

上海市建设用地与人口变化的关联特征及展望

游 猎, 刘晓琴, 陈睿山

(上海交通大学设计学院, 上海 200240)

摘要: 系统研究建设用地与人口的时空耦合关系, 是优化调整建设用地与人口政策, 提高土地资源利用效率的理论基础。利用1990年以来四次人口普查数据与多时期土地利用遥感监测数据, 基于人口—建设用地变化率模型分析1990—2020年间上海市域及16个行政区建设用地面积与人口数量的时空变化特征和耦合关系。研究发现: (1) 30年间上海市建设用地和人口均大幅扩张, 强度剧烈, 呈典型的蔓延特征。(2) 全市16个区人口用地变迁同时呈现空间分异和地理邻近特征。(3) 在近郊区和远郊区变迁强度先增后减的同时, 部分中心城区出现人口用地的减少。研究结果反映出30年来上海市人口用地变化与城市发展呈现出一种“补偿式启动、扩张式发展、收缩式平衡”的阶段性特征。首次提出了变迁强度、弹性等概念和计算方法, 并加入地理信息增强结果可视化, 为超大城市人地关系提供了评价方法和价值导向, 可为相关政策制定和规划编制提供参考。

关键词: 人地关系; 人口—建设用地变化率模型; 人居空间变迁模型; 关联特征; 上海

21世纪以来, 国家对自然资源保护利用的认识不断深化。“十一五”规划中将“资源节约”上升为基本国策。“十三五”规划中将“强化土地节约集约利用, 严控新增建设用地”列入国家战略^[1,2]。2022年, 党的“二十大”报告提出“推动绿色发展, 促进人与自然和谐共生; 实施全面节约战略, 推进各类资源节约集约利用”, 为自然资源领域开展土地利用工作指明了方向。一方面上海市自1990年中央决定开发浦东以来, 全市经济和人口规模快速增长。按可比价格计算, 2020年上海市生产总值比1990年增长17.1倍, 根据人口普查数据, 同期常住人口增加86.41%^[3]。但另一方面, 按照同一口径卫星识别的土地覆盖数据显示^[4], 同时期全市建设用地面积增加189.26%, 属于典型的蔓延式扩张, 节约集约用地仍然面临严峻挑战。当前, 上海市正深化“五个中心”建设, 按照总体规划要求, 到2035年常住人口控制在2500万左右, 建设用地总规模不超过3200 km²。结合中央战略部署和上海实际发展情况, 多角度认识30年来上海市人口用地变化时空格局, 有助于辨明未来人口用地关系发展的价值导向, 对政策制定具有现实参考意义。在学理层面, 本研究第一次将人口用地变迁的分析结果融合进地理信息, 在理论外延、模型方法以及结论呈现上取得了新的进展, 对该方向理论研究具有拓展意义。

在建设用地变化方面, 相关研究利用多时段MP遥感影像资料分析了1987—2000年上海城市用地, 提出扩展方向存在“宝山—闵行”和“嘉定—浦东”^[5]南北、东西两个

收稿日期: 2023-09-18; 修订日期: 2023-11-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(51908350); 国家社会科学基金重大项目(20ZDA085)

作者简介: 游猎(1986-), 男, 四川南部人, 博士, 副教授, 博士生导师, 研究方向为区域与城乡发展。

E-mail: youlie@sjtu.edu.cn

通讯作者: 陈睿山(1982-), 男, 甘肃武威人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为国土空间开发与生态环境治理。E-mail: rschen@sjtu.edu.cn

轴向。基于RS和GIS研究指出1985—1995年间城镇建设用地扩展主要集中于城郊边缘地带，而1995—2000年间地区扩展差异更为明显^[6]。采用土地利用遥感和多变量回归方法研究城市发展的社会经济驱动因素^[7,8]。在人口变化方面，采用土地利用密度法，对1990年和2000年上海人口普查数据进行格网化，总结了上海人口密度随距离变化以及市域范围内人口数量方位变化特征^[9]。在人地关系方面，以上海为例从社会经济和生态可持续耦合角度模拟上海土地利用情景^[10]，研究土地利用变化对社会新陈代谢的影响^[11]。通过构建经济—环境效率指数，分析1990—2007年间人地关系空间结构演变特征，指出上海城市人地关系呈现逐年优化发展态势。也有研究根据土地利用总体规划提出，常住人口持续增长，城市建设用地总量业已逼近“天花板”，很快将面临“无地可用”的困境^[12]。折中的结论则是基于人地关系状态演进系数评价城市土地扩张与人口增长协调性，指出上海市人地关系矛盾总体依然存在，但中心城区紧张状态有所缓解。还有从空间经济视角指出上海市人口分布演变存在明显的空间排斥效应^[13]。

本文基于人口—建设用地变化率模型，采用1990—2020年上海市人口普查数据和全国多时期土地利用/土地覆盖遥感监测数据集（CNLUCC），在上海市域和16个区两个层面，对人口和建设用地变化关系进行面板分析。为简化，文中用地均指建设用地，在量化分析中特指CNLUCC中城乡、工矿、居民点用地。该模型是对农村人口与农村居民点用地变化关系模型的改进^[14]，后者为分析长周期城乡人口与建设用地变化关系提供了分析框架，模型效果显著^[15-17]，近年来逐步得到推广^[18-21]。本文首次运用人口—建设用地变化率模型对上海全域展开研究，其中数据来源由统计年鉴优化为人口普查数据和遥感监测数据；在研究方法上提出“人口用地变迁强度”和“用地的人口弹性”概念进行拓展分析；在可视化方面则创新实现了多地区多年份人口用地变迁轨迹的集中演示。通过检视上海市30年快速发展时期人口用地变化关系的时空格局，在模型框架下探讨评价标准，为后一阶段协调人地关系提出发展方向和政策建议。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

人口—建设用地变化率模型又叫人居空间变迁模型（图1），是赵民等^[22]在研究农村精明收缩时，在刘彦随等^[14]相关研究模型基础上改进发展而来。其核心思想是将人地关系中人口数量和用地面积采用变化率的技术处理，消除量纲差异，从而统一在一个分析框架中。该模型的改进之处在于，首次定性提出膨胀、蔓延、稀释、萎缩、收缩、紧缩六种人口用地变迁状态，并实现量化和可视化^[23-26]。由于模型在描绘、评价人口用地变化关系和演变趋势方面具有形象直观、结论清晰等优点，在乡村人地关系研究领域得到了进一步的应用^[27-29]。

在模型中，横轴表示人口变化率 Ra ，纵轴表示用地变化率 Rs ， X 和 Y 轴的设置沿袭自变量和因变量的一般习惯，隐含“人地关系不决定于地而取决于人”的思想^[30]。坐标系上任意变迁点 $P(Ra, Rs)$ 代表一定地域范围一定时期 T 内人口用地变迁状态，共有图1所示的膨胀、蔓延等6种，分别反映人口和用地变迁方向及大小关系。

