

西安快速城市化边缘区社会脆弱性评价与影响因素

何艳冰^{1,2}, 黄晓军¹, 翟令鑫¹, 闫 倩¹, 杨新军¹

(1. 西北大学城市与环境学院, 西安 710127; 2. 河南理工大学建筑与艺术设计学院, 焦作 454000)

摘要: 脆弱性理论是分析人地相互作用程度、机理与过程的重要工具, 为可持续性评估研究提供了新的视角。将社会脆弱性工具应用到城市边缘区研究中, 视快速城市化为主要干扰, 选取西安城市边缘区所辖街道为基本单元, 从暴露度、敏感性、适应能力3方面构建社会脆弱性评价框架与指标体系, 综合运用熵值法、函数模型法以及遥感与地理信息系统技术对社会脆弱性程度进行评价, 揭示社会脆弱性空间分异格局, 探究社会脆弱性关键影响因素及其影响机制。结果表明: ① 西安城市边缘区的暴露度格局呈现出自中心向外围渐趋减缓的特征; 敏感性程度的高、低分布与暴露度的低、高分布在空间上具有相似性; 适应能力的空间规律性不明显; ② 社会脆弱性空间分布不均衡, 以中、低等级为主, 低等级街道分布在城市内边缘区, 中等级街道分散在城市外边缘区; ③ 建设用地面积比重等8个因子对社会脆弱性有重要影响, 土地利用方式与景观格局的变化以及物质与社会发展的不平衡是城市边缘区社会脆弱性形成的主要原因, 社会系统体制转换阶段的差异进一步加剧了社会脆弱性; ④ 城市边缘区应通过优化系统内部结构和功能以适应城市化的扰动, 包括制定适应性管理政策和加强城市边缘区社会适应能力建设。

关键词: 城市化; 土地利用; 社会脆弱性; 适应; 城市边缘区; 西安

DOI: 10.11821/dlxb201608003

1 引言

21世纪以来, 中国城市化进程不断加快, 全国城市建成区面积从2000年的2.24万km²增加到2013年的4.79万km², 年均增长速度达6.02%。在快速城市化过程中, 城市边缘区是城市空间增长的主要地域, 通过城市边缘区农地征收来增加土地供给量进而实现城市空间扩张已成为中国快速城市化建设的普遍模式。城市边缘区位于“城”与“乡”两种系统之间, 是城市化最敏感、影响最深刻、变化最迅速的地区, 具有突出的不稳定性与敏感性特征^[1-3]。面对快速城市化干扰和一系列变化影响, 城市边缘区在结构与功能的频繁转换过程中产生诸多“不适应性”, 使其成为当前中国城市社会问题和社会矛盾的集中、高发区。如, 征地引发了大量社会矛盾并使失地农民社会群体面临生计风险的冲击; 城市化过程中的制度性障碍导致了城市边缘区居民与城市居民享受社会服务与

收稿日期: 2015-09-28; 修订日期: 2015-11-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401138, 41571163); 教育部人文社科研究项目(12YJC790072); 陕西省自然科学基金项目(2014JQ5195) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41401138, No.41571163; Humanity and Social Science Foundation of Ministry of Education of China, No.12YJC790072; Shaanxi Natural Science Foundation, No.2014JQ5195]

作者简介: 何艳冰(1983-), 女, 河南新乡人, 博士生, 讲师, 国家注册城市规划师, 主要从事人地关系脆弱性研究。

E-mail: heyanning2008@hpu.edu.cn

通讯作者: 黄晓军(1983-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 中国地理学会会员(S110006754M), 主要从事城市脆弱性与恢复力研究。E-mail: huangxj@nwu.edu.cn

1315-1328 页

社会保障的“非均等化”；物质景观的快速变化“割裂”了居民原有的社会关系网络，社会空间被“剥夺”，又难以尽快实现新的社会融入，从而形成社会排斥。总之，面对快速城市化及结构与功能频繁转换的影响，城市边缘区的不稳定性、敏感性及其适应快速城市化影响能力的有限性勾勒出了城市边缘区社会脆弱性的主要特征。提高城市边缘区适应能力，构建具有适应性和可持续性的社会与空间组织已成为促进中国大城市空间有序发展亟待解决的重要现实问题。受发展阶段差异性的影响，城市边缘区的不同地域受城市化干扰的程度、社会系统的敏感性程度、对城市化影响的适应能力均不同，城市边缘区的社会脆弱性分布呈现出明显的空间异质性，因此，进行城市边缘区社会脆弱性评价、识别其关键影响因素对于有针对性地制定适应对策具有重要意义。

以往关于城市边缘区的研究多集中在城市边缘区范围界定^[4-5]、土地利用格局变化^[6-7]、空间结构演化与功能特征^[8-9]、社会环境问题与规划管理对策^[10-11]等方面，对城市边缘区的社会脆弱性、适应性与可持续发展关注较少，近年来兴起的社会脆弱性研究框架为此提供了新的分析视角和研究思路。传统的脆弱性研究主要关注灾害和环境风险的特征和结构属性及其导致的生物物理损失^[12]。20世纪末，学者们开始关注环境变化对人口和社会的影响，并提出了脆弱性的社会维度研究，使得社会脆弱性术语得到广泛应用。社会脆弱性一般指暴露于外部扰动下的社会系统，由于自身的敏感性特征和缺乏对外部扰动的适应能力而使系统受到的负面影响或损害状态^[13]。当前国内外关于社会脆弱性的研究主要集中在自然灾害^[14-16]、气候变化^[17-18]、资源枯竭^[19-21]和生态环境^[22]等方面，对社会系统自身要素和结构特征的快速变化引发的社会脆弱性的关注相对较少。社会脆弱性评价是社会脆弱性研究的重要内容。从已有研究来看，社会脆弱性评价多以建立指标体系，通过不同的数理分析方法得出社会脆弱性指数为主，并以此作为社会脆弱性程度的衡量依据。较为常用的方法有综合指数法^[23]、函数模型法^[24]、BP人口神经网络模型法^[25]、决策树分析法^[26]、集对分析法^[20]、面向对象分析法^[27]、空间多准则评估法^[28]、图层叠置法^[13]等，总体来看，社会脆弱性的定量解析多从敏感性和适应能力两方面构建评价指标体系和测度模型，对于暴露度较少考虑，一定程度上影响了社会脆弱性量化的科学性。与此同时，社会脆弱性研究多止步于脆弱性程度的评价与空间分异^[27]，对社会脆弱性的影响因素与影响机制分析不足，少量研究仅从单一的社会视角分析社会脆弱性的影响因素^[29-30]，如人口结构、社会不平等、贫困、社会资本、社会排斥等，缺乏综合视角的分析。此外，社会脆弱性的研究多以国家、区域等宏观尺度为主^[31]，微观尺度的研究较为匮乏。

相较于灾害脆弱性和环境脆弱性，社会脆弱性更为关注人和社会在环境变化中的主体关系，对其研究具有重要意义。因此，本文将社会脆弱性工具应用到城市边缘区研究中，以西安城市边缘区所辖街道为研究单元，探讨城市化过程干扰下城市边缘区社会系统的脆弱性空间分异格局及其影响机制，不仅是对人文科学领域社会系统自身要素变化导致的社会脆弱性研究的一次尝试，同时也有利于探索微观尺度社会脆弱性量化方法、丰富社会脆弱性研究内容，为提高城市边缘区社会系统适应性与适应能力、促进中国大城市空间有序发展提供科学决策依据。

