

基于片区治理的城市老化风险评估及空间分异机制

袁文华^{1,2}, 李建春^{*1,2}, 秦晓楠^{1,2}

(1. 山东师范大学 商学院, 中国山东 济南 250358; 2. 山东师范大学 地理与环境学院, 中国山东 济南 250358)

摘要:随着我国社会经济的快速发展,城市规模呈现迅速而非理性的成长与扩张,在经济转型过程中面临着严峻的城市老化问题,亟待展开老化风险的过程、机理和对策研究。文章基于城市有机更新理论,构建生态学视角下的“点—面—区域—系统”多尺度风险评估体系,理论分析发现,中观层面的面状风险是风险升级和爆发前的最佳治理时期,也是防范和应对未来城市存量建筑集体进入老化期的关键。通过选取济南市为案例区,基于GIS蜂巢格网进行中观尺度的格局分析,结果表明从格网层面来看济南市整体老化风险程度偏高,高风险区域主要集中在二环以内的城市核心区,并且由城市中心向外围呈现递减趋势。同时,通过区域分异与空间集聚特点分析发现,城市老化存在集聚、传染与扩散特征。最后,采用地理探测器模型对城市老化因子的非线性效应进行测度,结果显示城市老化风险源于社会、经济和管理等不同层面要素的交互作用,老城区风险主要由区位因素主导,新城区则由社会经济基础决定。

关键词:城市老化;城市更新;风险评估;兴趣点;格网评价

中图分类号:F301.23 文献标志码:A 文章编号:1000-8462(2020)07-0081-12

DOI:10.15957/j.cnki.jjdl.2020.07.010

Urban Old Area Risk Assessment and Spatial Differentiation Mechanism Based on the Area Governance

YUAN Wenhua^{1,2}, LI Jianchun^{1,2}, QIN Xiaonan^{1,2}

(1. Business School, Shandong Normal University, Jinan 250358, Shandong, China;

2. College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250358, Shandong, China)

Abstract: With the fast development of China's economy in recent years, the rapid and irrational growth and expansion of urban scale will cause a large amount of old area problem at the background of economic transformation. It is urgent to study the process, mechanism and countermeasures of urban old area risk. Based on the theory of urban organic renewal, this paper constructs a multi-scale risk assessment system of "point-surface-region-system" from the perspective of ecology. The theoretical analysis shows that the meso-level surface risk is the best period of governance before the risk escalation and outbreak, and it is also the key point to prevent and respond to the future stocks. By selecting Jinan City as a case area, this paper conducts quantitative research based on GIS honeycomb grid. The results show that the overall risk of Jinan is high from the grid level, mainly concentrated in the urban core area within the Second Ring Road, and the risk presents a decreasing trend from the urban center to the outside. At the same time, through the analysis of the characteristics of regional differentiation and spatial agglomeration, it is found that urban old area risk has the characteristics of agglomeration, infection and diffusion. Finally, the geographic detector model is used to analyze the non-linear cumulative effect of urban old area factors. The results show that the risk originates from the interaction of social-economic-management. The risk of old urban areas is mainly dominated by location factors, while the risk of new urban areas is determined by social and economic basis. This paper takes the grid scale as the starting point of research, which is a new perspective to measure urban old area risk and shrinkage. The research results could provide valuable policy suggestions for the spatial management and micro-renewal planning of cities in the stock era.

Keywords: urban old area risk; urban renewal; risk assessment; interest points; grid evaluation

收稿时间:2019-09-13;修回时间:2020-05-10

基金项目:教育部人文社会科学基金项目(20YJC790061);国家自然科学基金项目(41901169、71704094);山东省自然科学基金项目(ZR2019BG001);中国博士后科学基金项目(2017M622247、2017M622268、2018M630793)

作者简介:袁文华(1986—),女,四川眉山人,讲师,硕士生导师。主要研究方向为区域可持续发展。E-mail:yuanwenhua220@163.com。

※通讯作者:李建春(1985—),男,新疆阿克苏人,讲师,硕士生导师。主要研究方向为城乡规划、土地管理及地理信息系统。E-mail:lijianchun@sdu.edu.cn。

中国的城镇化取得了举世瞩目的成绩,然而快速发展的背后也潜藏危机,多数城市在同一时期修建了大量高密度城市建筑。据不完全统计,2011—2016年,全国住宅类房屋竣工面积超过46.1亿 m^2 ,加之我国城市建筑的使用寿命普遍较短,未来将出现许多建筑物集体进入老化期的问题,如何及早认识、防范和应对城市老化风险尤为重要。简·雅格布斯在《美国大城市的死与生》中生动描绘了城市系统的脆弱性^[1],社会制度与结构在要素失衡的情况下会被放大而产生系统性风险,缺乏多样性的城市天然缺乏抵御风险能力。在一些发达地区该问题已经突显,如2010年我国香港红磡马头围道一幢55年楼龄的旧唐楼几秒内完全倒塌,造成多人伤亡,带来极大负面影响,估计到2046年我国香港将会有32万楼龄在70年以上的房屋^[2];日本东京大手町地区高层与超高层建筑高度集聚,平均容积率高达7.0,当地政府在本世纪初就提出综合活化措施,但十几年以后才初显成效^[3]。城市修补与更新的工程复杂、耗时较长,并且受资金、产权和制度等多方面的限制,治理难度非常大。城市作为一个多要素相互联系的有机整体,其要素结构与关系交互产生多层次耦合作用^[4],单一社区老化衰退会带来连锁反应,如通过设施老化、房价下跌、人口外迁、商业减少等影响地区经济乃至城市经济发展。目前,部分城市已经认识到该问题,例如,广州开展了以旧工业区、旧商业区、旧住宅区为主的“三旧”整治,济南市在国家相关政策的指导下推进老旧小区改造工作。然而,许多城市发展部门受扩张性发展思维惯性影响,对城市老化风险的认识和防范重视程度不足。

城市更新是目前应对城市老化风险的主要手段,特别是在新一轮国土空间规划强调“重质量、重协调、重存量、重特色、重生态、重治理”的六大原则指导下,城市进入了更新为主要任务的存量发展新阶段^[5-6],生态修复、城市修补的“城市双修”是治理城市问题的重要手段。从西方发达国家城市更新的经验和历程来看,大体经历了从二战以来到后工业化前期的以“形体规划”为核心的大规模、激进式的非理性阶段,逐步过渡到后工业化时期“人本主义”理念下的小规模、渐进式更新的理性阶段^[7]。我国城市更新也经历了从运动化改造到微更新的历程,1990年代,在市场经济转型背景下,各地政府进行大规模、快速化城市改造运动,加大对城市中心区更新力度,如南京市在1990年代主城区内通过

腾笼换鸟的方式搬迁工业企业近150家,置换建设用地约300 hm^2 。这种更新手段虽然为城市转型提供了足够的空间,大大改善城市形貌,但也带来市中心楼宇经济过度单一,房地产开发成为城市核心,城市经济缺乏多样性,城市社区失去活力以及社会不公平与阶层分化等问题^[8]。本世纪初,“微更新”在国内学界受到推崇^[9],大量文献聚焦于塑造美好空间、文化再造和公众参与的社区更新,化繁为简、由小见大的“社区包围城市”的更新模式被提出^[10],实践中该思想被进一步运用到单体建筑、小广场和社区人口等改造中,极大地缩小了更新对象和范围、降低资金投入门槛,扩展多元化建设方式。然而,微更新往往强调了以项目为中心的模式,这种零敲碎打的更新模式,缺乏宏观上的规划安排,采用“头痛医头、脚痛医脚”的方法难以去除城市老化的“病根”。由于缺乏城市老化风险调研与评估,城市更新往往缺乏系统意识,从整体空间层面的差异性以及时序层面的秩序化安排都有待深入。