位于膨胀区间的点，表示观察期内，特定区域人口和用地都在增加，但人口增速大于用地增速，类似空气分子推动气球薄膜膨胀。位于蔓延区间的点，表示人口增速小于

用地增速,典型案例如美国郊区的都市蔓延(Urban Sprawl),由市区迁往郊区的人口由单身或无子家庭演变为核心家庭,用地和居住形态由集中式公寓演变为独栋或联排别墅。位于稀释区间的点,表示人口减少而用地增加,类似化学实验中的稀释,溶质减少而溶剂增加。位于萎缩和收缩区间的点,则表示人口和用地都在减少,但萎缩区间表示人口减速大于用地减速,收缩区间表示用地减速大于人口减速。以中国中西部地区空心村为例,萎缩反映了乡村人居空间演化的自然状态;而收缩体现了在人口减少前,通过类似“精明收缩”的主动干预,使用地或房屋先于人口而减少。紧缩区间表示用地减少而人口增加,比如城中村,改造或拆迁使得用地和房屋面积减少,但吸收非正规居住人口规模反而增加。

在模型中,任意时间段 T 内人口变化率 Ra_t 和用地变化率 Rs_t 分别表达如下:

$$Ra_t = \frac{Qa_t - Qa_{t0}}{Qa_{t0}} \quad (1)$$

$$Rs_t = \frac{Qs_t - Qs_{t0}}{Qs_{t0}} \quad (2)$$

式中: Qa_t 和 Qa_{t0} 、 Qs_t 和 Qs_{t0} 分别为 t 时期末和期初的人口数量(万人)、用地面积(km^2)。

在既有研究基础上,本文进一步发展“人口用地变迁强度”和“用地的人口弹性”两个概念,丰富模型应用场景。其中,人口用地变迁强度 W 是指一定时期一定地域范围内人口用地变迁的强烈程度,它是对人口变化强度和用地变化强度的统一,在模型中表现为变迁点到原点的半径距离,用百分数表示。变迁强度既可以单方面由人口变化或用地变化引起,也可以由两方面因素同时引起,在模型中处于同一半径圆周上的点,都视为变迁强度相同。

用地的人口弹性 I 简称用地弹性,是指单位人口变化引起的用地变化,公式表达为用地变化率与人口变化率的比,在模型中表现为变迁点的斜率。其地理学和城乡规划学含义是指用地变化对人口变化的反应程度或敏感程度。特别地,由于人口和用地变化方向存在同增同减以及一增一减等情况,因此需要结合变迁状态,关注斜率正负以及与1的大小关系。从这一概念的定义也可以看出,在本模型中,位于蔓延区间的变迁点,越靠近 Y 轴,弹性越大,反映用地扩张越粗放;位于膨胀区间的变迁点,越靠近 X 轴,弹性越小,反映用地扩张越集约或越紧凑;两个区间中靠近 45° 线的变迁点,弹性越接近1,反映用地扩张相对人口扩张越平衡或越协调。

在模型中,任意时间段 T 内人口用地变迁强度 W_t (%)和用地人口弹性 I_t 分别表达如下:

$$W_t = \sqrt{Ra_t^2 + Rs_t^2} \times 100\% \quad (3)$$

$$I_t = Rs_t / Ra_t \quad (4)$$

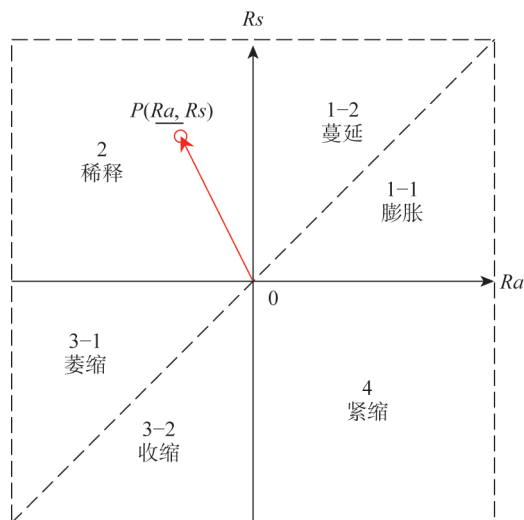


图1 人口—建设用地变化率模型/人居空间变迁模型

Fig. 1 Population-construction land change rate model/ transition model of human settlements

1.2 数据来源

本文所用人口数据来自1990年、2000年、2010年、2020年四个年份全国人口普查。特别地，1990年以来，上海市经历过若干次行政区划调整，包括成立浦东新区，黄浦区先后与南市区、卢湾区合并，静安区与闸北区合并等。为了保证研究对象的一致性，本文梳理了1990年以来历次行政区划调整如表1所示，并将1990年、2000年、2010年各区人口数量依据历次行政区划调整，按照2020年也即是现行区划边界进行校核，确保四个年份16个区人口数据对应的空间范围一致。

表1 1990—2020年上海市行政区划调整一览表

Table 1 Tabulation of administrative division adjustments in Shanghai from 1990 to 2020

1990—2000年	2000—2010年	2010—2020年	2020年
—	2000年黄浦区与南市区合并	2011年黄浦区与卢湾区合并	黄浦区
—	—	2015年静安区与闸北区合并	静安区
1992年将上海县华泾镇并入	—	—	徐汇区
1992年划出彭浦乡并入闸北区	2005年划出横沙、长兴并入崇明区	—	宝山区
1992年闵行区和上海县（除去华泾镇和三林乡）合并	—	—	闵行区
1992年川沙县与黄浦、南市、杨浦三个区的浦东部分和原上海县三林乡合并成立浦东新区	2009年将南汇区并入	—	浦东新区
—	2005年将横沙、长兴并入	—	崇明区

用地数据源自中国科学院地理科学与资源研究所在国家资源环境数据库（<http://www.resdc.cn>）基础上，以美国陆地卫星 Landsat 遥感影像数据作为主信息源，通过人工目视解译，建立的国家尺度1：10比例尺多时期土地利用/土地覆盖遥感监测数据库（CNLUCC，<https://www.resdc.cn/DOI/doi.aspx?DOIid=54>）^[31]，遥感解译精度95.66%^[32]，满足科研要求。该数据库根据土地资源及其利用属性分为6个一级类型，根据土地资源的自然属性，分为25个二级类型。本文沿用该数据库一级类型中的第5类——城乡、工矿、居民点用地，作为用地量化研究的界定标准，其定义为：城乡居民点及其以外的工矿、交通等用地，其又包含51城镇用地、52农村居民点和53其他建设用地3个二级类型，它们与土地管理法按照用途将土地分为农用地、建设用地和未利用地中的建设用地相对应。针对研究对象，本文从数据库中提取四个年份上海市域用地卫星影像（图2）。经用地识别和量化显示，四个年份市域总体建设用地分别为992 km²、1447 km²、2346 km²和2870 km²，其中2020年识别用地数据与2017版上海市城市总体规划关于建设用地的现状描述数据相差在10%以内，数据质量较好。

经上述数据处理，历年人口数据按照2020年现行行政区划校核更新，历年用地数据则直接采用2020年行政区划边界在相应年份进行图像识别和数据读取，整理后四个年份16个区及全市人口、用地数据见表2。

