

引用格式: 梁源钊, 魏冶, 何静仪. 辽中南地区城市增长与收缩时空演化及其影响因素: 基于城市实体地域视角[J]. 资源科学, 2024, 46(6): 1103–1118. [Liang Y Z, Wei Y, He J Y. Spatiotemporal evolution and influencing factors of urban growth and shrinkage in Central and Southern Liaoning: Based on the perspective of physical urban area[J]. Resources Science, 2024, 46(6): 1103–1118.] DOI: 10.18402/resci.2024.06.05

辽中南地区城市增长与收缩时空演化 及其影响因素 ——基于城市实体地域视角

梁源钊, 魏冶, 何静仪

(东北师范大学地理科学学院, 长春 130024)

摘要:【目的】受限于社会经济数据空间化技术的发展, 过往城市实体地域尺度下的城市收缩影响因素研究大多停留于定性分析或以行政地域口径数据代替实体地域口径数据开展量化分析的阶段。突破社会经济数据在城市实体地域内的空间化, 是真正实现实体地域尺度下影响因素量化分析的首要前提。【方法】通过构建VANUI指数和综合门槛阈值设定, 实现了对辽中南地区城市实体地域的范围确定。立足于“新东北现象”的时代背景, 通过对2013—2017年和2018—2022年夜间灯光DN值和LandScan人口栅格数据两时段一元线性回归斜率的叠加, 将城市实体地域划分为绝对增长型、消极增长型、精明收缩型和绝对收缩型4类, 并进行了时空演化分析。通过CRITIC与熵值法组合赋权, 利用夜间灯光和POI数据实现了经济发展水平、医疗服务水平、教育资源丰度、文化设施密度、环境宜居程度和对外交通便利程度等影响因素数据的空间化。最后, 利用GTWR模型对辽中南地区城市人口增长与收缩的影响因素进行了量化分析。【结果】①2013—2017年辽中南地区各城市内的收缩型区域在2018—2022年全部转变为增长型; ②2018—2022年消极增长型占比超半数(55.80%); ③医疗服务水平、教育资源丰度、文化设施密度和环境宜居程度在两时段对各城市的人口增长整体起正向作用, 但第二时段正向作用普遍出现弱化; 而对外交通便利程度和经济发展水平两时段均呈现负向作用。【结论】①辽中南地区的城市人口收缩已实现增长转变, 现阶段更多表现为人口、社会、经济发展的不匹配问题。②各城市人口、社会、经济的多维度收缩不普遍, 且具有短期内实现增长转变的可能和明显的城市层级差异。③资源枯竭和产业转型伴随的社会、经济发展阵痛, 致使与城市经济发展捆绑度较高的医疗、教育、文化设施配给和人居环境提升等对人口的正向吸附作用出现弱化。④各城市对外交通系统的发展现阶段存在助推人口流失的作用。

关键词: 城市实体地域; 城市收缩; GTWR模型; 数据空间化; 夜间灯光数据; 辽中南

DOI: 10.18402/resci.2024.06.05

1 引言

城市收缩(Urban Shrinkage)现象, 最早出现于二战后的欧美西方发达国家^[1], 是一个受经济全球化影响, 并具有区域地方特征的世界性经济社会现象^[2], 涉及经济、社会、人口和城市景观等多个维度^[3], 但以人口收缩为核心表征^[4]。近年, 在人口红

利消退、土地财政收紧、人口老龄化加剧和外向型制造业转型升级等多重因素交叠下, 中国进入新旧动能转换期, 城市发展显著分化^[5], 部分资源型城市^[6]、超大城市内部^[7]和边缘区域^[8]出现局部收缩现象。东北地区自2013年起普遍出现以经济增速放缓和人口外流为特征的“新东北现象”, 被认为是中

收稿日期: 2023-11-30; 修订日期: 2024-04-03

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41971202)。

作者简介: 梁源钊, 男, 广东东莞人, 硕士研究生, 研究方向为人口地理学。E-mail: liangyz309@nenu.edu.cn

通讯作者: 魏冶, 男, 吉林梨树人, 教授, 研究方向为城市与区域规划及GIS应用。E-mail: weiy742@nenu.edu.cn

国收缩城市分布最广的区域^[9]。而辽中南地区作为东北地区对外开放的重要门户和经济发展的核心地带,地区内沈阳市和大连市的市域常住人口长期保持增长趋势,其余城市的收缩程度亦普遍较弱^[10],明显区别于东北地区全域收缩和重度收缩的论断。探明辽中南地区城市人口增长与收缩的影响因素,或有助于为东北地区的城市收缩治理提供切实可行的政策性建议。本文以2013年为研究起点,且出于时间跨度适宜性考虑^[10],以5年为周期,分2013—2017年和2018—2022年两时段开展研究。

2 文献综述

2.1 城市收缩的识别尺度

城市收缩的识别研究早期大多聚焦于城市行政地域,以行政地域内的常住人口或户籍人口作为“城市人口”,开展城市收缩的识别研究^[10,11]。但中国城市的行政地域面积普遍远超与城市型景观实际相匹配的实体地域^[3,12]。国内仅珠三角、长三角等高度城市化地区的少数城市的行政地域与实体地域较为接近。因此,城市行政地域的人口可能难以反映乡村人口占比较大城市或实体地域与行政地域相差悬殊城市的真实人口变化(不包含乡村人口的城市人口)。但需要说明的是,基于行政地域的城市收缩研究与基于实体地域的城市收缩研究可视作不同空间尺度下的研究,二者具有互补和互为检验的意义。

事实上,已有部分学者开始注意到城市人口统计口径不准确带来的城市收缩识别偏差。如:戚伟等^[3]研究认为“城区常住人口”的统计口径更符合真实的城市人口规模;吴康等^[5]指出人口统计口径不一致、划分标准不可比、数量属性与地域空间脱节等问题对中国收缩城市识别造成挑战,并倡导开展基于行政地域和实体地域的互验研究。近年,亦有部分学者从城区和城市实体地域尺度开展城市收缩识别的实证研究,如:戚伟等^[3]利用城区常住人口识别了2010—2020年中国的人口收缩城市;孟祥凤等^[13]、林靖杰等^[7]、陈曦^[14]、梁源钊等^[4]和孙千里^[15]分别对全国、北京市、东北地区、德国东部地区和湖北省城市实体地域的增长与收缩进行了识别。

但上述研究受限于社会经济统计数据空间化技术的发展,存在以下问题:首先,其影响因素分析

普遍停留于定性分析或以行政地域口径数据代替实体地域口径数据开展定量分析的阶段,并未真正实现城市实体地域尺度的影响因素定量化分析,且欠缺对变量数据时空非平稳性的考虑,难以对城市人口增长与收缩机制的时空差异进行客观、同步的揭示。其次,上述研究在确定城市实体地域范围时,存在门槛条件设定单一或缺乏门槛条件设定等问题,欠缺对地域人口密度^[12]、最小面积^[13]、人口规模^[16]、地块连接情况^[17]等阈值下限的综合考虑,存在误将城市不透水面等同于城市实体地域的风险。建立科学的城市实体地域范围确定方法,是基于实体地域开展城市收缩研究的首要前提和迫切任务。

2.2 城市收缩的识别维度

对于城市收缩的概念界定和识别维度,学界虽尚未形成共识,但普遍分为“人口单一维度”和“综合维度”,前者通过常住人口^[3,10]、户籍人口^[11]等单一人口指标的变化来识别城市收缩,后者从人口、经济、土地利用等维度构建综合识别体系^[18]或利用夜间灯光遥感开展收缩识别^[19]。近年,从“综合维度”识别中国城市收缩愈发成为学界共识。本文亦认为中国城市收缩应属多维度收缩,涉及人口、经济、社会等方面,但以人口收缩为核心表征。

城市实体地域尺度下的城市收缩识别研究,因数据空间化技术发展和产品开发的现实性限制,利用夜间灯光(Nighttime Light, NTL)数据来综合识别城市收缩成为主流。但仅以夜间灯光DN值(Digital Number, DN)作为人口与社会经济发展的综合指标来识别城市收缩,易因DN值与人口的非同步变化而无法反映人口收缩的核心内涵,从而导致识别偏误,即DN值增长而人口非增长、DN值减少而人口非减少。利用LandScan、WorldPop等人口栅格数据来修正DN值对人口变化的有偏性反映渐成共识^[4,14]。

2.3 城市收缩的影响因素及空间化

城市收缩影响因素的研究成果颇丰。宏观上,大多将其归因于资源枯竭^[6]、去工业化^[20]、资源错配^[21]、郊区化^[22]、区域发展不平衡^[23]等及其伴随的循环累积因果效应。中、微观上,大多从地区经济发展^[1,10,18]、人口自然变动^[4,18,24]、科教投入^[1,4,10]、医疗服务^[1,4,24]、人居环境^[18]、产业结构^[1,4,24]、交通可达性^[24]和自然本底^[1,24]等开展研究。

2024年6月

社会经济数据空间化是数据获取的逆过程,即利用社会经济数据潜在的空间分布特点,将其展布到一定分辨率的空间栅格单元上,以此来模拟数据在地理空间上的分布^[25]。现有的数据空间化方法通常可归纳为空间插值法、统计模型法和机器学习法3大类^[25]。相关研究成果颇多,但大多局限于GDP和人口的空间化,对于失业率、老龄化率、科教投入、医疗服务水平、环境宜居情况等社会经济指标的空间化几近空白。而上述因素通常对城市人口增长与收缩产生重大影响。因而,实现该类数据的空间化是城市实体地域尺度下开展定量机制分析不可避免的关键和难题。