2 研究区域

西安是陕西省省会，中国西部地区重要的中心城市，市域总面积为10096.81 km²，2014年常住人口为862.75万人。近10多年来，西安城市化进程不断加快，城市空间扩展迅速，城市建成区面积从2000年的186.97 km²增长至2013年的504.68 km²。随着国家级

西咸新区的跨越式发展和“五区一港两基地”战略^①的深入,城市空间快速扩张的趋势仍将持续。

由于具有过渡性、模糊性和动态性等特征^[5],城市边缘区的范围通常较难准确界定。本文认为,城市边缘区是城市建成区和农村地域之间的转变区域,并在人口、社会、经济、空间等方面呈现出明显的过渡与融合特征。其中,由于城市建设用地向农业用地的侵入而形成的土地利用犬牙交错状态和用地景观的破碎化是城市边缘区最直观反映,也是识别城市边缘区范围的重要依据。因此,基于遥感影像和土地利用数据,结合本文研究目标和西安城市化空间发展态势,将建设用地面积比重、耕地面积比重和景观破碎度作为主要衡量依据和参考指标,对西安城市边缘区范围进行了界定,最终确定的城市边缘区包括隶属于灞桥区、长安区、雁塔区、未央区和沣东新城的25个街道(图1)。与已完全实现空间城市化的核心地域相比,这25个空间单元仍存在数量不等的农业用地,农业空间和城市化空间交错混杂。随着“五区一港两基地”战略的持续推进,该区域将是未来西安城市扩张的主要空间载体,城市建设用地向农业用地侵入的趋势难以避免。同时,该区域城市与农村社区共存,农业与非农业经济活动并行,社会和经济结构均面临转型,整个社会系统呈现快速变化特征。在环状城市边缘区外围,北部和南部分别是渭河和秦岭北麓,西部已到达西安市的行政边界,东部则受市辖区界限和黄土源地形影响,城市空间的进一步扩张均受到限制。总体来看,由这25个街道所组成的城市边缘区是当前以及未来一段时期内西安市受城市化影响最突出、土地利用变化最显著、社会系统最敏感的区域。

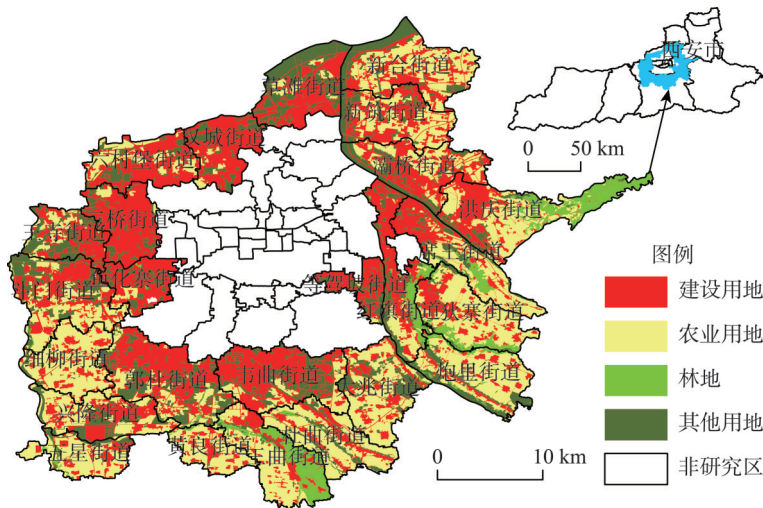


图1 2013年西安城市边缘区土地利用现状

Fig. 1 Land use status of Xi'an urban fringe in 2013

3 研究方法 with 数据

3.1 城市边缘区社会脆弱性评价框架

作为脆弱性的维度之一,社会脆弱性多被理解为关于暴露度(Exposure)、敏感性(Sensitivity)和适应能力(Adaptive Capacity)的函数^[32-35]。本文将快速的空间城市化作为城市边缘区社会系统的主要干扰,基于暴露度、敏感性和适应能力3个维度构建城市边缘区社会脆弱性评价框架(图2),通过研究城市边缘区各空间单元社会系统易于受城市化影响的程度、呈现出的敏感性状态及其面对快速城市化扰动的适应能力,进而对西

①“五区一港两基地”是“十一五”时期西安市相继建设的8个开发新区,包括高新技术产业开发区、经济技术开发区、浐灞生态区、曲江新区、沣东新城、国际港务区、国家民用航天产业基地和国家航空高技术产业基地,目的是以开发区为先导促进城市空间扩张和功能完善。

安城市边缘区社会脆弱性进行综合评价。其中,暴露度反映社会系统受城市化干扰的程度,可通过干扰的强度、频率或持续时间以及当前所呈现出的暴露状态进行测度;敏感性反映各空间单元容易受到城市化干扰的影响程度,取决于评价单元系统结构(社会结构、经济结构和空间结构)的内在特征;适应能力是社会系统能够处理、应对和适应城市化干扰的能力,多由社会系统的应对能力、学习能力和转型能力构成,取决于评价单元社会系统拥有的资本、信息、教育、技术、管理能力等。

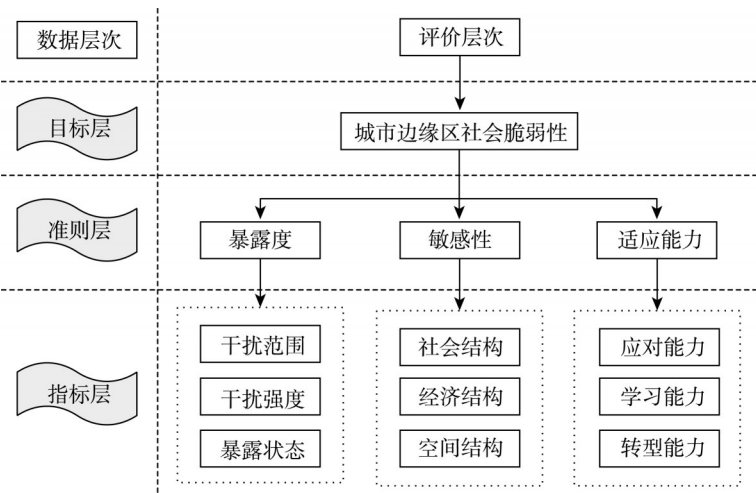


图2 城市边缘区社会脆弱性评价框架

Fig. 2 Evaluation framework of social vulnerability for urban fringe

3.2 城市边缘区社会脆弱性评价指标体系

基于社会脆弱性概念、构成维度的关联逻辑以及评价框架,从暴露度、敏感性和适应能力3个方面构建城市边缘区社会脆弱性评价指标体系,选取研究所涉及的指标共计15个(表1)。各维度指标构成、涵义和计算方式如下:

- (1) 暴露度。受发展阶段、空间邻近性特征和城市规划等因素影响,西安城市边缘区各空间单元受城市化干扰强度不同,为表征各空间单元暴露度特征,选取距市中心的距离、斑块密度、香农多样性指数、景观破碎度指数和建设用地面积比重5个指标。其中,距市中心的距离可以在一定程度上反映各空间单元受城市化干扰持续的时间和频率,该指标通过计算各街道质心与西安市钟楼(市中心地标)之间的距离得出;斑块密度、香农多样性指数和景观破碎度指数3个景观格局指数从不同层面测度了各空间单元的景观破碎度,反映了各街道受城市化干扰的强度和状态特征,这几个指标通过Fragstas 4.2软件计算得出;建设用地面积比重则直接反映了西安空间城市化过程对各评价单元的侵入程度,该指标通过遥感影像解译与计算获得。
- (2) 敏感性。由于各空间单元内在属性与结构特征的差异,城市化干扰在各空间单元上施加的影响的后果可能不同。一般而言,乡村性特征显著的地域对城市化介入的反应更为强烈,敏感性程度更高;而城市性特征相对突出的地域对城市化干扰已具有一定的吸收能力,相应地敏感性反应也较弱。因此,主要选择农业人口比重、第一产业总产值和人均耕地面积3个替代性指标来表征城市边缘区各街道单元内在的社会结构、经济结构和空间结构特征,通过农业人口、农业产业和耕地数量衡量各街道单元的社会、经济和空间的乡村性,进而反映其敏感性状态。
- (3) 适应能力。在应对、吸收外部城市化干扰的同时,城市边缘区社会系统也在通过自身学习能力与组织能力的提高进行转型,以适应外部环境的影响和系统内部可能产生的变化。考虑到数据的可获得性,主要选取了7个指标来测度西安城市边缘区社会系统的适应能力。其中,城乡居民收入比和人均社会消费品零售额代表了社会群体的收入水平和生活消费水平,反映了社会系统的应对能力;规模以上工业增加值、全社会固定

表1 城市边缘区社会脆弱性评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of social vulnerability for urban fringe

目标层	准则层	指标层	指标权重	指标性质	数据来源	指标含义
社会脆弱性	暴露度 (+)	E_1 距市中心的距离(km)	0.1221	-	通过 ArcGIS10 测度	反映空间邻近性特征
		E_2 斑块密度(个/km ²)	0.1220	+	通过 fragstats4.2 计算	反映单位面积的斑块数
		E_3 香农多样性指数	0.1446	+	通过 fragstats4.2 计算	反映景观异质性
		E_4 景观破碎度指数	0.3383	+	通过 fragstats4.2 计算	反映景观分割破碎程度
		E_5 建设用地面积比重(%)	0.2730	+	遥感影像解译	反映土地城市化水平
	敏感性 (+)	S_1 农业人口比重(%)	0.3040	+	各区统计年鉴	人口结构的敏感性状态
		S_2 第一产业总产值(万元)	0.3767	+	各区统计年鉴	产业结构的敏感性状态
		S_3 人均耕地面积(亩/人)	0.3193	+	各区统计年鉴	土地空间的敏感性状态
	适应能力 (-)	A_1 规模以上工业增加值(亿元)	0.2677	+	各区统计年鉴	反映工业化发展水平
		A_2 全社会固定资产投资(亿元)	0.2452	+	各区统计年鉴	反映城市建设水平
		A_3 城乡居民收入比	0.0621	-	各区统计年鉴	反映城乡收入差距
		A_4 人均社会消费品零售额(元)	0.2802	+	各区统计年鉴	反映生活消费水平
		A_5 农村劳动力从事非农产业人员比重(%)	0.0510	+	各区统计年鉴	反映居民就业多样性
		A_6 初中以上学历人口比重(%)	0.0546	+	西安市“六普”数据	反映人口受教育水平
		A_7 文盲人口占15岁以上人口比重(%)	0.0392	-	西安市“六普”数据	反映人口受教育水平

注：① 暴露度和敏感性与社会脆弱性呈正相关，指标性质为“+”，说明暴露度和敏感性越强，社会脆弱性程度越高，反之亦然；适应能力与社会脆弱性呈负相关，指标性质为“-”，表明适应能力越强，社会脆弱性程度越低，反之亦然。② $E_2 = N/A$ ， N 为斑块总数， A 为景观总面积； $E_3 = -\sum_{k=1}^m p_k \ln p_k$ ， p_k 为景观类型 k 所占面积比例， m 为景观类型的数目； $E_4 = (N-1)/N_c$ ， N_c 为景观斑块总数， N_c 为研究区总面积与最小斑块面积的比值。③ S_3 人均耕地面积为农业人口人均耕地面积。

资产投资和农村劳动力从事非农产业人员比重代表了各空间单元的工业化、城市建设水平和居民就业的多样性，反映了社会系统的转型能力和适应性状态；初中以上学历人口比重和文盲人口占15岁以上人口比重代表了城市边缘区社会群体的受教育水平，反映了社会系统的学习能力。

3.3 数据来源与处理

研究数据主要由遥感影像数据和社会经济统计数据两部分组成。遥感影像来源于中分辨率的 Landsat 8 卫星影像（数据获取时间为2013年9月），同时以 Google Earth 提供的高清晰影像作为参考；统计数据分别来源于2014年《西安市统计年鉴》以及各街道所属的市辖区统计年鉴，还包括西安市第六次人口普查数据和相关街道提供的统计资料。

3.3.1 遥感影像处理 借助 ENVI 5.1 平台，对2013年西安城市边缘区遥感影像图进行几何校正和辐射校正。依据“国家级土地利用与覆被分类系统 I 级土地利用类别”并结合研究区域现状，采用自动分类与目视解译相结合的方法将研究区土地利用类型划分为4类，分别是建设用地、农业用地（包括耕地和园地）、林地和其他用地（包括草地、水域和未利用地）（图1）。在此基础上，利用景观格局指数计算软件 Fragstas 4.2 计算斑块密度、香农多样性指数、景观破碎度指数3个参数，定量获取表征城市边缘区社会脆弱性暴露度的指标。

3.3.2 数据标准化 由于各评价指标存在着数量级、量纲和指标性质的差异，因此需对原始数据进行标准化处理。本文选用极差标准化方法对原始数据进行处理：

（1）当指标值越大对评价的上一级目标越有利时，定义指标性质为“+”，运用正向指标标准化公式：

$$Y_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (1)$$

(2) 当指标值越小对评价的上一级目标越有利时, 定义指标性质为“-”, 运用负向指标标准化公式:

$$Y_{ij} = (X_{j\max} - X_{ij}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (2)$$

式中: X_{ij} 、 $X_{j\max}$ 、 $X_{j\min}$ 和 Y_{ij} 分别为第 i 研究单元第 j 指标的原始值、最大值、最小值和标准化值; $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。

3.3.3 确定指标权重 在确定指标权重的方法中, 熵值法由于其既能反映指标信息的效应价值, 又能克服指标间的信息重叠, 被社会经济等研究领域广泛应用^[36-37]。因此, 本文运用熵值法求取城市边缘区社会脆弱性评价指标的权重系数(表1)。计算过程如下:

① 基于标准化值 Y_{ij} , 计算第 j 项指标下第 i 个研究单元指标值的比重 P_{ij} :

$$P_{ij} = Y_{ij} / \sum_{i=1}^m Y_{ij} \quad (3)$$

② 计算第 j 项指标的熵值 e_j : $e_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}$, $k = 1 / \ln m$ (4)

③ 计算第 j 项指标的差异性系数 g_j : $g_j = 1 - e_j$ (5)