事实上,城市老化存在着系统性风险^[11],导致城市更新面临两难抉择:①宏观层面的大规模更新改造虽然能够对城市空间形态和功能有明显改善,但缺乏针对性,耗资大、周期长,从发达国家经验及对实际项目投入产出与社会环境效益综合评价结果来看,该方式存在明显局限^[12];②微观层面小规模更新容易造成孤立与短视,失之于主观、随意、武断和片面,缺乏系统性综合治理措施,难以形成抵御风险的有机体^[13]。针对这一两难悖论,吴良镛院士提出“有机更新”理论思想^[14],即采取适当规模、适当尺度,依据改造的内容和要求,妥善处理目前和将来的关系,不断提高规划设计质量,使每一片城区的发展都达到相对的完整性。其核心思想是成片整治、成片建设,并保持“这一片”的完整性,通过无数的区片实践,促进旧城整体环境的改善。城市更新存在着尺度效应:宏观城市尺度的研究主要是城市经济以及产业结构调整,中观片区尺度以区域统筹安排规划为主,微观社区尺度则以具体建筑物修复及物业管理为主要研究内容。本文构建了宏观—中观—微观多尺度分析框架,将城市更新与规划、建设、管理有机整合进而形成一个完整的体系,拟解决如下两个问题:一是如何处理在不同尺度上协同应对城市老化风险的结构性问题,防止其升级为系统风险;二是如何制定城市整体空间的更新规划,能够在降尺度的过程中实现政策的有效传

导。本文尝试将GIS格网模型应用于定量测度区域片块层面的老化风险,从时空异质性的角度出发探究风险特点。该方法的优点是在地理学的空间异质性假设条件下,对城市老化风险进行分区识别,结合系统科学思维,从整体与联系的观点出发评估风险并提出治理策略,一定程度上克服了宏观研究存在的笼统性弊端和微观层面的片面性问题。

1 城市老化风险评估框架及指标体系

1.1 评估框架

城市老化风险需要综合考虑时间循环累积效应和空间尺度嵌套特征。从时间层面来看,老化风险随着时间的流逝呈现出累积效应,结合中医系统科学“治未病”思想^[15],提前预防是应对风险最为有效的手段;从空间层面看,老化风险相互临近而传染,风险传播会逐级放大,单一的风险点扩散为片区最终扩大到城市范围,风险发生机理由“炎症”转换为“肌瘤”,最终可能产生“癌变”,风险连锁效应通过“涌现”的方式造成城市系统崩溃。本文从系统科学角度入手,构建城市老化风险评估框架,通过预防、缓冲和应对老化所带来的风险扰动,实现城市的可持续发展。

从人本主义的角度看,与人们日常生活和工作等社会活动联系最紧密的是住宅区^[16]。本文以居住社区为观测的基本单元,将社区老化作为表征城市老化风险的指示标的。根据城市生命周期理论,一个城市的物质条件、环境状况以及人文环境等随

着时间的推移发生变化,经历成长—成熟—衰退—蜕变—再成长的过程。城市老化作为城市生命周期中不可避免的阶段,存在“点状老化—片状老化—区域老化—系统老化”的传导过程(图1):首先,微观层面的点状老化风险,随着居住年限增加,社区功能必然出现一定程度的下降,如果管理与维护不当,在内部物理性和外部社会环境因素的双重作用下,其机能将加速损耗,由此引发社区居民的不满,造成物业管理费用征收困难,导致管理低效形成恶性循环;其次,随着风险的逐步积累,老化社区的负外部性开始显现,尤其当临近区域有多个老化社区集聚,风险将相互叠加形成中观层面的面状风险,若得不到及时发现和治理,这种风险将通过房价下跌、人口流失和产业迁出等途径影响整个片区经济的发展;最后,城市老化风险层层传导放大,通过复杂的链式结构传播,在宏观上对整个城市经济、社会、人口和环境等各个相关系统产生联动和共振,最终导致整个城市的衰落。

对体量巨大的城市机体而言,分散的点状风险具有一定的偶发性与随机性,其产生的单体效应可通过城市统一管理手段来缓解。然而,单一项目治理资金虽然不高,但分散管理的难度大,并且难以形成统一规划,治理效率低下。考虑政府治理效率和经济效益约束,从中观面状风险来识别城市老化问题,是风险升级和爆发前的最佳预防治理阶段,并且作为连接微观和宏观风险必经阶段,结合中国城市管理特色,调控方法多、政策针对性与可操作

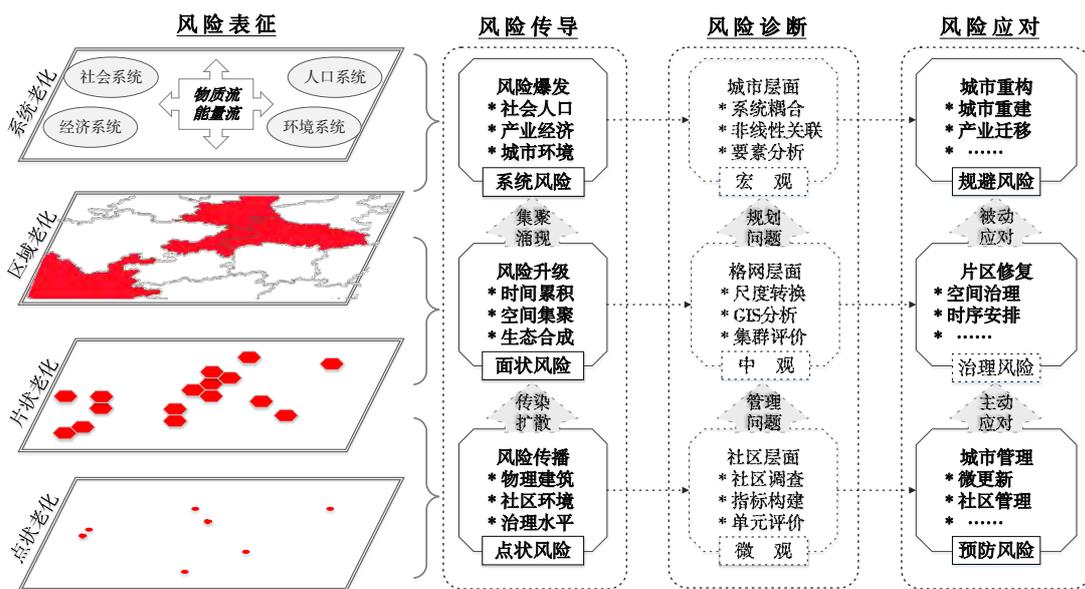


图1 城市老化风险表征、传导、诊断与应对综合框架

Fig.1 Comprehensive framework of features, conduction, diagnosis and respond for urban old area risk

性强。因此,本文在风险诊断层面,首先构建基于“点状”风险的社区老化风险评估指标体系;其次,采用格网法阐释不同格网老化风险等级、结构、空间关系和影响因素,识别城市风险呈现出的“面状”特征以及片区和系统风险隐患;最后,根据研究结果,从时间治理次序、空间治理战略和系统治理措施等三方面提出相关政策建议。

