在岗职工平均工资(单位:元)	X1	正向	居民收入
			每万人拥有医院床位(单位:张·万人 ⁻¹)	X2	正向	医疗卫生条件
			城镇失业人口占总人口比重(以百分数表示)	X3	负向	社会保障体系
			教育支出占财政支出比例(以百分数表示)	X4	正向	教育投入
		经济	人均 GDP(单位:元·人 ⁻¹)	X5	正向	经济总量
			公共财政收入占 GDP 比重(以百分数表示)	X6	正向	财政依存度
			第三产业占 GDP 比重(以百分数表示)	X7	正向	产业结构
			GDP 增速(以百分数表示)	X8	正向	经济增长力
			人均金融机构存款余额(单位:元·人 ⁻¹)	X9	正向	经济恢复力
		工程	每万人拥有公共汽车数量(单位:辆·万人 ⁻¹)	X10	正向	公共交通资源
			固定资产投资(单位:万)	X11	正向	再生产能力
			人均道路面积(单位:m ²)	X12	正向	道路基础设施
		生态	建成区绿化覆盖率(以百分数表示)	X13	正向	城市绿化水平
			工业固体废物综合利用率(以百分数表示)	X14	正向	废物综合利用水平
			生活垃圾无害处理化处率(以百分数表示)	X15	正向	环境治理能力
			万元 GDP 工业废水排放量(单位:t·万元 ⁻¹)	X16	负向	环境污染压力
	自组织性	资源	人均用水量(单位:t·人 ⁻¹)	X17	负向	水资源消耗水平
			人均用电量(单位: kW·h·人 ⁻¹)	X18	负向	电力发展水平
		资金	实际利用外资金额(单位:万美元)	X19	正向	外资利用度
		人口	人口自然增长率(以百分数表示)	X20	正向	人口发展潜力
			在岗职工平均人数(单位:万人)	X21	正向	就业水平
		土地	人均城市建设用地面积(单位:m ² ·人 ⁻¹)	X22	正向	城市建设水平
			城市建设用地占市区面积比重(以百分数表示)	X23	负向	土地承载力
		信息	每万人拥有移动电话数(单位:户·万人 ⁻¹)	X24	正向	信息通信水平
			每万人拥有互联网用户数(单位:户·万人 ⁻¹)	X25	正向	网络普及率
	适应性	知识	每万人在校大学生数(单位:人·万人 ⁻¹)	X26	正向	教育水平
			每万人高校专任教师数(单位:人·万人 ⁻¹)	X27	正向	教育资源
		技术	专利申请数(单位:件)	X28	正向	科技成果
			科研与技术服务人员数(单位:万人)	X29	正向	科技人才
		外部适应条件	每百人公共图书馆藏书量(单位:本)	X30	正向	公共资源保障
			科学支出占财政支出比重(以百分数表示)	X31	正向	财政科技投入
			公共管理和社会组织人员数(单位:万人)	X32	正向	社会治理能力
	可转换性	城市连通性	道路面积率(以百分数表示)	X33	正向	道路供给水平
			日均公路客运量(单位:万人·d ⁻¹)	X34	正向	运输效率
		城市形态	城镇化率(以百分数表示)	X35	正向	城市化水平
		设施密度	规模以上工业企业密度(单位:个)	X36	正向	企业分布
			管道密度(单位:m·km ⁻²)	X37	正向	管道运输能力
			医院密度(单位:个·km ⁻²)	X38	正向	医疗设施完备程度
			高校密度(单位:所·km ⁻²)	X39	正向	教育设施完备程度

表 2 城市韧性描述性统计结果
Tab. 2 Descriptive statistics results of urban resilience

统计学参数	2010 年	2013 年	2016 年	2019 年	统计学参数	2010 年	2013 年	2016 年	2019 年
平均值	0.215 9	0.231 3	0.218 5	0.229 6	峰态系数	5.071 7	4.325 7	3.503 8	4.574 3
标准差	0.181 4	0.166 5	0.158 6	0.157 9	偏态系数	2.136 2	1.994 4	1.816 9	2.049 7
变异系数	0.839 8	0.719 8	0.725 9	0.687 7					

2.2 城市韧性格局时序演变特征

2.2.1 时序演变特征:整体韧性长期波动且具有同步性

截取 2010、2013、2016 和 2019 年时间断面,运用 ArcGIS 自然断点法对成渝城市群城市韧性的子目标层与目标层进行划分,分别探讨它们的时空演变特征。

从自适应循环各阶段来看,由图 2 可知:1) 在 2010—2019 年研究区城市稳定性水平整体呈波动轻度上升趋势。在 2011、2013、2015 和 2017 年,重庆市、成都市、资阳市、自贡市、眉山市、南充市等城市稳定性水平波动最为明显。2015 和 2017 年研究区各城市原有稳定性格局被打破,其中眉山市与南充市的稳定性水平提升明显,反超同期重庆市和成都市的稳定性水平位居前列。2) 在整个研究时段研究区城市自组织性水平整体保持相对稳定趋势,部分城市自组织性水平轻度提升。成都市和重庆市的自组织性水平“此消彼长”竞合发展始终位居前列;此外 2012 年德阳市自组织性水平提升迅速,在达到峰值后则有所下降,而内江市自组织性水平在 2017 年提升较大且之后仍持续提升。3) 2010—2019 年研究区城市适应性整体发展趋势最为稳定。成都市适应性水平最高、“单极化”明显且与其他城市适应性水平具有较大差异,重庆市、绵阳市、德阳市、雅安市的适应性水平虽在 2012、2014、2017 年有小幅提升但随后有所下降,整体趋于稳定。4) 在整个研究时段研究区城市可转化性整体发展趋势较为复杂且波动较大。重庆市和成都市凭借自身较高的客运量与设施密度而具有较高水平的可转化性,且二者在 2017 年前可转化性水平变化具有一定的同步性。2016 年广安客运交通站建成,使得广安市成为川东交通重要枢纽,可转化性水平得到迅速提升并在整个成渝城市群城市可转化性水平中位居首位。