④ 计算第 j 项指标的权重 w_j : $w_j = g_j / \sum_{j=1}^n g_j$ (6)

式中: $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。

3.4 社会脆弱性评价模型

从已有研究来看, 社会脆弱性评价主要是基于社会脆弱性构成因素建立评价指标体系, 通过不同统计方法计算社会脆弱性指数, 以此判断社会系统脆弱程度。其中, 函数模型法因其能较好地体现社会脆弱性内涵以及各构成要素之间的相互作用关系而得到广泛应用。因此, 将社会脆弱性理解为暴露度、敏感性和适应能力的函数, 并借鉴政府间气候变化专门委员会(IPCC)的可持续生计脆弱性指数(LVI)计算方法^[24, 38], 采用函数模型法构建城市边缘区社会脆弱性的评价模型:

$$SVI = f\{EI, SI, AI\} = (EI - AI) \times SI \quad (7)$$

式中: SVI 、 EI 、 SI 、 AI 分别代表社会脆弱性指数、暴露度指数、敏感度指数和适应能力指数, SVI 的取值区间为 $(-1, 1)$ 。式(7)表示暴露度、敏感性与社会脆弱性呈正相关, 适应能力与社会脆弱性呈负相关。 EI 、 SI 、 AI 分别通过加权求和法求取:

$$EI = \sum_{j=1}^5 W_{ej} Y_{ej}; \quad SI = \sum_{j=1}^3 W_{sj} Y_{sj}; \quad AI = \sum_{j=1}^7 W_{aj} Y_{aj} \quad (8)$$

式中: EI 、 SI 、 AI 分别代表暴露度指数、敏感性指数和适应能力指数, 取值区间均为 $(0, 1)$; W_{ej} 、 W_{sj} 、 W_{aj} 分别为暴露度、敏感性与适应能力的指标权重; Y_{ej} 、 Y_{sj} 、 Y_{aj} 分别为暴露度、敏感性和适应能力指标的标准化值。

4 结果分析

4.1 社会脆弱性评价结果

结合原始数据, 运用式(8)分别计算各研究单元暴露度指数、敏感性指数和适应能力指数, 将结果代入式(7)计算得出2013年西安城市边缘区社会脆弱性指数(表2), 并采用自然断点法分别将暴露度指数、敏感性指数、适应能力指数和社会脆弱性指数划

分为3个等级，依次为低值区、中值区和高值区，进而得出西安城市边缘区暴露度、敏感性、适应能力和社会脆弱性的空间分异格局（图3）。

4.1.1 暴露度 从暴露度指数看（表2），高值区、中值区和低值区占整个研究区面积的比重分别为23.27%、33.13%和43.60%。从空间分布来看（图3a），高等级暴露度空间单元主要包括三桥、鱼化寨、郭杜、韦曲、等驾坡和灞桥6个街道，这6个街道紧邻城市核心区，距市中心距离最近，城市建设用地面积比重较大，受城市化的影响强烈，导致其暴露度指数较高；中等级暴露度空间单元较均匀地分布在城市边缘区东、西两侧；除北部草滩和新合两个街道外，低等级暴露度空间单元集中分布在城市南部地区，这主要是因为南部长安区各街道距市中心相对较远，部分街道的土地利用方式仍以农业用地为主，景观破碎化程度较低；北部的两个街道因紧邻渭河，且距市中心也较远，其空间城市化速度相对较缓。总体来看，距市中心的距离对暴露度等级的空间分布格局的形成具有主导作用，暴露度等级分布在一定程度上符合距离衰减规律，也显示出西安城市空间扩张呈现出自中心向外围蔓延式的扩张特征。

4.1.2 敏感性 从敏感性指数看（表2），高值区、中值区和低值区占整个研究区面积的比重分别为56.23%、23.65%和20.12%。从空间分布来看（图3b），低等级敏感性空间单元包括北部的草滩、汉城街道，东部的等驾坡街道，南部的韦曲街道以及西部的三桥和鱼化寨街道；高等级敏感性空间单元较为集中，且分布范围较广，大多集中在城市东部、南部和西部；中等级敏感性空间单元较为分散的“镶嵌”在高、低等级空间单元之

表2 西安城市边缘区社会脆弱性评价结果

Tab. 2 Assessment results of social vulnerability for Xi'an urban fringe

市辖区	街道	暴露度指数(EI)	敏感性指数(SI)	适应能力指数(AI)	社会脆弱性指数(SVI)
灞桥区	红旗	0.483	0.324	0.570	-0.028
	席王	0.411	0.558	0.671	-0.146
	洪庆	0.441	0.370	0.507	-0.025
	狄寨	0.356	0.667	0.220	0.090
	灞桥	0.566	0.560	0.415	0.084
	新筑	0.393	0.702	0.413	-0.014
	新合	0.327	0.781	0.218	0.085
长安区	韦曲	0.735	0.084	0.547	0.016
	郭杜	0.572	0.354	0.582	-0.004
	细柳	0.282	0.677	0.224	0.039
	杜曲	0.289	0.735	0.132	0.116
	大兆	0.362	0.773	0.084	0.214
	兴隆	0.337	0.480	0.136	0.097
	黄良	0.287	0.705	0.157	0.092
	王曲	0.382	0.526	0.147	0.124
	五星	0.240	0.679	0.090	0.102
雁塔区	炮里	0.255	0.705	0.076	0.126
	等驾坡	0.696	0.099	0.408	0.029
未央区	鱼化寨	0.688	0.104	0.529	0.017
	六村堡	0.503	0.302	0.159	0.104
	汉城	0.449	0.118	0.238	0.025
沣东新城	草滩	0.317	0.033	0.571	-0.008
	三桥	0.570	0.061	0.192	0.023
	斗门	0.481	0.596	0.112	0.219
	王寺	0.533	0.646	0.123	0.265

间。通过对比图 3a 和图 3b 可以发现,暴露度的高、低等级空间单元与敏感性的低、高等级空间单元分布格局具有高度相似性特征,暴露度的高(低)等级空间格局与敏感性的低(高)等级空间格局彼此相对应。原因在于暴露度高的街道距市中心较近,受城市化影响强烈,但同时因为其农业人口和农业社会经济活动均不显著,对城市化施加在该地域上的影响的敏感性程度较低;相反,城市边缘区外围农村地域特征典型,城市化对该区域施加的影响容易被强化,甚至放大,进而产生“剂量反应”。

4.1.3 适应能力 从适应能力指数看(表 2),高值区、中值区和低值区占整个研究区面积的比重分别为 42.25%、20.05%和 37.70%。从空间分布来看(图 3c),高等级适应能力空间单元的分布较为集中,分布在城市东部和西南各街道;低等级适应能力空间单元的分布也较集中,主要分布在城市南部和西部各街道;中等级适应能力空间单元分布较为分散。由于适应能力主要取决于各街道的工业化发展程度、城市建设水平、社会消费能力、居民就业多样性以及受教育水平等因素,因此,适应能力的分布格局并未呈现出类似暴露度和敏感性的显著的空间规律性特征。但笔者在实地调查中发现,开发历史较早、城市化进程较快的街道在率先完成从乡村体制向城市体制转换的同时,适应能力也随之提高;而远离城市核心区的街道,无论被动或主动,均尚未实现这种转换,一部分处于过渡与适应过程中,还有一部分街道在人口、经济、空间等各维度仍处于乡村体制框架内,尚未形成对城市化影响的适应能力。