2 结果分析

2.1 1990—2000年上海市用地与人口变化及时空耦合特征

以1992年浦东新区成立为标志，1990年代上海市开始进入经济社会发展的快车道，

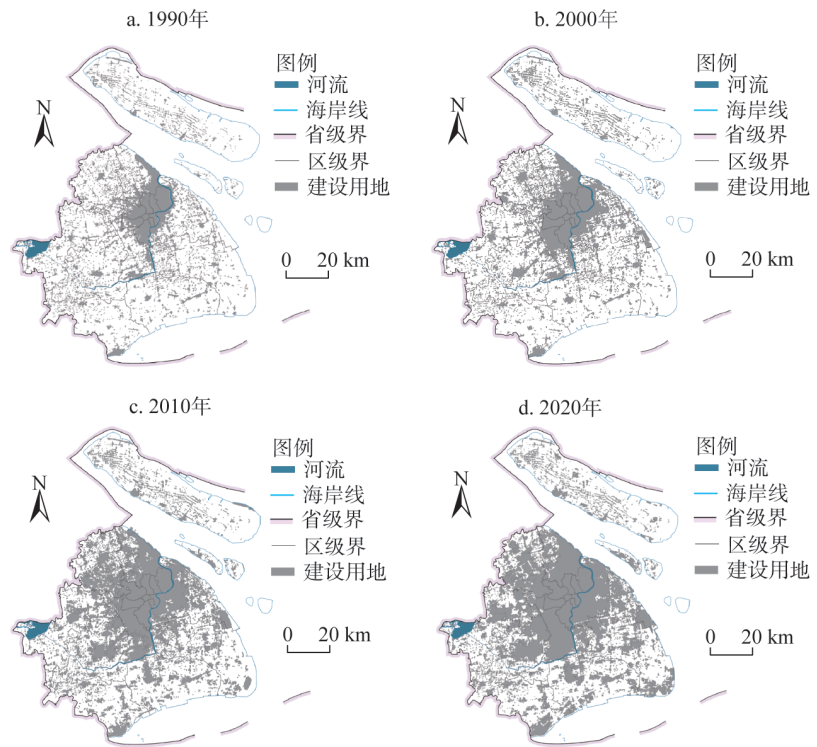


图2 1990年、2000年、2010年、2020年上海市建设用地卫星识别图

Fig. 2 Satellite identification maps of Shanghai's construction land in 1990, 2000, 2010, and 2020

表2 1990—2020年上海市分区人口与建设用地面积数据

Table 2 Population and land area data by subdivision for Shanghai from 1990 to 2020

行政区	人口数/万人				建设用地面积/km ²			
	1990年	2000年	2010年	2020年	1990年	2000年	2010年	2020年
浦东	209.41	318.74	504.44	568.15	168.30	306.85	510.96	727.34
黄浦	141.39	90.35	67.87	66.20	18.29	18.27	18.28	18.22
徐汇	78.42	106.46	108.51	111.31	46.55	51.67	51.83	51.71
长宁	58.54	70.22	69.06	69.31	28.39	36.53	36.85	37.21
静安	119.95	110.39	107.73	97.57	35.55	36.77	36.77	36.77
普陀	79.62	105.17	128.89	123.98	42.18	52.48	54.23	55.09
虹口	87.97	86.07	85.25	75.75	22.79	22.79	22.80	22.80
杨浦	104.88	124.38	131.32	124.25	55.40	55.40	55.40	55.26
闵行	55.45	121.73	242.94	265.35	87.38	161.89	255.64	294.37
宝山	57.41	116.48	190.49	223.52	115.12	161.01	228.46	245.53
嘉定	53.66	75.31	147.12	183.43	62.98	111.08	233.13	268.28
金山	55.41	58.04	73.24	82.28	52.32	63.45	130.88	162.82
松江	51.15	64.12	158.24	190.97	60.31	98.72	219.30	282.15
青浦	46.16	59.59	108.10	127.14	59.39	81.89	160.38	218.52
奉贤	52.67	62.43	108.35	114.09	54.79	64.41	149.06	203.85
崇明	82.10	71.29	70.37	63.79	82.40	123.48	182.50	189.98
全市	1334.19	1640.97	2302.12	2487.29	992.14	1446.70	2346.46	2869.90

全市人口增长22.98%,用地面积增长45.82%,表现出典型的“人增地更增”的蔓延状态(表3、图3a、图4a)。(1)1990—2000年,上海市16个区中有11个区呈现人口与用地双增长。从变迁性质来看,闵行、宝山、普陀、徐汇、奉贤5个区按照变迁强度递减排序,表现为“地增人更增”的膨胀状态,在空间格局上位于市域中央南北方向轴线上。其中闵行与宝山人居空间变迁强度均大于1,反映出近郊区在承接中心城区人口和产业溢出以及由此推动用地扩张的地域邻近特征。从用地的人口弹性来看,宝山较闵行更加紧凑。而奉贤在所有16个区中,变迁点最靠近45°线,反映出用地人口关系相对最健康。(2)除崇明外的其余6个郊区浦东、嘉定、松江、青浦、长宁、金山按照变迁强度递减排序,则表现为人增地更增的蔓延状态,其中金山和松江用地的人口弹性分别为4.5和2.5,在16个区中排名前二,反映出用地扩张相对粗放的特征。(3)在外来人口大量涌入带来全市人口增长的同时,市域内各区由于产业结构调整,以及旧城改造等原因,包括黄浦、静安、虹口在内的中心城区出现人口缩减,其中黄浦区人口减幅最大达到36.1%。此外传统的农业区崇明人口在这一阶段减少超过10%。

2.2 2000—2010年上海市用地与人口变化及时空耦合特征

21世纪前10年,伴随经济社会持续快速发展,上海全市人口增长40.29%,用地面积增长62.19%,人增地更增的蔓延状态进一步加剧(表3、图3b、图4b)。具体到16个区,人居空间变迁强度呈现出明显的郊区与中心城区空间分异的特征。(1)中心城区以外除去崇明的8个郊区均呈“人地双增”态势,按照变迁强度大小排序为松江、奉贤、嘉定、青浦、闵行、金山、浦东、宝山,均高于全市平均变迁强度74.11%,其中变迁强度最大为松江190.98%,最小为宝山76.10%。而中心城区人口用地变迁强度最大为黄浦24.88%,最小为虹口,仅0.96%。特别地,这一阶段崇明人口持续减少,但减小幅度从1990s的13.16%降为1.29%,而用地面积依旧保持接近50%的增幅,因此从人口用地变迁强度看,崇明仍然保持47.82%的较高水平。(2)从变迁性质看,松江以最大变迁强度首次进入并列地增人更增的膨胀状态首位;其次是近郊区闵行、宝山延续前一阶段状态;而中心城区普陀、徐汇人口用地增幅虽然较1990s减小,但仍然保持地增人更增的蔓延状态。从空间格局看,由于松江替代奉贤,这一阶段膨胀状态的地理分布由1990s市域南北方向转为沿黄浦江方向。(3)除闵行外,奉贤、嘉定、青浦、浦东(南汇)和金山均呈现出明显的人增地更增的蔓延状态。而这一阶段中心城区城市开发接近上限,用地面积几乎保持不变。同时,在中心城区产业结构升级、工业外迁和人口疏解的政策引导下,黄浦、静安、虹口人口继续减少,其中黄浦继上一阶段减少36.10%,在这一阶段进一步减少24.88%。(4)用地的人口弹性在这一阶段表现出越接近中心城区,弹性越趋近0的特点,反映了经济社会发展以及城镇化达到一定水平后,用地对人口数量变化的包容性越大。

