

长三角城市群城镇用地扩展时空 格局及驱动力解析

乔文怡 黄贤金¹

(南京大学地 理与海洋科学学院, 中国江苏 南京 210023)

【摘要】: 以长三角城市群为例, 运用城镇用地扩展强度及扩展强度差异指数、景观扩展指数、人口—土地协同度、经济—土地协同度等方法, 分析了 1980—2018 年长三角城市群城镇用地扩展格局的特征和扩展质量, 同时运用重心—GTWR 模型剖析各个时期不同发育等级城市的驱动因素。结果表明: (1) 1980—2018 年, 长三角城市群城镇用地扩展强度整体上呈现出下降—上升—下降的趋势, 并在 2005—2010 年出现高峰, 2005 年之前高速发展城市主要集中在上海、江苏、浙江等省市, 2010 年后安徽省各地市的城镇扩展强度开始上升, 经济增长是城镇用地扩展强度变化的核心驱动因子。(2) 长三角城市群城市扩展速度南部高于北部, 并有向北部转移趋势, 经济增长、教育水平和交通区位的驱动影响较大, 城镇用地创造的经济效率显著。(3) 长三角城市群城镇用地扩展以飞地式和边缘式模式并存为主, 空间发展模式逐渐向多核发展模式转变, 出现西部资源承接中心、中部教育中心、南部科技研发中心和东部资源配置中心四大功能核心组团。

【关键词】: 城镇用地扩展 驱动力 重心—GTWR 模型 区域一体化

【中图分类号】: F299.21 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2021) 09-0162-12

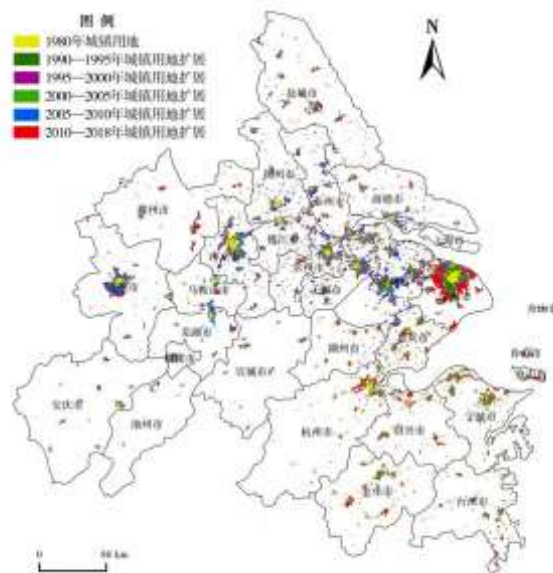
城镇用地的空间扩展是城镇化和土地利用变化最集中最直观的地理空间表现。改革开放促使城市的高级化发展, 城镇用地扩展呈现快速化、多样化。尤其是经济全球化的背景下, 城市群的主体地位愈加凸显, 成为国家参与全球竞争的地域单元^[1], 组团式的发展促使城镇用地扩展的速度和形式更加空前和复杂^[2], 不可避免会产生诸如建设用地无序无度扩张、生态环境毁坏等一系列问题。在生态文明建设和高质量发展要求下, 量化城市群城镇用地扩展的格局特征和驱动力机制, 是优化城市群发展规划和决策的必要条件。

纵观国内外, 城镇用地扩展格局及其机制研究始终是学者和政府关注的焦点, 研究的区域尺度既包含对全国范围的城市群的比较^[3], 也涵盖京津冀^[4]、长江三角洲^[5]、中原城市群^[6]等一系列国家级城市群, 以及不同发育等级的珠江三角洲^[7]、武汉城市群^[8]、长株潭城市群^[9]等。研究内容涵盖城镇扩展协同发展理论^[10,11], 以及带来的社会经济^[12,13,14,15]、生态^[16,17,18]、人口^[19,20]等方面的影响。研究方法上, 扩展强度指数及扩展差异指数、分形维数等是分析城镇扩展格局的基本方法, 驱动力分析更多地是采用回归分析^[21,22]、相关分析^[23]和主成分分析^[24]等传统方法。随着学科的交叉融合, 城镇扩展的时空异质性和复杂性逐渐引发了学者的重视, 以地理加权回归模型为基础衍生的 Logistic-GT-WR^[25]、重心-GTWR 模型^[26]以及耦合多要素的系统动力学模型^[27,28]被广泛采用。长三角城市群作为潜在的可以与世界五大城市群媲美的世界级城市群, 城镇用地表现出高密度、高强度的特征, 对其空间表

¹**作者简介:** 乔文怡 (1993-), 女, 河南新乡人, 博士研究生, 研究方向为城镇化与可持续发展。E-mail: qiaowenyid1@163.com; 黄贤金 (1968-), 男, 江苏扬中人, 博士, 教授, 研究方向为国土空间规划、资源地理与土地利用。E-mail: hxj369@nju.edu.cn

基金项目: 国家社会科学基金重大项目 (17ZDA061); 教育部人文社会科学研究规划基金项目 (19YJAZH023); 南京市社会科学基金项目 (20ZX01)

象及背后成因的探究几乎从未间断。宁越敏^[29]、顾朝林^[30]等一批学者最早展开对长江三角洲都市连绵区的特征和形成机制的研究,由于技术手段的限制,更加侧重理论和描述性的分析,为长三角城市群城镇用地扩展相关研究提供了基本的理论框架,引发了大量学者广泛的实证研究,并形成了一系列创新性研究成果。然而,针对长三角城市群城镇用地扩展的相关研究仍存在深入挖掘之处:(1)城镇用地扩展格局特征的分析局限于从城市群整体层面出发对城镇扩展面积、城镇扩展速度的数据描述,缺乏从城市群内部城市之间的相互联系的角度进行深入探讨;(2)相关的机制分析几乎没有关注到政策导向下城市核心驱动力的遴选和相应的主导模式;(3)忽视了城镇扩展的时间非平稳性。



1 数据来源与研究方法

以 2016 年国家发改委《长江三角洲城市群发展规划》为依据,本文所研究的长三角城市群包括 26 个城市,涉及上海市、江苏省 9 市、浙江省 8 市、安徽省 8 市(图 1)。研究时段为 1980、1995、2000、2005、2010 和 2018 年 6 个年份,矢量数据来源于地球系统科学数据共享服务平台—长江三角洲科学数据中心(<http://nnu.geodata.cn:8008/>),提取出大、中、小城市及县镇以上建成区用地。社会经济数据来源于历年的《上海统计年鉴》《江苏统计年鉴》《浙江统计年鉴》《安徽统计年鉴》,为保持计算统一,全部转换为 1990 年价。

1.2 研究方法

1.2.1 城镇扩展格局分析

城镇用地扩展强度和扩展差异指数。城镇用地扩展强度指数 (Urban Expansion Intensity Index, UEI) 和城镇用地扩展差异指数 (Urban Expansion Intensity Differentiation Index, UEDI) 分别从纵向和横向两个角度比较城市城镇用地的扩展强度、速度、状态^[8]。计算公式为:

$$UEI_i = \frac{U_i^{t_2} - U_i^{t_1}}{U_i^{t_1} \times \Delta t}, UEDI_i = \frac{|U_i^{t_2} - U_i^{t_1}| \times U_i^{t_2}}{|U_i^{t_2} - U_i^{t_1}| \times U_i^{t_1}} \quad (1)$$