4.1.4 社会脆弱性 从社会脆弱性指数看(表 2),高值区、中值区和低值区占整个研究区面积的比重分别为 12.55%、39.38%和 48.07%。从空间分布来看(图 3d),西安城市边

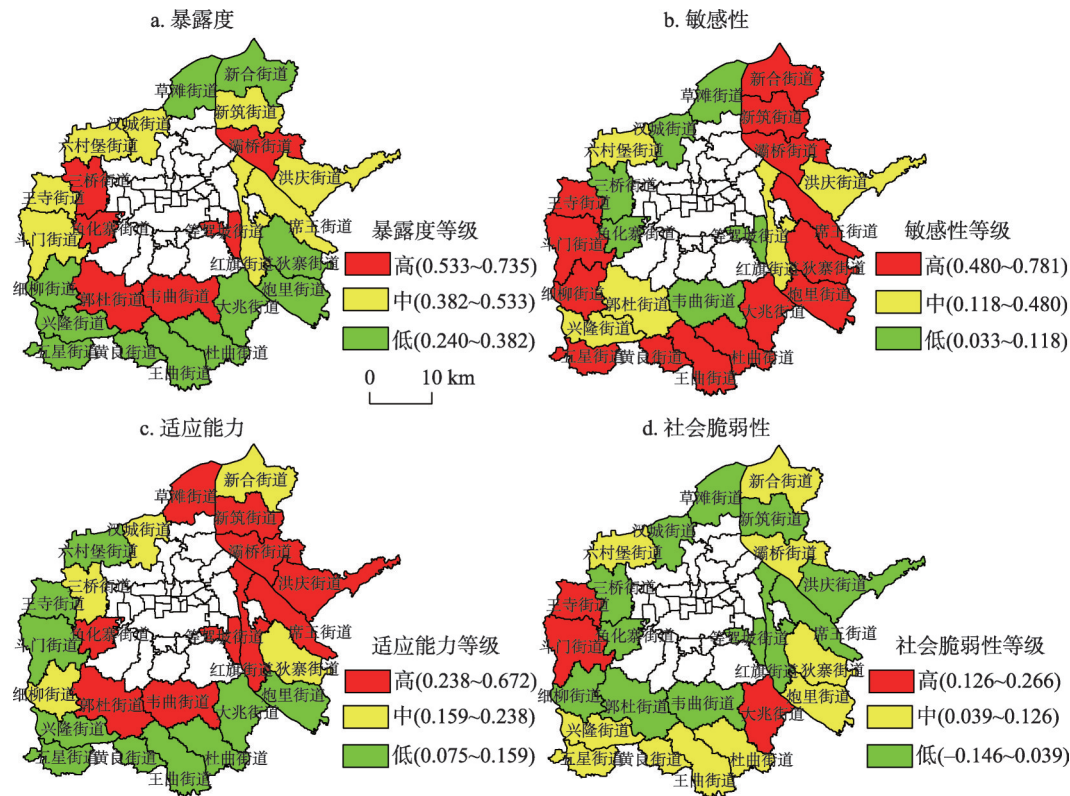


图3 西安城市边缘区暴露度、敏感性、适应能力及社会脆弱性空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of exposure, sensitivity, adaptive capacity and social vulnerability for Xi'an urban fringe

缘区社会脆弱性空间分布不均衡,高、中、低等级社会脆弱性街道数量为3个、10个和12个,分别占空间单元总数的12%、40%和48%。其中,高等级社会脆弱性空间单元分布在西部的王寺和斗门街道以及南部的大兆街道,低等级社会脆弱性空间单元分布在郭杜、红旗、席王、草滩等相对邻近市中心的位置,中等级社会脆弱性空间单元则分散在城市边缘区相对外围区域。社会脆弱性由暴露度、敏感性和适应能力3个维度共同作用形成,但这3个维度在不同街道的作用程度存在明显差异,而且很难明确社会脆弱性的具体影响因素,因此,需要进一步识别社会脆弱性的关键影响因子,分析其影响机制,进而采取相应措施降低空间单元的社会脆弱性,为构建稳定并可持续的社会系统提供科学依据。

4.2 社会脆弱性影响因素识别及其影响机制

为进一步识别社会脆弱性的关键影响因素,以社会脆弱性指数为因变量,以社会脆弱性评价指标因子为自变量构建多元线性回归模型,表达式为:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon \quad (9)$$

式中: Y 为因变量(社会脆弱性指数); β_0 为常数; β_1 、 β_2 ... β_p 为回归系数; X_1 、 X_2 ... X_p 为自变量(社会脆弱性影响因子); ε 为随机误差。

运用SPSS 19.0软件采用向后筛选策略对模型(9)进行计算,结果显示,回归方程 $R = 0.921$, 调整后的 $R^2 = 0.882$, $F = 23.326$ ($\text{Sig.} = 0.000$), 回归方程的拟合优度很高,有效性较好。根据表3的回归分析结果,可得多元线性回归方程:

$$Y = 0.251E_2 + 0.305E_3 + 0.355E_4 + 0.440E_5 + 0.433S_3 - 0.463A_1 - 0.414A_2 - 0.235A_6 \quad (10)$$

在社会脆弱性影响因子中,共有8个因子进入到回归模型中,其中,建设用地面积比重、景观破碎度指数、香农多样性指数、斑块密度和人均耕地面积均与社会脆弱性呈正相关关系;规模以上工业增加值、全社会固定资产投资和初中以上学历人口比重呈负相关关系(表3)。从回归系数来看,这些影响因子的回归系数均未超过0.5,相对较低的回归系数和显著性水平一定程度上表明了社会脆弱性影响机制的复杂性。

4.2.1 土地利用方式与景观格局的变化 在与社会脆弱性呈正相关的影响因子中,相关性较强的主要是建设用地面积比重(回归系数0.440)和人均耕地面积(回归系数0.433),其次是景观破碎度指数、香农多样性指数和斑块密度3个景观格局指数因子,这表明土地利用方式及其景观格局的变化是城市边缘区社会脆弱性的直接影响因素。与人口、经济、社会等维度的城市化过程相比,空间城市化过程对城市边缘区的影响更为显著和直接,城市建设用地的持续扩张和建设空间的不断侵入使城市边缘区景观格局处于持续的“破碎化”和“动荡”演替过程中,导致城市边缘区社会—空间系统极不稳定;而城市边缘区土地利用性质转变的同时,“人”的城市化进程却十分缓慢。2000-2013年,西安市人口城市化水平从60.77%增长至72.05%,同期城市建成区面积从186.97 km²增加到504.68 km²,年均增长速度为7.94%,远高于人口城市化1.32%的年均增长率。土地城市化与人口城市化的不协调以及相关制度的缺陷,致使城市边缘区人地关系发生“扭曲”和“错位”,直接结果是以失地农民为主的大量脆弱性群体的产生,这一城市化过程被陆大道院士称之为“由大量失去土地的农民和人口的失业所造成的虚假的城市化和贫困的城市化”^[39]。