1.2 指标体系构建

本文以居住社区为切入点,针对社区尺度的老化风险问题,采用“压力—状态—相应”(P-S-R)动态分析框架构建指标体系,将社区老化归因为物理建筑、社区环境和治理水平3个方面,其中物理建筑构成了老化风险的基本压力(P),社区环境是社区老化的表征性反映呈现的状态(S),社区治理是针对社区老化采用的社会响应过程(R),城市老化包括物理层面与管理层面。因此,本文在相关文献研究的基础上,选择12个可量化的观测指标进行横向对比分析(表1):①物理建筑是城市老化的直接主体,反映在建筑物的结构、功能和形态上^[17]。评价指标包括建筑剩余产权年限、建筑结构、建筑外观和建筑密度等4个方面,其中建筑剩余产权年限为数值指标,其他3个指标为定序指标,根据专家知识采用量表进行分级。②社区环境是城市老化的主要表现,包括自然、社会以及文化层面^[18]。结合国内住宅区的实际情况,考虑到社区层面数据来源的限制性和居民的体验,选取社区绿化水平、停车位配比和居住密度等对社区环境进行评价。③治理水平包括物业和管理组织,综合反映应对老化风险所采取的措施,选取物业费、物业类型与管理组织3个指标。国内多数物业管理具有商业化运营模式,主要由企业参与,被作为政府治理的重

要补充,社区组织作为社区治理的有生力量,良好的管理水平会促进社区健康可持续发展^[19]。

1.3 评价单元

将每个社区抽象为风险的可能发生点,本文首先借鉴相关文献^[20],采用多源数据资料搜集整理方法(包括地产经纪服务网站、互联网街景地图和三维BIM地图),结合实地调研访谈(包括对房地产经纪、物业管理公司和社区实地访谈等),电话与线上咨询(电话、手机APP)确定每个社区的风险量化值;其次,把基于社区尺度的研究数据通过尺度转换的统计学模型,将点源风险扩展到格网层面,测算格网内老化风险的整体特征,获取具有拓扑结构的空关系型数据;最后,通过结合空间结构与要素关系,获得探究整个研究区域城市层面老化的风险水平。采用这一评价思路,实现了从微观层面的调查分析到中观层面的格局过程分析,再到宏观层面要素与结构的分析。整体而言,研究涉及的尺度完备,研究结论的可靠性与政策的可行性较强。

格网分析作为尺度抽象层面的研究单元,是矢量数据栅格化的重要方法,其特点是在建立空间栅格索引的同时,采用充填形式表示传统矢量型的点线面数据,实现不同类型数据的尺度转换^[21]。对于格网选择面临两个问题:一是尺度大小的选择,格网半径的确定借鉴城市规划中关于居住社区公共服务10 min生活半径的原理,选取半径为500 m的格网为研究单位;二是格网形状的选择,本文选择蜂巢(六边形)格网,因为矩形栅格容易造成格网的方向信息丢失,而六边形格网可以较好解决这一问题,并且选取网格层面的数据作为风险治理和防范的单元,可以和国土空间规划强调的“网格化”治理的方式实现对接。

表1 城市社区层面老化风险评估指标体系
Tab.1 Urban old area risk assessment index system at community level

一级指标	二级指标	风险评价分值					
		100	80	60	40	20	0
物理建筑	建筑剩余产权(年)	>60	50~60	40~50	30~40	20~30	<20
	建筑结构	-	塔楼	塔楼/板楼	板楼	板楼/平房	平房
	建筑外观	差	较差	一般	较好	~	好
	建筑密度	高	较高	一般	较低	~	低
社区环境	社区绿化水平(%)	<15%	15%~20%	20%~25%	25%~35%	35%~45%	>45%
	社区停车位配比	0.2	0.2~0.5	0.5~0.8	0.8~1.0	1.0~1.2	>1.2
	社区居住密度(套/hm ²)	>200	100~200	60~100	40~60	20~40	<20
	社区垃圾处理情况	好	较好	一般	较差	~	差
治理水平	社区文化氛围	无	较少	一般	多样	~	完备
	物业费用(元)	<0.5	0.5~1	1~1.5	1.5~2	2~3	>3
	物业类型	无	临时物业	居民自治	单位组织	品牌公司	-
	社区管理组织	无	街道统管	居民委员会	-	业主委员会	-

2 研究方法与评价模型

2.1 社区层面的城市老化风险测度模型

社区层面作为观测城市老化风险大小的基础数据,评价指标包含3个一级指标,12个二级指标。其中,一级指标采用专家评价的方式给予主观赋权,二级指标采用熵权法进行客观赋权,指标的计算过程充分结合专家经验与数据信息价值,具体计算步骤如下:

①计算二级指标的标准化值 P_{ij} :

$$P_{ij} = X_{ij} / \sum X_{ij} \quad (1)$$

②计算第 j 项指标的熵值 e_j (n 为单元数, $k = \frac{1}{\ln n}$):

$$e_j = -k \sum P_{ij} \ln P_{ij} = -\frac{1}{\ln n} \sum P_{ij} \ln P_{ij} \quad (2)$$

③计算第 j 项指标的差异性系数 g_i :

$$g_i = 1 - e_j \quad (3)$$

④计算第 j 项指标的权重 W_j :

$$W_j = g_i / \sum g_i \quad (4)$$

⑤计算第 i 单元格的一级指标评价分值 S_{Ri} :

$$S_{Ri} = \sum X_{ij} \times W_j \times 100, R \in \{A, B, C\} \quad (5)$$

⑥计算第 i 单元格的总体风险评价价值 CAR :

$$CAR = \alpha S_{Ai} + \beta S_{Bi} + \gamma S_{Ci} \quad (6)$$

在完成社区层面数据的搜集整理工作后,根据公式(1)~(5)对原始矩阵数据进行标准化处理,逐步计算城市老化风险中各个二级指标的熵值、差异性系数,在对二级指标进行综合时,结合专家经验进行赋值,对物理建筑(S_{Ai})、社区环境(S_{Bi})以及治理水平(S_{Ci})的综合权重 α 、 β 和 γ 分别赋值为0.4、0.3和0.3,根据公式(6)计算出社区层面的老化风险值 CAR 。

2.2 格网层面城市老化风险测度模型

格网可以看作集聚在某一片区的社区集合,可以表征社区老化的群体特征,为防止极端值造成的影响,采用中位数作为指标代替格网内的风险值,测算格网层面的老化风险指标,具体计算方法如下:

$$Q = \text{Median} \{CAR_1, CAR_2, \dots, CAR_k\} \quad (7)$$

式中: Q 表示网格尺度下城市老化风险值; Median 是中位数函数; $\{CAR_1, CAR_2, \dots, CAR_k\}$ 表示格网范围内不同社区风险值按照从小到大排列的集合。

由社区尺度到格网尺度转换的过程中,除了考

虑社区层面数据的数值特性,还需强调格网层面是社区层面构成的多类型生态合成特征^[22],本文采用反映格网内风险多样性群落特征的香农多样性指数来进一步分析^[23],计算方法如下:

$$SHDI = -\sum_{i=1}^k p_i \ln p_i \quad (8)$$

式中: $SHDI$ 代表网格尺度下城市老化的风险值; k 代表格网内社区的数量; p_i 表示第 i 个等级风险占风险总数的比例,由于风险是综合测度的标量值,需要进行离散化处理,本文通过0~100的数值平均分成10个不同等级,近似拟合风险多样性。

2.3 空间探索性分析方法

空间探索分析是描述区域空间差异的常用方法,通过将研究对象空间分布格局进行可视化描述,对空间关联度进行测度,进而描述空间集聚或异常。应用该方法可以从空间角度揭示城市老化的传染性或异质性等分布规律,本文采用莫兰指数反映城市风险的空间关联性,包括全局相关指数和局部相关指数。

①全局莫兰指数(Global Moran's I , GMI)。GMI体现空间临近单元属性值的近似度,反映区域单元之间的集聚效应,计算方法如下:

$$GMI = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (9)$$

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

式中: x_i 为区域 i 的观测值,是格网 i 内老化风险测量值; S^2 为各个格网老化风险的方差; \bar{x} 为各个格网老化风险的均值; W_{ij} 为空间权重矩阵,表示两个格网之间的空间距离,空间临近可以用一阶邻接来测量,本文利用Rook方式创建空间权重系数矩阵

$$W_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{当前区域}i\text{与}j\text{相邻} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}。GMI \in [-1, 1], \text{当该指}$$