幸运的是,兴趣点(Point of Interest, POI)作为具有地理标识的空间特征物,包含名称、类别、经纬度等信息,其核密度的空间分布差异具有反映不同区域发展水平的功能^[26]。而CRITIC(Criteria Importance Though Intercriteria Correlation)和熵值法等POI客观赋权的应用,使其“有量无质”的缺陷得到一定程度的克服^[27-29]。因此,本文认为通过POI加权核密度方法具有实现上述指标空间化的潜力。

为此,本文尝试从人口规模、人口密度、最小面积和地块连接情况等方面综合设定门槛下限,提出一套较为科学的城市实体地域范围确定方法,并据此综合夜间灯光数据和LandScan人口栅格数据开展辽中南地区城市增长与收缩的识别研究;通过构建回归统计模型和计算POI加权核密度实现影响因素数据在实体地域范围内的空间化;最后利用GTWR模型分2013—2017年和2018—2022年两时段开展城市人口增长与收缩影响因素的定量对比。

3 研究区域、方法与数据

3.1 研究区域

研究区域为辽中南地区,空间范围参考《辽中南城市群发展规划(2017—2030年)》包括:沈阳、大连、鞍山、抚顺、本溪、营口、辽阳、盘锦、铁岭共计9个地级市^[30](图1)。

3.2 研究方法

3.2.1 城市实体地域范围确定

在综合考虑前人研究和数据可获性基础上,将城市实体地域定义为:人口密度 ≥ 2000 人/ km^2 ^[12],人口规模 ≥ 10 万人^[16],最小面积 ≥ 2 km^2 ^[17]的连片型城市

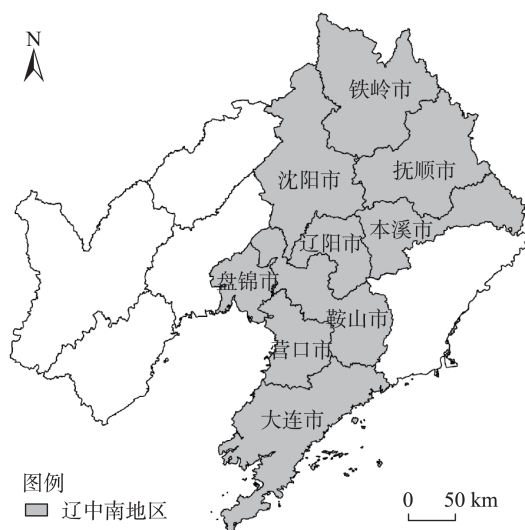


图1 辽中南地区区位图

Figure 1 Location of Central and Southern Liaoning

注:基于自然资源部标准地图GS(2022)1873号标准地图制作,底图无修改。

不透水面,并将与连片实体地域距离 ≤ 2 km的飞地纳入研究范围^[17]。

城市不透水面参考Zhang等^[31]构建的植被修正城市夜光指数(Vegetation Adjusted NTL Urban Index, VANUI)进行识别,见公式(1),并将2020年的识别结果与GlobeLand30的不透水面进行对比,以保证结果精度。

$$VANUI_t = (1 - NDVI_t) \times NTL_t \quad (1)$$

式中: $VANUI_t$ 为第 t 年($t=2013, 2014, \dots, 2022$)的植被修正城市夜光指数; $NDVI_t$ 为第 t 年的NDVI值; NTL_t 为第 t 年各栅格单元的夜间灯光DN值。

3.2.2 城市增长与收缩识别及分类

为保证识别的各城市内的收缩区域人口处于减少趋势、增长区域人口处于非减少趋势,本文以LandScan人口栅格数据作为人口变化的单一代理指标,以夜间灯光DN值反映社会经济发展情况,并参考文献[19],分别对2013—2017年和2018—2022年两时段辽中南地区各城市的LandScan人口栅格与夜间灯光DN值栅格进行一元线性回归拟合,以回归方程斜率的正负值分别反映对应时段内人口与社会经济的增长与收缩,见公式(2):

$$b_i = \left(n \sum_{i=1}^n ty_i - \sum_{i=1}^n t \sum_{i=1}^n y_i \right) / \left[n \sum_{i=1}^n t^2 - \left(\sum_{i=1}^n t \right)^2 \right] \quad (2)$$

式中: b_i 为回归斜率值; y_i 为第 t 年各像元 i 的人口数量或第 t 年像元 i 的夜间灯光 DN 值; n 为年份数量。若 $b_i < 0$, 则认为处于收缩状态; 反之处于非收缩状态(增长或停滞)。因两时段停滞区域占比均不超过 0.5%, 本文将停滞类型纳入增长类型处理。

通过对二者回归斜率值按“ ≥ 0 和 < 0 ”分类, 并参考文献[4], 将实体地域划分为绝对增长型、消极增长型、精明收缩型和绝对收缩型 4 类。需要说明的是, 本文认为精明收缩型符合国家新型城镇化“以人为本”和人均生活水平提升的核心要义, 为收缩区域的良性发展模式; 消极增长型与之相反。而绝对收缩型是真正需要给予关注和治理的类型, 即人口与社会经济全面衰退; 绝对增长型与之相反^[4]。

3.2.3 影响因素数据空间化

在参考前人研究及实地调研基础上, 经数据可获性和空间化现实性考虑, 从经济发展水平、医疗服务水平、教育资源丰度、文化设施密度、环境宜居程度、对外交通便利程度等 6 个方面对辽中南地区各城市人口增长与收缩的影响因素进行定量探析。

首先, 除经济发展水平外, 其余影响因素通过 POI 加权核密度估算实现数据空间化。POI 赋权通过 CRITIC 和熵值法平权组合实现^[27-29]。在尝试使用 500 m、1000 m 和 1500 m 带宽进行核密度估计后, 发现 500 m 带宽下捕捉 POI 样点局部变化能力最佳, 故以其为最终带宽选择。权重结果见表 1。

其次, 以 GDP 作为经济发展水平的代理指标, 并参考 Zhao 等^[32], 分别构建线性回归模型、幂函数模型、指数函数模型分析平均夜间灯光指数 DN_{mean} 与各地级市 GDP 间的关系, 具体见公式(3):

表 1 部分影响因素及其 POI 类型、权重(除经济发展水平外)
Table 1 Some influencing factors and their point of interest types and weights (excluding the factor of economic development level)

影响因素	POI 类型(权重)
医疗服务水平	诊所(0.322)、专科医院(0.334)、综合医院(0.343)
教育资源丰度	幼儿园(0.171)、小学(0.189)、中学(0.220)、高等院校(0.127)、成人学校(0.115)、职业技术学校(0.177)
文化设施密度	博物馆(0.246)、科技馆(0.198)、美术馆(0.180)、图书馆(0.137)、文化宫(0.238)
环境宜居程度	公园(0.467)、广场(0.428)、植物园(0.105)
对外交通便利程度	机场(0.191)、火车站(0.235)、长途汽车客运站(0.574)

$$DN_{mean} = \frac{1}{z} \times \sum_0^{DN_M} DN_q \times z_q \quad (3)$$

式中: DN_q 为各城市夜间灯光 DN 值为 q 的像元; z 为各城市的像元总数; DN_M 为各城市夜间灯光 DN 值最大的像元; z_q 表示各城市夜间灯光 DN 值为 q 的像元个数。通过对比 3 种模型 R^2 确定最佳拟合模型, 并将其分解为像素级模型。本文仅以截距值为 0 的线性函数为例进行说明, 见公式(4):

$$GDP_i = GDP_1 \times DN_i = \frac{GDP_s}{TNL} \times DN_i \quad (4)$$

式中: GDP_i 为分配给像元 i 的 GDP 值; GDP_1 为单位夜间灯光 DN 值所代表的 GDP 值; DN_i 为第 i 个像元的夜间灯光 DN 值; GDP_s 为各城市的 GDP 统计值; TNL 为各城市的夜间灯光 DN 值总量。并在此基础上, 利用各城市的 GDP 统计值对模型计算结果进行修正, 以避免 GDP 细化至每个像元时出现较大误差。

3.2.4 影响因素定量化分析

时空地理加权回归模型(Geographically and Temporally Weighted Regression Model, GTWR)是 Huang 等^[33]将时间维度融入地理加权回归模型(Geographically Weighted Regression Model, GWR)提出的一种考虑时空非平稳性的动态回归模型, 可捕捉因地理位置和时间变化引起的变量间关系或结构变化。为兼顾时空非平稳性, 本文尝试通过 GTWR 模型对各城市人口增长与收缩的影响因素开展定量化探析。模型见下式:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i, t_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i, t_i) X_{ik} + \varepsilon_i \quad (5)$$

$$\hat{\beta}(u_i, v_i, t_i) = [X^T W(u_i, v_i, t_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i, t_i) Y \quad (6)$$

式中: Y_i 为第 i 个像元的人口数量; u_i 为第 i 个像元的经度; v_i 为第 i 个像元的纬度; t_i 为时间序列; $\beta_0(u_i, v_i, t_i)$ 为常数项; $\beta_k(u_i, v_i, t_i)$ 为第 k 个影响因素在第 i 个像元处的回归系数; X_{ik} 为第 k 个影响因素在第 i 个像元的空间化结果值; ε_i 为模型残差; $\hat{\beta}(u_i, v_i, t_i)$ 为各影响因素的待估系数矩阵; X^T 为各影响因素变量构成的转置矩阵; $W(u_i, v_i, t_i)$ 为时空权重矩阵; Y 为各样本点 Y_i 构成的列向量。本文采用自适应带宽, 时空带宽依据赤池信息量准则(Akaike Information Criterion, AIC)确定^[33], 核函数

