

基于韧性理论的安徽省城市韧性 时空演进分析

章蓓蓓^{1,2}, 刘仡智¹

(1. 安徽建筑大学经济与管理学院, 安徽 合肥 230022;
2. 安徽省房地产与住房公积金研究院, 安徽 合肥 231633)

摘要:从韧性的物理概念出发,从抵抗力、适应力和恢复力3个维度构建城市韧性评价指标体系。选取安徽省16个地级市为研究对象,基于熵值法和耦合协调度模型,研究各市城市韧性时空演进变化。时间维度上,高韧性城市合肥市韧性得分领先于其他城市;中等韧性城市的韧性得分稳步增长;低韧性城市数量最多,但韧性增长率最快;各市城市韧性的耦合协调度不断上升且集聚性逐渐增强。空间维度上,总体呈现以合肥市为中心向周围递减和东部高西部低的特点;抵抗力、恢复力和适应力都有明显空间分异特征。基于安徽省城市韧性时空演进特征提出了相应对策,以期进一步提高城市韧性水平,促进各市协同发展。

关键词:城市韧性;熵值法;空间分异;耦合协调度

中图分类号:F299.2 **文献标志码:**A

重大突发自然灾害事件对城市是巨大挑战,也是建立韧性城市的机遇^[1]。城市作为最复杂的社会生态系统,承受来自外界和自身的冲击和扰动,其中地震、飓风、能源短缺、气候变化等因素带来累积型冲击,增加了不确定性^[2]。近年来,频发的灾害使城市系统屡屡受创,而城市规模的不断扩大和蔓延增加了其在面对各类灾害风险时的脆弱性和在治理方面的不确定性。城市外部的自然环境极为复杂,台风、洪水等自然灾害威胁着各个城市。据不完全统计,2022年中国各种自然灾害共造成超过1亿人次受灾,局部地区山洪灾害频发,共有38次区域性暴雨天气,因台风灾害造成的直接经济损失达54.2亿元。这些外部冲击无法单一地去针对,城市应当

建立一个可以在任意时间地点应对任意外部冲击的系统,为解决这些问题,城市需要采取专业的抵抗措施,追求可持续发展。而韧性城市具备抵御外界冲击的能力,展现韧性强度。城市应当在受到自身条件限制的情况下,建立和发展韧性城市更好地应对外界环境冲击,保护居民生命和财产安全,创造稳定可持续的未来^[3]。

根据《安徽省2021年政府工作报告》,安徽省将在“十四五”期间着力推进城市规模的合理发展,重点关注人口密度和空间结构,以建设韧性城市为目标,通过城市大脑建设和城市治理现代化水平的提升,推动城市韧性评价指标体系的建立。同时,注重城市韧性的提升,努力实现安徽省城市的高质量

发展。这一系列举措将为安徽省的城市发展带来更多机遇和挑战,也将为人民提供更好的生活环境和机会。

一、理论基础

“韧性”一词最早来源于物理学概念,表示材料在塑性变形和破裂过程中吸收能量的能力。材料学中,韧性指材料受到使其发生形变的力时对折断的抵抗能力。1973年生态学家Holling^[4]将“韧性”作为一种生态学研究框架,其意为一种能够使生态系统在受到外界的干扰和破坏后仍然能恢复到原本稳定状态的能力^[5]。韧性理论也推广至社会学、心理学领域,指个体能在重大创伤或应激之后恢复最初状态,在压力的威胁下能够顽强持久、坚韧不拔,强调个体在挫折后的成长和新生。

随后,韧性理论被引入到现代城市研究领域。2002年,倡导地区可持续发展国际理事会首次提出“韧性城市”的概念并引入城市防灾研究中。在此之后城市经济韧性从经济学角度阐述了城市在受到外界冲击后重新回到平衡态的理念,注重城市灾害的恢复能力。在灾害学中,韧性城市注重城市对外界灾害的抵御能力。从社会学角度,韧性城市是指社会结构与人类社区的有机结合,通过对城市物质的系统规划,面对灾害时,注重发挥社区成员的力量。浙江大学城市韧性研究中心认为韧性城市是城市能够凭自身的能力抵御灾害,减轻灾害损失并合理地调配资源以从灾害中快速恢复过来,即能够从过往的灾害事故中学习并提升适应能力。在此之后,“经济韧性”“生态韧性”“工业韧性”等城市韧性概念引起了学者们的广泛关注,越来越多的学者和研究机构将城市韧性归纳为一系列能力的集合,主要包括城市抵御、适应、维持、恢复和发展等能力。