从综合韧性值来看,由图 3 可知:1) 2010—2019 年成渝城市群城市综合韧性值的最高值为 0.734 1,最低值为 0.096 1,差异较大。2) 随着研究年份的变化,成都市和重庆市的综合韧性值始终高于成渝城市群平均水平且与其他城市的综合韧性值存在较大差异,“双核心”特征明显。3) 成渝城市群韧性值整体上处于长期波动状态,2014—2018 年为波动的高峰期,南充市、资阳市、眉山市的综合韧性值波动较为明显。4) 成都市的综合韧性值始终高于重庆市的综合韧性值,且二者变化具有一定的同步性。5) 资阳市、遂宁市、宜宾市等城市的综合韧性值随研究年份变化虽有波动上升趋势,但在整体成渝城市群中仍处于相对落后位置,它们的韧性水平有待进一步提升。

2.2.2 韧性区域差异特征:空间非均衡性明显但区域差距逐步缩小

借助 Stata 软件运用核密度估计法对研究区城市韧性水平动态变化进行分析,结果如图 4 所示:2010—2019 年核密度随城市综合韧性值的变化曲线逐年向右平移,表明在此时间段内研究区城市韧性逐步升高。研究期内上述曲线均为双峰态势且主峰与次峰差异明显,表明空间非均衡性明显且存在一定程度的极化现象。核密度的高值区与低值区存在较大差异则表明研究区城市韧性存在较大区域差异,但曲线中尖峰逐渐向宽峰转变,说明这种差异正在逐渐缩小。

2.3 城市韧性格局空间演变特征

根据成渝城市群城市综合韧性值计算结果,依据自然断点法将 2010、2013、2016 和 2019 年城市综合韧性值划分为 5 个层级,即低韧性、较低韧性、中韧性、较高韧性和高韧性。

2.3.1 城市韧性空间分异格局:“双核心”突出、中部与西南部凹陷

表 3 显示:2010—2019 年成渝城市群各城市的韧性在空间上的差异较为明显,且始终保持以综合韧性值最高的成都市和重庆市“双核心”为引领、次级城市综合韧性值总体增长部分波动的发展格局。2010 年成渝城市群总体韧性水平相对较低,其中低和较低韧性层级区域占比为 62.5%,且主要分布于该城市群的中部与北部地区,“双核心”以外的雅安市、绵阳市则具有较高韧性。2013 年研究区城市总体韧性水平较高,上升速度较快,低和较低韧性层级区域占比为 25%,成都市及它的周边城市韧性水平迅速提升,呈明显的“中心-外围”模式。2016 年研究区城市总体韧性水平适中,低和较低韧性层级区域占比为 31.25%,其中资阳市、遂宁市、达州市韧性水平均出

现不同程度下降,成都市及它的周边城市韧性水平进入稳定阶段,广安市得益于综合交通枢纽建设而成为了川东北地区韧性水平较高的区域。2019年成渝城市群城市总体韧性水平下降迅速,低和较低韧性层级区域占比升至43.75%,特别是川南城市群韧性水平下降明显,而位于成都市和重庆市外围的城市如绵阳市、德阳市、广安市、达州市等韧性水平较高。因此,成渝城市群城市韧性呈“双核心”突出、中部与西南部凹陷的空间分异格局。