2.3 2010—2020年上海市用地与人口变化及时空耦合特征

2010—2020年,全市总体仍然处于人增地更增的蔓延状态,但人口与用地增速显著放缓,增幅分别降为8.04%与22.31%,各自约为前10年的1/5和1/3(表3、图3c、图4c)。同时,全市用地的人口弹性为2.77,高于前两个10年的1.99和1.54,反映用地扩张偏向粗放。就各区而言:(1)该阶段各区人口用地变化的最大特点是人口用地变化率由散点分布向原点回归并集中,变迁强度最大的浦东为44.19%,也仅约为前两个10年的1/3和1/4。(2)从变迁性质来看,仅嘉定、宝山两区呈地增人更增的膨胀状态,其空间格局由

表3 1990—2020年上海市及分区分区用地人口变迁状态、强度及弹性
Table 3 Land use and population transition status, intensity, and elasticity in Shanghai from 1990 to 2020

Table 3 Land use and population transition status, intensity, and elasticity in Shanghai from 1990 to 2020 (%)																				
1990—2000年					2000—2010年					2010—2020年										
行政区		Ra	Rs	状态	强度↓	弹性	行政区		Ra	Rs	状态	强度↓	弹性	行政区		Ra	Rs	状态	强度↓	弹性
闵行		119.53	85.26		146.82	0.7133	松江		146.80	122.15		190.98	0.8321	嘉定		24.68	15.08		28.92	0.6111
宝山		102.91	39.86		110.36	0.3874	闵行		99.57	57.91		115.18	0.5816	宝山		17.34	7.47	膨胀	18.88	0.4307
普陀		32.09	24.42	膨胀	40.33	0.7609	宝山		63.54	41.89	膨胀	76.10	0.6594	浦东		12.63	42.35		44.19	3.3531
徐汇		35.76	11.01		37.42	0.3079	普陀		22.56	3.33		22.80	0.1478	青浦		17.61	36.25		40.30	2.0581
奉贤		18.53	17.56		25.53	0.948	徐汇		1.92	0.29		1.95	0.1524	奉贤		5.30	36.76		37.14	6.9372
浦东		52.21	82.33		97.49	1.5768	奉贤		73.55	131.43		150.61	1.7869	松江		20.68	28.66		35.35	1.3857
嘉定		40.35	76.39		86.39	1.8932	嘉定		95.36	109.87		145.49	1.1522	金山		12.34	24.41	蔓延	27.35	1.9781
松江		25.34	63.69		68.54	2.5137	青浦		81.42	95.84	蔓延	125.76	1.1771	全市		8.04	22.31		23.71	2.7731
全市		22.98	45.82	蔓延	51.26	1.9938	金山		26.20	106.26		109.44	4.0565	闵行		9.23	15.15		17.74	1.6423
青浦		29.09	37.88		47.76	1.3021	浦东		58.26	66.52		88.42	1.1417	长宁		0.36	0.97		1.04	2.7096
长宁		19.96	28.66		34.93	1.4364	全市		40.29	62.19		74.11	1.5435	虹口		-11.14	0.01		11.14	-0.0005
金山		4.74	21.28		21.80	4.4913	崇明		-1.29	47.80		47.82	-36.941	崇明		-9.35	4.10	稀释	10.21	-0.4385
崇明		-13.16	49.85		51.56	-0.4302	黄浦		-24.88	0.08	稀释	24.88	-0.0031	普陀		-3.81	1.60		4.13	-0.4196
静安		-7.97	3.43	稀释	8.68	-0.0115	长宁		-1.66	0.87		1.87	-0.5221	静安		-9.43	0		9.43	0
虹口		-2.15	0.02		2.15	-3.7876	虹口		-0.96	0.01		0.96	-0.0081	杨浦		-5.38	-0.25	萎缩	5.39	0.0469
黄浦		-36.10	-0.11	萎缩	36.10	0.0029	静安		-2.42	0	萎缩	2.42	0	黄浦		-2.45	-0.35		2.48	0.1424
杨浦		18.59	-0.01	紧缩	18.59	-0.0005	杨浦		5.59	0	紧缩	5.59	-0.0002	徐汇		2.58	-0.22	紧缩	2.59	-0.0866