二、城市韧性指标框架的构建

对城市韧性评价的研究越来越多,评价指标体系构建有不同方法、不同维度。有学者从气候灾害、经济、社区、组织和基础设施5个韧

性方面并结合国际案例分析构建城市韧性指标体系^[6],以及从物理空间、社会空间和信息空间3个维度构建城市韧性指标体系^[7]。Cutter等^[8]依据城市组成因素构建城市韧性评估指标体系,并加入了社区能力指标。Suárez等^[9]则从社会生态系统视角筛选指标来构建城市韧性恢复力框架,并对西班牙部分城市进行案例研究。还有研究关注城市韧性的具体问题,如从压力指标、状态指标和响应指标3个方面,来构建城市雨洪韧性指标体系^[10];从经济、物质、制度、社会和自然5个方面构建城市韧性评估体系^[11]。城市韧性评价方法普遍采用系统动力学^[12]、熵权法^[13]、TOPSIS法^[14]、GA-BP神经网络^[15]等方法。

目前城市韧性研究在国内得到了足够的重视,越来越多的学者从不同的维度讨论城市韧性。但国内的韧性城市指标构建基本都围绕着城市本身的特性,很少有研究从韧性的概念出发。韧性概念从最早物理学领域到现在现代城市研究中,始终围绕着抵抗、适应和恢复三个理论重点展开解释。经众多学者在韧性领域和现代城市领域中的研究得知,城市韧性不仅强调城市具有预防灾害、抵抗灾害的能力,而且还需要具有在灾后迅速恢复和学习的能力,以更有效应对下一次灾害^[16]。所以,本研究从韧性的理论出发,以抵抗力、恢复力和适应力3个维度构建城市韧性评价指标体系。

抵抗力^[17]是城市在遇到灾害的情况下通过基础设施来减少受到的灾害的能力。这要求城市的居民在抵抗灾害时拥有一定的防害意识和基础知识,以确保当灾害来临时,居民能够在短时间内自主、积极地展开防害措施,来减少不必要的人员伤亡和经济损失。选取以基础设施为主的抵抗力韧性指标,包括人均道路面积、全社会用电量以及人均居住面积和卫生机构床位数等。

适应力^[18]是城市在面对不同等级的灾害时都能以一个平稳的状态来度过自然灾害的能力。城市的适应力是通过人与城市生态的相互协调、相互反馈所形成的。当灾害来

临时,城市的生态系统将遭受巨大的损失,所以良好的城市循环系统可以提高对自然灾害的适应力。不仅是生态,在适应灾害的能力中,城市的社会结构也表现出重要的作用。研究选取以城市生态为主的适应力韧性指标,包括建成区绿化覆盖率、人均生活日用水量以及人口密度和人口自然增长率等。

恢复力是城市在受到灾害后,从不平衡状态及时回归到平衡状态的能力。恢复力直观的表现便是城市在灾后及时消除灾情带来的影响,重新恢复城市的秩序并且从灾害中得到经验与教训,为之后的灾害做好应对准备。其中,城市的经济水平和社会福利等都将影响城市在灾后的恢复状态。研究选取以经济指标为主的恢复力韧性指标,包括人均GDP、城镇居民人均可支配收入以及高校学生在校人数,城镇登记失业率和失业保险参保人数等。