2024年6月

为高斯函数。

3.3 研究数据

本文使用的夜间灯光数据来源于美国 Harvard Dataverse 平台的全球 500 m 分辨率“类 NPP-VIIRS”夜间灯光数据集 (<https://doi.org/10.7910/DVN/YGIVCD>)^[34]; NDVI 月度数据来源于国家青藏高原科学数据中心的 中国区域 250 m 归一化植被指数数据集 (<https://data.tpdc.ac.cn/zh-hans/data/10535b0b-8502-4465-bc53-78bcf24387b3>), NDVI 年度数据通过对 NDVI 月度数据进行最大值合成法处理获得; LandScan 人口栅格数据来源于美国橡树岭国家实验室 (<https://landscan.ornl.gov/>); POI 数据来源于中科院资源环境科学与数据中心 (<https://www.resdc.cn/data.aspx?DATAID=341>); GDP 统计数据来源于《辽宁统计年鉴》。其中, NDVI 年度数据和 LandScan 人口栅格数据均通过重采样技术处理为 500 m 分辨率, POI 加权核密度和 GDP 空间化结果单元大小均为 500 m×500 m。

4 结果与分析

4.1 城市增长与收缩的时空格局

通过对 LandScan 人口数据与夜间灯光 DN 值的

回归斜率的两两叠合, 两时段各城市增长与收缩的时空格局如下(表 2、图 2): ①辽中南地区城市人口收缩现象得到扭转。具体表现为: 2013—2017 年各城市内的收缩型区域在 2018—2022 年全部转变为增长型, 即第二时段各城市不存在具有人口收缩趋势的区域。但考虑到疫情期间封控政策对人口流动的影响, 本文认为辽中南地区城市人口收缩现象得到扭转可能存在一定程度的偶然人为干扰。②辽中南地区城市人口、社会、经济等多维收缩现象不普遍, 且集中分布于抚顺市望花区、鞍山市立山区、铁西区和千山区、盘锦市兴隆台区、辽阳市弓长岭区。这与地区内各城市矿产资源枯竭、经济对矿

表 2 两时段各类型区域面积占比变化

Table 2 Changes in the proportion of different types of areas during the two periods

时段	类型	面积/km ²	占比/%
2013—2017 年	绝对增长型	259.25	27.91
	消极增长型	153.75	16.55
	精明收缩型	367.50	39.56
	绝对收缩型	148.50	15.98
2018—2022 年	绝对增长型	443.25	44.20
	消极增长型	559.50	55.80

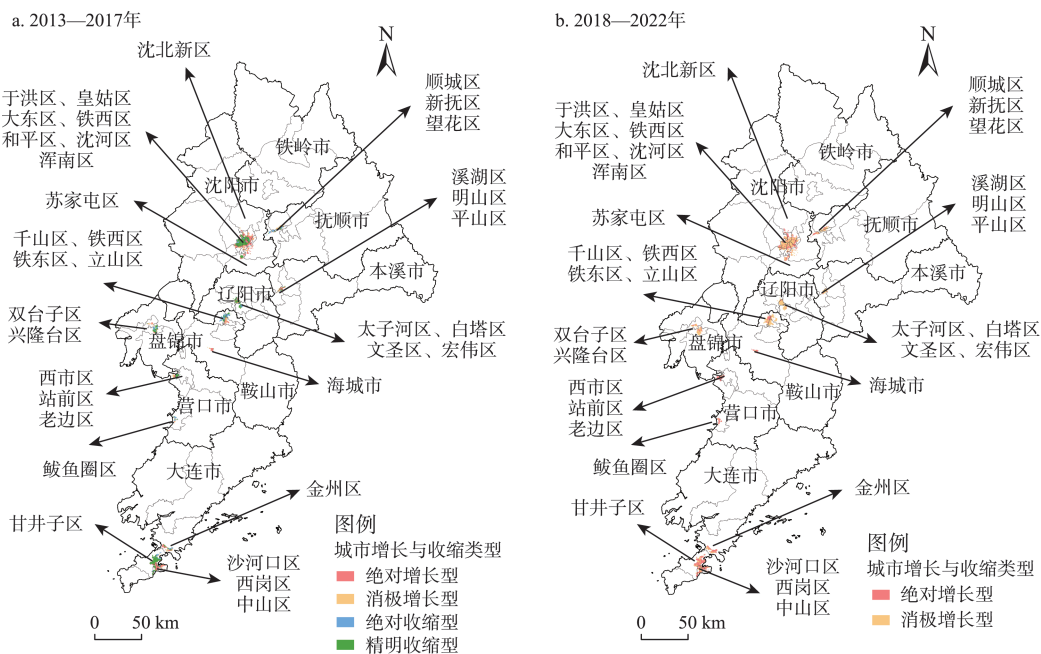


图 2 2013—2022 年辽中南地区城市增长与收缩区域识别及分类结果

Figure 2 Identification and classification results of urban growth and shrinkage areas in the Central and Southern Liaoning, 2013–2022

注: 基于自然资源部标准地图 GS(2022)1873 号标准地图制作, 底图无修改。

产资源开发的过度依赖、以及贯彻去产能政策等伴随的经济发展阵痛密切相关。人口、社会、经济多维收缩表现出明显的资源枯竭推动特征。③辽中南地区城市现阶段更多表现为人口、社会、经济的发展不适配。2018—2022年,除大连市和营口市外,其余城市均出现高比重连片的消极增长型区域,即出现明显的人口增长而社会经济衰退的现象。如何引导上述城市的社会经济复苏,实现人口、社会、经济的协调发展是辽中南地区未来不可回避的现实问题。

4.2 城市增长与收缩的空间演化

通过对2013—2017年和2018—2022年辽中南地区各类型区域的叠合,两时段各城市增长与收缩的时空演化路径、面积及发生区位如下(图3、图4): ①辽中南地区城市绝对收缩型的绝对增长转变具有明显的层级分异,沈阳市和大连市表现为郊区化推动特征,而其余城市更多表现为城区的内生复苏。具体表现为:沈阳市和大连市内绝对收缩型转变为绝对增长型的区位集中分布于城市外围,前者呈现零散分布,而后者具有连片特征;其余城市则连片分布于城区内部,尤以鞍山市最为明显。值得注意的是,辽中南地区核心城市(沈阳市和大连市)与非核心城市内的绝对收缩型区域的消极增长转变具有明显的区位差异。前者主要集中于城市内部;而后者大多位于城市外围,尤以鞍山市和抚顺市

最为明显。②人口收缩实现增长转变不等同于城市收缩实现向增长的转变。城市收缩是人口、社会、经济、景观等多维度的综合收缩,而人口收缩属于城市收缩的核心组成。2013—2017年各城市内的收缩型区域虽于2018—2022年全部转变为增长型,但值得注意的是,精明收缩型和绝对收缩型均有半数以上转变为消极增长型,即人口收缩趋势得到转变,但社会经济出现衰退或维持衰退。本文认为,此种转变不符合国家新型城镇化的核心要义,亦不是城镇化的健康状态,不可认为其真正实现了城市增长转变。

4.3 影响因素分析

4.3.1 多重共线性检验

为避免因模型设计矩阵的数列间存在线性关系,导致回归参数估计结果失真或不准确,本文使用方差膨胀因子法进行多重共线性诊断,结果发现:两时段各解释变量 *VIF* 值均小于5,表明模型不存在多重共线性。

4.3.2 回归模型选择及影响因素整体性分析

为揭示辽中南地区两时段城市人口增长与收缩是否具有时空异质性,以及捕捉因地理位置或时间变化而可能引起的变量间关系与结构性变化,本文对空间化后的样点分别使用混合估计模型(Pooled Regression Model, POOL)、时间加权回归模型(Temporally Weighted Regression, TWR)、GWR

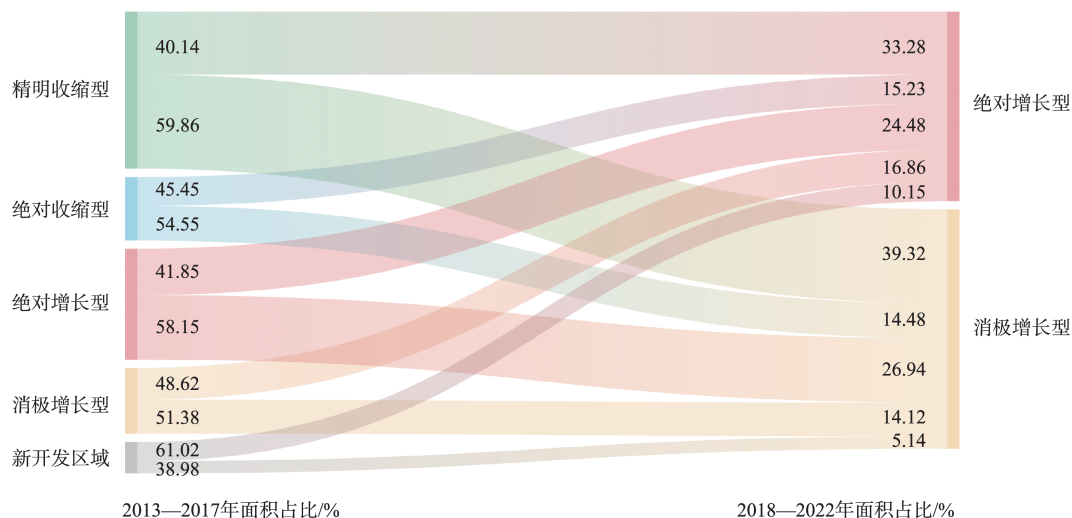


图3 2013—2022年辽中南地区城市增长与收缩区域的演化路径及面积占比

Figure 3 Transformation path and areal proportion of urban growth and shrinkage areas in the Central and Southern Liaoning, 2013-2022