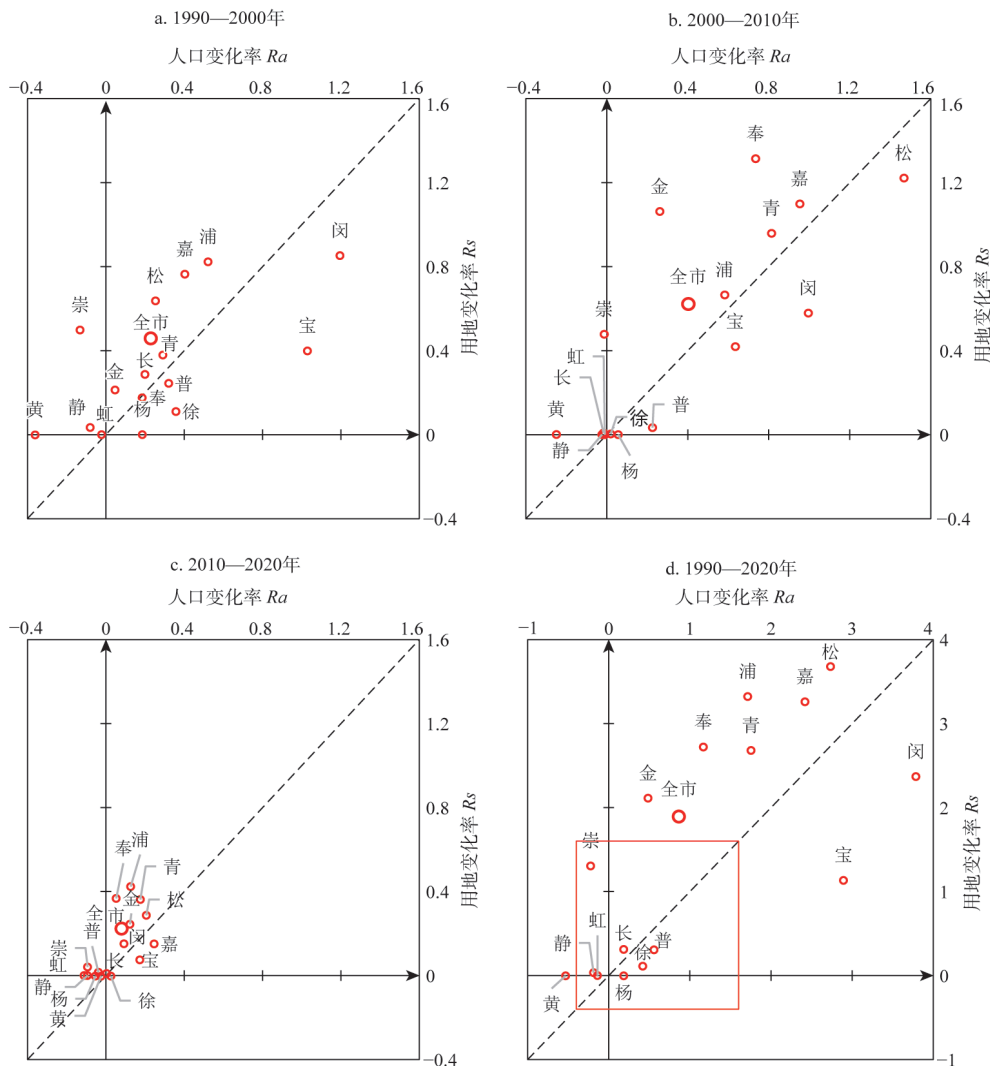


图3 1990—2020年上海市及分区人口用地变化率散点图

Fig. 3 Scatter plot of population and land use change rates by subdivision in Shanghai from 1990 to 2020

前一阶段沿江分布缩小到市域北部，人口用地的紧凑增长反映出北部区域的较强发展动力。(3) 中心城区以外普遍呈现人增地更增的蔓延状态，从人地关系角度看，较紧凑型的膨胀状态相对用地效率偏低。其中奉贤人口用地弹性高达6.93，意味着人口每增加1%，用地增加近7%，远高于前两个10年弹性最大不超过4.5的金山区。(4) 中心城区除长宁、徐汇外，其余各区人口出现明显的减少，减幅最大为虹口-11.14%，最小为黄浦-2.45%，中心城区人口疏解效果显著。此外，继前一阶段中心城区用地增减变化接近于0，这一阶段黄浦、杨浦、徐汇表现出明显的用地缩减，反映了严格控制用地扩张的政策导向，以及存量用地清理与用地结构向绿化、生态属性调整的可能趋向。

2.4 1990—2020年上海市用地与人口变化及时空耦合特征

以1990—2020年长周期为考察时段，从模型中可以看出30年间上海市人口用地变迁表现出如下特征（图3d、图4d、表4）：（1）由于3个10年的叠加累计效应，30年长周期

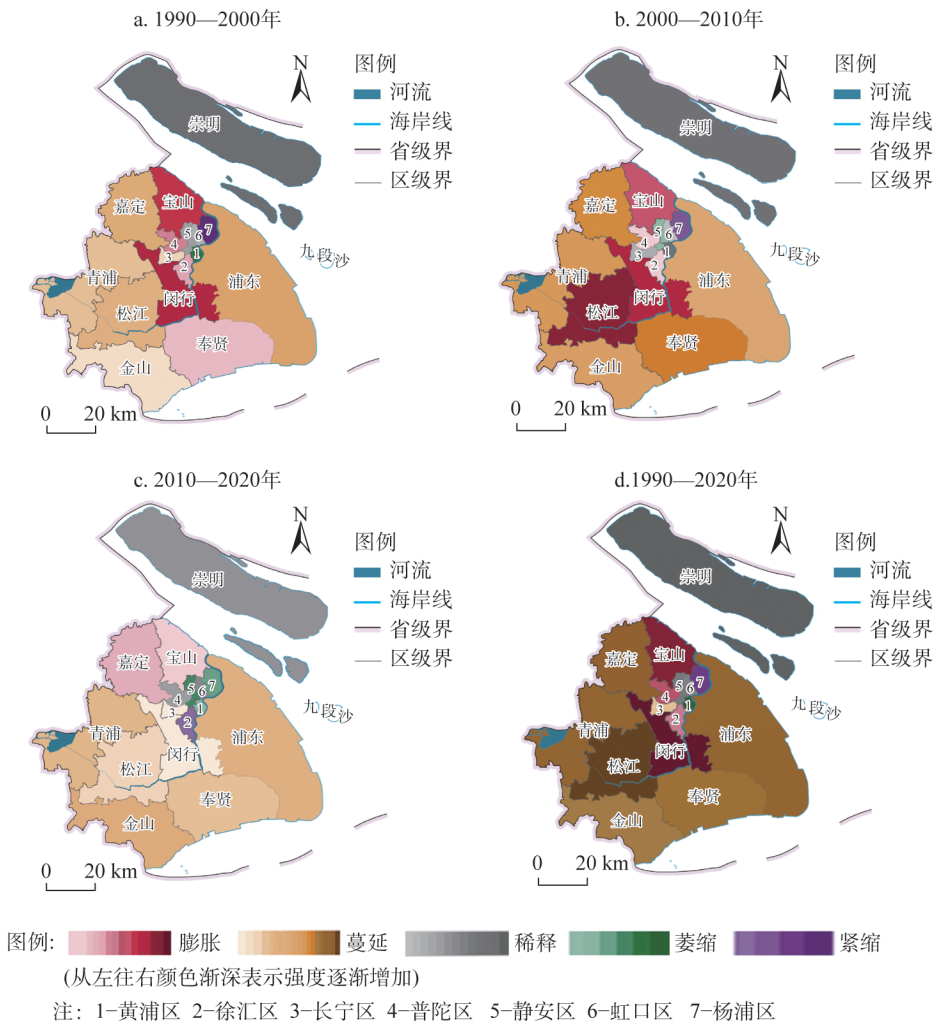


图4 1990—2020年上海市及分区人口用地变迁状态示意图

Fig. 4 Land use and population transition status in Shanghai from 1990 to 2020

的人口用地变化幅度远大于3个10年短周期的变化幅度，在模型中反映为纵横轴边界由原红色方框 $[-0.4, 1.6]$ 扩展为 $[-1, 4]$ 。这也是尺度效应在时间维度上的生动体现——同一研究对象，由于选择考察时间范围的差异而呈现出不同的地理特征。(2) 郊区与中心城区人口用地变迁强度差异显著。除崇明外，近郊与远郊8区人口用地变迁强度均高于全市平均水平208.06%，变迁强度最大为松江，达458.29%；而中心城区7个区均远小于平均水平，最大为普陀，仅63.59%，反映出30年间全市人口用地增长主要由郊区贡献。(3) 从变迁性质来看，闵行、宝山作为近郊区，人口增幅分别接近4倍、3倍，用地增幅分别超过2倍、1倍，30年间地增人更增的膨胀态势显著；而除崇明外的其余郊区则呈明显的人增地更增的蔓延状态。特别地，与闵行、宝山紧邻的松江、嘉定，在人口用地变迁强度上引领远郊区，显示出地域邻近与人口用地变化的强相关性，而浦东、青浦、奉贤、金山同为蔓延状态，其人口用地变迁强度按照与市区、近郊区的邻近程度依次降低，进一步凸显了地域邻近与人口用地变迁相关性的显著程度。(4) 各区人口用地变迁点分布总体