在指标的指向性中,对城市的发展具有正向效果赋予指标正向性;反之,赋予指标负向性。最终确定的城市韧性评价指标体系如表1所示。

表1 安徽省城市韧性评价指标体系

准则层	指标层	指向性
抵抗力	人均道路面积	正向
	全社会用电量	正向
	城市供气总量	正向
	城市道路照明灯数量	正向
	建成区供水管道密度	正向
	人均居住面积	正向
	卫生机构床位数	正向
适应力	建成区绿化覆盖率	正向
	人均公园绿地面积	正向
	一般工业固体废物综合利用率	正向
	生活垃圾无害化处理率	正向
	污水处理厂集中处理率	正向
恢复力	人均日常生活用水量	正向
	人口密度	正向
	人口自然增长率	正向
	人均GDP	正向
	城镇居民人均可支配收入	正向
	城镇居民人均消费支出	正向
	居民人民币储蓄存款余额	正向
	实际使用外资金额	正向
高校学生在校人数	负向	
城镇登记失业率	正向	
失业保险参保人数	正向	

三、模型的构建

1. 评价模型

熵值是不确定性的一种度量,信息量越大,不确定性越小,熵就越小;信息量越小,不确定性越大,熵就越大^[19]。结合各项指标的变异程度,研究采用熵值法对城市韧性指标权重进行赋权^[20],进而计算城市韧性综合得分。步骤为

(1) 构建原始数据矩阵 X

$$X = \{x_{ij}\} (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中: i 为评价城市,共 m 个; j 为评价指标,共 n 个, x_{ij} 是第 i 个城市的第 j 个指标。

(2) 数据标准化处理

对样本进行归一化处理以消除指标类型和量纲之间的影响,针对正向指标和负向指标分别进行无量纲化处理。

正向指标:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})} \quad (2)$$

负向指标:

$$x'_{ij} = \frac{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}) - x_{ij}}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})} \quad (3)$$

式中: x'_{ij} 是第 i 个城市的第 j 个指标经过标准化的数值,为方便起见仍记 $x'_{ij} = x_{ij}$ 。为防止数据中出现无意义的情况,对数据进行平移处理。

第 j 项指标下第 i 个城市占该指标的比例 p_{ij} 为

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} (i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

(3) 指标信息熵值和信息效用值

第 j 项指标的信息熵值 e_j 为

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (5)$$

其中,常数 K 与系统样本数 m 有关。对于一个信息完全无序的系,有序度为零,其熵值最大, $e = 1$, m 个样本处于完全无序分布状态时, $x_{ij} = \frac{1}{m}$,此时 $K = \frac{1}{\ln m}$ 。

信息效用值 d_j 取决于信息熵 e_j 与 1 的差值,即

$$d_j = 1 - e_j \tag{6}$$

(4) 评价指标权重

第 j 项指标的权重 w_j 为

$$w_j = d_j \sum_{j=1}^n d_j \tag{7}$$

(5) 计算综合得分

第 i 个城市的城市韧性综合得分 F_i 为

$$F_i = \sum_{j=1}^n w_j x_{ij} \tag{8}$$

2. 耦合度模型

安徽省各市城市韧性中抵抗力、适应力和恢复力存在相互关系,进一步利用耦合协调度模型,来探究安徽省各市城市韧性协调发展程度。耦合协调度模型是分析两个或两个以上的系统在自身及外界的作用下产生的相互影响的行为,耦合度是对耦合状态程度的描述与衡量^[21]。

抵抗力、适应力和恢复力的耦合度 C 可通过如下公式计算

$$C = \left\{ \frac{u_1 u_2 u_3}{[(u_1 + u_2 + u_3)/3]^3} \right\}^{\frac{1}{3}} \tag{9}$$

式中: u_1 为抵抗力综合得分; u_2 为适应力综合得分; u_3 为恢复力综合得分。进一步计算

耦合协调度 D

$$D = \sqrt{CT}, T = \alpha u_1 + \beta u_2 + \delta u_3 \tag{10}$$

式中: T 为耦合协调发展水平的综合评价指数; α 、 β 和 δ 为待定系数,分别表示抵抗力、恢复力和适应力的重要程度,其中 $\alpha + \beta + \delta = 1$ 。本研究认为三者对城市韧性发展同样重要,故将 α 、 β 和 δ 各取值 1/3。

