



世界地理研究
World Regional Studies
ISSN 1004-9479, CN 31-1626/P

《世界地理研究》网络首发论文

题目：长株潭都市圈建设用地增长格局及驱动因素研究
作者：廖建军，李欣，王志远，张考，吕靖童
收稿日期：2021-3-9
网络首发日期：2021-09-07
引用格式：廖建军，李欣，王志远，张考，吕靖童. 长株潭都市圈建设用地增长格局及驱动因素研究. 世界地理研究.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1626.p.20210906.1512.002.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

长株潭都市圈建设用地增长格局及驱动因素研究

廖建军¹，李欣¹，王志远^{1,2,3*}，张考¹，吕靖童¹

(1. 南华大学建筑学院，湖南 衡阳 421001；2. 湖南省健康城市营造工程技术研究中心，湖南 衡阳 421001；3. 南华大学国土空间可持续发展研究中心，湖南 衡阳 421001)

摘要：研究建设用地增长格局对促进国土空间可持续高质量发展具有积极作用。采取扩张强度指数、等扇形法、空间自相关、PCA-STIRPAT模型、地理探测器，定量揭示1990-2018年长株潭都市圈建设用地增长格局特征及时空驱动因子。结果表明：①长株潭都市圈建设用地1990-2000年扩张缓慢，2000-2010年迅速扩张，2010-2018年缓速扩张。这三个阶段长株潭都市圈建设用地主要扩张方向不同，长沙都市区为东北-正东-西南，株洲都市区为西南-西南-正西，湘潭都市区为正南-东南-正北，可见受长株潭城市群一体化建设的影响，三市的扩张方向有向中心交汇地靠拢的趋势。②1990-2018年长株潭都市圈建设用地扩张整体呈集聚态势，长沙市望城区和长沙县是建设用地增长的热点区，株洲市渌口区与湘潭市湘潭县是建设用地增长的极冷点区。③建设用地扩张主导时间驱动因子是地方财政支出、固定资产投资、公路客运量、总人口、职工数量和专利授权数，综合来看社会经济投资、人口增长和科技进步是驱动建设用地扩张的重要动力；人口和GDP是建成空间扩张的主导空间驱动因子。

关键词：建设用地；增长格局；驱动因子；长株潭都市圈；PCA-STIRPAT模型；地理探测器

0 引言

随着城市化进程的推进，建设用地的扩张日益剧烈，成为影响生态文明和国土空间可持续发展的重要因素。目前，我国城市用地无序扩张引发了耕地资源被占用、生态空间被侵蚀等一系列问题和矛盾，而跃进式粗放型的国土开发方式更是加剧了土地资源的浪费。因此，如何有效的控制城市扩张，寻求城市化地区的可持续发展道路已成为当前城市发展的重要研究内容。都市圈地区作为当今中国城市化最为活跃的区域，探讨其城市建设用地发展规律和驱动因素，有利于促进下阶段城市建设用地健康发展和优化国土空间发展格局。

建设用地扩张时空特征和驱动因素是国内外学者关注的焦点问题。不同尺度上的城市用地扩张时空特征的方法探究具有明显的差异。在国家层面上，谈明洪等^[1]、王翠平等^[2]、张利等^[3]采用城市扩张速度指数、城市扩张强度指数、城市扩张幅度指数、城市建设用地扩展的弹性系数等指标对城市中各类数据变化进行分析。在区域层面上，蒋金亮等^[4]、曾永年等^[5]、Wahyudi 等^[6]运用扩张强度指数、扩张弹性系数、景观格局指数，焦利民等^[7]引入引力模型和空间句法，周艳等^[8]采用总体耦合态势模型、空间耦合特征模型对各区域的扩张特征进行分析。在城市层面上，国内外学者对于城市用地扩张时空特征研究更为精细。基于扩张强度指数，张修芳^[9]等提出年均扩张指数（AGI）、吕蕾等^[10]针对南京市江宁区提出城市扩张综合指数（UICI）、王海军等^[11]提出空间句法上的扩张强度指数（SS-EII）。基于景观格