2024年6月

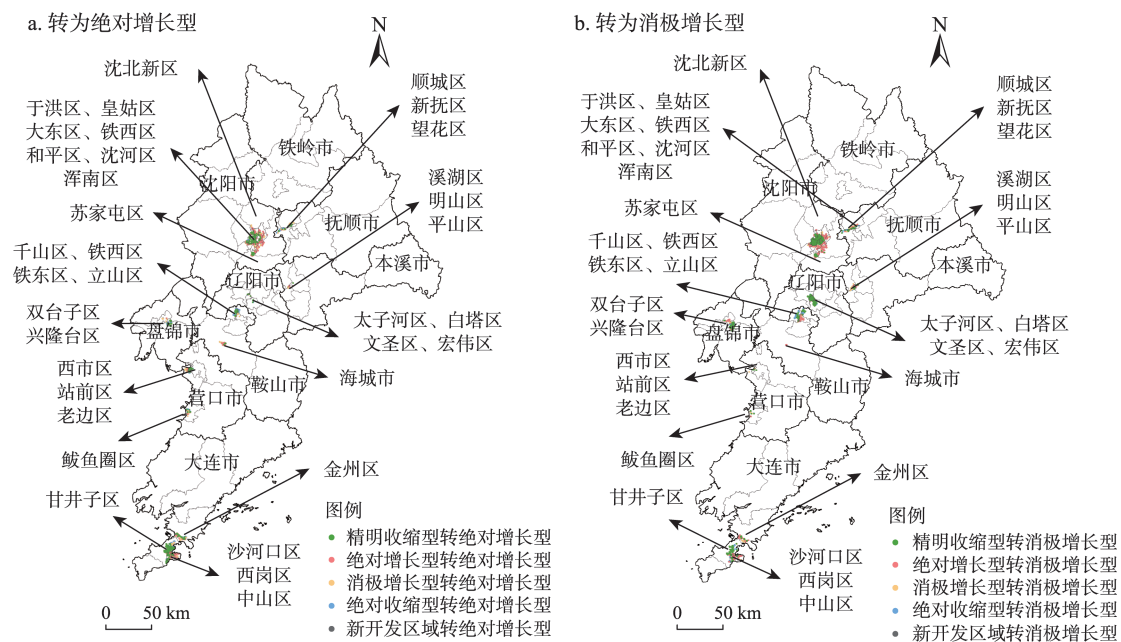


图4 辽中南地区城市增长与收缩时空演化的分布

Figure 4 Location of the spatiotemporal transformation areas of urban growth and shrinkage in the Central and Southern Liaoning
注:基于自然资源部标准地图GS(2022)1873号标准地图制作,底图无修改。

和GTWR进行面板回归,并依据 R^2 、调整 R^2 和 AIC 值进行拟合模型选择,结果见表3。

由表3可知:①基于全局平稳性假设的面板POOL模型拟合效果较差,两时段 R^2 和调整 R^2 均明显劣于TWR、GWR和GTWR模型,表明辽中南地区人口变化与解释变量间不具有明显的全局平稳性。②2013—2017年GTWR模型的 R^2 、调整 R^2 均大于TWR和GWR,且 AIC 值均小于TWR与GWR。GTWR模型显示出更优的拟合效果(表4),表明第一时段辽中南地区城市实体地域内的人口增长与收缩具有时空异质性。③2018—2022年TWR、GWR、GTWR模型的 R^2 、调整 R^2 和 AIC 值表明,GTWR模型在第二时段的拟合效果略差于TWR和GWR。但本文认为

TWR、GWR、GTWR模型拟合结果明显优于面板POOL,表明各城市的人口增长与收缩在第二时段仍具有时空异质性。经对 λ 与 μ 比例的反复调试发现,当 λ 接近于0或具有较大取值时,GTWR模型具有较好的拟合效果,但仍略差于TWR和GWR模型,且 λ 取值不改变系数符号和相对重要性,对结果解读不产生影响。因此,本文仍采用GTWR模型分析第二时段人口增长与收缩的影响因素作用(表5)。

由表4和表5可知:①2013—2017年和2018—2022年医疗服务水平、教育资源丰度、文化设施密度、环境宜居程度均超半数与城市人口变化呈正相关,但第二时段的中位数普遍下降。而对外交通便利程度和经济发展水平在两时段均超半数与人口

表3 POOL、TWR、GWR、GTWR模型的 R^2 、调整 R^2 和 AIC 值

Table 3 R^2 , adjusted R^2 , and AIC values for the POOL, TWR, GWR, and GTWR models

时段	参数	POOL	TWR	GWR	GTWR
2013—2017年	R^2	0.327	0.826	0.773	0.829
	调整 R^2	0.326	0.804	0.760	0.805
	AIC		305764.460	309820.805	305467.114
2018—2022年	R^2	0.243	0.855	0.855	0.835
	调整 R^2	0.243	0.827	0.829	0.807
	AIC		317307.044	317122.326	319563.724

表4 2013—2017年GTWR模型各解释变量回归系数的描述性统计

Table 4 Descriptive statistics of regression coefficients of various explanatory variables in the GTWR model, 2013–2017

变量	最小值	下分位数	中位数	上分位数	最大值	平均值	标准差	变异系数/%
医疗服务水平	-0.529	-0.002	0.002	0.006	0.103	-0.002	0.032	-1478.851
教育资源丰度	-4.116	0.001	0.012	0.029	11.170	0.028	0.230	829.143
文化设施密度	-48.450	-0.023	0.010	0.054	10.968	-0.072	1.542	-2134.152
环境宜居程度	-1.065	-0.016	0.003	0.032	42.342	0.315	2.070	656.125
对外交通便利程度	-30.593	-0.114	-0.053	-0.015	0.716	-0.290	1.496	-516.340
经济发展水平	-1681.141	-224.138	-32.118	195.690	3059.087	30.274	462.481	1527.649

注:核函数类型为高斯核函数,带宽类型为自适应带宽,带宽为16,样本量为18580。

表5 2018—2022年GTWR模型各解释变量回归系数的描述性统计

Table 5 Descriptive statistics of regression coefficients of various explanatory variables in the GTWR model, 2018–2022

变量	最小值	下分位数	中位数	上分位数	最大值	平均值	标准差	变异系数/%
医疗服务水平	-0.678	0.000	0.002	0.005	0.084	0.000	0.028	21647.964
教育资源丰度	-0.475	-0.002	0.002	0.008	1.673	0.007	0.057	768.133
文化设施密度	-2.252	-0.005	0.008	0.029	4.914	0.013	0.129	1007.020
环境宜居程度	-2.508	-0.004	0.003	0.018	1.868	0.010	0.074	765.402
对外交通便利程度	-1.037	-0.035	-0.015	-0.003	0.199	-0.027	0.049	-180.761
经济发展水平	-2603.867	-419.741	-196.087	62.573	3520.892	-137.862	587.717	-426.309

注:核函数类型为高斯核函数,带宽类型为自适应带宽,带宽为17,样本量为20055。

变化呈负相关,其中对外交通便利程度两时段均超过75%。本文认为这与中国城镇化进程中形成的循环累积因果效应有关,人口集聚导致的规模经济效应可降低各类设施的单位平均成本,吸引政府和企业对该城市的进一步投资,而医疗服务、教育资源、对外交通、生活环境、文化氛围等改善带来的城市吸附度增加会借助循环累积因果效应进一步动态地促进城市人口增长;缺乏比较优势的城市亦会因此造成人口的不断流失。而拥有对外交通设施的城市因空间邻近效应往往产生放大作用。辽中南地区自2013年陷入新常态背景下的“新东北现象”以来,地区经济增速普遍出现衰退,地区优势度下降,从而陷入循环累积因果效应的被动局面,成为全国经济发展格局中的被虹吸对象。②2018—2022年相比于2013—2017年各解释变量的变异系数绝对值,除医疗服务水平和环境宜居程度外,均有不同程度的减小。这表明教育资源、文化设施、对外交通设施和经济发展水平等对人口的作用程度趋于空间均衡。但中位数普遍呈现下滑表明其平均正向作用有所下降和平均负向作用有所加深,城市的教育资源、文化设施等对人口增长的促进作

用具有同质弱化的可能。而医疗服务水平的变异系数大幅增加,表明城市的医疗资源或许存在一定程度的不均衡分配现象。

4.3.3 影响因素时间异质性分析

通过对GTWR模型各时段平均回归系数的数值特征进行分析,有助于把握时段内各影响因素对辽中南地区城市人口增长与收缩的整体作用方向和强度,但无法揭示不同年份各影响因素回归系数的时间异质性。为此,本文对各影响因素每年的样点回归系数构建箱线图(图5和图6),通过分析每年各样点回归系数的数值特征以把握影响因素的时间异质作用。