4.2.2 社会系统体制转换阶段的差异 由于城市边缘区社会系统发展阶段和内部结构性差异,系统所遭受的城市化干扰的影响程度不同。城市体制主导的街道单元,其社会系统多已完成由乡村性向城市性的结构和功能转换并渐趋稳定,对外部城市化干扰的敏感性程度有所降低,城市化干扰的后果表现不明显。对于乡村体制主导的街道单元,由于社会系统的乡村性特征与城市化过程之间的对立,其对城市化的影响更为敏感,一定程度

表3 西安城市边缘区社会脆弱性影响因素回归分析
Tab. 3 Regression analysis results of social vulnerability for Xi'an urban fringe

模型	回归系数	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
常数	—	-1.492	0.155
<i>E</i> ₃ 斑块密度	0.251	2.271	0.037
<i>E</i> ₅ 香农多样性指数	0.305	2.519	0.023
<i>E</i> ₆ 景观破碎度指数	0.355	3.511	0.003
<i>E</i> ₇ 建设用地面积比重	0.440	2.688	0.016
<i>S</i> ₂ 人均耕地面积	0.433	2.527	0.022
<i>A</i> ₁ 规模以上工业增加值	-0.463	-4.874	0.000
<i>A</i> ₂ 全社会固定资产投资	-0.414	-3.821	0.002
<i>A</i> ₆ 初中以上学历人口比重	-0.235	-2.459	0.026

上加剧了外部扰动的负面影响；而社会系统受到外部城市化干扰时，会对其影响进行抵抗、吸收和调整以保持其基本结构和功能，但空间上与城市核心区的邻近特征使得城市边缘区各单元长期暴露于城市化的影响之下，当系统尚未完成转换和形成新的结构与功能之前（实现城市体制转换），系统多处于极不稳定状态（城乡二元体制），来自于城市化的干扰也会因其社会系统体制转换的不稳定特征而有所加剧。“十一五”以来，西安市实施的“五区一港两基地”战略对土地空间需求旺盛，致使城市边缘区土地存量相对较大的街道单元成为主要“侵入”目标，模型中的人均耕地面积影响因子集中反映了这些街道单元的空间结构敏感性特征。总体来看，土地利用方式及其景观格局的变化是城市边缘区社会系统不稳定性和脆弱性的直接原因，而城市边缘区社会系统转换阶段的差异及其敏感性特征进一步加剧了社会脆弱性。

4.2.3 物质与社会发展的不平衡 在与社会脆弱性呈负相关的影响因子中，相关性较强的主要是规模以上工业增加值（回归系数-0.463）和全社会固定资产投资（回归系数-0.414）。这表明了城市边缘区的工业化过程和城市建设对社会脆弱性具有较强的影响作用。在体制转换过程中，城市边缘区的自组织功能不断发挥作用，并通过对自身结构和功能的不断调整来适应快速城市化的影响。近年来，随着西安市“五区一港两基地”战略的推进，由工业化引导的开发区和基础设施建设成为西安城市边缘区适应快速城市化过程的首要体现；固定资产投资领域的房地产开发在空间上的向外扩散以及核心城区功能的“解密外疏”也是城市边缘区适应城市化过程的主要表征。但与工业化和城市物质景观上的快速适应相比，适应能力指标体系中的城乡居民收入比、人均社会消费品零售额、农村劳动力从事非农产业人员比重等反映居民收入水平、消费能力和就业多样性的社会层面因子并未进入到回归模型中，表明城市边缘区在由乡村体制向城市体制转换过程中物质与社会发展的不平衡，与经济形态和物质景观实现快速转换和适应形成鲜明对比的是，城市边缘区的社会系统转型缓慢，在收入、就业、消费等多个社会领域尚未形成适应能力，社会脆弱性也由此集中体现（图4）。

5 结论与讨论

5.1 结论

（1）西安城市边缘区各街道的暴露度格局呈现出自中心向外围渐趋减缓的特征，距市中心的距离对暴露度等级的空间分布具有突出影响；敏感性程度的高、低分布与暴露度的低、高分布在空间上具有相似性特征，农村地域特征明显的空间单元，城市化对该区域施加的影响容易被强化，敏感性程度相对较高；适应能力的分布格局未呈现显著的

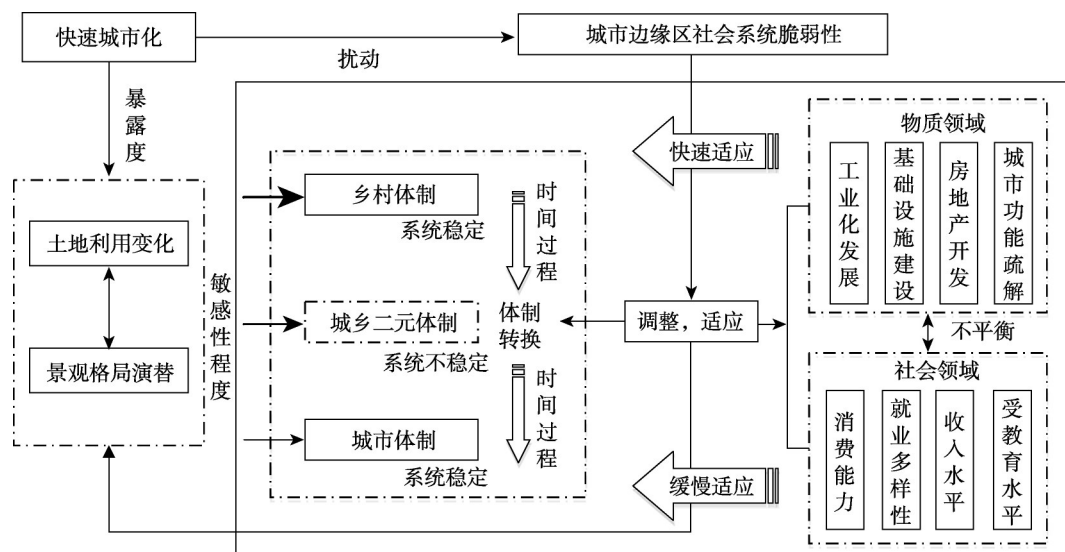


图4 城市边缘区社会脆弱性影响因素分析框架

Fig. 4 Analytical framework of social vulnerability factors for urban fringe

空间规律性，主要反映在受城市化影响的时间尺度上，开发历史较早、城市化进程较快的街道在率先完成从乡村体制向城市体制转换的同时，适应能力也相对较强。在暴露度、敏感性和适应能力3个维度的综合作用下，社会脆弱性等级及其空间分布呈现出均衡特征，西安城市边缘区各空间单元的社会脆弱性以中、低等级为主，高等级社会脆弱性空间单元并不多；空间分布上的特征并不显著，除3个高等级社会脆弱性街道外，低等级社会脆弱性街道相对分布在城市内边缘区，中等级社会脆弱性空间单元分散在城市外边缘区。