收稿日期：2021-3-9；修订日期：2021-7-5

基金项目：国家自然科学基金（31901363）；湖南省社会科学基金（18YBQ106，17YBA344）；湖南省教育厅科学研究优秀青年项目（19B480）；

作者简介：廖建军（1965—），女，教授，硕士，主要从事生态规划研究，E-mail: 596002610@qq.com。

*通讯作者：王志远（1985—），男，讲师，博士，主要从事城乡空间规划研究，E-mail: wzhiyuan2005@yeah.net。

局指数, 焦利民等^[7]、刘小平等^[12]、张金兰等^[13]、杨振山等^[14]运用景观扩张指数、平均斑块面积指数、景观形状指数、平均分维指数、平均连接度指数对城市扩展特征进行分析。除此之外, 较多学者运用统计分析、数学模型等方法进行探究, 如匡文慧等^[15]、张新乐等^[16]、李明财等^[17]采用空间重心转移模型, 刘瑞等^[18]采用 Logistic 回归模型。关于驱动机制理论研究, 最早在国外划分为四类, 分别为自然机制、市场机制、社会价值机制和政治权利机制。国内学者们采用多种方法分析城市扩张驱动因素, 贾鹏等^[19]、谈明洪等^[20]、舒帮荣等^[21]通过构建回归模型和数学模型对研究区进行探究, 但研究结果只能解释某些因素对城市用地变化具有影响, 无法确定其影响力大小。罗迎新^[22]、徐启恒等^[23]、黄滢冰等^[24]采用主成分法、逐步多元线性回归等方法进行分析, 虽然可以得出具体的影响力系数, 但是无法体现空间分异性。关于时空双格局研究, 邵明等^[25]提出基于 GWR 模型对成渝城市群生态系统服务时空演变及驱动因素进行研究。马歆等^[26]运用灰色关联分析法分析中原城市群时空格局与驱动因素, 结果显示中原城市群城市用地扩张阶段性、波动性明显。可以看出, 目前学者们致力于改进研究方法以提升研究精度, 所选取的影响因子也越来越多, 但往往只考虑了单一维度上的驱动因素影响, 对于长时间跨度、大区域尺度地区的研究较少。

本研究以长株潭都市圈作为研究区域, 利用扩张强度指数、等扇形法、空间自相关、PCA-STIRPAT 模型、地理探测器等方法, 探讨长株潭都市圈 1990-2018 年建设用地扩张增长格局和驱动因子; 根据各市发展特征, 分析建设用地扩张方向, 诊断时空演化的驱动因素。研究结果可为该地区制定科学的土地利用政策, 并对其他同类都市圈的培育和发展提供参考。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域

1990-2018 年是改革开放后城市化与工业化最快的时期, 根据长株潭城市群区域规划, 选取长株潭城市群中土地覆盖变化最为剧烈的区域作为研究区, 其中包括长沙市岳麓区、芙蓉区、天心区、开福区、雨花区、望城区和长沙县; 株洲市天元区、荷塘区、芦淞区、石峰区和渌口区; 湘潭市岳塘区、雨湖区、湘潭县。该区域总面积 8626.08km², 人口 1575.08 万人, 已基本形成一小时通勤圈的城镇空间形态, 一体化程度较高, 是长江中游城市群重要组成部分, 湖南省社会经济发展核心增长极, 湖南省“十四五”规划提出加快推进长株潭一体化, 建设长株潭现代化都市圈(图 1)。