四、安徽省城市韧性时空维度演进分析

1. 时间维度总体趋势

考虑到城市韧性动态变化的特点、数据的可获得性以及研究区内的实际情况,时间梯度设定在 2011—2020 年。数据来源于 2011—2020 年的《中国统计年鉴》《安徽省统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》以及各地级市统计年鉴。由于个别指标数据的缺失,通过相邻年份采用插值法予以补齐。

根据评价模型测定 2011—2020 年安徽省 16 个地级市的城市韧性,结果如图 1、表 2 所示。各地级市城市韧性均呈现稳步增长趋势,但存在较大分化格局。合肥城市韧性遥遥领先,远高于安徽省其他地级市;其次是马鞍山和芜湖,两市的韧性得分差距较小,呈现协同增长;其余 13 个地级市的韧性得分集聚性很强,城市韧性综合得分增速最快。

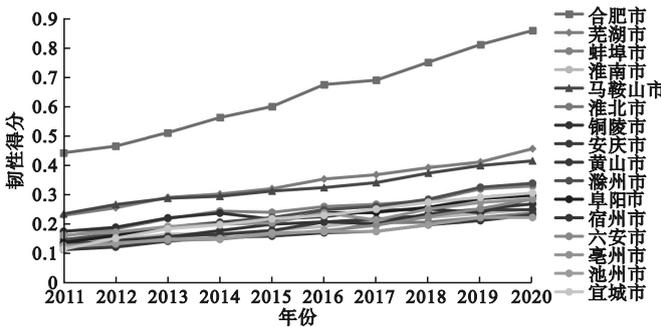


图 1 2011—2020 年各市城市韧性综合得分

表 2 典型年份各市城市韧性综合得分

年份	合肥	芜湖	蚌埠	淮南	马鞍山	淮北	铜陵	安庆	黄山	滁州	阜阳	宿州	六安	亳州	池州	宣城
2011	0.441	0.228	0.158	0.134	0.233	0.112	0.174	0.130	0.111	0.146	0.136	0.122	0.126	0.161	0.122	0.113
2015	0.598	0.319	0.238	0.177	0.311	0.160	0.215	0.176	0.158	0.221	0.206	0.198	0.163	0.203	0.168	0.216
2020	0.856	0.455	0.328	0.250	0.413	0.236	0.286	0.249	0.230	0.337	0.296	0.267	0.283	0.284	0.221	0.305

2. 韧性等级划分

按城市韧性时间序列综合得分的集聚程度,将其分为 3 个韧性级别:

(1) 高韧性城市

合肥是高韧性城市,与安徽省其他城市的韧性差距在 2020 年达到最大,综合得分比第

二名芜湖高出 0.401;但又表现出“高韧性低辐射”,对周边城市的区域辐射和带动能力不强。合肥与其他城市的城市韧性差距依然在扩大趋势,空间极化格局在短时间内很难改变。

(2) 中等韧性城市

芜湖和马鞍山是中等韧性城市,城市韧性综合得分仅次于合肥市,2011—2020 年的年均城市韧性得分分别为 0.323 和 0.336。

(3) 低韧性城市

其余十三座城市为低韧性城市,城市韧性区分度不大,呈低韧性高速增长发展趋势。宣城市、滁州市等八个城市的城市韧性年均增长率高于安徽省平均水平,其中宣城市最高为 11.97%,从 2011 年的第 14 名跃升至 2020 年的第 6 名。

3. 时间维度耦合协调分析

利用耦合协调度模型分析抵抗力、适应力和恢复力的协调发展水平。各市的耦合协调度在不断增长(见图 2);合肥市以高耦合协调度遥遥领先,池州市的耦合协调度最低;除合肥外,剩下 15 个地级市在 2015 年之后呈现出中等耦合的特性,且耦合协调度集聚性变强。这种现象表明,安徽省各市在城市韧性领域方面的发展正逐渐向互动协同的方向迈进,各地区发展趋于同步,集聚效应显著增强,这有助于提升区域整体发展的协调性。