数为正值和负值时,分别表示格网层面上的城市老化风险在空间上集聚和存在差异,且绝对值越大,这种空间关系越显著;当 GMI 为0时,表示其空间分布呈随机性。

②局部莫兰相关(Local Moran's I , LMI)。GMI体现整个区域与其临近区域之间空间差异的总体程度,为进一步分析不同格网中城市老化风险水平

的空间关系,需采用ESDA的局部分析方法。本文采用LMI,并通过Moran散点图将局部差异进行可视化表达。根据格网层面城市老化水平的观测值标准化Std-CAR及其空间滞后Lag-CAR的正、负属性组合,把整个研究区的老化风险发展水平分为4种类型,具有正相关关系的类型包括“高一高”(HH)和“低—低”(LL),这两种类型的城市老化风险发展空间差异小,前者表示格网内自身城市老化风险和周边水平都较高,后者表示格网内自身城市老化风险和周边水平都较低;具有负相关关系的类型包括“低—高”(LH)和“高一低”(HL),这两种类型的城市老化风险空间差异较大,前者表示格网内老化风险水平较低,但周边区域较高,后者表示格网内老化风险的水平较高,但周边区域较低。LMI测量区域空间差异度,其显著性可由 $I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j$ 计算, z_i, z_j 分别表示格网 i, j 观测值的标准化, w_{ij} 表示空间权重且 $\sum_j w_{ij} = 1$ 。

2.4 地理探测器模型

由于城市老化风险具有多因素共同作用,呈现出复杂非线性特点,传统的回归模型难以揭示多因素的关联。地理探测器是一种通过探测空间分异性来揭示其驱动因子的空间统计方法,该方法无需线性假设而受到较少制约^[24],并且具有优雅的形式和明确的物理含义,主要用于测度各影响因子对研究对象空间差异性的解释程度。因子探测模块的核心思想是:地理事物总是存在于特定的空间位置上,影响其发展变化的环境因素在空间上具有差异性,若某种环境因素和地理事物的变化在空间上具有显著的一致性,则说明这种环境因素对地理事物的发生和发展具有决定意义。具体表达式为:

$$q = 1 - \frac{SSW}{SST}, SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2, SST = N \sigma^2 \quad (10)$$

式中: q 为城市老化空间分异影响因素探测指标; h 为变量 Y 或因子 X 的分层(Strata),即分类或分区; N 和 N_h 分别为层 h 和全区的单元数; σ^2 和 σ_h^2 分别表示全区和层 h 的方差; SSW 和 SST 分别为层内方差之和(Within Sum of Squares)和全区总方差(Total Sum of Squares)。 q 的值域为 $[0, 1]$,值越大说明 Y 的空间分异性越明显;如果分层是由自变量 X 生成的,则 q 值越大表示自变量 X 对 Y 的解释力越强,反之则反。极端情况下, $q=1$ 表示因子 X 完全决定了 Y 的空间分布, $q=0$ 表示因子 X 与 Y 没有关系。简言之, q 值表示 X 解释了 $q\%$ 的 Y 的空间变化。

3 实证研究

3.1 研究区概况及数据处理

济南市地处鲁中南低山丘陵与鲁西北冲积平原的交接带,是环渤海经济区和京沪经济轴上的重要交汇点,山东省的政治、文化和经济中心。根据《济南市城市总体规划(2011—2020)》,规划期末,城区人口430万,城市建设用地410 km²。济南市的平均容积率仅为1.2,处于省会级城市中最低水平,城市发展受自然条件和历史惯性的路径依赖影响,老城区及周边有大量1980、1990年代的企事业单位宿舍,由于当时建筑呈“快餐化”倾向,工程质量与设计思维落后,加之长期超负荷使用,存在不同程度的功能退化,从城市景观风貌与功能层面来看,呈现出明显老化特征。2014年后伴随全国房地产开发热,济南市西部高铁站片区和东部高新区涌现大量的高密度住宅楼盘,形成大量空置率较高的住宅区,城市老化区过度使用与新区闲置交织在一起,形成了具有代表性的中国二线城市典型样本。本文选取城市规划确定的中心城区作为研究区,东到章丘行政界,南至绕城高速公路南环线,西沿长清区文昌街道办事处,北接黄河大堤南岸,总面积约1 122.55 km²。

为收集社区层面的相关数据,共进行了3个阶段的调研:2018年3—5月,搜集济南市相关背景资料,组织专业人员实地走访历下区、天桥区和长清区235个社区,通过对社区居民、物业、居委会和房地产经纪人面对面的沟通,掌握社区老化面临的问题,初步确定社区层面的评价指标;2018年6—10月,实地调研市中区、槐荫区和历城区178个社区,验证评价指标的合理性,并适当调整指标;2018年11月—2019年7月,配合搜集的社区数据,结合互联网地图、高分卫星影像、街景地图以及链家网、安居客等房地产经纪网站公布的社区层面相关信息,展开内业调研工作,并通过房地产经纪人电话,租赁住房类APP线上沟通确定了数据的准确性,完成济南市包含空间信息的3 364个社区数据的收集和标准化处理,并将其坐标与属性录入到EXCEL软件之中(图2)。

评价城市老化程度及其影响因素涉及多种不同类型数据,数据来源和主要处理方法如下:①社会经济数据来自济南市统计年鉴,相关数据录入Excel表格后与行政区对接转换成空间矢量数据;②城市层面的数据来自《济南市城市规划2010—

地理探测器正确引用:

[1] Wang JF, Li XH, Christakos G, Liao YL, Zhang T, Gu X & Zheng XY. 2010. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China. *International Journal of Geographical Information Science* 24(1): 107-127.

[2] Wang JF, Zhang TL, Fu BJ. 2016. A measure of spatial stratified heterogeneity. *Ecological Indicators* 67: 250-256.

[3] 王劲峰, 徐成东. 2017. 地理探测器: 原理与展望. *地理学报* 72(1): 116-134. [Wang JF, Xu CD. 2017. Geodetector: Principle and prospective. *Acta Geographica Sinica* 72(1):116-134.]

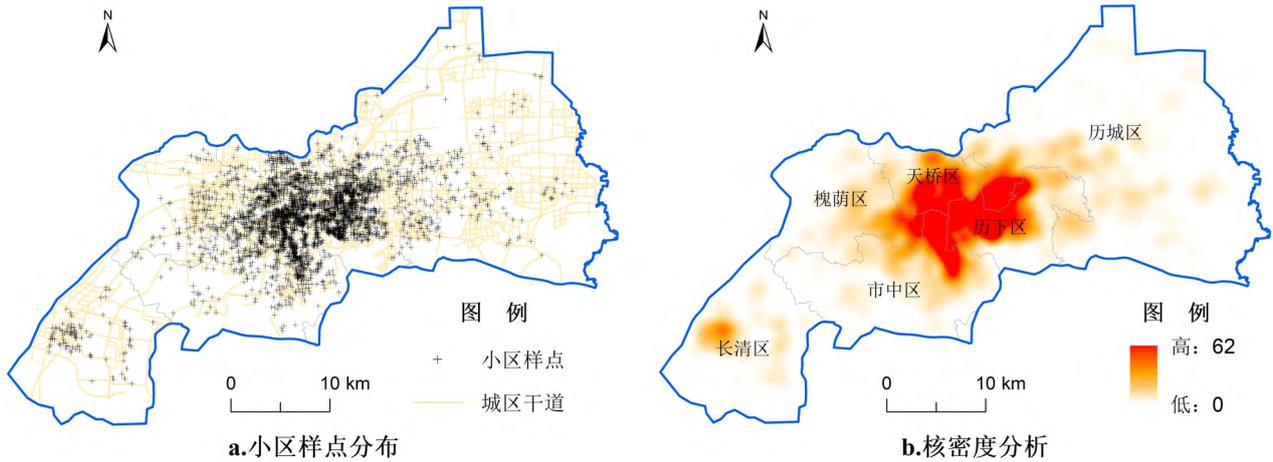


图2 济南市社区样点分布及核密度分析

Fig.2 Distribution and nuclear density analysis of community samples in Jinan City