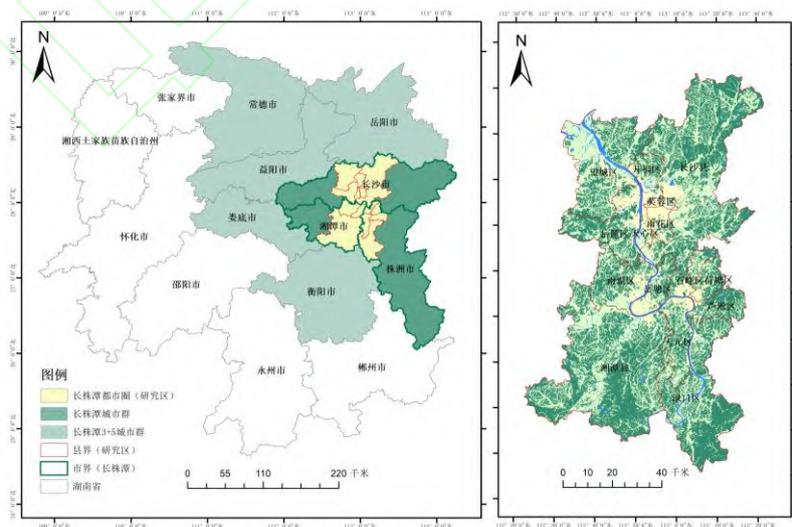


图 1 研究区示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the study area

1.2 数据来源

对长株潭都市圈 1990、2000、2010、2018 年 4 个时间节点的建设用地扩张进行监测，分 1990-2000 年、2000-2010 年、2010-2018 年三个阶段定量揭示长株潭都市圈建设用地增长格局及时空驱动因子。采用的数据主要包括：①长株潭都市圈土地利用数据，利用 Landsat4-5 TM（1990 年）和 Landsat7 ETM SLC-off（2000 年、2010 年、2018 年）遥感影像数据解译获得，提取出长株潭都市圈建设用地范围。并选取湖南省自然资源厅提供的 SPOT5 高分辨率遥感卫星影像，在 ENVI 5.1 进行解译精度的验证，验证结果显示精度达到了 90.8%，该解译精度可用于城市用地扩张的研究。②长沙、株洲、湘潭社会经济数据来源于《湖南省统计年鉴》（1990-2018 年）、《中国城市统计年鉴》和三市的国民经济和社会发展统计公报。GDP、固定资产投资、二三产业总产值、地方财政收入和支出等宏观层面价值量指标数据采用 GDP 平减指数进行消除价格因素处理，职工人均收入水平和人均社会零售总额等反映个人收入水平的微观层面数据使用消费者价格指数进行处理，各项数据均处理为 1990 年可比价。③高程和坡度数据来源于地理空间数据云，空间驱动数据来源于 OSM 地图，并进行欧式距离计算与归一化处理，1km 网格的人口和 GDP 分布数据来自中国科学院资源环境科学与数据中心（<http://www.resdc.cn>）。

2 研究方法

2.1 增长动态

增长动态采用城市空间增长速率和增长强度两个指标来进行描述。城市空间增长速率可在空间尺度上反映城市群扩展的数量特征^[27]；城市用地扩张强度指数可以反映同一地区建设用地不同时间段的增长强度，对比同一地区不同时期的建设用地扩张特征^[28]，公式为：

$$U = \frac{A^{t_2} - A^{t_1}}{A^{t_1} \times \Delta t} \quad (1)$$

式中：U 代表建设用地增长强度指数； A^{t_2} 、 A^{t_1} 分别代表 t_1 、 t_2 时间段建设用地面积；

Δt 代表 t_1 到 t_2 的间隔年份。

2.2 等扇形法

等扇形法是指以研究区的中心为圆心，以圆心距研究区最远点为半径，并选取适当的角度将研究区划分为若干相等的扇形区域，并与各个时期的城市用地扩展信息进行 GIS 叠加，通过计算不同方位的扩展强度来描述扩展强度的方向差异，最终得出城市建设用地扩展的方位分异格局^[29-32]。研究以长沙市五一广场、株洲市中心广场、湘潭市基建营为圆心，建立 8 个面积相等的扇形区域，统计各扇形区域内不同时期的扩张强度指数，分析各时期建设用地扩张的主要方向。