式中: UEI_i、UEDI_i 分别表示城镇用地扩展强度指数、城镇用地扩展差异指数; U_i^{t1}、U_i^{t2} 表示第 i 个城市在研究时段 t₁、t₂ 的城镇用地面积; U^{t1}、U^{t2} 为研究时段 t₁、t₂ 城市群的城镇用地面积; Δt 为时间跨度。

景观扩展指数。景观扩展指数 (Landscape Expansion Index, LEI) 通过判别原有城镇用地与新增城镇用地的空间关系, 直观刻画了城镇用地扩展的动态过程^[3]。计算公式为^[3]:

$$LEI_u = L_u / P_u \quad (2)$$

式中: LEI_{it} 为景观扩展指数; L_{it} 为新增城镇用地与原有城镇用地的共同边界长度; P_{it} 为新增城镇用地的周长。一般来说, 可将城镇用地扩展模式划分为三种类型: (1) 飞地式扩展 (LEI_{it}=0), 新增城镇用地独立于原有城镇用地之外; (2) 边缘式扩展 (0<LEI_{it}≤0.5), 新增城镇用地出现在原有城镇用地边缘并向外延伸; (3) 填充式扩展 (0.5<LEI_{it}≤1), 新增城镇用地在原有城镇用地内部的空隙。

1.2.2 城镇扩展质量分析

高质量的城镇用地扩展要求以较少的建设用地承载较多的人口、创造较高的经济收益^[33, 34]。本研究利用“人口—土地”协同发展系数和经济弹性系数来分析城镇用地扩展质量。

城镇用地与人口协同发展系数。通过计算新增城镇用地和原有城镇用地的人口密度的相对变化值, 来分析城镇用地扩展过程中的人口—土地协同程度, 其公式为:

$$P_u = \frac{P_{new}}{P_{original}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: P_{it} 为人口—土地协同指数; P_{new}、P_{original} 分别为新增、原有城镇用地的人口密度。

经济弹性系数。通过计算城镇用地扩展与经济增长的相对变化, 分析城镇用地扩展的经济—土地协同程度, 其公式为^[34]:

$$L_{it} = \frac{\sqrt[n]{GDP_{it2}/GDP_{it1}} - 1}{\sqrt[n]{Land_{it2}/Land_{it1}} - 1} \quad (4)$$

式中： L_{it} 为经济—土地协同度指数； GDP_{it1} 、 GDP_{it2} 、 $Land_{it1}$ 、 $Land_{it2}$ 分别为城市 i 在研究时段 t_1 、 t_2 的 GDP 和城镇用地面积； n 为研究间隔年份。

参考相关文献^[3]，为探讨城市群城镇用地扩展是否紧凑、创造的经济效率是否高效，根据人口—土地协同指数 P ，将长三角城市群划分为三种类型：人口—土地基本协同（ $P=1$ ）、人口快速增长型（ $P>1$ ）、土地过快扩张型（ $P<1$ ）。同理，根据经济—土地协同度指数 L ，长三角城市群的城镇用地扩展可分为三类：土地扩张型（ $L<1$ ）、经济—土地基本协同型（ $1 \leq L < 5$ ）、经济增长型（ $L>5$ ）。

1.3 驱动机制分析

1.3.1 重心—GTWR 模型

重心—GTWR 模型是重心转移模型与 GTWR 模型的结合，充分考虑了城镇用地扩展的时间和空间的变化，以 (x, y, t) 距观测点 i 的时空距离，代替传统的空间坐标 (x, y) ，具体模型为：

$$Y_i = \beta_0(X_i^t, Y_i^t, T_i) + \sum_k \beta_k(X_i^t, Y_i^t, T_i) X_{ik} + \varepsilon_i \quad (5)$$

$$X_i^t = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i^t \times X_i)}{\sum_{i=1}^n U_i^t}, \quad Y_i^t = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i^t \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n U_i^t}, \quad (6)$$

式中： Y_i 为观测值； (X_i^t, Y_i^t, T_i) 为城市 i 的时空坐标； $\beta_0(X_i^t, Y_i^t, T_i)$ 为 i 点的回归常数； $\beta_k(X_i^t, Y_i^t, T_i)$ 为 i 点的第 k 个回归参数； X_{ik} 是独立变量 X_k 在 i 点的值，即模型指标体系中各个指标变量的值； ε_i 为残差； X_i^t 、 Y_i^t 分别为重心点经纬度坐标； X_i 、 Y_i 为城镇用地中心的经纬度坐标。

1.3.2 驱动因子的选取

城镇用地扩展演化的实质是经济全球化背景下城市分工的空间体现。综合来看，城镇用地扩展的驱动因子无外乎三大方面：自然地理环境、社会经济和政策制度，自然地理环境是城镇用地扩展的基本条件和限制因素，其影响基本保持不变；政策制度起着导向和决定作用，难以用指标进行准确衡量，因此，本文在选择因子时暂不考虑上述两大因素，社会经济因素是本研究拟关注的重点。鉴于行政单元数据在分析社会、经济数据时具有一定的优势，本文以行政区单元为研究尺度，分析长三角城市群不同城市发展的主导模式和核心驱动力。

城镇建设用地包括居住用地、公共管理与服务用地、工业用地、物流仓储用地、道路交通用地等，因此城镇用地扩展的社会经济驱动因子涉及方方面面。

生产总值是影响建设用地扩张的主要解释变量。1990 年代以来，在全球化的大浪潮中，长江三角洲地区成为全国经济增长的热点地区，产业结构的高级化发展和大量海内外投资，要求以更多的城镇用地来匹配^[35]。以 1994—2012 年为例，经济增长对长三角城市群城镇用地扩展的影响在 $p=0.01$ 的条件下分别达到 0.90^[36]。

城市人口的需求是城镇用地扩展的最初动力^[37]，社会消费品零售总额、医疗教育的完善程度是城市经济发展和城市居民生活水平的一种反映。人口的大量迁入和人们日益增长的美好生活需求无形中对住宅、商业服务、生活环境等各方面的物质文化需要也在增加，最终体现在用地需求上，间接地刺激了城市建设用地的扩张^[38]。此外，政府为吸引人才和引进产业的固定投入，均使得城镇建设用地明显扩展。

产业结构的调整与升级推进了城市第二、三产业的发展和第二产业向城市郊区的转移^[39]，从而大大加快了城镇工矿用地等建设用地的扩张和蔓延，第二、三产业产值对长三角城市群城镇用地扩展的影响在 $p=0.01$ 的条件下分别达到 0.86、0.91^[36]。

交通客运总量包括公路、铁路、水运、航空等方式，反映了一个城市的交通基础设施建设情况^[40]，即交通运输直接影响了建设用地扩张的延伸方向。

因此，本研究的城镇用地扩展的社会经济驱动因子涵盖人口、经济、交通、教育等多方面的指标。

1.3.3 数据处理

数据的处理方法为：运用相关分析检验因子的共线性，采用主成分分析对相关因子进行分类。城镇用地扩展强度、扩展差异和景观扩展指数等研究指标均为阶段性指标，自变量为末期与初期的差值，时间变量为末期时间点。