4. 空间维度总体趋势

为进一步从空间角度分析安徽省各市城市韧性发展的空间特征,利用 Arcgis10.8 软

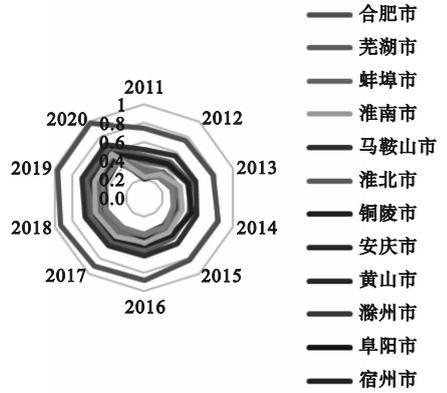


图 2 2011—2020 年各市城市韧性耦合协调度

件对 2011、2015 和 2020 年安徽省各市城市韧性综合得分以及抵抗力、适应力和恢复力得分进行可视化处理^[22]。由图 3~图 6 可以看出,各市总体城市韧性水平中等,并且在研究期内逐渐改善。安徽省城市韧性发展水平不均衡,以合肥市为中心,城市韧性不断向外递减,表现出东部高西部低、中部优于南北部的特点。

5. 空间特征分析

(1) 抵抗力得分空间演进分析

抵抗力方面,在 2011 年全省各市抵抗力都很高,甚至省域边界城市比中心城市的抵抗力还要高,只有南部城市的抵抗力较低。但 2020 年抵抗力指标分化加大,呈现了东部高西部低的特点。皖东城市凭借优越的地理位置、发达的交通网络,快速建设城市基础设施,吸收先进现代城市管理理念,逐步拉大与皖西城市的抵抗力水平的差距。