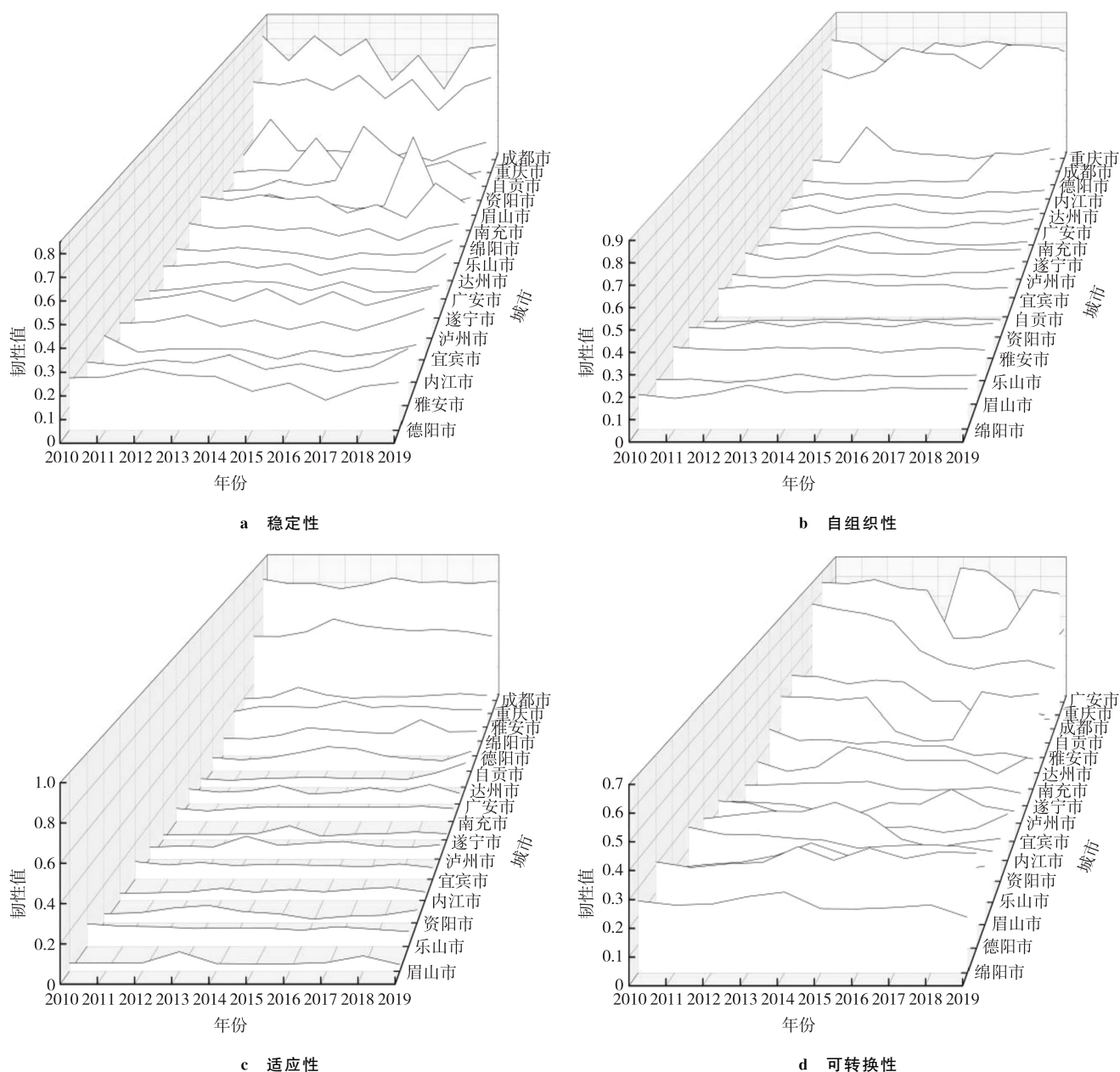


图2 子目标层城市韧性时序演变

Fig.2 Temporal evolution of sub-goal level urban resilience

2.3.2 城市韧性演化类型分析:整体向好、上升型和稳定型占据主导

根据成渝城市群各城市综合韧性值计算结果,对城市韧性演化类型进行划分,3个主类型分别为上升型、稳定型和下降型,其中上升型(或下降型)依据综合韧性值变化幅度进一步细分为高度、中度和低度上升型(或下降型),稳定型根据综合韧性值大小细分为高、较高、较低和低韧性稳定型。

对成渝城市群各城市的城市韧性演化类型进行分类后可知:1)城市韧性演化类型为上升型的城市共6个,其中低度、中度上升型的城市分别为4个和2个,无高度上升型城市。2)城市韧性演化类型为稳定型的城市共7个,其中低稳定型的城市有1个而较低、较高和高韧性稳定型的城市均为2个。3)城市韧性演化类型为下降

型的城市共 3 个,其中 2 个城市为低度下降型而 1 个城市为中度下降型,无高度下降型城市。4) 总体来看,成渝城市群的城市韧性演化类型以稳定型和上升型为主,整体发展态势向好,但上升型城市中大部分是由低韧性向较低韧性上升,且城市韧性长期处于低水平状态,因此该城市群内低度上升型城市中的低韧性水平城市以及低韧性稳定型城市在城市韧性提升方面仍有较大空间,同时也是未来该城市群城市韧性建设的重要发力点(表 4)。