2 城镇建设用地扩展特征

2.1 城镇用地扩展强度时间演化特征

长三角城市群城镇用地扩展强度整体呈现出明显的阶段性特征，表现出下降—上升—下降的趋势，在 1995—2000 年最小，并在 2005—2010 年期间达到高峰，之后开始下降，表明长三角城市群逐渐往协同方向发展（图 2）。以苏州、湖州、宣城为分界线，以北各市的城镇扩展强度与整体的发展具有高度的一致性，以南各市在 2005—2010 年的城镇扩展强度反而最小。具体来说，1980—2018 年，各个城市的城市用地面积持续增加，但不同阶段城市群之间扩张强度存在差异。总体来说，宣城的扩张强度最高，为 0.254%，苏州、滁州、金华其次。1980—1995 年，各地市的 UEI 指数处于较低水平，上海作为国际经济金融中心，经济发展和城镇人口的迅速增长带来了城镇建设用地的快速扩展，其 UEI 最高，为 0.095%。其次为台州、苏州、宣城、常州；合肥、南京、杭州作为省会城市，具有良好的城镇建设基础，经济快速发展对城镇用地的需求更多的是对现有用地的提质和改造，UEI 均低于 0.03%。1995—2000 年，台州的 UEI 达到 0.082%，绍兴、湖州、宁波、嘉兴的 UEI 次之，杭甬交通干线周围地市得到发展。2000—2005 年金华市的 UEI 最高，为 0.355%，其次为嘉兴市、宁波市、安庆市、合肥市。城镇用地扩展促使人口增长，人口数量的激增又进一步加大了对城镇用地的需求，导致扩展强度达到峰值。2005—2010 年，各地市的 UEI 指数均处于较高水平，其中以芜湖的 UEI 最高，为 0.432%，宣城、泰州、池州、苏州次之。2010—2018 年，城市群的总体 UEI 指数处于最低水平，其中以舟山的 UEI 指数最高，为 0.249%，其次为湖州市、绍兴市，分别为 0.143%、0.112%，上海市、南京市、合肥市、杭州市的 UEI 均小于 1。