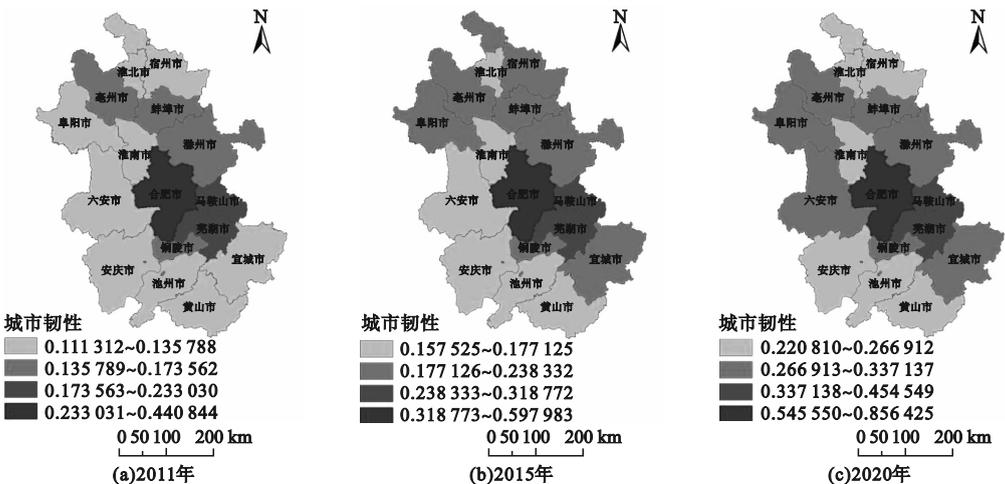


图 3 各市城市韧性综合得分时空分布

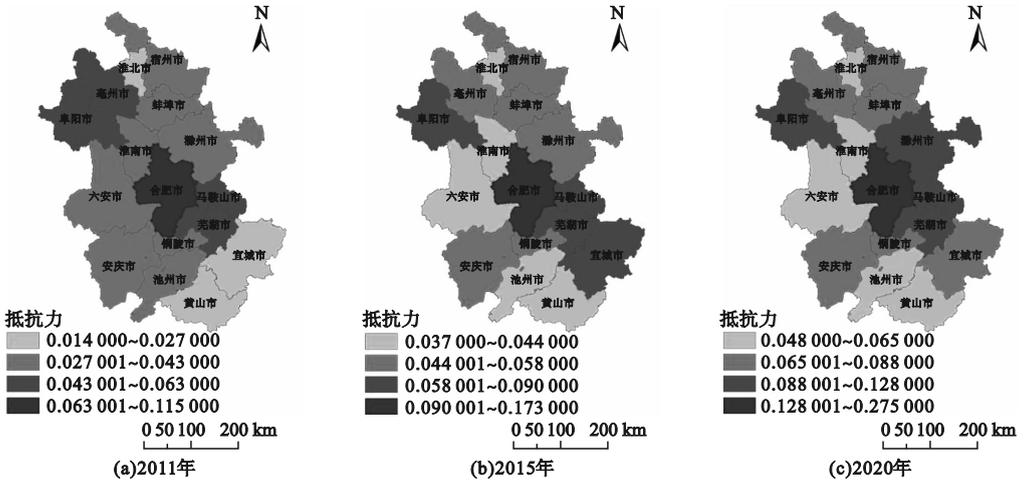


图4 各市抵抗力得分时空分布

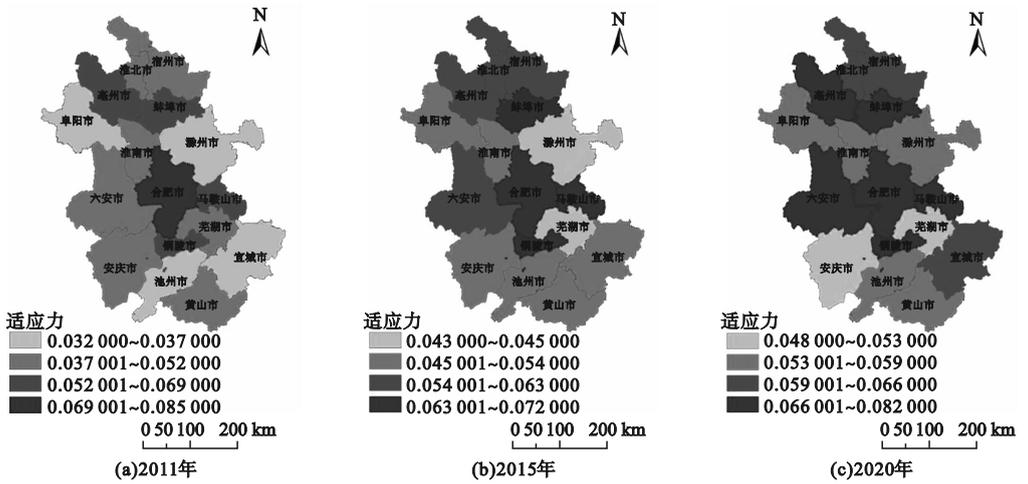


图5 各市适应力得分时空分布

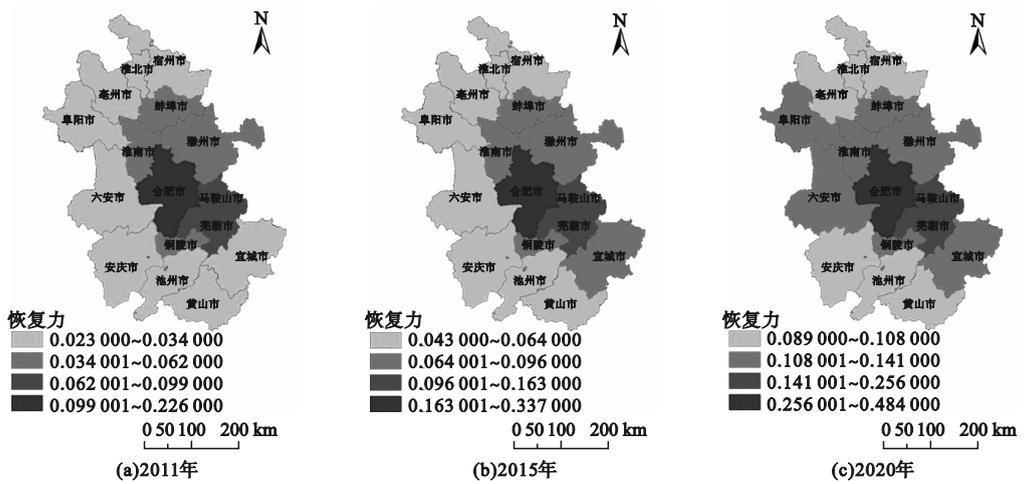


图6 各市恢复力得分时空分布

(2) 适应力得分空间演进分析

适应力方面,安徽省各市空间分布均衡,东西部差异也在逐渐缩小。安徽省对生态环

境的建设推进到每一个市,使得每个地级市的生态文化建设都得到了良好的发展,这对于各市城市韧性的发展提供了重要的作用。

(3) 恢复力得分空间演进分析

恢复力方面,安徽省空间分化格局最为明显,东部高西部低的特征最为明显。皖西地区由于深入内陆,交通不便利等原因,经济发展逐渐与交通便利的皖东地区拉开差距,并且这种差距在短期内不会缩小。

五、结 语

通过对2011—2020年安徽省16个地级市的城市韧性综合得分以及时空演进特征分析发现:时间维度上,安徽省各市城市韧性呈现稳步上升趋势;合肥市城市韧性最高,但辐射能力低,没有起到对周边的带动作用;低韧性城市较多,但城市韧性增长速度快;各市城市韧性发展的耦合协调性呈现出中等协调且集聚性增强的特征。空间维度上,呈现以合肥市为中心、东部高西部低的空间分化格局;抵抗力和恢复力空间分化明显,适应力则表现相对均衡。

基于上述研究结论,对安徽省进一步提高城市韧性、优化空间布局、各市协同发展提出以下建议:

一是针对高韧性城市,合肥市作为省会城市应充分利用其引领和辐射作用,以自身为核心构建城市网络,实现促进区域经济社会发展的目标。应不断增强与各市的协同治理能力,加强城市圈建设,充分发挥省会城市的带动作用,让高韧性的网络结构和现代化城市管理理念逐步向外扩散,将整个区域的发展质量和速度提升到新的层次,形成具有强大韧性和稳定性的区域发展新格局。

二是针对中等韧性城市,马鞍山市和芜湖市应继续保持经济的稳步增长,不断投资基础设施建设,以促进城市的可持续发展,还可借鉴高韧性城市的成功经验,制定出适合自身特点的政策措施,以更好地推动各行业、各领域的发展。此外,教育和医疗也是如上两个城市主要的发展领域,需通过改革和创新来提高服务质量,使之满足市民的需求。