由图5、图6可知:①医疗服务水平在2013—2017年对辽中南城市人口增长整体起正向作用(50%以上),平均作用程度相对均衡;2018—2022年亦整体起正向作用(75%以上),但回归系数的中位数逐年下滑。这与城市的经济发展水平的波动和公立医院比重悬殊密切相关。公立医院在辽中南地区的长期主体地位致使各城市医疗服务的经费来源过度依赖于地方财政,而私立医院的医保报销受限进一步遏制了其生存空间。医疗服务系统与城市

2024年6月

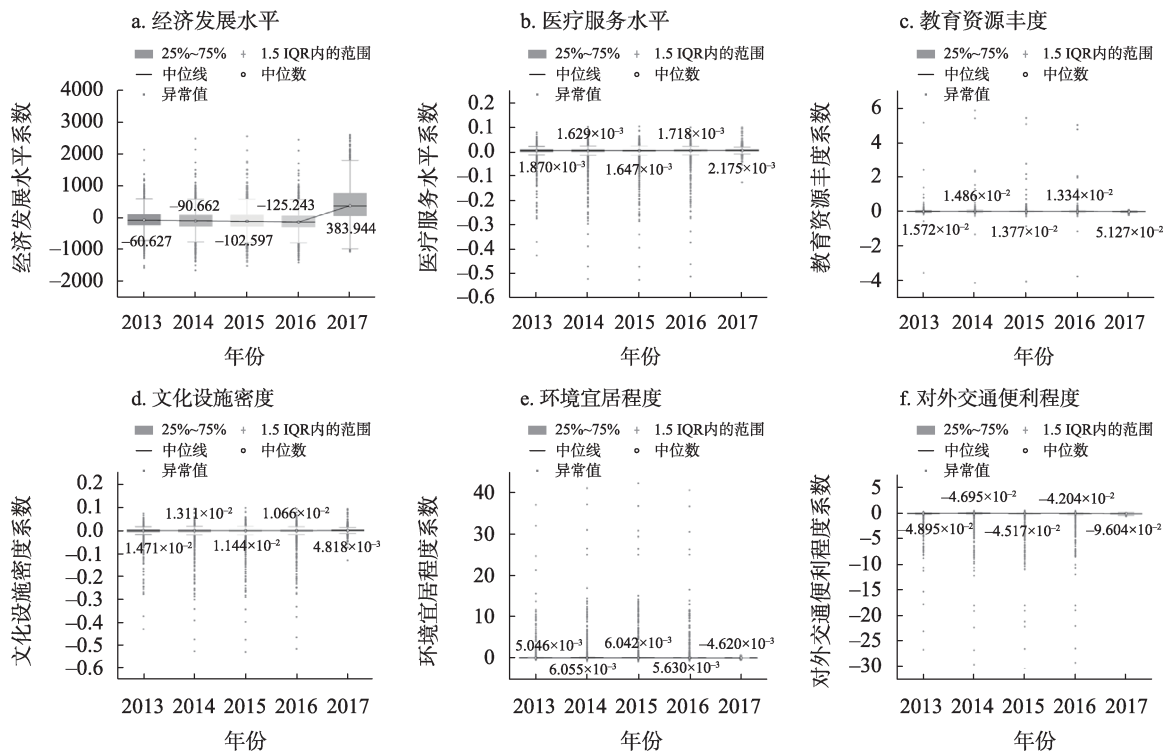


图5 2013—2017年各影响因素GTWR回归系数箱线图

Figure 5 Box plot of GTWR regression coefficients for various influencing factors, 2013–2017

注:图中箱体数值标签为中位数,下同。

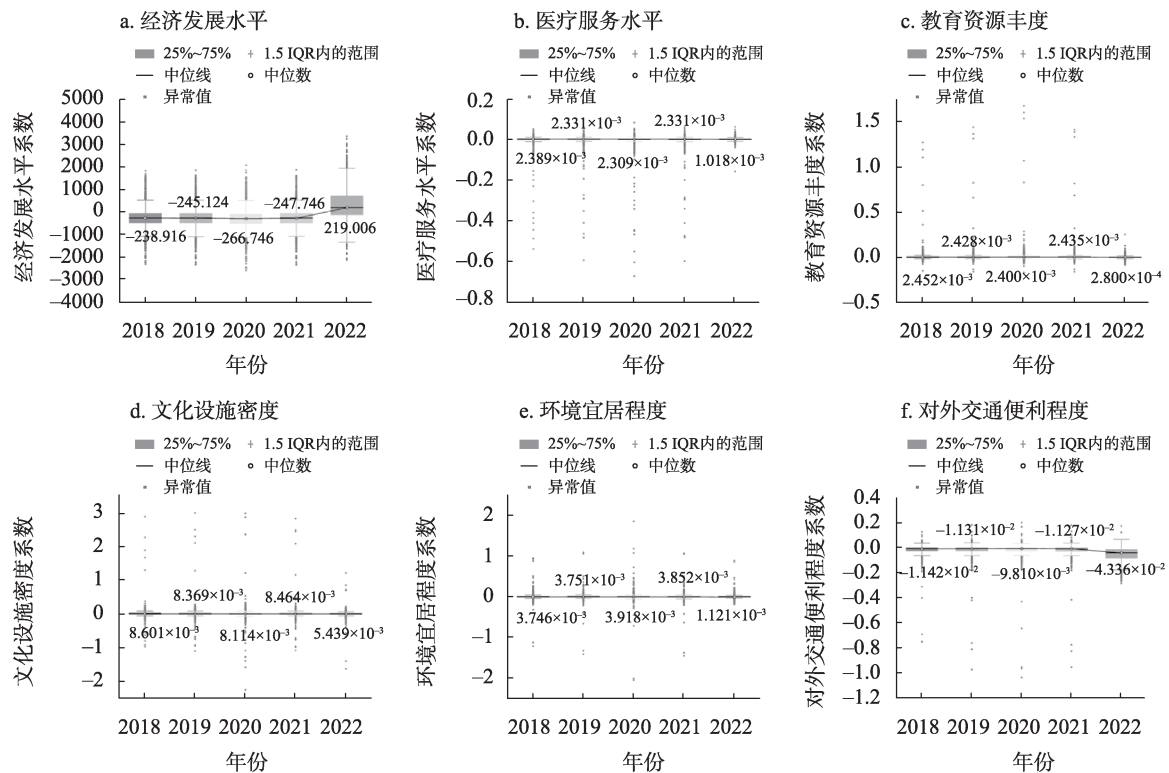


图6 2018—2022年各影响因素GTWR回归系数箱线图

Figure 6 Box plot of GTWR regression coefficients for various influencing factors, 2018–2022

经济的高度捆绑使医疗服务水平长期受到经济发展不景气的冲击,进而削弱了各城市对人口的吸附力。②教育资源丰度两时段整体呈现正向作用(75%与50%),但两时段的平均作用程度均呈下滑趋势,表明辽中南地区各城市的教育资源对人口增长的促进作用逐渐减弱。这与辽宁省2013—2022年的教育经费投入变化(2013—2016年教育经费下滑,2017年恢复至2013年水平,而后缓慢增加)和教育经费来源结构两极分化有关^[35]。公办学校教育经费主要来自财政拨款和事业收入,民营资本比例极低,易受到城市经济发展的影响。③文化设施密度、环境宜居程度两时段整体呈现正向作用;但文化设施密度两时段均呈现平均作用程度下滑;环境宜居程度两时段均呈现先增长后下滑的现象,且下滑程度大于增长,表明各城市的文化设施配给、人居环境提升对人口增长的促进作用整体下滑。这与第一时段人口流失的循环累积因果效应有关。各城市第一时段出现的人口流失致使文化设施和环境提升工程的单位成本提升,削弱了政府投资意愿;而第二阶段出现的连片区域性社会经济衰退致使相关投资更加困难。文化设施配给折旧,环境提升资金筹集困难和城市财政收入拮据,严重降低了各城市的人才吸引力,从而陷入恶性的循环累积因果效应。④对外交通便利程度和经济发展水平两时段整体呈现负向作用,且经济发展水平呈现出波动。这与辽中南各城市的经济相对衰退及城市内对外交通设施对人口流失的促进作用有关。同时,经济发展水平对城市人口变化的作用程度呈现较大的波动性,反映出各城市的经济发展缺乏稳定性。但辽中南地区毗邻京津冀、拥有大连港、营口港等多个综合性大港和京沈、哈大、沈丹等多条高铁线路,是国内重要的交通货运枢纽,具有依靠交通优势带动区域经济发展和吸引人口的潜力。

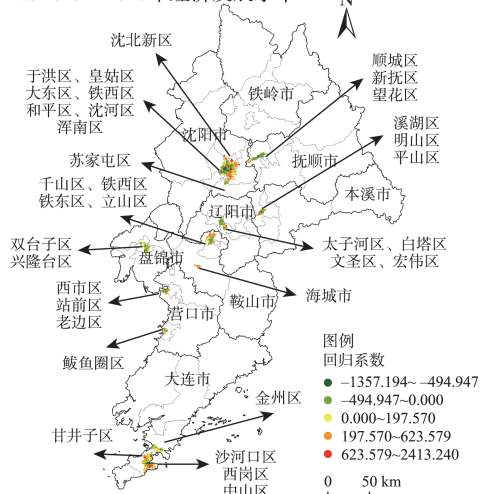
4.3.4 影响因素空间异质性分析

通过分析GTWR模型两时段各影响因素的平均回归系数和每年各样点回归系数的数值特征,可从整体和时间异质性维度实现对辽中南地区城市人口增长与收缩影响因素的定量探索,但无法揭示不同样点回归系数的空间异质性。为此,本文将2013—2017年和2018—2022年各影响因素样点的