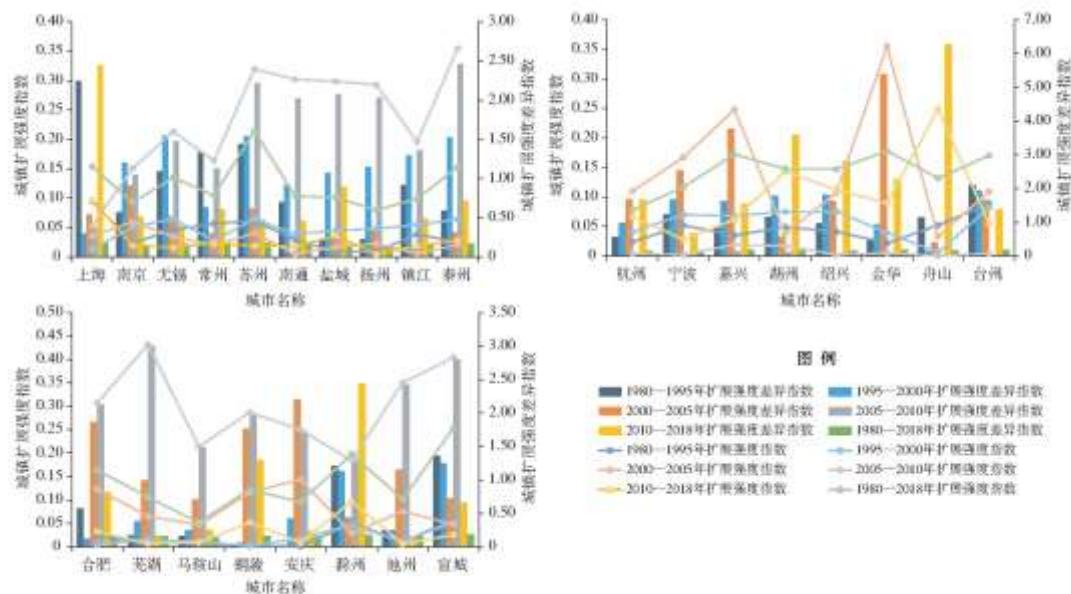


图 2 长三角城市群城市用地扩展特征

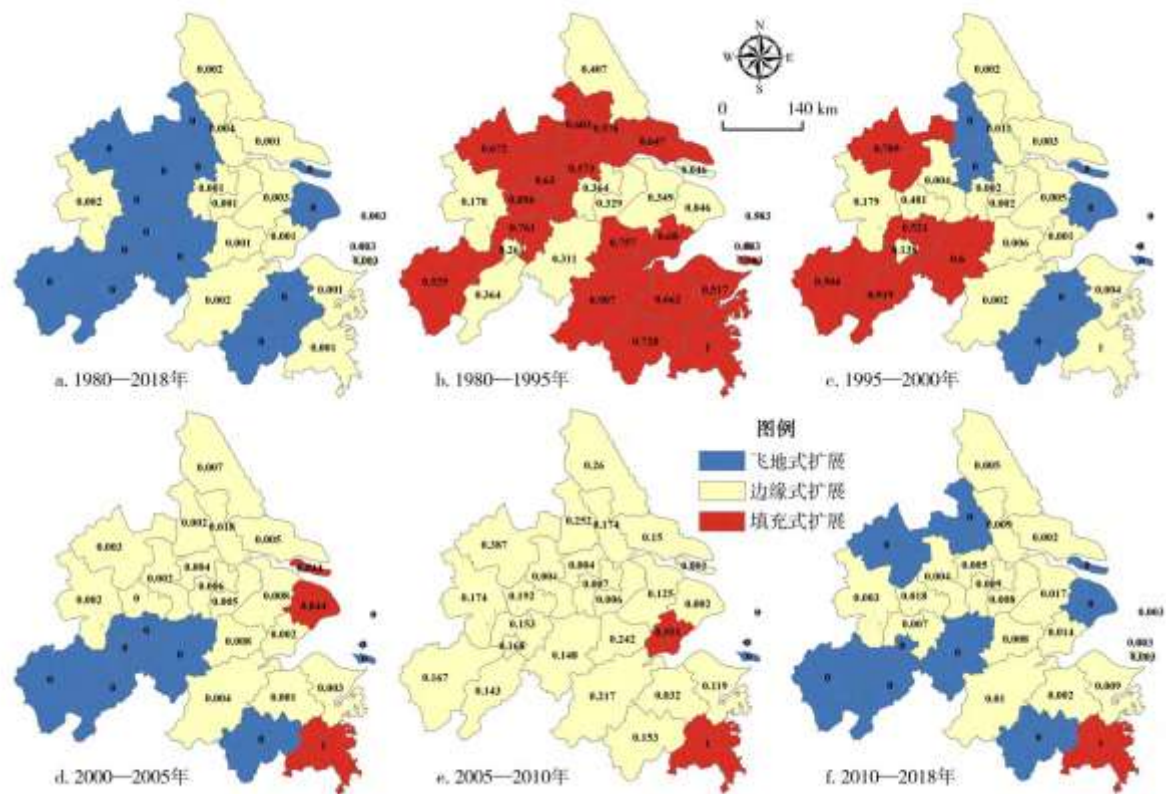
2.2 城镇用地扩展强度空间分异特征

直观来看，长三角城市群南部尤其是东南部区域发展速度高于北部区域，伴随时间推移，北部区域的发展速度开始提高，区域发展的中心逐渐向北移动（图 2）。城市群内部各个城市的发展速度、经济基础、功能地位以及发展方式的不同，导致区域内部城镇用地方式的不同，高速发展的城市如上海市、南京市、苏州市、杭州市等具有空间溢出效应。其中上海市在 1980—1995 和 2010—2018 年期间的发展速度较快，苏南各市城镇扩展差异保持一致的速度，浙江省各市在 2005—2010 年期间的发展速度差异较大。具体来说，1990—1995 年，上海、苏州、无锡、常州、宁波、湖州、舟山、台州、滁州、宣城的 UEDI 高于城市群的平均值 1.000。1995—2000 年期间，苏南、浙东北以及安徽的滁州、宣城等地市的 UEDI 高于城市群的平均值，其他城市 UEDI 介于 0.058~0.981 之间，均低于整个城市群的平均值，其中以苏州市的扩张速度最快，城镇用地面积由 445.854km² 增加到 337.047km²。安徽省滁州等地市靠近南京，受其辐射影响大，UEDI 变化幅度自 1990 年一直保持较高水平。2000—2005 年期间，金华市、浙东北地区以及安徽的西南地区各地市的 UEDI 高于城市群的平均值，其中以金华市的最高，达到了 5.398，城镇用地面积由 221.879km² 增加到 80.009km²；其他城市 UEDI 介于 0.069~0.914 之间。2005—2010 年期间，江苏省各地市的 UEDI 高于城市群的平均值，其余地市的 UEDI 介于 0~0.367 之间，其中以苏州市的城镇用地扩展速度最快，面积由 536.916km² 增加到 1395.899km²。2010—2018 年期间，上海市、浙江省各地市以及安徽省的铜陵市、滁州市的 UEDI 高于城市群的平均值，上海市是该时期城镇用地面积扩张最快的城市。上海因高行政级别，发展基础好，吸进资金、技术、人才等生产要素的成本低，城镇土地扩展强度保持在高水平。而浙东北地区部分地区被划为生态涵养区，城镇扩展受到一定的限制，但“沪宁—沪杭—杭甬”发展的“Z”字轴线上的城市城镇用地扩展始终较高。2000 年之后，安徽省、苏中等地区逐渐成为长三角重点开发区域和产业、人口转移的承载地，城镇用地需求加大。

2.3 城镇用地扩展形态特征

根据景观扩张指数计算 1980—2018 年长三角城市群 26 个地市的 3 种空间扩展模式（图 3）。整体上来说 1980—2018 年长三角城市群的城镇用地空间扩展以边缘式和飞地式扩展为主（图 3a），城市个数占比均为 50%，呈集聚发展态势。具体来看，1980—1995 年，现有城市以邻近作用为主，城镇用地扩展区域平稳发展，以填充式为主，城市个数占比达到 65.38%（图 3b）。1995—2005 年，LEI 介于 0~0.5 之间的城市比重由 53.85% 上升到 92.31%，城市发展逐渐变得合理规范，飞地式扩展大幅减少，取而

代之以边缘式为主，城市群经历了集聚过程，城镇用地格局更加紧凑。受经济全球化的影响，上海市、南京市等核心区域周边出现多个卫星城以及区位优势明显的新城、新区等，城镇用地扩展有了更多的增长极，如安徽省的芜湖、马鞍山、安庆、池州、宣城等地市。2010—2018 年间，边缘式和飞地式扩展模式共同作用，成为该时期长三角城市群城镇用地扩展的主要模式。其中飞地式扩展模式的城市个数占比为 30.77%，边缘式扩展占比达到 69.23%。表明该时期长三角城市群开始集聚发展，城镇用地扩展区域逐渐稳定在上海市、苏南、杭州市等各省会的核心区域。



2.4 城镇用地扩张质量分析

城镇用地扩展是人口增长、社会经济作用下而产生的地理空间表现，本文以城镇用地扩张与人口增长、经济增长的协调程度分析长三角城市群城镇扩张质量。

人口—土地协同度表明（图 4a），长三角城市群各地市基本上属于土地快速扩张型，不同时期不同城市的土地承载人口效益存在差异。具体来说，1980—2005 年，人口土地协同度呈波动增长趋势，2005 年之后协同程度增强。其中 1980—1995 年期间，属于人口—土地基本协同发展的只有安庆市；南京市、杭州市、合肥市、芜湖市、马鞍山市、铜陵市均属于人口快速增长型。1995—2000 年期间，马鞍山市属于人口—土地基本协同，合肥、上海市、铜陵市属于人口快速增长。2000—2005 年期间，只有上海市属于人口—土地基本协同，其他地市均属于土地扩展型，国家相关政策的倾斜，吸引企业向长三角城市群布局，城市群的用地规模迅速增加，低密度扩张现象显著。2005—2018 年期间，随着经济的发展，城镇用地扩展与人口城镇化的协同程度逐步强化，城市群城镇用地开始由低密度向紧凑型转变，扩张质量有所提升。

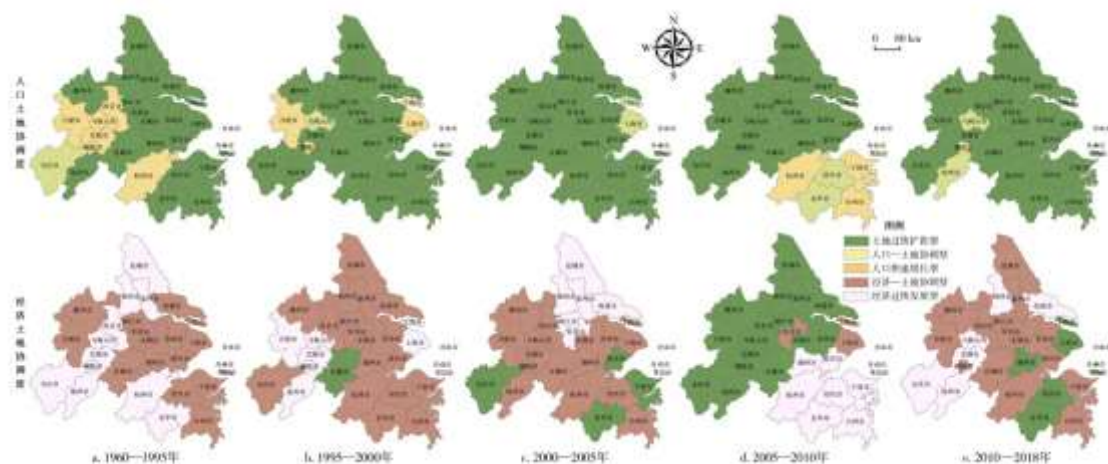


图4 长三角城市群城镇用地扩展质量

经济—土地协调度表明，长三角城市群大部分城市的经济增长等于或大于城镇用地的扩展，城市用地创造的经济效率显著，但不同时期不同城市的城镇用地经济效益存在差异。具体来说，1980—1995年期间，城市群所有城市的经济弹性系数大于1，整体上协同度较好，部分城市属于经济增长型。1995—2000年期间，只有宣城市属于土地扩张型。2000—2005年期间，上海市和江苏省各地市的经济弹性系数均大于1，浙江省和安徽省部分城市属于土地扩张型。2005—2010年期间，江苏省和安徽省位于土地扩张型的城市数量增多，2010—2018年上海市和浙江省部分地市属于土地扩张型。