2020》以及《济南市城区国有用地基准地价图2013—2016》,将相关规划图件要素分类提取后转换成矢量格式,录入到File Geodatabase基础数据库中;③POI空间精细数据主要借助GEOSHARP采集高德地图2018年1月数据,在坐标偏移校正后导入数据库。所有数据在进行空间转换后,投影到Xian 1980 3 Degree GK Zone 39坐标系下,形成城市老化风险研究的基础底图数据库。由于涉及到的评价指标较多且尺度不一,通过空间位置关系对格网进行属性赋值,实现空间尺度转换与数据类型重构。本文采用500 m半径六边形格网单元作为城市风险空间统计的最小单元,整个济南市中心城区划分为1 507(83×73)个格网单元。

3.2 基于社区层面的城市老化风险观测

根据公式(1)~(6)计算出社区层面城市老化风险值的点数据,风险最大值为82.40,最小值为21.21,平均值为50.58,标准差为7.08,说明济南市社区整体老化风险较高,其中部分老旧社区的风险极高。图3显示了社区层面老化风险的主要区域及位置,采用自然断点分类法将社区老化风险由高到低分为4个不同等级,从结果可以看出:高风险区域主要位于济南市老城区,包括北部天桥区交通枢纽老火车站附近的部分区域、历下区核心城区的老旧街区以及二环东路城乡结合部,长清区和历城区有部分老旧社区散落分布在城市周边;中低风险区域大多位于城市边缘区和新城;低风险区域分布在城市扩张区的外围,呈现零星分布特点。从社区点层面来看,城市老化风险整体呈现由市中心到外围区域逐渐降低,并且不同等级风险的社区混杂分布,尤其二环以内的核心区域混杂程度非常高,

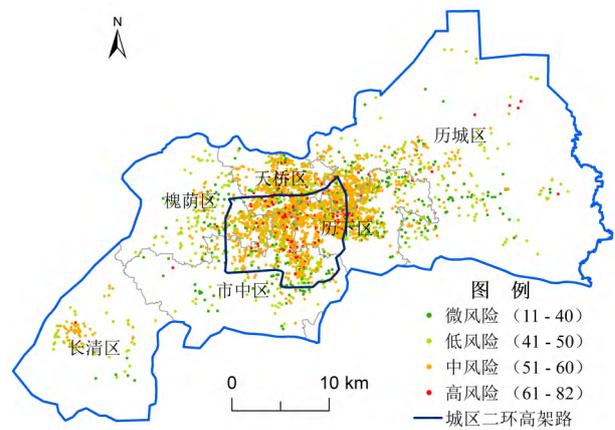


图3 济南市点状老化风险分布图

Fig.3 Distribution of old area risk in Jinan from micro-level

为风险治理策略的制定带来很大困难。

3.3 基于格网尺度的城市老化风险评价

根据公式(7)计算网格尺度下城市老化的风险值,最大值为73.55,最小值为26.34,平均值为47.44,标准差为6.83。从格网层面来看济南整体老化风险程度偏高,高风险主要集中在二环以内的城市核心区,并且由城市中心向外围呈现递减趋势。济南在“东拓西进”整体空间发展战略下,产业和人口沿城市东西主轴外延迁移,东部高新区和西部高铁新城大量配套和物业管理较好的现代社区,风险值整体较低。根据自然断点分类将城市老化风险分为4种不同类型(图4a),高风险区域面积约为6 300.34 hm²,占全市风险区面积的比例为15.59%,在城市中心及北部老城区呈集中连片分布,在城市外围呈分散分布,构成风险传播扩散的高危区域;中风险区域面积约为16 432.83 hm²,占40.68%,围

绕高风险区域集中连片分布在整个城市区域范围内,这一区域属于容易被传染的危险区,老化风险一旦爆发必然呈集聚态势蔓延扩散;低风险区域面积约为 14 484.27 hm^2 ,占 35.85%,沿交通走廊环城高架和绕城高速呈点状斑块分布在城市外围;微风险的区域面积约为 3 182.64 hm^2 ,占 7.88%,零星分散在城市周边区域。基于格网尺度的济南市老化风险分布特征表明,高风险与中风险区呈集中连片状态,缺乏有效阻断风险的防御片区;低风险与微风险的区域零散分布在中心城的外围,在新城区和南部环境较好的区域小面积集聚,抵御城市老化蔓延的阻隔区亟需加强。

结合格网内部老化风险的等级结构,采用公式(8)计算单个格网内不同等级风险的混杂程度,辨析风险在尺度跃迁过程中表现出的复杂结构。老化风险多样性越低,表明格网内风险类型越单一,风险管控措施的制定与实施相对容易,反之则反。 $SHDI=0$ 表示该格网内只有一种风险类型,当数值增加时,说明风险类型增加并在格网中呈均衡化分布。根据自然断点分类(图4b),风险的多样性从城市中心到外围呈现“低高”交错与嵌套式分布的空间格局。多样性指数高和较高的区域,分别占评价区总面积的 10.61% 与 29.26%,主要沿二环线分布在新旧城区交汇地带,整体上和城市老化的高中风险区域重合,由于其具有较高的混杂程度,类型的多样性和异质性给风险治理带来较大困难;风险多样性指数低和较低的区域,分别占 49.84% 与 10.29%。城市老化多样性的空间形态具有呈现狭长型分布的整体特征,并表现出贴边生长模式。结合系统熵变理论,城市老化具有突破空间结构的极

化增长效应,在空间组织层面具有不均衡与随机性特点。因而,结合空间治理对策,城市老化风险较高、多样性较低的区域,风险管控和治理较容易,属于优先重点治理区域;而风险低、多样性高的区域具备一定的恢复力,可以采取小规模修复策略。

3.4 城市老化风险空间集聚与扩散效应

本文采用 Moran 指数分析格网与周边单元的空间关联,反映老化风险在各个空间单元之间的集聚情况。将格网尺度的城市老化风险 shp 文件导入 GeoDa 1.21 平台,应用空间分析模块测算出 GMI 指数为 0.3253,表明济南老化风险具有明显空间正相关性,进一步说明城市老化风险在空间上具有集聚和接触传染性。这一现象的产生与城市扩展过程中的空间结构变化密切相关,改革开放以来,我国绝大部分城市的空间变化表现为城市建成区向外扩展,以及与此同时发生的城市内部空间的重新组合^[25]。一方面,城市土地有偿使用制度、住房制度改革和大规模市政建设等政策的实施,以及大量建设资金的投入和交通设施的完善,极大促进了郊区城市化,成为城市发展新增长空间,空间单元之间呈现城市老化风险的低低集聚。另一方面,受土地使用制度、金融制度和经济发展的影响,城市内部的商贸区、工业区和居住区等区域不断由“功能混杂”向“功能分区”转变,由此带来人流、物流和资金流向优质区域流入,而高风险区域的风险不断累积集聚,形成高高集聚区域。

从图5可以看出,HH集聚区域占风险区面积的 21.38%,在空间上呈集中连片分布,主要位于二环以内及北部和东部毗邻区域,是城市老化风险爆发的重点隐患核心区,若不采取有效治理措施,随