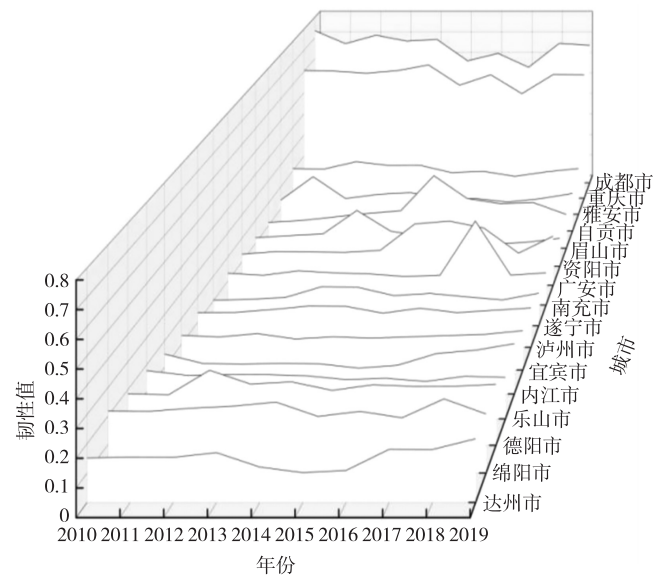


图 3 目标层城市韧性时序演变
Fig.3 Temporal evolution of goal-level urban resilience

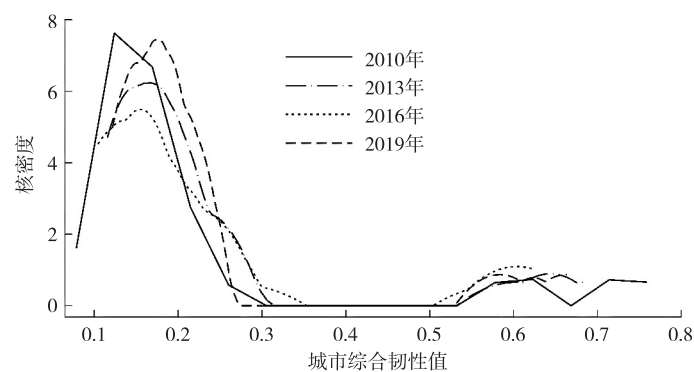


图 4 城市韧性核密度估计
Fig.4 Kernel density estimation of urban resilience

表 3 城市韧性空间分异格局

Tab.3 Spatial differentiation pattern of urban resilience									
城市	城市韧性分级				城市	城市韧性分级			
	2010 年	2013 年	2016 年	2019 年		2010 年	2013 年	2016 年	2019 年
成都市	高韧性	高韧性	高韧性	高韧性	遂宁市	低韧性	中韧性	较低韧性	低韧性
重庆市	高韧性	高韧性	高韧性	高韧性	泸州市	较低韧性	中韧性	中韧性	较低韧性
雅安市	较高韧性	较高韧性	较高韧性	较高韧性	宜宾市	较低韧性	低韧性	较低韧性	较低韧性
自贡市	较低韧性	中韧性	中韧性	中韧性	内江市	较低韧性	低韧性	低韧性	中韧性
眉山市	低韧性	中韧性	高韧性	较低韧性	乐山市	中韧性	中韧性	中韧性	较低韧性
资阳市	较低韧性	较高韧性	低韧性	低韧性	德阳市	中韧性	较高韧性	较高韧性	较高韧性
广安市	较低韧性	较低韧性	较高韧性	较高韧性	绵阳市	较高韧性	较高韧性	较高韧性	较高韧性
南充市	较低韧性	较低韧性	较低韧性	低韧性	达州市	较低韧性	中韧性	低韧性	较高韧性

表 4 城市韧性演化类型

Tab. 4 Evolution types of urban resilience

演化类型	城市	演化类型	城市
低度上升型	德阳市、眉山市、内江市、自贡市	较高韧性稳定型	绵阳市、雅安市
中度上升型	广安市、达州市	高韧性稳定型	成都市、重庆市
低韧性稳定型	遂宁市	低度下降型	资阳市、南充市
较低韧性稳定型	宜宾市、泸州市	中度下降型	乐山市

2.3.3 空间关联性分析

运用 Geoda 软件创建空间权重并计算 2010—2019 年成渝城市群的子目标层与目标层全局自相关系数,结果显示:1) 稳定性经历了“分散—集聚—分散”的演化过程,Moran 指数在 2010 年与 2019 年小于 0,呈负相关关系。2) 自组织性经历了“弱集聚—较强集聚—弱集聚—分散”的演化过程,Moran 指数在 2010—2016 年虽大于 0 但数值较小,因而空间相关性较弱;该指数在 2019 年小于 0,呈负相关关系。3) 适应性经历了“分散—较强集聚—较弱集聚—弱集聚”的演化过程,Moran 指数在 2010 年小于 0,呈现负相关关系。4) 可转换性经历了“较弱集聚—较强集聚—较弱集聚”的演化过程,但与其他子目标相比 Moran 指数均处于大于 0 状态,集聚性虽较弱但相对稳定。5) 综合韧性经历了“弱集聚—较弱集聚—较强集聚—较弱集聚”的演化过程,整体韧性空间集聚性和同质性相对明显(表 5)。总体而言,成渝城市群的城市韧性存在一定空间关联性但关联性不强,子目标层与目标层均存在波动上升和下降态势,整体空间分布经历了“分散—集聚—分散”的演化过程。

表 5 城市韧性 Moran 指数

Tab. 5 Moran's index of urban resilience

子目标层	Moran 指数				子目标层	Moran 指数			
	2010 年	2013 年	2016 年	2019 年		2010 年	2013 年	2016 年	2019 年
稳定性	-0.024 7	0.035 8	0.126 1	-0.014 2	可转换性	0.134 0	0.305 2	0.284 0	0.249 1
自组织性	0.015 1	0.017 8	0.015 3	-0.106 5	综合韧性	0.003 1	0.044 1	0.180 2	0.037 2
适应性	-0.004 4	0.071 1	0.032 0	0.011 9					

2.4 影响因子探测

运用地理探测器对成渝城市群城市韧性的影响因子进行探测,选取 q 值排序前 5 的指标进行具体分析。表 6 显示,2010—2019 年 q 值较大的指标主要可归为经济发展因子、社会保障因子、生态与资源因子、人口发展因子等 4 大类影响因子。

1) 经济发展因子。第三产业占 GDP 比重(X7)反映出地区的产业结构转型优化水平,人均 GDP(X5)反映了地区经济发展总体水平,2010—2013 年二者影响力持续上升,2013 年后逐渐下降整体呈现出波动状态。人均金融机构存款余额(X9)反映出地区的经济恢复力,该指标在 2016 年影响力迅速提升,对城市韧性空间分异影响逐渐增大。实际利用外资金额(X19)与中国在国际市场进出口贸易息息相关,它在 2019 年影响力迅速提升并首次成为影响成渝城市群城市韧性的前 5 位重要指标。