3 城镇扩展驱动力变化分析

3.1 城镇用地扩展强度变化驱动力分析

长三角城市群城镇用地扩展强度受同一驱动力影响的城市范围随时间推移具有明显的收缩、转移特点（图5）。1980—1995年，中部地区的城镇用地扩展强度受到 F_1 （经济）的强烈作用，南京市、马鞍山市、宣城市以西地区受到 F_2 （交通）、 F_3 （教育）的影响，浙东南主要受到 F_4 （第一产业）、 F_5 （二、三产业主导）的影响。1995—2000年期间，皖南地市的城镇用地扩展受到 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 的综合驱动作用， F_1 、 F_2 、 F_3 的影响范围分别向西、东南、南方向各地市迁移， F_4 、 F_5 的影响范围在上一时期基础上扩大。2000—2005年期间，苏州市、湖州市、杭州市一线及其以东区域的城镇用地扩展受 F_2 、 F_3 的驱动作用强烈，扬州市、泰州市、盐城市、南通市等苏北地市受到 F_1 、 F_5 的共同影响， F_2 、 F_3 的影响范围继续向东南、南方向各地市迁移，且影响程度加深， F_4 的影响范围向皖南地区迁移。2005—2010年期间，滁州、马鞍山、宣城一线以西地区的城镇用地扩展强度受 F_1 、 F_3 、 F_5 的共同驱动，各个因子的影响范围均有所迁移。2010—2018年期间，各因子的驱动影响程度有所降低。总体来看， F_1 影响的城市范围呈缩小趋势，由中部向西、东南方向转移，城镇用地扩展的质量更加趋于集约高效； F_2 影响的城市范围呈缩小趋势，由西向东南、北部转移； F_3 影响的城市范围呈缩小趋势，由西北方向分散转移； F_4 影响的城市范围先扩大后缩小，主要在南部城市发挥作用； F_5 影响的城市范围由中部扩散到南北。

3.2 城镇用地扩展差异变化驱动力分析

城镇用地扩展差异的驱动力影响范围呈现有规律的分布且变化不明显（图6）。受 F_1 （经济）影响的城市主要集中在南通市、台州市、镇江市、南京市及其以北地区，经济的发展对土地利用的依赖程度相对较大，城市经济的发展更多依靠城镇用地的外延扩张以及公共基础设施的建设来推动和保障。受 F_3 （教育）、 F_4 （第一产业）影响的城市主要集中在滁州市、马鞍山市、芜湖市、宣城市一线及其以西地区，上海市、嘉兴市、湖州市、杭州市一线及其以东地区主要受 F_2 （交通）、 F_5 （二、三产业）因子的影

响。城镇化水平较高的地区会产生更高的交通需求和产业结构转化的速度，进一步促进城镇用地的扩展。城镇用地扩展差异的驱动因子有规律地分布，且具有强烈的地理邻近效应，反映了各城市发展定位的特点和差异。

3.3 城镇用地扩展形态驱动力分析

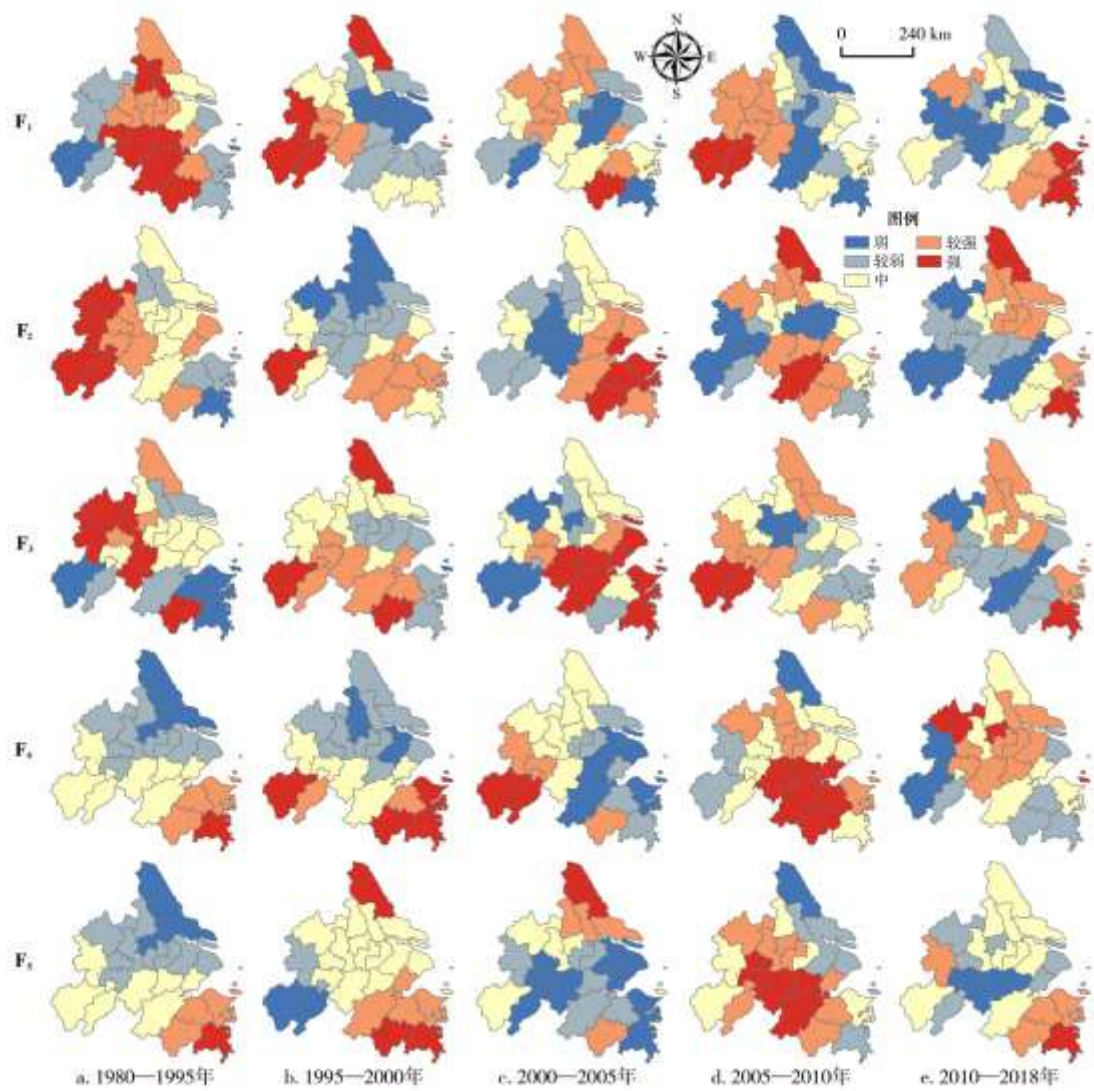


图 5 长三角城市群城镇用地扩展强度驱动影响变化

长三角城市群形态变化的驱动力影响范围随时间呈现出聚集、迁移的特征（图 7）。1980—1995 年，城镇用地扩展形态变化受 F₁、F₂ 影响强烈的区域主要集中在杭州市、镇江市；F₃ 主要对苏州市、常州市、南京市、滁州市等一线及以北地市的城镇用地扩展形态产生影响；F₄、F₅ 的影响格局基本一致，深刻影响着南京周边如滁州、马鞍山市、苏州市，以及上海和杭州等地市的城镇用地扩展形态。1995—2000 年，F₁ 的影响范围向西北迁移，主要集中在镇江、芜湖一线以南区域；F₂、F₃、F₅ 的影响范围扩大并呈现聚集态势，集中影响着浙江省各地市和苏常锡、上海等；F₄ 的影响范围呈缩小态势并趋于扩散。2000—2005 年，受 F₁ 影响的城市集中在浙东南、皖南地区；江苏各地市的城镇用地扩展形态受 F₂ 的影响开始增强；F₃ 的影响范围缩小并向皖南和浙东南方向转移，安徽省受 F₃ 的影响较大；F₄、F₅ 的影响格局基本保持不变。2005—2010 年之后，各个因子的影响程度均有所下降，至 2018 年，F₁、F₂ 对杭州市和皖南地市城镇用地扩展形态的影响较大，受 F₃、F₄、F₅ 影响的主要是苏南、苏中以及浙江省各地市。