呈现出离中心城区越远越靠近Y轴的特征，在模型中表现为用地的人口弹性绝对值越大，人口用地变迁状态越不健康。崇明30年间人口减少22.30%，用地面积却不减反增超过132.44%，属于极端稀释状态。（5）黄浦、静安、虹口依次呈现不同程度的人口缩减，减幅最大超过50%。作为唯三同时邻近黄浦江和苏州河的三个区，在本模型框架下可视作中心城区人口疏解的源头。

将30年长周期上海市人口用地变迁与3个10年人口用地变迁趋势进行对比（图5），可进一步归纳该时期上海市人口用地变迁特征。（1）从30年长周期看，2/3以上区人口用地变迁以人地双增的蔓延、膨胀状态为主，并且全市整体以蔓延为主。分阶段看，模型中人口用地变化率散点分布由集中到分散再到集中的特征，反映出变迁强度先增后减以及总体减小的趋势。（2）就这一趋势的空间分布而言，5个郊区松江、嘉定、奉贤、青浦、金山表现出显著的先增后减趋势，而包括闵行、宝山2个近郊区以及浦东、崇明和其余7个中心城区则表现出递减趋势，反映出人口用地变迁强度趋弱趋稳的特征。（3）30年间崇明始终处于人减地增的稀释状态，人地关系不健康；但从变迁强度看，其稀释强度递减，健康状态有明显改善趋势。杨浦区则以人增地减的紧缩状态为主，用地紧凑。其余14个区则处于人地增减趋势同步的膨胀、蔓延、萎缩状态。总体而言30年间全市以及16个区从人口用地变化率角度看，人地关系趋向健康。

3 结论与讨论

3.1 结论

通过对三个阶段的人口用地变化率横截面分析，以及整个30年的历时性分析，进一步总结上海30年来人口用地变化与城市发展关系，表现出“补偿式启动、扩张式发展、

表4 1990—2020年上海市及分区分居空间变迁状态、强度及弹性

Table 4 Land use and population transition status, intensity, and elasticity in Shanghai from 1990 to 2020 (%)

行政区	Ra	Rs	状态	强度↓	弹性
闵行	378.53	236.87	膨胀	446.54	0.6258
宝山	289.37	113.28		310.75	0.3915
普陀	55.72	30.62		63.59	0.5496
徐汇	41.93	11.09		43.38	0.2644
松江	273.32	367.86	蔓延	458.29	1.3459
嘉定	241.84	326.01		405.92	1.3480
浦东	171.32	332.18		373.76	1.9390
青浦	175.45	267.92		320.26	1.5270
奉贤	116.61	272.08	稀释	296.02	2.3334
金山	48.48	211.20		216.69	4.3562
全市	86.41	189.26		208.06	2.1903
长宁	18.39	31.04		36.08	1.6884
崇明	-22.30	130.55	萎缩	132.44	-5.8546
静安	-18.66	3.43		18.97	-0.1837
虹口	-13.89	0.04		13.89	-0.0027
黄浦	-53.18	-0.38		53.18	0.0071
杨浦	18.47	-0.26	紧缩	18.48	-0.0142

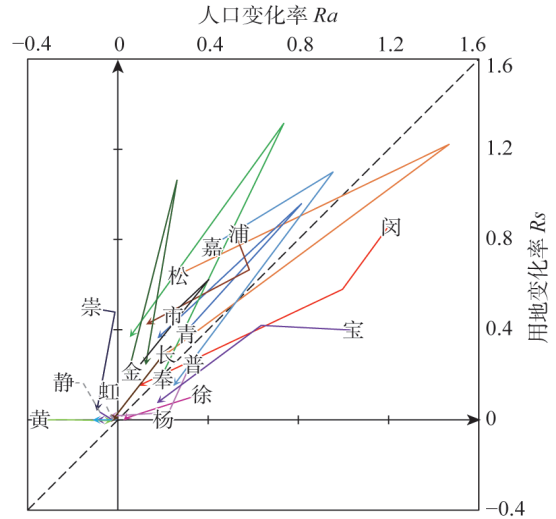


图5 1990—2020年上海市分区分人口用地变化率趋势

Fig. 5 Trend of population and land use change rates by subdivision in Shanghai from 1990 to 2020

收缩式平衡”三个阶段特征。

(1) 1990—2000年,随着浦东开发拉开帷幕,上海城市基础设施建设多年来的欠账得到补偿。一方面,膨胀、蔓延的起点是中心城区人均居住面积仅 6.6 m^2 ,大量棚户房屋配套设施匮乏、私搭乱建严重,空间高度拥塞^[33],自下而上对空间的量的补偿需求强烈。另一方面,政策鼓励社会资本投入城市建设。从1993年起,包括南浦大桥、杨浦大桥、徐浦大桥、打浦路隧道,以及延安路高架道路和内环线高架道路、南北高架道路在内,先后通过特许经营模式完成资本筹措,在空间结构层面推动了城市建设发展^[34]。

(2) 2000—2010年,对外以中国加入WTO为标志开启了投资拉动经济增长模式,对内通过住房商品化、资产化到金融化^[35]的房地产开发模式演进,共同推动空间高速扩张。特别是2002年国务院出台《招标投标挂牌出让国有土地使用权规定》,叫停经营性土地协议出让,必须以招标、拍卖或者挂牌方式出让,由此奠定了政府在土地一级市场的垄断地位。“土地财政”原本作为地方政府运转资金重要来源的出发点,却外在塑造了城市建设的扩张形态。

(3) 2010—2020年,面对国际上逆全球化趋势和地方保护主义抬头,以及国内区域平衡发展和绿色可持续发展的战略导向,上海开始控制人口总量和建设用地总量,人居空间变迁开始进入收缩式平衡阶段。突出表现在图5中各区人居空间变迁强度向原点方向回归,以及各种变迁状态的数量更趋均衡。

此外,从结果分析中还可以总结出上海30年来人口用地扩展总体依然遵循溢出效益原理。不管是黄浦、静安、虹口作为一江一河源头区人口溢出,还是宝山、闵行作为近郊区,嘉定、松江作为近郊区毗邻区,人口用地变迁状态、强度的溢出效益显著。这也启示了五大新城在作为综合性节点城市发展定位中,仍然要积极处理与中心城区的关系,做好人口、资本溢出的承接。