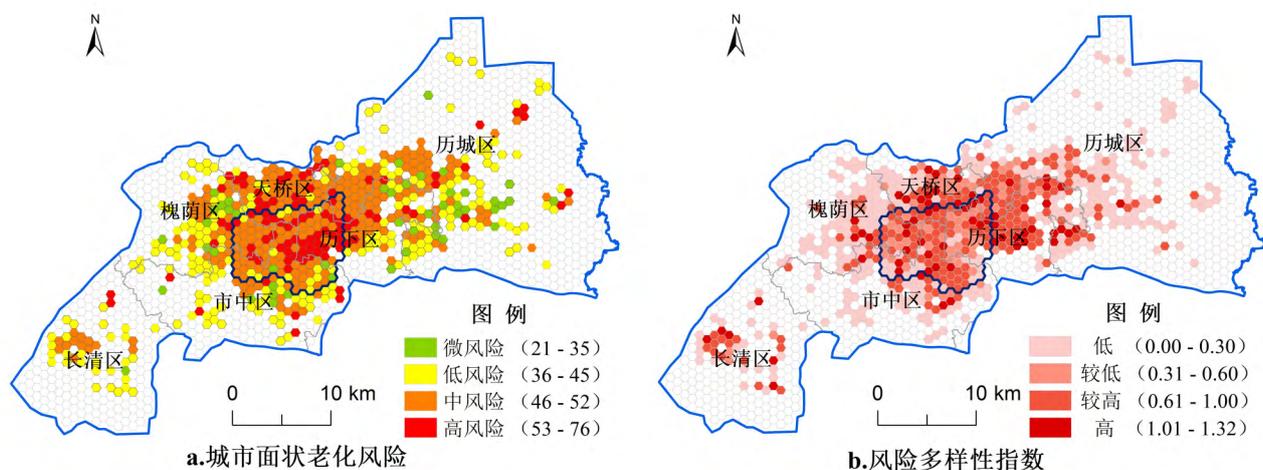


图4 济南市面状老化风险评估图

Fig.4 Assessment map of old area risk in Jinan City from meso-level

随着时间推移,该区域的老化风险可能蔓延并扩散。LL集聚区域占风险区面积的7.40%,在空间上呈小块斑状分布于东部和西部新城开发区域,从风险管理角度来看,这些区域为人口和产业在城市内部辗转腾挪开辟了空间,将市中心高风险区域的新兴产业和人口向这些区域引导,并充分发挥产业与创新集聚的扩散效应,通过有效的政策与规划,培养出城市再生的产业和经济力量,能有效防范和化解老化风险。LH集聚区占风险区面积的1.93%,分布较为零散,防范周边高风险区域带来的不利影响是该区域面临的主要问题,通过典型案例分析找出缓解与阻断城市老化风险的关键性因子,为城市区域可持续发展提供战略的后方与缓冲地带。HL集聚区域占风险区面积的3.54%,呈点状依附于LL集聚区周边,作为城市老化风险重点阻断区域,鉴于其自身风险较高而周边区域风险较低,相同情况下其治理成本较低、收益高,在风险空间治理的优先示范区域,不断积累与创新老化治理有效手段,为区域推广提供经验和借鉴。

3.5 城市老化风险因子的诊断识别

城市老化受经济社会、地理区位和规划建设等方面因素的交互影响,同时基于格网层面研究发现,老化风险具有集聚和扩散性,因而空间特征也构成了影响城市老化的重要因素之一。在梳理相关文献的基础上^[26-27],本文从以下四方面筛选影响城市老化的风险因子:①社会经济因素,该因素是城市发展的根本动力,由社会经济变化造成人口流失、产业转移以及城市老化衰落的案例较多;②地

理区位因素,区位因素是各种地理空间因素组合关系的综合体现,城市的优质区位地段往往汇聚良好的人流和物流,城市功能完备多样,城市更新频繁;③城市规划设计因素,合理的规划能够从增长形态、时效和机制上促进空间经济增长,进而引导城市功能优化升级,通过空间再生的手段来缓解城市老化问题;④风险空间集聚特征因素,一方面城市老化风险具有负的空间外部性,处于风险高值集聚区的区域,受到多尺度嵌套的风险叠加作用,风险空间治理变得紧迫而棘手,在另一方面,区域内社区老化风险多样性越大,维护和治理难度越大。本文进一步从社会经济基础、地理区位条件、规划建设水平和空间集聚特征等4个方面,共遴选出14个因子(表2),通过地理探测器对城市老化地域分异的主导因素进行诊断。

从模型计算过程上来看,地理探测器对类别数据的算法优于连续型数据,因此本文将不同因子数据($X_1 \sim X_{14}$)进行标准化(Z-Score)和离散化处理,具体操作步骤如下:首先应用SPSS 22软件对连续性探测因子值进行两步聚类,统一将其分为10个类别;其次,根据地理探测器方法,分别计算反映各因子对格网层面城市老化风险影响能力的 q 值;最后,为了更清晰地展示城市老化在时空层面的差异性,将济南二环高架路作为新城和旧城的分界线,计算不同区域老化风险的关键影响因子,并对各因子的 q 值进行排序,排序结果用决定度(Decision Degree, DD)来表示,DD取值为1~15,数值越大表示探测因子对城市老化影响力越低。

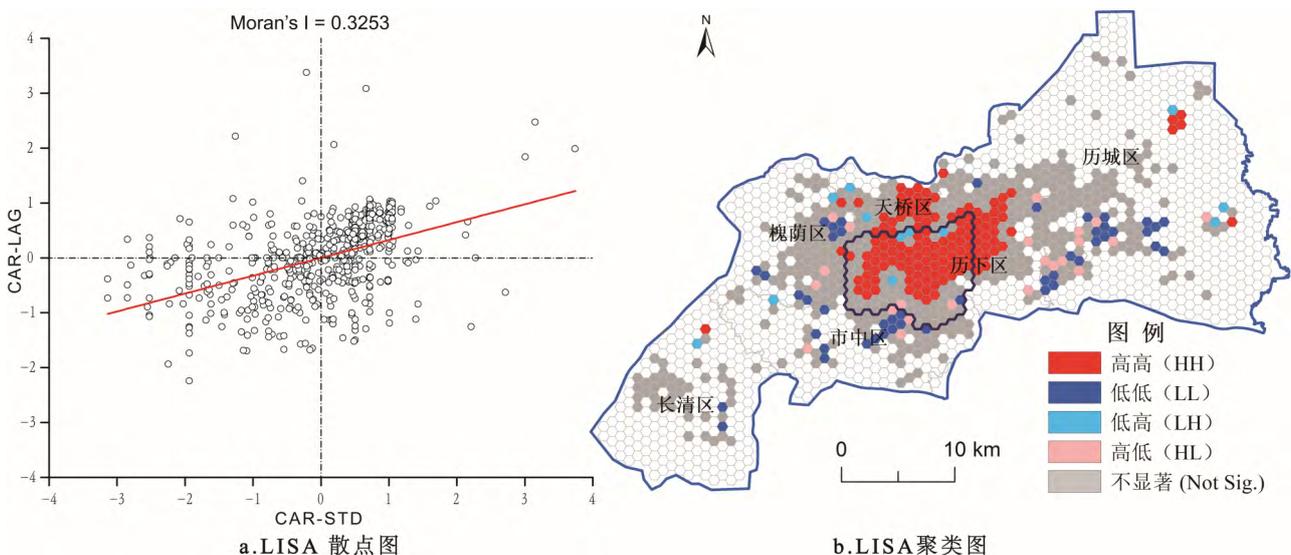


图5 基于格网尺度的城市老化风险评价莫兰指数LISA集聚图
Fig.5 LISA cluster map of urban old area risk assessment Moran's index based on grid scale