3.4 城市群发展功能核心分析

无论在何阶段，城镇用地扩展都是多重速度、多种模式、多种形态的有机结合体，驱动因子之间的均衡与偏向性导致了不同时期城市用地主导特征的凸显。整体来看，经济、教育是长三角城市群城镇用地扩展的核心因子，经济、教育与二、三产业比重使得城市群内部存在差异，教育与二、三产业的结构始终是城市发展形态的驱动力。优越的地理位置和历史沿革赋予了上海良好的发展机遇，领先的经济、教育和发达的交通，促使其成为长三角城市群最具经济活力的资源配置中心。此外，在南京市、杭州市、合肥市等出现了较大的城市组团，其周围又衍生出大小不一的小组团。以杭州为核心的东南地区具有发达的经济和第三产业优势，成为长三角城市群的科技研发中心。西部以合肥为中心的安徽省，承接江苏、浙江、上海等经济溢出效应和人口流出的压力，成为城市群乃至全国性综合交通枢纽。中部以南京市为核心的苏南地区的优势在于发达的经济和领先的教育水平，协同上海、杭州等地成为科技培育的策源地。盐城市、扬州市、南通市等苏北地市依靠上海市的辐射和苏南的地理临近，主要承接相当部分的人口流入。

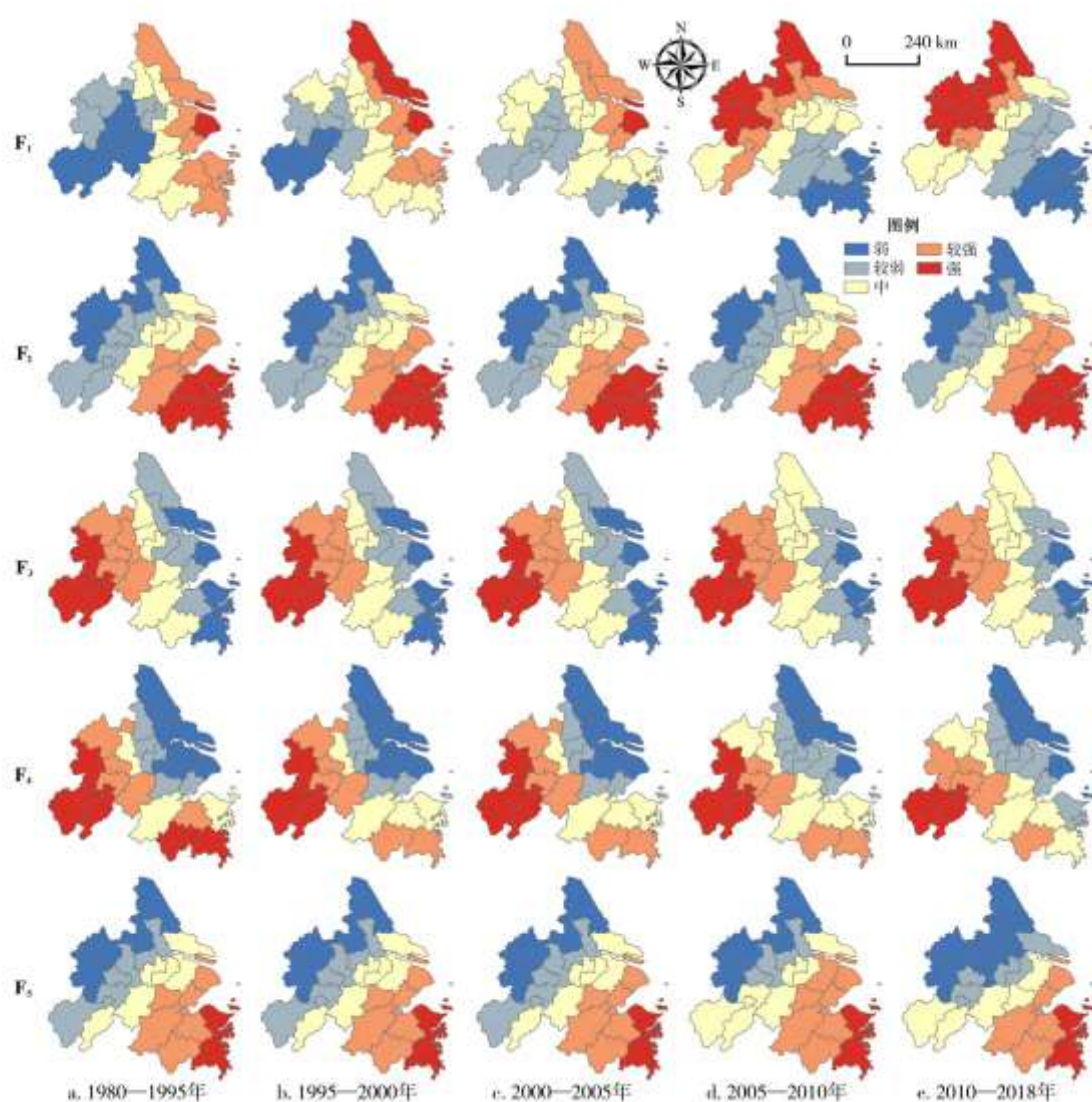


图6 长三角城市群城镇用地扩展差异驱动影响变化

4 结论与讨论

4.1 结论

本文通过城镇扩展强度指数、扩展差异指数、景观扩展指数等方法对城镇用地扩展的特征、质量等方面进行了研究，并利用耦合重心-GTWR 模型探讨各个城市的驱动机制，旨在凝结不同等级城市发展的核心功能定位。主要结论如下：