3.2 讨论

本文基于人口用地变迁模型分析了1990—2020年间快速发展时期上海全市和16个区人口用地变迁。对于未来发展的建议首先需要明确目标或标准,在本模型框架下有三个维度。(1)人口用地变迁应避免人减地增的稀释状态;以人口为标尺,增量条件下膨胀优于蔓延,减量条件下收缩优于萎缩,存量更新条件下紧缩状态或将日益增多。(2)人口用地变迁点在模型中应尽量靠近 45° 线,这意味着人口用地变化较为同步或变化率相等,这是模型理想条件下的人口用地变化关系。(3)人口用地变迁点应尽量靠近原点或符合这一趋势,其依据是目前全市以及各区较高的城镇化水平以及严格控制人口和建设用地上位规划条件。本文对于认识和评价上海市快速发展时期人口用地关系,以及为下一阶段优化调整人口用地政策,控制市域建设用地总量,协调各区建设用地比例,引导中心城区人口疏散以及向近郊区、远郊区集中等提供了理论参考。本研究目前主要集中在对人口用地变迁“是什么”和“应该是什么”的回答,下一步的研究拟结合经济形势、产业政策等影响因素展开系统性的原因分析。

参考文献(References):

- [1] 邹利林,章丽君,梁一凡,等.新时代国土空间功能的科学认知与研究框架.自然资源学报,2022,37(12): 3060-3072.
[ZOU L L, ZHANG L J, LIANG Y F, et al. Scientific cognition and research framework of territorial space function in the New Era. Journal of Natural Resources, 2022, 37(12): 3060-3072.]

- [2] 尹旭, 李裕瑞, 袁涛, 等. 镇域经济发展与土地集约利用水平综合测度及其关联特征分析: 以江苏省 109 个抽样乡镇为例. 自然资源学报, 2020, 35(3): 614-625. [YIN X, LI Y R, YUAN T, et al. Quantitative measurement of economic development and land use intensity and their correlation characteristics in 109 sampled towns of Jiangsu province. Journal of Natural Resources, 2020, 35(3): 614-625.]
- [3] 《上海统计年鉴》编辑委员会. 上海统计年鉴(2021). 北京: 中国统计出版社, 2021: 4-5. [Editorial Committee of Shanghai Statistical. Shanghai Statistical Yearbook (2021). Beijing: China Statistical Publishing House, 2021: 4-5.]
- [4] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧, 等. 2010—2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征. 地理学报, 2018, 73(5): 789-802. [LIU J Y, NING J, KUANG W H, et al. The spatiotemporal patterns and new characteristics of land use change in China from 2010 to 2015. Journal of Geography, 2018, 73(5): 789-802.]
- [5] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 上海城市用地扩展强度、模式及其空间分异特征. 自然资源学报, 2003, 18(4): 412-422. [LI X W, FANG J Y, PIAO S L. The intensity and modes of urban land use growth in Shanghai. Journal of Natural Resources, 2003, 18(4): 412-422.]
- [6] 张心怡, 刘敏, 孟飞. 基于 RS 和 GIS 的上海城建用地扩展研究. 长江流域资源与环境, 2006, 15(1): 29-33. [ZHANG X Y, LIU M, MENG F. Expansion of urban construction land in Shanghai city based on RS and GIS. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(1): 29-33.]
- [7] HAN J, HAYASHI Y, CAO X, et al. Evaluating land-use change in rapidly urbanizing China: Case study of Shanghai. Journal of Urban Planning and Development, 2009, 135(4): 166-171.
- [8] QIU R, XU W. Modes of land development in Shanghai. Land Use Policy, 2017, 61: 475-486.
- [9] 廖邦固, 徐建刚, 韩雪培, 等. 1990—2000 年上海中心城区人口密度模拟与时空变化分析. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2008, (4): 130-139. [LIAO B G, XU J G, HAN X P, et al. Population density simulation and spatial-temporal change analysis in Shanghai central urban area from 1990 to 2000. Journal of East China Normal University: Natural Science, 2008, (4): 130-139.]
- [10] SHI Q, GU C, XIAO C. Multiple scenarios analysis on land use simulation by coupling socioeconomic and ecological sustainability in Shanghai, China. Sustainable Cities and Society, 2023, 95: 104578, Doi: 10.1016/j.scs.2023.104578.
- [11] CUI X, WANG X. Urban land use change and its effect on social metabolism: An empirical study in Shanghai. Habitat International, 2015, 49: 251-259.
- [12] 陶纪明, 徐珺, 浦亦稚. 上海人地关系现状、情景与对策研究. 上海经济研究, 2013, (4): 109-118. [TAO J M, XU J, PU Y Z. Study on the characteristics, scenarios and strategies of human-land relationship in Shanghai. Shanghai Journal of Economics, 2013, (4): 109-118.]
- [13] 刘乃全, 耿文才. 上海市人口空间分布格局的演变及其影响因素分析: 基于空间面板模型的实证研究. 财经研究, 2015, 41(2): 99-110. [LIU N Q, GENG W C. Analysis of the evolution and influencing factors of population spatial distribution pattern in Shanghai: An empirical study based on spatial panel model. Journal of Finance and Economics, 2015, 41(2): 99-110.]
- [14] 李裕瑞, 刘彦随, 龙花楼. 中国农村人口与农村居民点用地的时空变化. 自然资源学报, 2010, 25(10): 1629-1638. [LI Y R, LIU Y S, LONG H L. Spatiotemporal analysis of population and residential land change in Rural China. Journal of Natural Resources, 2010, 25(10): 1629-1638.]
- [15] 王婧, 方创琳, 李裕瑞. 中国城乡人口与建设用地的时空变化及其耦合特征研究. 自然资源学报, 2014, 29(8): 1271-1281. [WANG J, FANG C L, LI Y R. Spatio-temporal analysis of population and construction land change in urban and Rural China. Journal of Natural Resources, 2014, 29(8): 1271-1281.]
- [16] 吴一凡, 刘彦随, 李裕瑞. 中国人口与土地城镇化时空耦合特征及驱动机制. 地理学报, 2018, 73(10): 1865-1879. [WU Y F, LIU Y S, LI Y R. Spatio-temporal coupling of demographic-landscape urbanization and its driving forces in China. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(10): 1865-1879.]
- [17] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞, 等. 2007—2015 年中国农村居民点用地与农村人口时空耦合关系. 自然资源学报, 2018, 33(11): 1861-1871. [LIU J L, LIU Y S, LI Y R, et al. Coupling analysis of rural residential land and rural population in China during 2007-2015. Journal of Natural Resources, 2018, 33(11): 1861-1871.]
- [18] 张飞, 孔伟. 我国土地城镇化的时空特征及机理研究. 地域研究与开发, 2014, 33(5): 144-148. [ZHANG F, KONG W. Analysis on spatio-temporal characteristic and influence mechanism of land urbanization in China. Areal Research