2) 社会保障因子。高校密度(X39)、教育支出占财政支出比例(X4)、每万人在校大学生数(X26)与每万人高校专任教师数(X27)分别反映出地区的教育资金投入、教育设施投入与教育教学水平,它们在 2010—2013 年的影响力逐年上升,随后波动下降,对城市韧性具有波动性影响。城镇化率(X35)反映出地区城市化水平,在 2016 年首次成为城市韧性重要影响因素后影响力逐年下降。管道密度(X37)反映出地区常规运输方式以外的运输能力,是应对风险的重要保障,它在 2010 年的影响力较大,之后随着各类交通方式的日益丰富完善而影响力逐年下降。每万人拥有互联网用户数(X25)反映出地区的网络普及率,随着通信基础设施逐步完善,它的影响力在 2016—2019 年逐渐提升。

3) 生态与资源因子。人均用水量(X17)反映出地区的水资源消耗水平,人均用电量(X18)反映出地区的电力发展水平,二者分别在 2016 年和 2019 年成为第 3 位和第 2 位重要的影响因素,随着地区工程配套设施的完善与多种发电方式的进步,它们的影响力逐渐下降。万元 GDP 工业废水排放量(X16)反映出地区生态环境污染压

力,随着城市发展建设过程中绿色协调可持续思想的融入贯彻,作为影响人类长期生存发展的生态环境因子该指标的影响力也随之上升到新高度。

4) 人口发展因子。人口自然增长率(X20)反映出地区的人口发展潜力同时也是制定合理人口政策的重要风向标,2010 年位居第 5 位随后下降,2019 年重新上升至第 4 位,整体影响力呈现波动上升趋势。在岗职工平均人数(X21)反映出地区的居民就业水平,实时了解劳动力状况有助于指导生产有序进行,2013—2016 年该指标影响力持续上升,随后逐渐下降并在 2019 年跌出前 5 位。

表 6 城市韧性空间分异性探测
Tab. 6 Detection of spatial differentiation in urban resilience

年份	第 1 位		第 2 位		第 3 位		第 4 位		第 5 位	
	指标代码	q 值	指标代码	q 值	指标代码	q 值	指标代码	q 值	指标代码	q 值
2010 年	X39	0.95	X37	0.92	X4	0.89	X25	0.88	X20	0.87
2013 年	X7	0.93	X26	0.92	X27	0.91	X5	0.89	X21	0.88
2016 年	X35	0.93	X21	0.89	X17	0.88	X25	0.86	X9	0.84
2019 年	X25	0.88	X18	0.87	X19	0.86	X20	0.85	X16	0.84

注:指标代码对应的指标名称见表 1,下同。

2.5 障碍因子探测

选取障碍度排序前 5 位的指标进行统计分析,结果如表 7 所示:实际利用外资金额(X19)所反映的外资利用度始终是成渝城市群城市韧性水平提升首要障碍因素,分别反映科技成果和科技人才的专利申请数(X28)和科研与技术服务人员数(X29)交替制约着地区科技创新水平;2019 年反映就业水平的在岗职工平均人数(X21)首次跃升障碍度前 5 位,表明了推进经济结构优化过程中不可在忽视劳动力要素的同时还需提防人才人口流失问题;此外每万人拥有互联网用户数(X25)、公共管理与社会组织人员数(X32)、固定资产投资(X11)等指标所分别反映的网络普及率、社会治理能力和再生产能力也是 2010—2019 年成渝城市群城市韧性的主要障碍因素。由上述障碍因子分析结果可知,在成渝城市群城市韧性建设中应着重增强科技创新的驱动作用,同时做好城市韧性水平提升的资金支持和积极推动信息服务均等化建设,从而全面提升城市综合治理能力。

表 7 障碍因子探测结果
Tab. 7 Detection results of obstacle factors

年份	第 1 位		第 2 位		第 3 位		第 4 位		第 5 位	
	指标代码	障碍度	指标代码	障碍度	指标代码	障碍度	指标代码	障碍度	指标代码	障碍度
2010 年	X19	13.2%	X28	10.2%	X29	7.6%	X21	7.2%	X25	6.4%
2013 年	X19	33.6%	X28	10.3%	X29	8.1%	X32	6.2%	X11	4.0%
2016 年	X19	18.0%	X21	9.9%	X28	8.2%	X29	7.2%	X32	5.2%
2019 年	X19	16.9%	X21	9.4%	X29	8.5%	X28	6.8%	X11	5.8%

3 结束语

本研究基于适应性循环理论构建了城市韧性评价指标体系,对 2010—2019 年成渝城市群城市韧性进行了测度,对它的格局时空演变特征和影响因素进行了分析,主要结果如下:

1) 在时序演化维度上,成渝城市群城市韧性评价体系中心目标层面的表现差异较大:稳定性水平呈波动态势并轻度上升,整体波动时间点具有同步性特征;自组织性相对稳定,成都市和重庆市的自组织性水平高居前列、“此消彼长”竞合发展;适应性发展趋势最稳定,虽略有波动但幅度较小;可转化性发展趋势最为复杂且波动较大,成都市和重庆市“两家独大”局面一度被打破。从目标层来看,成都市与重庆市综合韧性水平最高,“双核心”特征明显,且二者变化具有一定同步性。整体上看,成渝城市群城市综合韧性水平处于长期波动状态,次级

城市综合韧性水平波动上升但与城市群的中心城市相比仍存在较大差距。

2) 在空间演化维度上,成渝城市群城市韧性空间差异明显,呈“双核心”突出、中部地区与西南部地区凹陷的空间分异格局。低和较低韧性区域的占比经历了先减少后增加的发展过程,但城市综合韧性水平总体呈波动上升状态。从演化类型来看,成渝城市群城市以上升型和稳定型城市为主,稳定型城市中大部分为较高和高韧性稳定型,整体发展态势向好但资阳市、南充市、乐山市等少数城市的韧性水平仍有较大上升空间。在空间关联性方面,成渝城市群城市韧性存在一定空间关联性但关联性不强,各项子目标波动增长与下降并存,在空间上经历了“分散—集聚—分散”的演化过程。