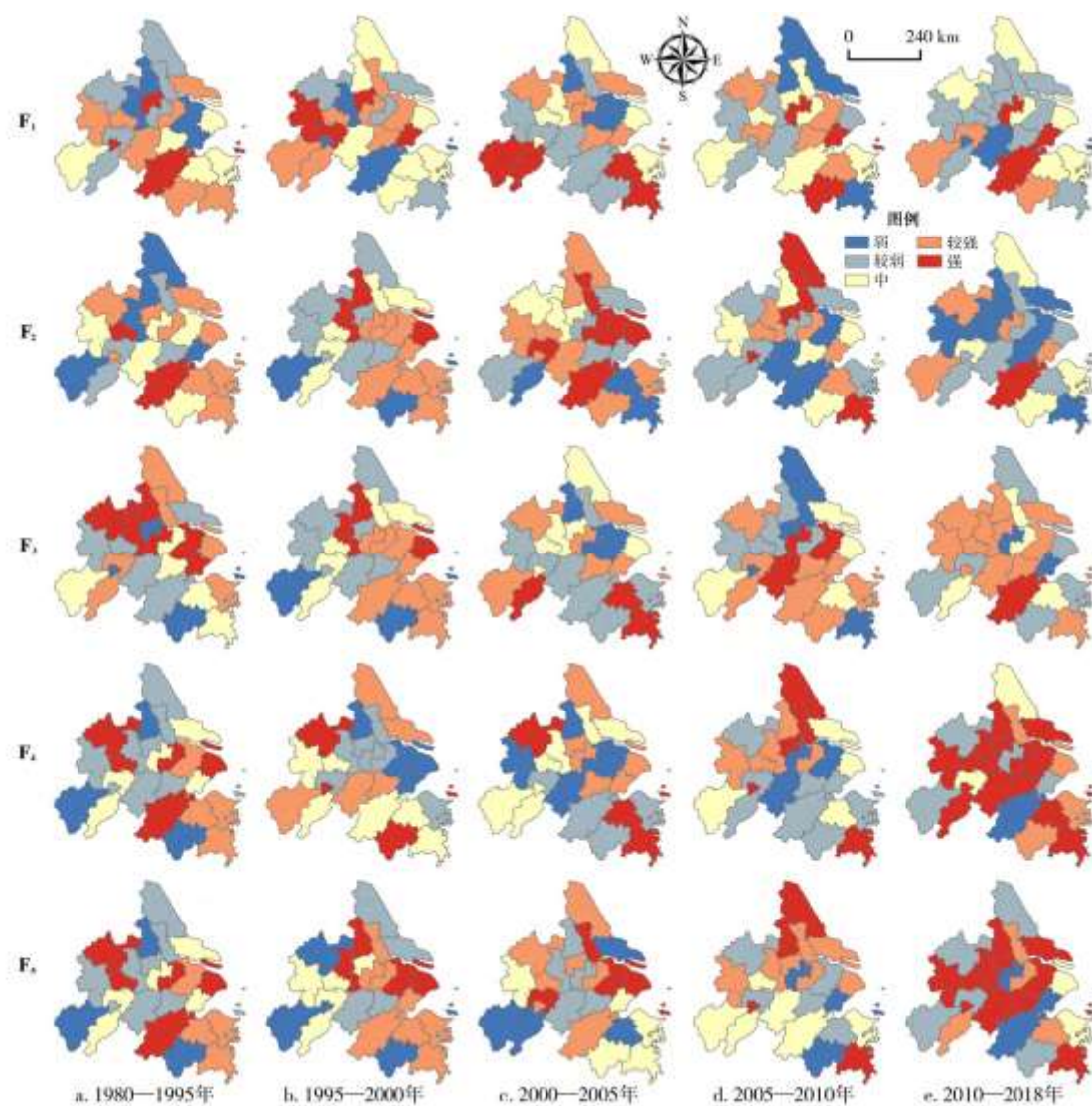


图 7 长三角城市群城市形态驱动影响变化

(1) 1980—2018 年，长三角城市群城镇用地扩张强度整体上呈现出下降—上升—下降的阶段性特征，即在未来一段时期内长三角城市群城镇用地扩展强度将会下降，经济、教育成为其变化的核心驱动因子。2005—2010 年期间长三角城市群城镇扩展强度出现高峰，苏州、湖州、宣城一线以北各市的城镇扩展强度与整体的发展具有高度的一致性，以南各市在 2005—2010 年的城镇扩展强度反而最小。高速扩展之后经济发展对用地的依赖性减弱，城镇用地集约化特征突出。

(2) 1980—2018 年，长三角城市群南部尤其是东南部城市发展速度高于北部区域，伴随时间推移，北部城市的发展速度开始提高，区域发展的中心逐渐向北移动。经济、教育与二、三产业比重的驱动影响较大。上海始终处于长三角城市群发展的核心地

位, 伴随经济的高速发展, 区域发展重心逐渐向北部转移, 形成上海市、杭州市、南京市、合肥市多核发展模式。

(3) 1980—2018 年, 长三角城市群城镇用地扩展模式以飞地式和边缘式模式并存, 呈现出原有城镇用地一填充式发展一边缘式发展一飞地式与边缘式共存的扩展过程, 教育与第二、三产业的结构始终是城市发展形态的驱动力。上海、苏常锡、杭州市、合肥市等核心城市的生长极效应明显, 对周边区域的辐射作用增强, 城镇用地扩展主要以边缘式进行圈层式蔓延, 其周围又衍生出大小不一的小组团。盐城市、扬州市、南通市等苏北城市依靠上海市的辐射和苏南的地理临近, 主要承接相当部分的人口流入。在此期间长三角城市群的人口—土地协同度经历了由 2000—2005 年的低密度扩展为主向集约、紧凑型转变, 城镇用地创造的经济效率显著。

(4) 在一体化和同城化的政策导向下, 长三角城市群城市核心驱动力存在差异导致一体化和同城化的提高受到限制。1980—2018 年, 上海、江苏、浙江的经济体量高于安徽, 伴随驱动因子在各城市的转移, 长三角城市群的发展模式逐渐转变, 出现了以江苏省为核心的教育中心、浙江省为核心的创新中心和交通枢纽中心, 同时各省并不独立, 地理的邻近效应促使形成了以南京市、杭州市、合肥市等为核心的大小不一的组团式发展的都市圈。

4.2 讨论

城市群日益成为国际区域竞争单元的主体。在工业化和城镇化的双轮驱动下, 未来长三角城市群的发展对城镇土地的需求量仍然较大。作为发达城市的代表, 经历过城镇扩张的快速发展时期, 得益于城市主义和紧凑型城市的兴起, 美国城市群的城镇扩展实现了高密度生长, 其经济贡献率达到全美的 67%^[41]。北美五大湖城市群在其极具特色的市场主导模式下, 形成了一个包括地方政府、环保组织等利益集团、专业团体、商业社区等利益相关者的多元化发展联盟。东北部大西洋沿岸城市群作为典型的核心理带发展模式, 多元化产业集聚特征明显。具有多中心格局的洛杉矶大都市区, 人口、就业的分散化发展模式打破了市区和郊区的传统规则, 其经济贡献率达到全美的 21%。为进一步提高长三角的人口—土地、经济—土地的协调度, 借鉴美国城市群的发展模式, 未来可从三个方面入手: (1) 创新城市合作模式。不拘泥于行政区划的限定, 长三角城市群内的各城市乃至与其他城市可组成合作互赢、互惠互利的城市增长联盟。(2) 提升城市群核心优势, 以主导产业及产业集聚影响周边地区发展。(3) 强化规划引导。紧凑型发展势必会带来诸如人口拥挤、交通堵塞、环境污染等社会和环境问题, 因此长三角城市群必须通过实现环境保护的务实政策有效利用其资源。