(2) 以社会脆弱性指数为因变量，以社会脆弱性评价指标因子为自变量，运用多元回归分析对社会脆弱性影响因素进行分析，回归模型显示建设用地面积比重等8个因子对社会脆弱性有重要影响。其中，建设用地面积比重、人均耕地面积、景观破碎度指数、香农多样性指数和斑块密度因子与社会脆弱性具有正相关性，表明土地利用方式与景观格局的变化是城市边缘区社会脆弱性的直接影响因素，而城市边缘区社会系统体制转换阶段的差异性和敏感性特征进一步加剧了社会脆弱性；规模以上工业增加值和全社会固定资产投资与社会脆弱性具有较强的负相关性，表明工业化和城市物质景观建设是城市边缘区适应城市化影响、应对社会脆弱性的首要体现，而同属于适应能力指标体系的反映居民收入水平、消费能力和就业多样性的社会层面因子并未进入到回归模型中，表明城市边缘区物质与社会发展的不平衡，社会系统转型相对滞后，社会领域的适应能力亟待加强。

5.2 讨论

(1) 社会脆弱性评价的难点在于对暴露度、敏感性和适应能力3个脆弱性核心概念实现替代指标的选取和(半)定量化测度。本文重点对特定时段和特定地域的社会脆弱性程度进行评价和比较分析，社会脆弱性的时间尺度变化、敏感性程度的阈值效应等问题尚未涉及，这需要在后续研究中加强多元数据积累和方法上的进一步突破。

(2) 本文以街道为基本单元，侧重探讨特定空间的社会脆弱性程度分异特征和影响因素。为进一步揭示城市边缘区社会脆弱性与适应性特征，需要在社区尺度上关注城市边缘区失地农民、外来人口等群体，通过问卷调查与访谈搜集第一手数据，进而分析城

市边缘区特定群体的社会脆弱性形成原因、机理及其适应机制,以深入理解城市边缘区社会脆弱性的复杂性和多样性。

(3) 未来一段时期内,中国快速城市化过程仍将持续。城市边缘区作为城市化最活跃的空间地域,很难规避体制转换对社会系统的影响,明智的选择是通过优化系统内部结构和功能以适应城市化扰动的影响。根据西安及中国大城市边缘区普遍存在的社会脆弱性问题,本文提出如下对策:一是避免城市盲目扩张,合理确定城市开发建设边界,降低过度空间城市化对城市边缘区社会系统的不必要干扰,促进城市化健康有序发展;二是重点关注受城市化干扰强烈的乡村体制和城乡二元体制社区,在社会、经济和空间等方面优化其内在结构属性,并有针对性的制定适应性管理对策,加快体制转换过程,降低社区敏感性;三是重点关注城市边缘区失地农民、外来人口等脆弱性群体,在促进生计方式多样性、加强社会资本获取能力、提高社会融入与连通度、完善社会保障体系等方面提供政策引导与保障,提高城市边缘区社区与社会的应对能力、学习能力和自组织能力,同时,深化制度改革,加快农民市民化进程,促进空间城市化与人口城市化的协调,提高城市边缘区社会系统的调适能力。

参考文献(References)

- [1] Gu Chaolin, Chen Tian, Ding Jinhong, et al. The study of the urban fringes in Chinese megalopolises. *Acta Geographica Sinica*, 1993, 48(4): 317-328. [顾朝林, 陈田, 丁金宏, 等. 中国大城市边缘区特性研究. *地理学报*, 1993, 48(4): 317-328.]
- [2] Gu Chaolin. *The Study of the Urban Fringes in Chinese Megalopolises*. Beijing: Science Press, 1995. [顾朝林. *中国大城市边缘区研究*. 北京: 科学出版社, 1995.]
- [3] Song Jinping, Zhao Xijun, Yu Wei. *The Space Evolvement and Recombination in the Urban Fringe of Beijing*. Beijing: Science Press, 2012. [宋金平, 赵西君, 于伟. *北京城市边缘区空间结构演化与重组*. 北京: 科学出版社, 2012.]
- [4] Cao Guangzhong, Miao Yangbing, Liu Tao. Seeking a method for identifying the urban fringe spatially based on industrial activities: A case study of Beijing City. *Geographical Research*, 2009, 28(3): 771-780. [曹广忠, 缪杨兵, 刘涛. 基于产业活动的城市边缘区空间划分方法. *地理研究*, 2009, 28(3): 771-780.]
- [5] Wang Haiying, Zhang Xinchang, Kang Tingjun, et al. Urban fringe division and feature analysis based on the multi-criterion judgment. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(4): 703-714. [王海鹰, 张新长, 康停军, 等. 基于多准则判断的城市边缘区界定及其特征. *自然资源学报*, 2011, 26(4): 703-714.]
- [6] Chen Xiaojun, Zhang Hongye, Liu Shenghe. A study on the macro mechanism of the conversion of land use in the urban fringe of Beijing. *Progress in Geography*, 2003, 22(2): 149-157. [陈晓军, 张洪业, 刘盛和. 北京城市边缘区土地利用转换宏观动因机制研究. *地理科学进展*, 2003, 22(2): 149-157.]
- [7] Zhang Ning, Fang Linna, Song Jinping, et al. The study on spatial expansion and its driving forces in the urban fringe of Beijing. *Geographical Research*, 2010, 29(3): 471-480. [张宁, 方琳娜, 宋金平, 等. 北京城市边缘区空间扩展特征及驱动机制. *地理研究*, 2010, 29(3): 471-480.]
- [8] Cui Gonghao, Wu Jin. The spatial structure and development of Chinese urban fringe. *Acta Geographica Sinica*, 1990, 45(4): 399-411. [崔功豪, 武进. 中国城市边缘区空间结构特征及其发展. *地理学报*, 1990, 45(4): 399-411.]
- [9] Wang Fazeng, Tang Lele. The space evolvement, expansion and optimization of Zhengzhou city fringe area. *Areal Research and Development*, 2009, 28(16): 51-57. [王发曾, 唐乐乐. 郑州城市边缘区的空间演变、扩展与优化. *地域研究与开发*, 2009, 28(16): 51-57.]
- [10] Yang Zhen, Niu Shuwen, Chang Huili. Analysis on benefit guarantee of land-losing peasants in the urban fringe. *Research and Development*, 2005(1): 46-49. [杨振, 牛叔文, 常慧丽. 城市边缘区失地农民利益保障问题分析. *开发研究*, 2005(1): 46-49.]
- [11] Ma Xueguang. Land expropriation conflicts in socio-spatial transformation on urban fringes. *Planner*, 2011, 27(3): 61-65. [马学广. 城市边缘区社会—空间转型中的征地冲突研究. *规划师*, 2011, 27(3): 61-65.]
- [12] Cutter S L. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 1996, 20(4): 529-539.
- [13] Cutter S L, Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences US*, 2008, 105(7): 2301-2306.
- [14] Weichselgartner J. Disaster mitigation: The concept of vulnerability revisited. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 2001, 10(2): 85-94.