3) 成渝城市群城市韧性主要受到经济发展因子、社会保障因子、生态与资源因子和人口发展因子共4类因子的影响,其中:经济发展因子主要通过经济恢复力、产业结构、经济总量、外资利用度等体现,社会保障主因子主要通过教育投入、教育水平、教育资源、教育设施完备程度、城市化水平、管道运输能力、网络普及率等体现,生态与资源主因子主要通过水资源消耗水平、电力发展水平、环境污染压力等体现,人口发展主因子主要通过人口发展潜力与就业水平体现。

4) 城市韧性的发展是由多种障碍因子多重干扰综合作用的结果。资金投入与科技创新是制约成渝城市群城市韧性的关键性因子,具有长期稳定特点。此外劳动力水平、社会治理和信息传播等因子也共同发挥较强的制约作用。

本研究基于适应性循环的4个阶段从稳定性、自组织性、适应性、可转化性等4个方面构建城市韧性的综合测度指标体系,在指标选取方面秉持因地制宜原则,根据成渝城市群的特点在已有指标体系基础上进行了优化,丰富了城市韧性研究体系,为成渝城市群城市安全与可持续发展提供了科学参考。然而城市韧性具有一定动态性,不同时期的城市所面临的问题是不完全相同的;通过现有指标来反映城市韧性,在评估的动态性方面表现效果有限^[40]。另一方面,相关研究在时间和空间尺度上的精细化程度仍有待提升,因为这有助于提升研究的时效性和研究成果在城市规划与管理上的实际价值。此外,现有研究的城市韧性评估框架仍有待发展完善,采用适应性循环理论进行城市韧性测度时需考虑到不同区域或领域的自适应范畴有所差异,从而加强相关研究的针对性。对于本研究而言,由于受限于测度指标的可获取性和对城市韧性内涵认知,从研究对象上看,本研究未能对成渝城市群与其他城市群的城市韧性进行横向对比,也未对该城市群与它外部城市的城市韧性差异性展开研究;在研究尺度上,本研究所选的直辖市和地级市的尺度仍然较大,未能聚焦至县域尺度从而更精准地反映出成渝城市群的城市韧性;在研究方法上,本研究仅基于地理探测器与障碍度模型分析了成渝城市群城市韧性的影响因素,未能加入多种空间计量模型深入分析城市韧性的时空格局演化机制。上述问题将是未来城市韧性研究中需要进一步完善和改进之处。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议[EB/OL]. [2023-04-15]. https://www.gov.cn/zhengce/2020-11/03/content_5556991.htm.
The State Council of the People's Republic of China. CPCCC's proposals for the formulation of the 14th five-year plan (2021—2025) for national economic and social development and the long-range objectives through the year 2035 [EB/OL]. [2023-04-15]. https://www.gov.cn/zhengce/2020-11/03/content_5556991.htm.
- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于推进城市安全发展的意见》[EB/OL]. [2023-04-15]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2018/content_5257371.htm.
The State Council of the People's Republic of China. The General Office of the Central Committee of the CPC and the General Office of the State Council print and issue *the opinions on promoting the safe development of cities* [EB/OL]. [2023-04-15]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2018/content_5257371.htm.
- [3] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4. 1: 1-23.
- [4] BARNES A, NEL V. Putting spatial resilience into practice[J]. *Urban Forum*, 2017, 28(2): 219-232.
- [5] DAWLEY S, PIKE A, TOMANEY J. Towards the resilient region?[J]. *Local Economy: the Journal of the Local Economy Policy Unit*, 2010, 25(8): 650-667.
- [6] KRISTINE K, BULKELEY H. Cities, Europeanization and multi-level governance: governing climate change through transnational municipal networks[J]. *JCMS: Journal of Common Market Studies*, 2009, 47(2): 309-332.