三是针对低韧性城市,低韧性城市普遍存在着基础设施落后、市场竞争力不足、生态

建设不被重视的情况。低韧性城市应从政策方面支持特色产业和创新产业,加强各个城市之间在产业合作、人才培养、技术创新等方面的合作,共同学习先进城市的管理理念,逐步推进数字化管理,使城市管理与数字治理相结合,不断提高各城市的韧性城市建设水平。发挥地理优势,调整产业结构,建立健全城市公共安全检测和应急响应机制。根据各市的实际情况,优化基础设施占财政支出的比例,实现城市一体化发展,提高城市韧性。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 孙阳,张落成,姚士谋. 基于社会生态系统视角的长三角地级城市韧性度评价[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(8):151-158.
- [4] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems [J]. Annual review of ecology and systematics,1973,4(1):1-23.
- [5] 李晓娟,李璐璐,朱月月. 韧性城市恢复能力评价研究[J]. 工程管理学报,2021,35(4):48-52.
- [6] 周利敏. 韧性城市:风险治理及指标建构:兼论国际案例[J]. 北京行政学院学报,2016(2):13-20.
- [7] 张家玉,杨晓冬. 三度空间理念下城市韧性评价与提升策略研究[J]. 工程管理学报,2021,35(6):55-60.
- [8] CUTTER S L, BARNES L, BERRY M, et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters [J]. Global environmental change,2008,18(4):598-606.
- [9] Suárez M, Gómez B, BENAYAS J, et al. Towards an urban resilience index: a case study in 50 Spanish cities [J]. Sustainability,2016,8(8):774.
- [10] 黄晶,余靖雯,袁晓梅,等. 基于系统动力学的城市洪涝韧性仿真研究:以南京市为例[J]. 长江流域资源与环境,2020,29(11):2519-