城镇用地扩展是一个涉及社会、经济、生态、环境、自然等多种要素的复杂系统, 尤其是建设用地扩展过程中对耕地、林地等占用以及系统中不同土地类型之间的转换。本文主要从宏观层面研究长三角城市群的空间演变过程, 未来需进一步搜集和处理有关城市内部不同功能用地资料, 力争从城市内部探索不同功能用地的空间布局对城镇用地扩展的影响, 系统揭示城市空间扩展驱动机理, 进而采用系统动力学等方法模拟预测在不同政策情景下城镇用地扩展的未来趋势和相应的资源配置情况。同时如何进一步表征长三角城市群空间结构的联系性和网络化的发展, 打造多核心带动、整体协同发展值得深究。

参考文献:

- [1] 方创琳, 宋吉涛, 张蕾, 等. 中国城市群结构体系的组成与空间分异格局[J]. 地理学报, 2005, 65(5): 827-840.
- [2] 方创琳. 中国城市群研究取得的重要进展与未来发展方向[J]. 地理学报, 2014, 69(8): 1130-1144.
- [3] 欧阳晓, 朱翔. 中国城市群城市用地扩张时空动态特征[J]. 地理学报, 2020, 75(3): 571-588.
- [4] 黄金川, 林浩曦. 京津冀城市群多情景空间演化模拟[J]. 地理研究, 2017, 36(3): 506-517.

-
- [5]车前进,段学军,郭焱,等.长江三角洲地区城镇空间扩展特征及机制[J].地理学报,2011,66(4):446-456.
- [6]魏石梅,潘竟虎,张永年,等.基于DMSP-OLS夜间灯光数据的中原城市群空间演变分析[J].人文地理,2019,34(6):71-81.
- [7]徐进勇,张增祥,赵晓丽,等.近40年珠江三角洲主要城市时空扩展特征及驱动力分析[J].北京大学学报:自然科学版,2015,51(6):1119-1131.
- [8]关兴良,方创琳,周敏,等.武汉城市群城镇用地空间扩展时空特征分析[J].自然资源学报,2012,27(9):1447-1459.
- [9]胡顺石,彭雨龙,秦建新,等.长株潭城市群植被指数动态变化及城市扩展对其影响分析[J].经济地理,2019,39(12):178-186.
- [10]方创琳.京津冀城市群协同发展的理论基础与规律性分析[J].地理科学进展,2017,36(1):15-24.
- [11]陆大道.京津冀城市群功能定位及协同发展[J].地理科学进展,2015,34(3):265-270.
- [12]姚士谋,王肖惠,陈振光.大城市群内新型城镇化发展的策略问题[J].人文地理,2015,30(4):1-5.
- [13]Li Jinghui,Fang Wei,Wang Tao,et al.Correlations between socioeconomic drivers and indicators of urban expansion Evidence from the heavily urbanized Shanghai Metropolitan Area,China[J].Sustainability,2017,9(7):1-13.
- [14]彭翀,常黎丽.湖南省县域城镇化时空格局及其经济发展相关性研究[J].经济地理,2013,33(8):73-78.
- [15]李佳洺,张文忠,孙铁山,等.中国城市群集聚特征与经济绩效[J].地理学报,2014,69(4):474-484.
- [16]方创琳,周成虎,顾朝林,等.特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J].地理学报,2016,71(4):531-550.
- [17]Pineda Jaimes N B,Bosque Sendra J,Gomez Delgado M,et al.Exploring the driving forces behind deforestation in the state of Mexico(Mexico)using geographically weighted regression[J].Applied Geography,2010,30(4):576-591.
- [18]崔木花.中原城市群9市城镇化与生态环境耦合协调关系[J].经济地理,2015,35(7):72-78.
- [19]刘欢,邓宏兵,李小帆.长江经济带人口城镇化与土地城镇化协调发展时空差异研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(5):160-166.
- [20]杨建涛,高建华,史雅娟.基于PIL的中原城市群城镇化演进与态势研究[J].中国土地科学,2014,28(3):59-66.
- [21]Hamdy O,Zhao S,Osman T,et al.Applying a hybrid model of markov chain and logistic regression to identify future urban sprawl in Abouelreesh,Aswan:A case study[J].Geosciences,2016,6(4):1-17.
- [22]谢花林,李波.基于logistic回归模型的农牧交错区土地利用变化驱动力分析——以内蒙古翁牛特旗为例[J].地理研

究, 2008(2):294-304.

[23] Salvati L, Venanzoni G, Serra P, et al. Scattered or polycentric? Untangling urban growth in three southern European metropolitan regions through exploratory spatial data analysis[J]. *Annals of Regional Science*, 2016, 57(1): 1-29.

[24] Son N T, Chen C R. Urban growth mapping from Landsat data using linear mixture model in Ho Chi Minh City, Vietnam[J]. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2012, 6(1):100-106.

[25] 王海军, 刘艺明, 张彬, 等. 基于 Logistic-GTWR 模型的武汉城市圈城镇用地扩展驱动力分析[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(19):248-257.

[26] 王海军, 张彬, 刘耀林, 等. 基于重心-GTWR 模型的京津冀城市群城镇扩展格局与驱动力多维解析[J]. *地理学报*, 2018, 73(6):1076-1092.

[27] 乔文怡. 长三角城市群城镇化进程中的土地利用变化与预测研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2019

[28] Hernandez-Flores M D L L, Otazo-Sanchez E M, Galeana-Pizana M, et al. Urban driving forces and megacity expansion threats: Study case in the Mexico City periphery[J]. *Habitat International*, 2017, 64:109-122.

[29] 宁越敏, 施倩, 查志强. 长江三角洲都市连绵区形成机制与跨区域规划研究[J]. *城市规划*, 1998(1):15-19.

[30] 顾朝林, 张敏. 长江三角洲都市连绵区性状特征与形成机制研究[J]. *地球科学进展*, 2001(3):332-338.

[31] Huang Bo, Wu Bo, Barry Michael. 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.

[32] 刘小平, 黎夏, 陈逸敏, 等. 景观扩张指数及其在城市扩展分析中的应用[J]. *地理学报*, 2009, 64(12):1430-1438.

[33] 杨艳昭, 封志明, 赵延德, 等. 中国城市土地扩张与人口增长协调性研究[J]. *地理研究*, 2013, 32(9):1668-1678.

[34] 许雪爽, 包安明, 常存, 等. 新疆重点城市建设用地扩张与人地配置协调性分析[J]. *经济地理*, 2017, 37(10):92-99.

[35] Bhatta B. Modelling of urban growth boundary using geoinformatics[J]. *International Journal of Digital Earth*, 2009, 2(4):359-381.

[36] 周艳, 黄贤金, 徐国良, 等. 长三角城市土地扩张与人口增长耦合态势及其驱动机制[J]. *地理研究*, 2016, 35(2):313-324.

[37] Lin Li, Yohei S, Haihong Zhu. Simulating spatial urban expansion based on a physical process[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2003(64):67-76.

[38] 李昶. 我国特大城市建设用地变化特征及其影响因素研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2013.

[39]He C. Land use change and economic growth in urban China:A structural equation analysis[J].Urban Studies, 2014, 51(13):2880-2898.

[40]闫梅, 黄金川. 国内外城市空间扩展研究评析[J]. 地理科学进展, 2013, 32(7):1039-1050.

[41]Qingsong He, Chen Zeng, Peng Xie, et al. Comparison of urban growth patterns and changes between three urban agglomerations in China and three metropolises in the USA from 1995 to 2015[J]. Sustainable Cities and Society, 2019, 50, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101649>.