- and Development, 2014, 33(5): 144-148.]
- [19] 鄯瑞卿. 中国城市人口与城市建设用地的时空变化. 城市规划, 2014, 38(5): 22-28. [QIE R Q. The spatiotemporal changes of urban population and urban construction land in China. City Planning Review, 2014, 38(5): 22-28.]
- [20] 刘燕, 杨庆媛, 何星. 重庆农村居民点用地与农村人口变化耦合关系研究. 农业工程学报, 2019, 35(15): 266-274. [LIU Y, YANG Q Y, HE X. Coupling relationship of rural settlements and rural resident population change of Chongqing. Transactions of the CSAE, 2019, 35(15): 266-274.]
- [21] 路昌, 周浩. 城市人口与建设用地空间格局及耦合特征分析. 城市问题, 2020, (5): 28-37. [LU C, ZHOU H. Analysis of the spatial pattern and coupling characteristics of urban population and construction land. Urban Problems, 2020, (5): 28-37.]
- [22] 赵民, 游猎, 陈晨. 论农村人居空间的“精明收缩”导向和规划策略. 城市规划, 2015, 39(7): 9-18, 24. [ZHAO M, YOU L, CHEN C. Smart shrinkage of rural human settlements and its planning strategies. City Planning Review, 2015, 39(7): 9-18, 24.]
- [23] 游猎, 赵民. 中国农村人居空间变迁探索: 精明收缩规划理论与实践. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020. [YOU L, ZHAO M. Exploration on the Changes of Rural Human Settlements in China: Theory and Practice of Smart Shrinkage Planning. Beijing: China Architecture & Building Press, 2020.]
- [24] 游猎, 陈晨. 农村人居空间“精明收缩”的实践探索: 以Q市全域农村新型社区总体规划实施为例. 城市规划, 2018, 42(4): 113-118. [YOU L, CHEN C. Smart shrinkage of human settlements in Rural China: Implementation of new type rural community construction plan in Q city. City Planning Review, 2018, 42(4): 113-118.]
- [25] 游猎. 农村人居空间的“收缩”和“精明收缩”之道: 实证分析、理论解释与价值选择. 城市规划, 2018, 42(2): 61-69. [YOU L. The way between "shrinking" and "smart shrinking" in the development of rural human settlements: Empirical analysis, theoretical explanation and value judgment. City Planning Review, 2018, 42(2): 61-69.]
- [26] 游猎. 中国农村人居空间变迁态势及“精明收缩”概念诠释与规划框架研究. 上海: 同济大学, 2017. [YOU L. On the general trends and planning agenda of rural human settlements in China: Towards "smart shrinkage". Shanghai: Tongji University, 2017.]
- [27] 李红波, 刘美豆, 胡晓亮, 等. 精明收缩视角下乡村人居空间变化特征及类型划分: 以江苏省常熟市为例. 地理研究, 2020, 39(4): 939-955. [LI H B, LIU M D, HU X L, et al. Characteristics and type classification of rural human settlement space change from smart decline viewpoint: A case study of Changshu city, Jiangsu province. Geographical Research, 2020, 39(4): 939-955.]
- [28] 吴菊, 郑俊, 张峰松. 2009年以来苏南地区乡村聚落空间变化特征与影响因素研究: 以常熟市为例. 杭州师范大学学报: 自然科学版, 2022, 21(2): 204-212. [WU J, ZHENG J, ZHANG F S. A study on the spatial changes and influencing factors of rural settlements in Southern Jiangsu since 2009: Taking Changshu city as an example. Journal of Hangzhou Normal University: Natural Science Edition, 2022, 21(2): 204-212.]
- [29] 李弘正, 王婧, 汪涛, 等. 常州市武进区乡村建设用地的渐进式整理策略. 规划师, 2020, 36(23): 82-89. [LI H Z, WANG J, WANG T, et al. Progressive reorganization of construction land in the countryside, Wujin district, Changzhou. Planners, 2020, 36(23): 82-89.]
- [30] 吴传钧. 论地理学的研究核心: 人地关系地域系统. 经济地理, 1991, 11(3): 1-6. [WU C J. On the research core of geography: The regional system of manland relationship. Economic Geography, 1991, 11(3): 1-6.]
- [31] 徐新良, 刘纪远, 张树文, 等. 中国多时期土地利用土地覆被遥感监测数据集 (CNLUCC). 中国科学院资源环境科学数据中心数据注册与出版系统, 2018, <http://www.resdc.cn>. [XU X L, LIU J Y, ZHANG S W, et al. Multi-period land use and land cover remote sensing monitoring dataset in China. Data center for resources and environmental sciences, Chinese Academy of Sciences, 2018, <http://www.resdc.cn>.]
- [32] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧, 等. 2010—2015年中国土地利用变化的时空格局与新特征. 地理学报, 2018, 73(5): 789-802. [LIU J Y, NING J, KUANG W H, et al. Spatio-temporal patterns and characteristics of land-use change in China during 2010-2015. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(5): 789-802.]
- [33] 万勇. 上海旧区改造三十年: 中国式现代化进程的样本、缩影与宝贵经验, <https://www.jfdaily.com/news/detail?id=517577>, 2022-08-15. [WAN Y. Three decades of old area reconstruction in Shanghai: Samples, miniatures and valuable experiences of the process of Chinese path to modernization, <https://www.jfdaily.com/news/detail?id=517577>, 2022-08-15.]

- [34] 叶继涛. 上海 PPP 实践探索及启示建议. 中国招标, 2016, (10): 7-11. [YE J T. Exploration of PPP practice in Shanghai and suggestions for inspiration. China Tendering, 2016, (10): 7-11.]
- [35] 田莉, 陶然. 土地改革、住房保障与城乡转型发展: 集体土地建设租赁住房改革的机遇与挑战. 城市规划, 2019, 43 (9): 53-60. [TIAN L, TAO R. Land reform, housing guarantee, and transition of uraba-rural development: Opportunities and challenges for developing rental housing in collective land. City Planning Review, 2019, 43(9): 53-60.]

Correlation characteristics and prospects of construction land and population changes in Shanghai

YOU Lie, LIU Xiao-qin, CHEN Rui-shan

(School of Design, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: The systematic study of the spatio-temporal coupling relationship between construction land and population serves as a theoretical basis for optimizing and adjusting policies related to construction land and population, ultimately enhancing the efficiency of land resource utilization. Utilizing four sets of census data since 1990 and multi-temporal land use remote sensing monitoring data, this study analyzes the spatial and temporal changes and coupling relationships between construction land area and population in Shanghai's urban area and its 16 administrative districts from 1990 to 2020, based on the population-construction land change rate model. The research findings are as follows: (1) Over the past 30 years, both construction land and population in Shanghai have expanded significantly, marked by intense change intensities, and exhibiting typical sprawl characteristics. (2) The population and land use changes in all 16 districts of the city simultaneously show spatial differentiation and geographic adjacency features. (3) While the intensity of changes in the suburban and outer suburban areas first increases and then decreases, some central urban areas experience a decrease in both population and land use. The results of the study reflect a phased characteristic of "compensatory initiation, expansive development, and contraction equilibrium" in the population and land use changes in Shanghai over the past 30 years. The study introduces concepts and calculation methods such as change intensity and elasticity for the first time, and incorporates geographic information to enhance result visualization. The research conclusions provide an evaluation method and value orientation for the relationship between people and land in mega-cities, offering reference for relevant policy formulation and planning.

Keywords: human-land relationship; population/construction land change rate model; human settlement spatial transition model; correlation characteristics; Shanghai