从图6可以看出,对全市层面而言,风险空间特征和地理区位这两类指标(包括 $X_5 \sim X_8$ 、 X_{13} 和 X_{14})是风险空间分布的重要因子。从具体因素来看,风险集聚特征(0.2750)是影响城市老化最重要的因子,说明单元格与周边格网的空间关系紧密,在格网尺度下城市老化风险的临近扩散效应明显,城市老化风险天然具备临近易扩散、爆发易传播的特点;在社会经济因素中,人口密度具有较高的决定度,城市老化是人口变动与迁移的重要表征;在规划建设层面,建设容积率对城市老化的影响最为显著;地理区位因素中,交通(0.1997)和办公场地可达性(0.1709)的决定度也比较高,城市老化往往与交通区位导向和城市产业发展密切相关,这与以往的研究相符^[28]。

从探测因子的区域和结构差异性角度来看,各因子在不同区域对城市老化风险的变化表现出差异性。风险空间特征指标(X_{13} 、 X_{14})在全市和区域表现出较为一致的高决定度;规划建设水平($X_{13} \sim X_{14}$)表现为较为一致的低决定度;社会经济基础($X_1 \sim X_4$)决定度分布较离散,对全市影响不高但对区域作用明显;地理区位因素($X_5 \sim X_8$)决定度分布较离散,而且在各区域的差异性明显。从单个因素的决定度来看,风险集聚特征(X_{14})、风险多样性(X_{13})和区域生态水平(X_{12})3个探测因子在各区域的决定度较为一致;而区域经济水平(X_1)、居民消费水平(X_3)、老龄化水平(X_4)、公共设施可达性(X_8)和城市建设强度(X_9)在不同区域对城市老化风险的决定度差异较大;从区域的角度来看,影响二环

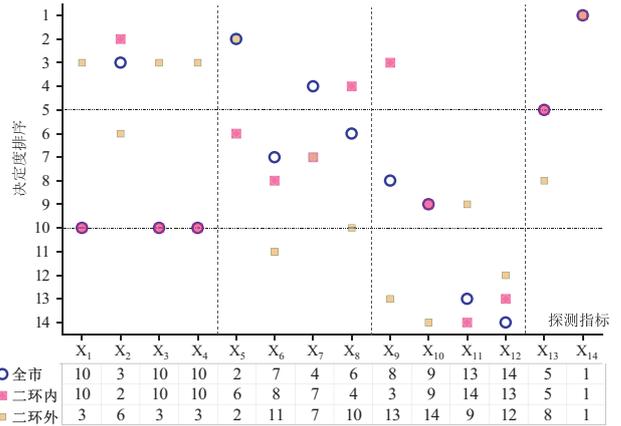


图6 探测因子决定度

Fig.6 The determinants of detection factors

内城市老化风险的核心因素是风险集聚特征(0.2924)、区域人口密度(0.2839)、城市建设强度(0.2229)和公共设施可达性(0.2155);影响二环外城市老化风险的核心因素依次为风险集聚特征(0.2091)、交通可达性(0.1331)、居民消费水平(0.1188)、老龄化水平(0.1188)和区域经济水平(0.1188)。比较而言,济南市老城区老化风险主要受区位因素的作用,而新城区的老化风险主要由社会经济基础决定,应针对城市发展的不同阶段制定合理的空间治理策略。

4 结论与讨论

4.1 结论和政策建议

我国许多城市在同一时期修建了大量高密度建筑,由于缺乏建设模式与多样化形态,面临集中

表2 城市老化风险的诊断因子及说明

Tab.2 Explanation of detecting factors for urban old area risk

类别	编号	影响因子	因子量化方法	尺度
社会经济基础	X_1	区域经济水平	GDP / 行政区面积(万元/hm ²)	区县
	X_2	区域人口密度	人口密度(人/hm ²),采用中科院资源平台人口公里格网数据(2015)	栅格
	X_3	居民消费水平	城市人均居民消费水平(元)	区县
	X_4	老龄化水平	区域中小学人数 / 总人口数	区县
地理区位条件	X_5^*	交通可达性	采用距离算法计算距离主干道距离,并计算格网内的平均可达性	栅格
	X_6^*	商贸中心可达性	采用距离算法估算城区内的商贸中心距离,计算格网内的平均可达性	栅格
	X_7^*	办公场地可达性	采用距离算法估算城区内的办公场所距离,计算格网内的平均可达性	栅格
	X_8^*	公共设施可达性	采用距离算法估算城区内的办公场所距离,计算格网内的平均可达性	栅格
规划建设水平	X_9^*	城市建设强度	结合采集高德地图AOI数据,通过格网内楼层高度估计建设强度	格网
	X_{10}^*	基准地价水平	结合济南市城市基准地价(2013—2016年)统计到格网层面	格网
	X_{11}	规划用地类型	城市用地分类量化:商业100,文化娱乐90,行政办公80,住宅70,交通60,医疗50,其他用地40,在格网内取均值	栅格
空间集聚特征	X_{12}^*	区域生态水平	结合城市规划内的绿地和水体的面积占所有规划类型的比例,在格网内取均值	栅格
	X_{13}^*	风险多样性	结合社区层面的城市老化风险空间多样性,采用图4b“济南市面状老化风险多样性评价图”计算的SHDI指数	格网
	X_{14}	风险集聚特征	结合社区层面的城市老化风险空间集聚特征,采用图5“基于格网尺度的城市老化风险评价指数LISA集聚图”计算的5种类型	格网

注:变量上方的*代表取值数量大于10的连续型变量,需经离散化处理。

老化的风险。本文以系统论思想为指导,将城市发展演化隐喻为有机体的成长演化,遵循自身生命周期特征,提出城市有机体老化诊断与治理框架,构建风险诊断与评价的理论与方法体系,结合地理尺度嵌套原理,建立从微观点状风险—中观面状风险—宏观区域风险的多层次嵌套评价体系,通过理论分析、实地调研以及内业搜集整理数据,探析城市老化风险的作用机理并探索老化的防治措施。结合典型中国城市的实证研究结果,提出以下三个方面的建议:

第一,城市老化风险的时间秩序安排。根据格网区域风险等级和内部结构特征,确定城市老化风险的时间治理次序。城市老化风险的治理需要同时考虑重要性与难易程度性,风险等级的高低决定了治理的重要性,等级越高的区域,治理的重要性越大;而风险的多样性可反映治理的难易程度,格网内风险越单一,规划管理和政策措施的实施越容易,治理成本相对较低。根据二者的高低可以确定城市老化风险治理的时间次序与应对策略:一是风险高且治理难度小的区域,属于优先治理区,在以政府为主导、财政资金有限的条件下,付出成本低获得效益高,对改善城市整体老化问题有较明显的效果;二是风险高但治理难度大的区域,属于计划治理区,面对区域内老化程度不一的复杂状况,需要在政府主导下制定适宜性措施,稳扎稳打,有计划地将区域内风险各个击破;三是风险低且治理难度小的区域,属于多元治理区,该区域现阶段状况比较好,可以将其作为试验区,引入微更新、微修复等治理模式以及产官学研多元主体,创新城市治理模式;四是风险低且治理难度大的区域,属于风险防范区,面对区域内的复杂状况,鼓励各个社区在自治模式下针对自身情况进行风险防范。

第二,城市老化风险的空间治理战略。通过探究城市格网与周边单元的空间关系,制定城市老化风险的空间治理战略。全局莫兰指数计算结果显示城市老化风险具有显著的空间正相关性,空间治理需要分区开展,根据不同类型区域制定相应战略:高高集聚区(HH)的核心治理目标是“控”和“治”,该区域是城市老化风险爆发的极大隐患区域,应及时发现原因并治理突出问题,应在控制老化风险进一步扩大的基础上,重点做好风险的监控与预防;低低集聚区(LL)的核心治理目标是“防”和“溢”,该区域为城市老化风险治理提供了城市再生的产业转移空间,通过有效地培育城市发展的有生