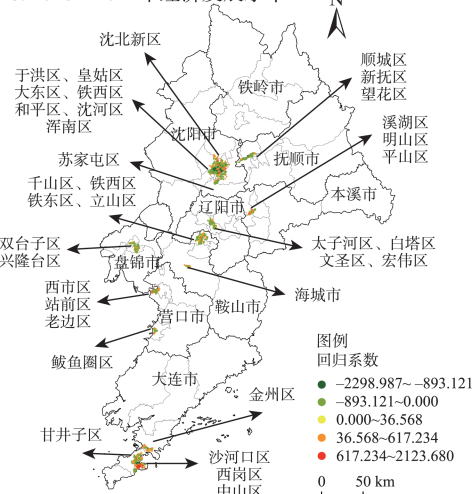
时段平均回归系数可视化,结果见图7。

由图7可知:①2018—2022年经济发展水平除在大连市中心城区(中山区、西岗区和沙河口区)对人口增长的促进作用有所极化外,对其余城市均呈现正向作用弱化和负向作用增强趋势,并以负向作用为主。这与辽中南地区各城市的经济相对衰落引发的循环累积因果效应密切相关。各城市经济发展水平优势的丧失,导致了人力资本的外流,而人力资本的外流又进一步削弱地区内各城市的发展机会,进而产生强大的回流效应。②2018—2022年医疗服务水平较2013—2017年整体呈现正向作用弱化和回归系数空间差异减小。其中盘锦市、鞍山市、辽阳市和抚顺市的负值区域与辽河油田、大孤山铁矿、弓长岭铁矿、西露天煤矿具有较高的空间关联程度。各城市公私立医院的比重悬殊和私立医院医保报销的限制,致使医疗经费与经济发展环境高度捆绑。而资源枯竭和产业转型伴随的经济阵痛,阻碍了各城市医疗服务水平的提升,进而削弱对人口增长的促进作用和定居吸引力。③教育资源丰度两时段整体呈现较弱的正向作用和负向作用,但2018—2022年负向作用明显深化。这与各城市教育单位的公私比例密切相关。公办学校的主体地位致使教育资源与经济发展环境同样高度捆绑。而辽中南地区各城市长期深陷循环累积因果效应产生的回流效应,以及资源枯竭型城市、工业城市面临的转型困难导致的经济衰退严重影响了教育经费的投入和教学质量的提升。④2018—2022年文化设施密度和环境宜居程度较2013—2017年正向作用区域有所扩张,但正向作用强度整体有所弱化,并具有均衡化发展趋势。这与第一阶段人口外流导致的单位成本提升而引起的投资相对收缩有关。投资收缩引发的设施折旧维护和人居环境提升困难,削弱了第一时段正向高值区域的极化作用,进而呈现均衡化发展。⑤2018—2022年对外交通便利程度较2013—2017年负向作用区域整体有所扩张。而已有研究表明,对外交通系统发展具有促进收缩城市经济、社会要素流失的可能^[36]。经济、社会要素的流失进一步削弱了地区发展的基础性积累,从而阻碍收缩城市实现产业转型和经济复苏,产生恶性循环累积因果效应。

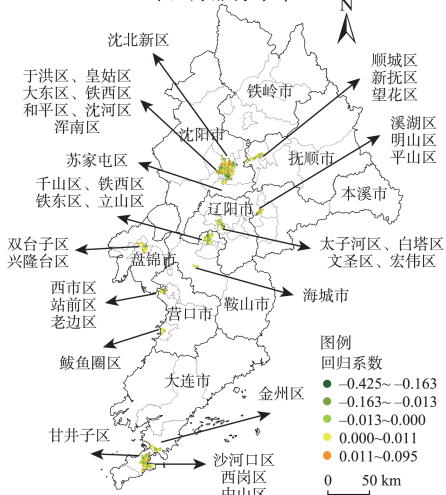
a. 2013—2017年经济发展水平



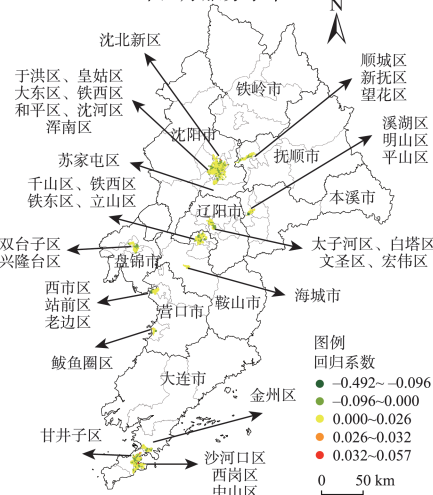
b. 2018—2022年经济发展水平



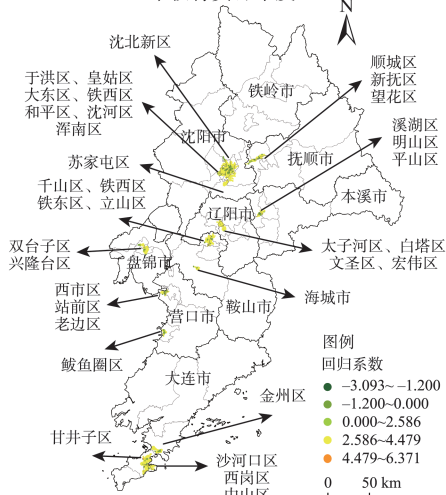
c. 2013—2017年医疗服务水平



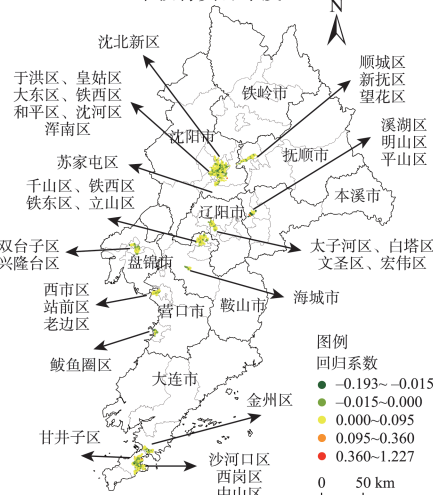
d. 2018—2022年医疗服务水平



e. 2013—2017年教育资源丰度



f. 2018—2022年教育资源丰度



接下页

续上页

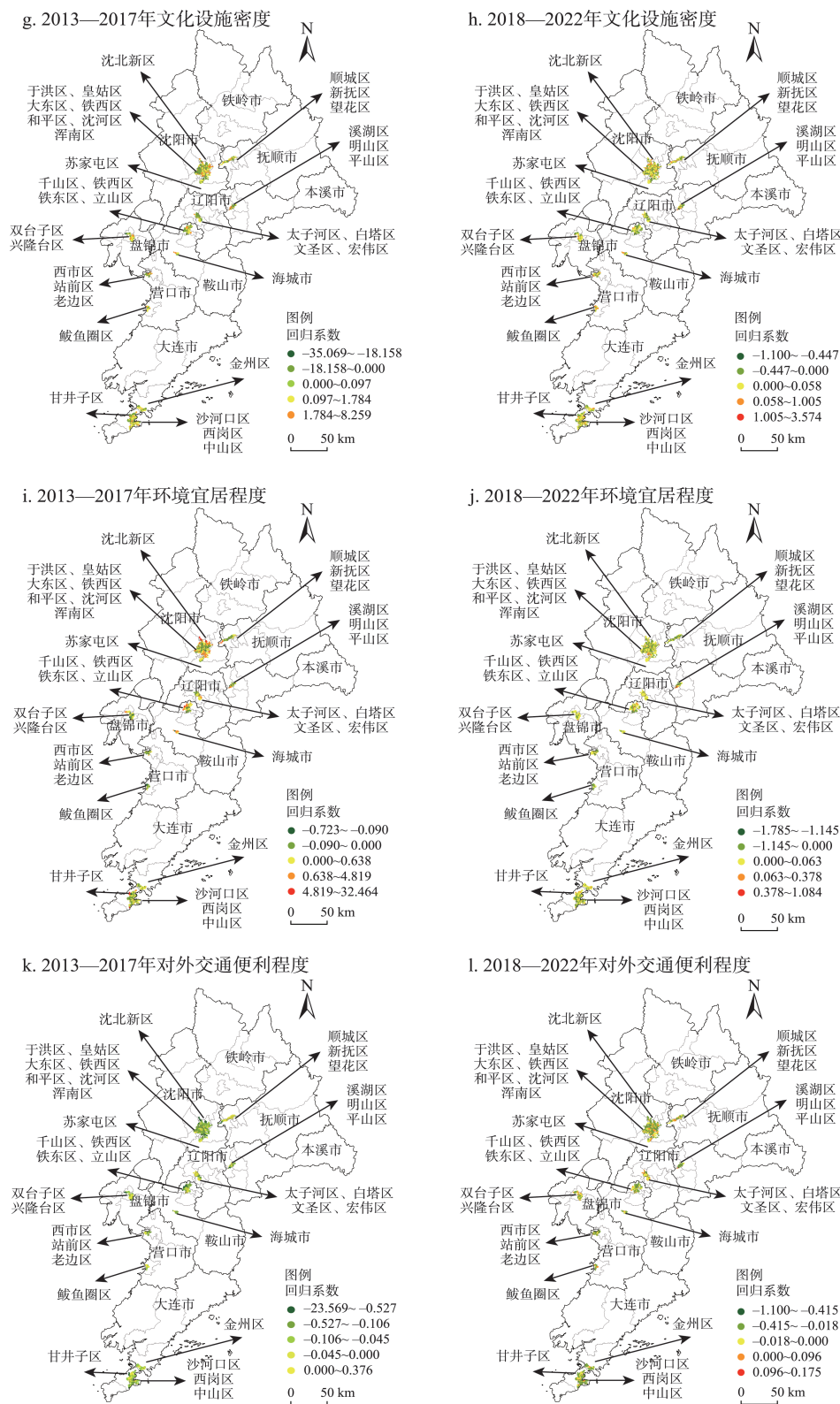


图7 2013—2022年各影响因素样点的GTWR时段平均回归系数时空分布图

Figure 7 Spatiotemporal distribution of the average regression coefficients of each influencing factor's sample points during two time periods based on GTWR, 2013–2022