- [7] KENDRA J M, WACHTENDORF T. Elements of resilience after the World Trade Center disaster: reconstituting New York City's Emergency Operations Centre[J]. *Disasters*, 2003, 27(1): 37-53.
- [8] ROSE A. Defining and measuring economic resilience to disasters[J]. *Disaster Prevention and Management: an International Journal*, 2004, 13(4): 307-314.
- [9] MARTIN R, SUNLEY P, GARDINER B, et al. How regions react to recessions: resilience and the role of economic structure[J]. *Regional Studies*, 2016, 50(4): 561-585.
- [10] MALISZEWSKI P J, PERRINGS C. Factors in the resilience of electrical power distribution infrastructures[J]. *Applied Geography*, 2012, 32(2): 668-679.
- [11] REHAK D, SENOVSKY P, HROMADA M, et al. Complex approach to assessing resilience of critical infrastructure elements[J]. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 2019, 25: 125-138.
- [12] 邵亦文, 徐江. 城市韧性: 基于国际文献综述的概念解析[J]. *国际城市规划*, 2015, 30(2): 48-54.
SHAO Y W, XU J. Understanding urban resilience: a conceptual analysis based on integrated international literature review[J]. *Urban Planning International*, 2015, 30(2): 48-54.
- [13] 杨敏行, 黄波, 崔翀, 等. 基于韧性城市理论的灾害防治研究回顾与展望[J]. *城市规划学刊*, 2016(1): 48-55.
YANG M X, HUANG B, CUI C, et al. Review and prospect: urban disaster resilience[J]. *Urban Planning Forum*, 2016(1): 48-55.
- [14] 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.
ZHAO R D, FANG C L, LIU H M. Progress and prospect of urban resilience research[J]. *Progress in Geography*, 2020, 39(10): 1717-1731.
- [15] 吴菊平, 潘玉君, 骆华松, 等. 滇中城市群城市韧性时空格局演变及动态预测研究[J]. *生态经济*, 2023, 39(8): 95-105.
WU J P, PAN Y J, LUO H S, et al. Spatial-temporal pattern evolution and dynamic prediction of urban resilience in Dianzhong Urban Agglomeration[J]. *Ecological Economy*, 2023, 39(8): 95-105.
- [16] 陈晓红, 娄金男, 王颖. 哈长城市群城市韧性的时空格局演变及动态模拟研究[J]. *地理科学*, 2020, 40(12): 2000-2009.
CHEN X H, LOU J N, WANG Y. Evolution and dynamic simulation of the temporal-spatial pattern of urban resilience in Harbin-Changchun Urban Group[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(12): 2000-2009.
- [17] 巩灿娟, 张晓青, 徐成龙. 中国三大城市群经济韧性的时空演变及协同提升研究[J]. *软科学*, 2022, 36(5): 38-46.
GONG C J, ZHANG X Q, XU C L. Study on the spatial-temporal evolution and collaborative improvement of economic resilience of three major urban agglomerations in China[J]. *Soft Science*, 2022, 36(5): 38-46.
- [18] 赵瑞东. 中国城市韧性的时空格局演变、影响机制及提升路径研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2021.
ZHAO R D. Study on spatiotemporal pattern evolution, influence mechanism and promotion path of urban resilience in China[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2021.
- [19] 殷凯. 黑龙江省城市韧性时空演变及其影响因素研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2021.
YIN K. Research on the spatio-temporal evolution and influencing factors of urban resilience in Heilongjiang Province[D]. Harbin: Harbin Normal University, 2021.
- [20] 韦怡. 成渝地区双城经济圈城市韧性的时空演变、影响因素及提升路径研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2022.
WEI Y. Spatio-temporal evolution, influencing factors and improvement path of urban resilience in Chengdu-Chongqing Economic Circle[D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2022.
- [21] 白立敏, 修春亮, 冯兴华, 等. 中国城市韧性综合评估及其时空分异特征[J]. *世界地理研究*, 2019, 28(6): 77-87.
BAI L M, XIU C L, FENG X H, et al. A comprehensive assessment of urban resilience and its spatial differentiation in China[J]. *World Regional Studies*, 2019, 28(6): 77-87.
- [22] 方叶林, 苏雪晴, 黄震方, 等. 城市韧性对旅游经济的空间溢出效应研究: 以长三角城市群为例[J]. *地理科学进展*, 2022, 41(2): 214-223.
FANG Y L, SU X Q, HUANG Z F, et al. Spatial spillover effect of urban resilience on tourism economy: a case study of the Yangtze River Delta Urban Agglomeration[J]. *Progress in Geography*, 2022, 41(2): 214-223.
- [23] 高志刚, 丁煜莹. 中国西北地区城市的韧性测度及影响因素[J]. *科技导报*, 2021, 39(24): 118-129.
GAO Z G, DING Y Y. Measurement of urban resilience and its influencing factors in Northwest China[J]. *Science & Technology Review*, 2021, 39(24): 118-129.
- [24] 王松茂, 牛金兰. 山东半岛城市群城市生态韧性的动态演化及障碍因子分析[J]. *经济地理*, 2022, 42(8): 51-61.
WANG S M, NIU J L. Dynamic evolution and obstacle factors of urban ecological resilience in Shandong Peninsula Urban Agglomeration[J]. *Economic Geography*, 2022, 42(8): 51-61.