- [15] Wisner B, Blaikie P M, Cannon D, et al. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. 2nd ed. London: Routledge, 2004.
- [16] Ge Yi, Shi Peijun, Liu Jing, et al. Improvement and application of vulnerability assessment methodology for flood hazards in China: Using Changsha Prefecture as a case study. *Journal of Natural Disasters*, 2005, 14(6): 54-58. [葛怡, 史培军, 刘婧, 等. 中国水灾社会脆弱性评估方法的改进与应用: 以长沙地区为例. *自然灾害学报*, 2005, 14(6): 54-58.]
- [17] Adger W N, Brooks N, Bentham G, et al. New indicators of vulnerability and adaptive capacity//Eriksen S. Technical report 7, Tyndall Centre for Climate Change Research. Norwich, UK: University of East Anglia, 2004.
- [18] Wongbusarakum S, Loper C. Indicators to assess community-level climate change vulnerability. <http://climatechange-asiapac.com/sites/default/files/Indicators-climate-change-community%20social%20vulnerability.pdf>, 2011-04-20.
- [19] Liu Jisheng, Na Wei, Fang Yangang. Research on vulnerability and countermeasure of social system of Liaoyuan city. *Economic Geography*, 2010, 30(6): 944-948. [刘继生, 那伟, 房艳刚. 辽源市社会系统的脆弱性及其规避措施. *经济地理*, 2010, 30(6): 944-948.]
- [20] Su Fei, Zhang Pingyu. Vulnerability assessment of petroleum city's economic system based on set pair analysis: A case study of Daqing city. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(4): 454-464. [苏飞, 张平宇. 基于集对分析的大庆市经济系统脆弱性评价. *地理学报*, 2010, 65(4): 454-464.]
- [21] Sun Pingjun, Xiu Chunliang. Study on the vulnerability of economic development in mining cities based on the PSE Model. *Geographical Research*, 2011, 30(2): 301-310. [孙平军, 修春亮. 基于PSE模型的矿业城市经济发展脆弱性研究. *地理研究*, 2011, 30(2): 301-310.]
- [22] Ngoc P T B. Mechanism of social vulnerability to industrial pollution in peri-urban Danang City, Vietnam. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2014, 5(1): 37-44.
- [23] Bjarnadottir S, Li Y, Stewart M G. Social vulnerability index for coastal communities at risk to hurricane hazard and a changing climate. *Natural Hazards*, 2011, 59(2): 1055-1075.
- [24] Hahn M B, Riederer A M, Foster S O. The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change: A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 2009, 19(1): 74-88.
- [25] Li He, Zhang Pingyu. Vulnerability of urban employment of mining cities in Northeast China. *Geographical Research*, 2009, 28(3): 751-760. [李鹤, 张平宇. 东北地区矿业城市社会就业脆弱性分析. *地理研究*, 2009, 28(3): 751-760.]
- [26] Dwyer A, Zoppou C, Nielsen S, et al. Quantifying social vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards. Canberra, Australia: Geoscience Australia, 2004.
- [27] Ebert A, Kerle N, Stein A. Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spatial metrics derived from air and space borne imagery and GIS data. *Natural Hazards*, 2009, 48(2): 275-294.
- [28] Hizbaron D R, Baiquni M, Sartohadi J, et al. Assessing social vulnerability to seismic hazard through spatial multi criteria evaluation in Bantul District, Indonesia. *Conference of Development on the Margin*. Bonn, Germany: October 5-7, 2011.
- [29] Cutter S L, Boruff B J, Shirley W L. Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 2003, 84(1): 242-261.
- [30] Blaikie P M, Cannon D, Wisner B. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. London: Routledge, 1994.
- [31] Holand I S, Lujala P, Rod J K. Social vulnerability assessment for Norway: A quantitative approach. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography*, 2011, 65: 1-17.
- [32] Roberts M G, Yang G A. The international progress of sustainable development research: A comparison of vulnerability analysis and the sustainable livelihoods approach. *Progress in Geography*, 2003, 22(1): 11-21.
- [33] Chen Ping, Chen Xiaoling. Summary on research of coupled human-environment system vulnerability under global environmental change. *Progress in Geography*, 2010, 29(4): 454-462. [陈萍, 陈晓玲. 全球环境变化下人-环境耦合系统的脆弱性研究综述. *地理科学进展*, 2010, 29(4): 454-462.]
- [34] Gallopin G C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 2006, 16(16): 293-303.
- [35] Tian Yaping, Xiang Qingcheng, Wang Peng. Regional coupled human-natural systems vulnerability and its evaluation indexes. *Geographical Research*, 2013, 32(1): 55-63. [田亚平, 向清成, 王鹏. 区域人地耦合系统脆弱性及其评价指标体系. *地理研究*, 2013, 32(1): 55-63.]
- [36] Ou Xiangjun, Zhen Feng, Qin Yongdong, et al. Study on compression level and ideal impetus of regional urbanization: The case of Jiangsu Province. *Geographical Research*, 2008, 27(5): 993-1002. [欧向军, 甄峰, 秦永东, 等. 区域城市化水平综合测度及其理想动力分析: 以江苏省为例. *地理研究*, 2008, 27(5): 993-1002.]
- [37] Zhao Lin, Wang Wei, Zhang Yushuo, et al. The spatio-temporal evolution about urban vulnerability on the Northeast

- region since Northeast Revitalization. *Economic Geography*, 2014, 34(12): 69-77. [赵林, 王维, 张宇硕, 等. 东北振兴以来东北地区城市脆弱性时空格局演变. *经济地理*, 2014, 34(12): 69-77.]
- [38] IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2012.
- [39] Lu Dadao. Haven't got rid of myth of aggressive urbanization. *People's Tribune*, 2010(19): 26. [陆大道. 还没摆脱城市化冒进误区. *人民论坛*, 2010(19): 26.]

Assessment and influencing factors of social vulnerability to rapid urbanization in urban fringe: A case study of Xi'an

HE Yanbing^{1,2}, HUANG Xiaojun¹, ZHAI Lingxin¹, YAN Qian¹, YANG Xinjun¹

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China; 2. School of Architectural and Artistic Design, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, Henan, China)

Abstract: Vulnerability theory is an important tool to analyze the degree, mechanism and process of interaction between human and environment, which provides a new perspective for the research of sustainability assessment. Applying the tool of social vulnerability to studies of urban fringe, we consider that rapid urbanization is the major disturbance to social system of urban fringe. Taking Xi'an as an example and selecting 25 subdistricts in Xi'an urban fringe in 2013 as the basic units, this paper constructs an evaluation framework and index system of social vulnerability in urban fringe from the perspectives of exposure, sensitivity and adaptive capacity. By using entropy method, function model and combining with Fragstats software, remote sensing and geographic information system technology, this paper reveals the spatial differentiation pattern and key influencing factors of social vulnerability in Xi'an urban fringe. The results are shown as follows: (1) The exposure pattern of Xi'an urban fringe is gradually slowing down from the center, and the distance from the fringe to the center of the city has a prominent effect on the spatial distribution of exposure. High sensitivity and low exposure, as well as low sensitivity and high exposure have similar characteristics in spatial terms. Affected by non-spatial factors, the spatial regularity of adaptive capacity is not obvious, which is mainly affected by urbanization on the time scale. (2) The degree of social vulnerability and its spatial distribution are imbalanced, and the social vulnerability indexes are dominated by middle and low levels. The units of low social vulnerability indexes are distributed in the inner of urban fringe, while the units of middle social vulnerability indexes are dispersed in the periphery of urban fringe. (3) There are eight factors, including proportion of construction land, having important impacts on the social vulnerability. The change of land use pattern and landscape, as well as the imbalance of material and social development in urban fringe are the main factors. Moreover, the discrepancy of social transformation of different subdistricts in urban fringe exacerbates social vulnerability. (4) To adapt to the disturbance, urban fringe should optimize the internal structure and function of the social system by establishing adaptive management strategies and strengthening the adaptive capacity.

Keywords: urbanization; land use; social vulnerability; adaptation; urban fringe; Xi'an