注:基于自然资源部标准地图GS(2022)1873号标准地图制作,底图无修改。

2024年6月

5 结论与政策建议

5.1 结论

本文从城市实体地域尺度,利用夜间灯光数据和LandScan人口数据对辽中南地区2013—2017年和2018—2022年的城市增长与收缩进行了综合识别与时空演化分析;基于加权核密度和统计模型构建,实现了经济发展水平、医疗服务水平、教育资源丰度、文化设施密度、环境宜居程度和对外交通便利程度等6个影响因素的指标空间化;最后基于空间化结果,对城市人口增长与收缩的影响因素开展了定量对比分析。主要结论如下:

(1)辽中南地区城市人口收缩已实现增长转变,现阶段更多表现为人口、社会、经济发展的不匹配问题。如何维持各城市人口、社会、经济的可持续发展,实现三者的协同适配和协同演化是未来需要重点关注的问题。

(2)辽中南地区各城市的人口、社会、经济等多维度收缩不普遍,且具有短期内实现增长转变的可能和明显的城市层级差异。沈阳市和大连市具有郊区化推动特征,而其余城市更多表现为中心城区的内生复苏。

(3)辽中南地区各城市资源枯竭和产业转型伴随的社会、经济发展阵痛,致使与经济发展捆绑度较高的医疗、教育、文化设施配给和人居环境提升等对人口的正向吸附作用出现弱化。

(4)对外交通系统的发展现阶段存在助推人口流失的作用。如何把握辽中南地区整体的对外交通优势,实现其对各城市人口增长的正向带动作用,是未来需要重点解决的现实难题。

5.2 政策建议

根据以上结论,得到如下政策建议:

(1)持续优化各城市内部及城市间医疗、教育、文化设施等资源的均等化发展。以沈阳市和大连市为核心培育国家级文化艺术中心、区域医疗中心的同时,积极推进优质资源下沉,有计划开展城市间教育、文化、医疗人才组团式合作帮扶;适当鼓励、引导社会资本举办医疗、教育机构和参与文化设施建设,扩大私立医疗机构医保和民办学位补贴覆盖度,完善管理和考评机制,实现建设主体、运营方式、经费支持的多元化。

(2)立足实体经济科技创新,加快培育各城市的新质生产力。依托沈大国家自主创新示范区,加快建设浑南科技城、英歌石科学城,支持沈阳市“机器人未来城”和大连市氢燃料发动机生产基地建设,充分发挥核心城市的引擎带动作用;着力推进单克隆抗体、基因工程等生物医药产业发展,培育本溪成为具有国际影响力的生物医药基地;依托盘锦市和营口市的优势、产业特点,深入发展精细化工产业和推动冶金新材料研发,彻底盘活京沈、沈大城镇发展轴关键节点。

参考文献(References):

- [1] 王争磊, 乔家君, 朱乾坤, 等. 河南省专业村人口收缩时空特征及影响因素[J]. 资源科学, 2024, 46(2): 352-367. [Wang Z L, Qiao J J, Zhu Q K, et al. Spatiotemporal characteristics and influencing factors of population shrinkage in specialized villages in Henan Province[J]. Resources Science, 2024, 46(2): 352-367.]
- [2] 孙平军, 张可秋, 曹乃刚, 等. 东北区域性城市收缩的地理认知与治理逻辑[J/OL]. 地理学报, (2023-11-24) [2024-06-18]. <https://link.cnki.net/urlid/11.1856.P.20231123.1336.002>. [Sun P J, Zhang K Q, Cao N G, et al. Geographical cognition and governance logic of regional urban shrinkage in Northeast China[J/OL]. Acta Geographica Sinica, (2023-11-24) [2024-06-18]. <https://link.cnki.net/urlid/11.1856.P.20231123.1336.002>.]
- [3] 戚伟, 刘振, 刘盛和, 等. 基于“城区常住人口”的2010—2020年中国收缩城市识别[J]. 地理研究, 2023, 42(10): 2539-2555. [Qi W, Liu Z, Liu S H, et al. Identifying shrinking cities in China from 2010 to 2020 based on resident population in physical urban area[J]. Geographical Research, 2023, 42(10): 2539-2555.]
- [4] 梁源钊, 魏冶. 城市收缩的时空格局与影响因素: 德国东部地区与中国东北地区的对比研究[J/OL]. 世界地理研究, (2023-06-29) [2023-11-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1626.P.20230628.1232.002.html>. [Liang Y Z, Wei Y. The spatiotemporal pattern and influencing factors of urban shrinkage: A comparative study of East Germany and Northeast China[J/OL]. World Regional Studies, (2023-06-29) [2023-11-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1626.P.20230628.1232.002.html>.]
- [5] 吴康, 戚伟. 收缩型城市: 认知误区、统计甄别与测算反思[J]. 地理研究, 2021, 40(1): 213-229. [Wu K, Qi W. Shrinking cities: Misunderstandings, identifications and reflections[J]. Geographical Research, 2021, 40(1): 213-229.]
- [6] 李妍琳, 李鹤. 人口收缩背景下资源型城市住宅价格的差异化响应及影响因素[J]. 自然资源学报, 2023, 38(1): 157-170. [Li Y