- 2529.
- [11] JONAS J, RAJIB S, YUKIKO T, et al. The adoption of a climate disaster resilience index in Chennai, India [J]. *Disasters*, 2014, 38 (3): 540 - 561.
- [12] 李雯,姜仁贵,解建仓,等. 基于系统动力学的城市内涝灾害应急管理模型[J]. *水资源保护*, 2022, 38(5): 51 - 57.
- [13] 冯洁瑶,刘耀龙,王军,等. 经济发展水平、环境压力对城市韧性的影响:基于山西省11个地级市面板数据[J]. *生态经济*, 2020, 36(9): 101 - 106.
- [14] 王世亮,那仁满都拉,郭恩亮,等. 基于熵权-TOPSIS模型的内蒙古城市韧性评价研究[J]. *赤峰学院学报(自然科学版)*, 2022, 38(1): 17 - 21.
- [15] 张永欢,薛晔,徐美玲,等. 京津冀城市韧性动态预测及时空演进研究[J]. *管理现代化*, 2021, 41(5): 77 - 81.
- [16] 陈长坤,陈以琴,施波,等. 雨洪灾害情境下城市韧性评估模型[J]. *中国安全科学学报*, 2018, 28(4): 1 - 6.
- [17] 尚志海. 自然灾害脆弱性研究的基础:抵抗力研究[J]. *灾害学*, 2015, 30(2): 51 - 55.
- [18] 李苏,刘浩南. 干旱区城市化与生态韧性耦合协调的时空格局演化分析:以宁夏为例[J]. *干旱区地理*, 2022, 45(4): 1281 - 1290.
- [19] 王富喜,毛爱华,李赫龙,等. 基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J]. *地理科学*, 2013, 33(11): 1323 - 1329.
- [20] 武玲玲,纪洁. 基于熵值法的安徽省生态宜居度评价研究[J]. *广西师范学院学报(自然科学版)*, 2018, 35(3): 87 - 91.
- [21] 钱丽,易慧敏,沈梦园. 数字经济与新型城镇化耦合关系研究:以浙江省为例[J]. *沈阳建筑大学学报(社会科学版)*, 2022, 24(5): 489 - 495.
- [22] 刘晖,韩旭龙,申红,等. 基于社会生态系统的延边城市韧性评价[J]. *延边大学农学学报*, 2020, 42(1): 90 - 97.

Spatio-Temporal Evolution Analysis of Urban Resilience in Anhui Province Based on Resilience Theory

ZHANG Beibei^{1,2}, LIU Yizhi¹

(1. School of Economics and Management, Anhui Jianzhu University, Hefei 23022, China; 2. Real Estate and Housing Provident Fund Research Institute of Anhui Province, Hefei 231633, China)

Abstract: Based on the physical concept of resilience, urban resilience evaluation index system has been constructed from resistance dimension, adaptability dimension and resilience dimension. Taking 16 cities in Anhui Province as the research object, urban resilience evaluation model has been constructed based on entropy method and coupling coordination degree model, the spatial and temporal evolution of urban resilience was studied. From the time dimension, the high resilience city Hefei has high resilience score far ahead of other cities. The resilience score of moderately resilient cities has grown steadily. The cities with low resilience have the fastest growth rate. The coupling coordination degree of urban resilience between each city has been increasing and the agglomeration has been gradually enhanced. From spatial dimension, urban resilience of Hefei City was higher than surrounding area, and east area was higher than west area. There was obvious spatial differentiation among resistance dimension, resilience dimension and adaptability dimension. Finally, corresponding countermeasures have been put forward on basis of spatio-temporal evolution characteristics in order to improve urban resilience level of province, and promote coordinated development of cities.

Key words: urban resilience; entropy method; spatial differentiation; coupling coordination degree
(责任编辑:王丽娜 英文审校:林 昊)