力量,形成城市再生“根据地”;高低集聚区(HL)的核心治理目标是“阻”和“突”,在风险治理过程中担任着“突击队”的重要任务,是突破城市风险集聚爆发的重点阻断区和突围区,为城市老化的区域注入生命活力;低高集聚区(LH)核心治理目标是“守”和“攻”,该区域自身风险较低而周边区域风险较高,在防守住自身低风险的同时,树立老化风险治理典范,为周边老化风险较高的区域提供改善意见,攻守结合推动区域健康持续发展。

第三,城市老化风险的系统工程措施。结合城市影响因子在区域内的决定度和差异性,制定老化风险的系统化治理措施。根据地理探测器分析结果,不同区域老化风险的因子虽有较大差异,但风险空间特征对各个区域的影响都非常大,从空间角度治理城市老化风险具有必要性。分区域来看,影响城市老城区的因素主要是地理区位,交通、商贸、办公和公共设施可达性,这些是治理老化风险的关键性因素;影响城市外围新城区的因素主要区域人口密度、居民消费水平和老龄化水平等是治理城市老化风险的着眼点。结合城市化发展的不同阶段和所处区域来看,老城区的治理重点在于,疏散市中心城市经济功能,引导产业向城市外围迁移,不断改善生活环境,防止老化集聚风险;新城区的治理重点在于,充分发挥规划的引领作用,通过建设性手段,调控性手段改善城市人居环境,实现防控风险的发生。定位于产业有效发展的情境下实现协同效应,共同促进城市的可持续发展。

4.2 讨论

本文从城市存量发展角度,基于城市地理学视角构建城市老化的界定、形成和方法的理论体系与实证研究框架,通过解析城市老化的时空特征分析城市更新治理的关键问题。

第一,本文重点从城市住宅区的老化探究城市老化风险机理与特征,通过将建筑物和居民生活环境的管理结合,研究强调多学科交叉解决城市发展问题,在区域空间层面寻找应对城市收缩衰退的风险对策。然而,研究忽视了城市发展中人的主观能动性,特别是创新对于缓解城市风险所起到的关键作用并未考虑,未来研究如果将缓解城市老化的产业经济发展与创新的要素纳入城市的再生与发展,将会极大提升政策的有效性。

第二,本文采用借鉴城市经济地理的研究范式,侧重于描述现象以及发现规律,进而提出与之相对应的策略。下一步将通过融入系统工程理论,

对城市老化的区域展开系统仿真,如基于多智能体(MA)城市风险模拟仿真,基于CLUS-S模型的风险热点区变化情景预测,从时空维度寻找治理城市风险的最佳策略安排,提升城市规划与管理的水平。

第三,城市老化研究作为一个综合性课题,需从不同角度来理解和认识,以获得综合性的风险治理模式。城市老化、保健、恢复和革新具有复杂的结构与风险应对机制,需要绘制一个详细的城市老化风险演变与调控图谱,才能促进城市研究进入一个科学精细的时代。

参考文献:

- [1] 简·雅格布斯. 美国大城市的死与生(第2版)[M]. 南京:译林出版社,2010.
- [2] 上海市人民政府发展研究中心赴港澳调研组. 香港战略规划要点及对上海建设卓越全球城市之借鉴[J]. 科学发展,2016(12):102-107.
- [3] 施媛.“连锁型”都市再生策略研究——以日本东京大手町开发案为例[J]. 国际城市规划,2018,33(4):132-138.
- [4] 仇保兴. 基于复杂适应系统理论的韧性城市设计方法及原则[J]. 景观设计学,2018,6(4):42-47.
- [5] Qu Y, Jiang G, Li Z, et al. Understanding the multidimensional morphological characteristics of urban idle land: Stage, subject, and spatial heterogeneity [J]. *Cities*, 2020, 97: 1-17.
- [6] 何鹤鸣,张京祥. 产权交易的政策干预:城市存量用地再开发的新制度经济学解析[J]. 经济地理,2017,37(2):7-14.
- [7] 王婷婷.“二战”后英国城市更新“管理向治理”、“区域向地方”的转变[J]. 城市发展研究,2018,25(10):75-79.
- [8] 宋伟轩,刘春卉,汪毅,等. 基于“租差”理论的城市居住空间中产阶层化研究——以南京内城为例[J]. 地理学报,2017,72(12):2115-2130.
- [9] 何慧妍,王敏. 基于视觉方法的历史街区“微改造”空间感知研究[J]. 世界地理研究,2019,28(4):189-200.
- [10] Perez R, Laprise M, Rey E. Fostering sustainable urban renewal at the neighborhood scale with a spatial decision support system[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2018, 38(1):440-451.
- [11] Zheng W, Shen G Q, Wang H, et al. Decision support for sustainable urban renewal: A multi-scale model[J]. *Land Use Policy*, 2017, 69(9):361-371.
- [12] Currie A, Sorensen J. Repackaged “urban renewal”: Issues of spatial equity and environmental justice in new construction, suburban neighborhoods, and urban islands of infill [J]. *Journal of Urban Affairs*, 2019, 41(4):1-22.
- [13] Sing P, Love D, Liu J. Rehabilitation of existing building stock: A system dynamics model to support policy development[J]. *Cities*, 2019, 87(3):142-152.
- [14] 吴良镛. 北京旧城与菊儿胡同[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [15] 陈华. 中医的科学原理[M]. 北京:商务印书馆,1991.
- [16] 邵任薇,陈绮珊. 城市更新社会排斥风险评估[J]. 城市问题,2019(7):77-85.
- [17] Morano P, Tajani F. The break-even analysis applied to urban renewal investments: A model to evaluate the share of social housing financially sustainable for private investors[J]. *Habitat International*, 2017, 59(2):10-20.
- [18] Kim G, Miller P. The impact of green infrastructure on human health and well-being: The example of the Huckleberry Trail and the Heritage Community Park and Natural Area in Blacksburg, Virginia [J]. *Sustainable Cities and Society*, 2019, 48(8):1-9.
- [19] 徐宏宇. 城市社区合作治理的现实困境[J]. 城市问题,2017(6):75-82.
- [20] 龙瀛,茅明睿,毛其智,等. 大数据时代的精细化城市模拟:方法、数据和案例[J]. 人文地理,2014,29(3):7-13.
- [21] 李建春,袁文华. 基于GIS格网模型的银川市土地生态安全评价研究[J]. 自然资源学报,2017,32(6):988-1001.
- [22] 李也,龚咏喜,张兆东,等. 基于矢量网格的城市土地利用邻里模式研究[J]. 地理学报,2018,73(11):2236-2249.
- [23] 何云玲,张淑洁,李同艳. 昆明市中部城—郊—乡土地梯度带的划分及景观分异[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(9):2022-2030.
- [24] Hu Y, Wang J, Li X, et al. Geographical Detector-based risk assessment of the Under-Five Mortality in the 2008 Wenchuan Earthquake, China [J]. *Plos One*, 2011, 6(6):e21427.
- [25] 姜博,王媛,魏超,等. 城市土地利用扩展的驱动因素与空间扩展模式研究[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(7):1-6.
- [26] 程钰,任建兰,侯纯光,等. 沿海生态地区空间均衡内涵界定与状态评估——以黄河三角洲高效生态经济区为例[J]. 地理科学,2017,37(1):83-91.
- [27] 刘贵文,谢芳芸,洪竞科,等. 基于人口经济数据分析我国城市收缩现状[J]. 经济地理,2019,39(7):50-57.
- [28] 林雄斌,杨家文,张衔春,等. 我国城市收缩测度与影响因素分析——基于人口与经济变化的视角[J]. 人文地理,2017,32(1):82-89.