- L, Li H. Differential response of housing price in resource-based cities and its influencing factors within the context of population shrinkage[J]. *Journal of Natural Resources*, 2023, 38(1): 157–170.]
- [7] 林靖杰, 张京祥. 北京城市空间增长-收缩并存的特征与机制[J]. *城市规划*, 2023, 47(11): 90–100. [Lin J J, Zhang J X. Characteristics and mechanism of the coexisting urban growth and shrinkage in Beijing[J]. *City Planning Review*, 2023, 47(11): 90–100.]
- [8] 林思仪, 赵渺希, 王笑涵. 局部收缩背景下深圳都市圈企业更替格局及机制[J]. *资源科学*, 2024, 46(2): 262–278. [Lin S Y, Zhao M X, Wang X H. Spatial pattern and mechanism of firm turnover in the Shenzhen Metropolitan Area under partial population shrinkage[J]. *Resources Science*, 2024, 46(2): 262–278.]
- [9] 刘菊, 孙平军. 东北三省收缩城市的基本公共服务均等化收缩效应与机理解析[J]. *人文地理*, 2023, 38(3): 128–137. [Liu J, Sun P J. Research on the shrinking effect and mechanism of basic public service equalization in shrinking cities of three provinces in Northeast China[J]. *Human Geography*, 2023, 38(3): 128–137.]
- [10] 闫广华, 陈曦, 张云. 基于随机森林模型的东北地区收缩城市分布格局及影响因素研究[J]. *地理科学*, 2021, 41(5): 880–889. [Yan G H, Chen X, Zhang Y. Shrinking cities distribution pattern and influencing factors in Northeast China based on random forest model[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(5): 880–889.]
- [11] 文余源, 刘洋, 邢晓旭, 等. 人口收缩视角下中国产业集聚与城市人口规模演化及其关系[J]. *经济地理*, 2023, 43(11): 115–125. [Wen Y Y, Liu Y, Xing X X, et al. Evolution of industrial agglomeration and population size and their relationship in China from the perspective of population shrinkage[J]. *Economic Geography*, 2023, 43(11): 115–125.]
- [12] 周一星, 史育龙. 建立中国城市的实体地域概念[J]. *地理学报*, 1995, 50(4): 289–301. [Zhou Y X, Shi Y L. Toward establishing the concept of physical urban area in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1995, 50(4): 289–301.]
- [13] 孟祥凤, 马爽, 项雯怡, 等. 基于百度慧眼的中国收缩城市分类研究[J]. *地理学报*, 2021, 76(10): 2477–2488. [Meng X F, Ma S, Xiang W Y, et al. Classification of shrinking cities in China using Baidu big data[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(10): 2477–2488.]
- [14] 陈曦. 东北地区实体城市视角下收缩城市及其空间收缩模式研究[D]. 长春: 长春师范大学, 2022. [Chen X. Shrinking Cities and Their Spatial Shrinkage Patterns from the Perspective of Natural Cities in Northeast China[D]. Changchun: Changchun Normal University, 2022.]
- [15] 孙千里. 湖北省实体城市收缩识别及其空间特征与影响因素研究[D]. 武汉: 湖北大学, 2023. [Sun Q L. Identification of Physical Urban Shrinkage and Its Spatial Characteristics and Influencing Factors in Hubei Province[D]. Wuhan: Hubei University, 2023.]
- [16] 孙斌栋, 张之帆, 李琬. 中国省域人口空间结构特征及其对经济绩效的影响: 基于实体城市的空间识别[J]. *地理科学*, 2021, 41(11): 1884–1896. [Sun B D, Zhang Z F, Li W. Characteristics and impact of population spatial structure on economic performance in China based on spatial identification of physical cities[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(11): 1884–1896.]
- [17] 乔艺波, 罗震东. 多中心空间结构对中国城市创新绩效的影响: 基于279个地级及以上城市的实证[J/OL]. *城市规划*, (2023–08–24) [2024–01–27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2378.TU.20230823.1451.002.html>. [Qiao Y B, Luo Z D. Impact of polycentric spatial structure on the innovation performance of Chinese cities: Evidence from 279 cities at or above the prefecture level[J/OL]. *City Planning Review*, (2023–08–24) [2024–01–27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2378.TU.20230823.1451.002.html>.]
- [18] 钱凤魁, 朱益梅, 张晓霞, 等. 辽宁省城市收缩综合测度及影响因素分析[J]. *中国土地科学*, 2021, 35(9): 74–83. [Qian F K, Zhu Y M, Zhang X X, et al. Comprehensive measurement and analysis of urban shrinkage and influencing factors in Liaoning Province[J]. *China Land Science*, 2021, 35(9): 74–83.]
- [19] Zhou Y, Li C G, Zheng W S, et al. Identification of urban shrinkage using NPP-VIIRS nighttime light data at the county level in China[J]. *Cities*, 2021, DOI: 10.1016/j.cities.2021.103373.
- [20] 赵小凤, 涂刘欣, 孟浩, 等. 中国城乡建设用地减量化研究进展及展望[J]. *资源科学*, 2024, 46(2): 235–248. [Zhao X F, Tu L X, Meng H, et al. Progress and prospects of urban and rural construction land reduction research in China[J]. *Resources Science*, 2024, 46(2): 235–248.]
- [21] 张少华, 陈洁仪. 中国城市收缩研究: 基于资源错配的视角[J]. *中国经济学*, 2022, (2): 46–81. [Zhang S H, Chen J Y. Research on local urban shrinkage in China: From the perspective of misallocation[J]. *Journal of China Economics*, 2022, (2): 46–81.]
- [22] 孙平军. 城市收缩: 内涵·中国化·研究框架[J]. *地理科学进展*, 2022, 41(8): 1478–1491. [Sun P J. Urban shrinkage: Connotation-sinicization-framework of analysis[J]. *Progress in Geography*, 2022, 41(8): 1478–1491.]
- [23] 郑洁, 汪甜甜, 陈浩. 长江经济带人口收缩城市的识别与影响因素分析[J]. *华东经济管理*, 2022, 36(8): 13–25. [Zheng J, Wang T T, Chen H. Identification and influencing factors of population shrinking cities in the Yangtze River Economic Belt[J]. *East China Economic Management*, 2022, 36(8): 13–25.]
- [24] 张帅, 王成新, 王敬, 等. 中国城市收缩的综合测度及其时空分异特征研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(8): 72–82. [Zhang S, Wang C X, Wang J, et al. On the comprehensive measurement of urban shrink in China and its spatio-temporal differentiation[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(8): 72–82.]

2024年6月

- [25] 郭红翔, 朱文泉. 社会经济统计数据空间化研究进展[J]. 地理学报, 2022, 77(10): 2650–2667. [Guo H X, Zhu W Q. A review on the spatial disaggregation of socioeconomic statistical data[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(10): 2650–2667.]
- [26] 张恒硕, 李绍萍, 彭民. 中国农村能源消费碳排放区域非均衡性及驱动因素动态识别[J]. 中国农村经济, 2022, (1): 112–134. [Zhang H S, Li S P, Peng M. Regional imbalance of carbon emissions from China's rural energy consumption and dynamic identification of driving factors[J]. *Chinese Rural Economy*, 2022, (1): 112–134.]
- [27] 王琳, 钟泓文, 许章华, 等. LuoJia-01 夜光数据和“点轴发育”理论支持下的夜间经济集聚区定量识别与分类方法[J]. 地球信息科学学报, 2022, 24(11): 2141–2152. [Wang L, Zhong H W, Xu Z H, et al. Quantitative identification and classification of the nighttime economic agglomeration based on the LuoJia-01 NTL data and Pole-Axis theory[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2022, 24(11): 2141–2152.]
- [28] 李娜, 吴凯萍. 基于POI数据的城市功能区识别与分布特征研究[J]. 遥感技术与应用, 2022, 37(6): 1482–1491. [Li N, Wu K P. A POI data-based study of identification and distribution characteristics of urban functional districts[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2022, 37(6): 1482–1491.]
- [29] 吴忠, 关娇, 何江. 最低工资标准测算实证研究: 基于CRITIC-熵权法客观赋权的动态组合测算[J]. 当代经济科学, 2019, 41(3): 103–117. [Wu Z, Guan J, He J. An empirical study on the calculation of minimum wage standard: Dynamic combination calculation based on objective weight of CRITIC-Entropy weight method[J]. *Modern Economic Science*, 2019, 41(3): 103–117.]
- [30] 高同彪, 刘云达. 东北地区城市群高质量发展研究[J]. 社会科学战线, 2020, (11): 245–250. [Gao T B, Liu Y D. Research on the high-quality development of urban agglomerations in Northeast China[J]. *Social Science Front*, 2020, (11): 245–250.]
- [31] Zhang Q L, Schaaf C, Seto K C. The vegetation adjusted NTL urban index: A new approach to reduce saturation and increase variation in nighttime luminosity[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2013, 129: 32–41.
- [32] Zhao Z Z, Tang X J, Wang C, et al. Analysis of the spatial and temporal evolution of the GDP in Henan Province based on nighttime light data[J]. *Remote Sensing*, 2023, DOI: 10.3390/rs15030716.
- [33] Huang B, Wu B, Barry M. Geographically and temporally weighted regression for modeling spatio-temporal variation in house prices [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010, 24(3): 383–401.
- [34] Chen Z Q, Yu B L, Yang C S, et al. An extended time series (2000–2018) of global NPP-VIIRS-like nighttime light data from a cross-sensor calibration[J]. *Earth System Science Data*, 2021, 13(3): 889–906.
- [35] 吕新鹏. 辽宁省高等教育财政投入优化研究[D]. 沈阳: 沈阳大学, 2014. [Lyu X P. The Optimized Research of Tertiary Education Financial Input of Liaoning Province[D]. Shenyang: Shenyang University, 2014.]
- [36] Li Y, Chen Z H. Does transportation infrastructure accelerate factor outflow from shrinking cities? An evidence from China[J]. *Transport Policy*, 2023, 134: 180–190.

Spatiotemporal evolution and influencing factors of urban growth and shrinkage in Central and Southern Liaoning: Based on the perspective of physical urban area

LIANG Yuanzhao, WEI Ye, HE Jingyi

(School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: [Objective] Due to the limited development of spatialization technology for socioeconomic data, previous research on the factors that affect urban shrinkage at the physical area scale of cities has mostly remained at the stage of qualitative analysis or quantitative analysis using administrative area data instead of physical area data. Breaking through the limit of spatialization of socioeconomic data within physical urban areas is the primary prerequisite for achieving quantitative analysis of influencing factors at the physical area scale. **[Methods]** By constructing the VANUI index and

setting a comprehensive threshold, the scope of physical urban areas in Central and Southern Liaoning was determined. Based on the superposition of the slopes of univariate linear regression between the DN values of nighttime light and LandScan population grid data in the periods of 2013-2017 and 2018-2022, the physical urban areas were divided into four types: absolute growth type, negative growth type, smart shrinkage type, and absolute shrinkage type, and a spatiotemporal evolution analysis was conducted, based on the historical background of the “New Northeast Phenomenon”. By combining CRITIC and entropy weight method for equal weighting, the spatialization of data on influencing factors such as economic development level, medical service level, educational resource abundance, cultural facility density, livability of the environment, and external transportation convenience was achieved using nighttime light data and point of interest (POI) data. Finally, the GTWR model was used to quantitatively analyze the influencing factors of urban population growth and shrinkage during the two periods of the region. **[Results]** (1) The shrinking areas within cities from 2013 to 2017 in Central and Southern Liaoning were all transformed into growing areas from 2018 to 2022. (2) From 2018 to 2022, the proportion of negative growing areas within cities reached 55.80%. (3) The level of medical services, abundance of educational resources, density of cultural facilities, and livability of the environment all had a positive effect on the overall population growth in each city, but the positive effect was generally weakened in the second period. The overall negative effects of external transportation convenience and economic development level were observed during the two periods. **[Conclusions]** (1) The urban population shrinkage of Central and Southern Liaoning has achieved a growing transformation, and at present, all cities are more characterized by the mismatch of population, social, and economic development. (2) The multidimensional shrinkage of population, society, and economy within all cities is not common. There is a possibility of achieving growing transformation in the short term, and there are significant differences by urban hierarchy. (3) The social and economic development pains accompanied by resource depletion and industrial transformation have weakened the positive attraction of medical, educational, and cultural facility provisions and improvement of the living environment, which are highly tied to economic development, on population. (4) The development of the external transportation system currently has played a role in promoting population loss in cities.

Key words: physical urban area; urban shrinkage; GTWR model; spatialization of data; nighttime light data; Central and Southern Liaoning