- [25] 李亚,翟国方.我国城市灾害韧性评估及其提升策略研究[J].规划师,2017,33(8):5-11.
LI Y,ZHAI G F. China's urban disaster resilience evaluation and promotion[J]. Planners,2017,33(8):5-11.
- [26] 彭翀,林樱子,顾朝林.长江中游城市网络结构韧性评估及其优化策略[J].地理研究,2018,37(6):1193-1207.
PENG C,LIN Y Z,GU C L. Evaluation and optimization strategy of city network structural resilience in the middle reaches of Yangtze River[J]. Geographical Research,2018,37(6):1193-1207.
- [27] 张跃胜,邓帅艳,张寅雪.城市经济韧性研究:理论进展与未来方向[J].管理学报,2022,35(2):54-67.
ZHANG Y S,DENG S Y,ZHANG Y X. Research on urban economic resilience:theoretical progress and future directions[J]. Journal of Management,2022,35(2):54-67.
- [28] 吴浩,江志猛,林安琪,等.基于隐性-韧性-显性的武汉城市资源环境承载力空间特征[J].地理学报,2021,76(10):2439-2457.
WU H,JIANG Z M,LIN A Q,et al. Analyzing spatial characteristics of urban resource and environment carrying capacity based on covert-resilient-overt;a case study of Wuhan City[J]. Acta Geographica Sinica,2021,76(10):2439-2457.
- [29] 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.
LIU Y P. Urban resilience system development measurement:based on an empirical study of 288 Chinese cities[J]. Urban Development Studies,2021,28(6):93-100.
- [30] 杨莹,林琳,钟志平,等.基于应对公共健康危害的广州社区恢复力评价及空间分异[J].地理学报,2019,74(2):266-284.
YANG Y,LIN L,ZHONG Z P,et al. Comprehensive evaluation and spatial differentiation of community resilience in Guangzhou based on response of the city to public health hazards[J]. Acta Geographica Sinica,2019,74(2):266-284.
- [31] 张学波,李亚宁,马海涛,等.基于适应性循环的环渤海地区经济韧性演化分异机制[J].地理研究,2024,43(5):1126-1145.
ZHANG X B,LI Y N,MA H T,et al. Evolution differentiation mechanism of economic resilience in the Bohai Rim Region based on the adaptive cycle theory[J]. Geographical Research,2024,43(5):1126-1145.
- [32] 臧鑫宇,王峤.城市韧性的概念演进、研究内容与发展趋势[J].科技导报,2019,37(22):94-104.
ZANG X Y,WANG Q. The evolution of the urban resilience concept, and its research contents and development trend[J]. Science & Technology Review,2019,37(22):94-104.
- [33] 杜力.何谓城市韧性?对韧性城市基本概念的分析[J].天津行政学院学报,2022,24(3):46-56.
DU L. What is urban resilience?an analysis of basic concepts of resilient cities[J]. Journal of Tianjin Administration Institute, 2022,24(3):46-56.
- [34] 陈安,师钰.韧性城市的概念演化及评价方法研究综述[J].生态城市与绿色建筑,2018(1):14-19.
CHEN A,SHI Y. A review on the concept evolution and assessment method of resilient city[J]. Eco-city and Green Building, 2018(1):14-19.
- [35] 贺山峰,梁爽,吴绍洪,等.长三角地区城市洪涝灾害韧性时空演变及其关联性分析[J].长江流域资源与环境,2022,31(9):1988-1999.
HE S F,LIANG S,WU S H,et al. Analysis on spatio-temporal evolution and relevance of urban flood disaster resilience in Yangtze river Delta[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,2022,31(9):1988-1999.
- [36] 杨桐彬,朱英明,姚启峰.中国城市群经济韧性的地区差异、分布动态与空间收敛[J].统计与信息论坛,2022,37(7):45-60.
YANG D B,ZHU Y M,YAO Q F. Regional differences,distribution dynamics and spatial convergence of economic resilience in Chinese Urban Agglomerations[J]. Journal of Statistics and Information,2022,37(7):45-60.
- [37] 陈述,远维康,颜克胜,等.湖北省城市雨涝灾害韧性的时空演变及障碍因子[J].中国安全生产科学技术,2024,20(2):13-20.
CHEN S,YUAN W K,YAN K S,et al. Spatio-temporal evolutionary and obstacle factors of urban waterlogging disaster resilience in Hubei Province[J]. Journal of Safety Science and Technology,2024,20(2):13-20.
- [38] 陈绍友,于晓霞.成渝地区双城经济圈乡村旅游重点村空间分布特征及影响因素研究[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2023,40(4):81-94.
CHEN S Y,YU X X. Research on spatial distribution characteristics and influencing factors of key rural tourism villages in Chengdu Chongqing Economie Circle[J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science),2023,40(4):81-94.
- [39] 贾海发,杜鹏阳.基于DPSIR-TOPSIS和障碍度模型的青海省生态安全评价及障碍因子诊断[J].农业现代化研究,2024,45(2):296-305.
JIA H F,DU P Y. Ecological security evaluation and obstacle factor diagnosis in Qinghai Province based on DPSIR TOPSIS and obstacle degree models[J]. Research of Agricultural Modernization,2024,45(2):296-305.
- [40] 段怡嫣,翟国方,李文静.城市韧性测度的国际研究进展[J].国际城市规划,2021,36(6):79-85.
DUAN Y Y,ZHAI G F,LI W J. International research progress on measuring urban resilience[J]. Urban Planning International, 2021,36(6):79-85.

Analysis of Spatial-Temporal Evolution Characteristics and Exploration of Influencing Factors in the Urban Resilience Pattern of the Chengdu-Chongqing Urban Agglomeration

DING Chenhao, GAO Xin, HOU Xin

(School of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: To investigate the spatiotemporal evolution characteristics of the urban resilience pattern and the influencing and hindering factors in the Chengdu-Chongqing Urban Agglomeration (CCUA), Chongqing and 15 prefecture level cities in Sichuan Province within the urban agglomeration were taken as research objects and the utilizes data from 2010 to 2019 were selected. An adaptive cycle is used to construct a comprehensive urban resilience assessment system, and the entropy weight-TOPSIS method is employed for measurement. Spatial-temporal evolution, influencing factors, and hindering factors are analyzed using ArcGIS, geographic detector models, and hindrance degree models. The urban resilience of the CCUA exhibits long-term fluctuations during the study period, with synchronous changes in the dual-core cities and sustained low-level fluctuations with an upward trend in secondary cities. The spatial evolution of the urban resilience pattern exhibits significant spatial heterogeneity and weak spatial correlation. The “dual-core” polarization is prominent, while the central and southwestern regions are depressed. Evolutionary types are mainly characterized by an ascending and stable pattern. The dominant influencing factors for urban resilience in the CCUA are economic development, social security, ecology and resources, and population development. The main hindering factors include financial investment, technological innovation level, labor conditions, social governance capacity, and information dissemination capacity. In the future, the CCUA can focus on dominant influencing and hindering factors to enhance overall urban resilience, with the aim of achieving safety and sustainable development.

Keywords: Chengdu-Chongqing Urban Agglomeration; urban resilience; space-time evolution; geographical detector

(责任编辑 方 兴)