2.3 空间相关性分析

为了全面衡量建设用地增长的集聚或扩散特征，引入计量地理学常用的空间自相关模型 -Moran's I 指数^[33]，Moran's I 的取值范围为 $-1 \leq I \leq 1$ ，当 I 值越接近 1，表示建设用地增长呈现出集聚态势，当 I 值越接近于 -1，表示建设用地增长呈现出离散状态。

采用 Getis-Ord General G_i^* 测度建设用地扩展的局部关联特征，识别建设用地扩展的热点区（hot spots）和冷点区（cold spots）的空间分布格局^[34]，如果 $Z(G_i^*)$ 为正且显著，表明位置 i 周边的值相对较高（热点区）；如果 $Z(G_i^*)$ 为负值且显著，则表明位置 i 周边的值相

对较低（冷点区）。

2.4 PCA-STIRPAT 模型

城市发展受到经济、产业、人口、劳动力、交通等要素影响。GDP 可以衡量地区经济总量，地方财政支出和收入可以直接对城市建设进行公共干预，固定资产投资对产业结构具有影响，工业总产值和二三产业总产值可以反映产业比重，经济和产业的发展直接增大建设用地的需求量。公路通车里程和公路客运量可以反映该地区交通运输水平，交通是促使城市产生发展的重要条件和构成城市的主要物质要素。人口规模直接增加城市空间的需求量，职工数量与二三产业互相促进间接影响城市空间增长。职工人均收入水平和人均社会零售总额反映城市居民生活品质，是决定城市吸引力的重要指标之一。专利授权数反映城市科技水平，科技技术的发展对人力资本累积有促进作用，使产业结构发生变化。因此，研究选取了以下 13 个指标分析建设用地扩张的时间驱动因素（表 1），并采用 z-score 标准化法处理数据。

主成分分析（Principal Component Analysis）^[35]是因子进行降维处理，筛选出对长株潭都市圈建设用地扩张有主要影响的变量。由于这些变量之间彼此存在着相互影响及制约的关系，为防止数据的异方差性和多重共线性的问题，运用 STIRPAT 模型对原始数据进行了对数转换^[36-37]。

$$\ln(I) = f + b \ln(P) + c \ln(A) + d \ln(T) + g \quad (2)$$

I 代表的是建设用地面积，P、A、T 等自变量为通过主成分分析方法后得出的影响长株潭都市圈建设用地面积变化的驱动因子，f、b、c、d、g 分别为常数。

表 1 建设用地扩张时间驱动因素

Table 1 Time driving factors for construction land expansion

因素	建设用地扩张时间驱动因素	编号
经济发展	GDP	X1
	地方财政收入	X2
	地方财政支出	X3
	二三产业总产值	X4
	固定资产投资	X5
	工业总产值	X6
交通水平	公路通车里程	X7
	公路客运量	X8
人口	总人口	X9
劳动力	职工数量	X10
居民生活	职工人均收入水平	X11
	人均社会零售总额	X12
技术进步	专利授权数	X13

2.5 地理探测器

地理探测器是探测地理要素空间分异性以及揭示其背后驱动力的一种统计学方法^[38-40]。

其核心思想是基于这样的假设：如果某个自变量对某个因变量有重要影响，那么自变量和因变量的空间分布应该具有相似性^[41-43]。时间维度因子选取反映长时间跨度下总量的变化，空间维度因子反映空间分布情况。研究选取以下 8 个指标探究建设用地扩张的空间驱动因素（表 2）。GDP 和人口数量直接影响城市空间扩张，高程和坡度是自然限制条件，影响建设用地总量和布局，距水域距离属于地理区位约束型影响因素，距铁路、高速、国道距离属交通因素，交通改善可以促进社会经济发展。为消除纲量影响，在 ArcGIS10.2 中采用栅格计算器进行归一化操作。

地理探测器可探测某因子 X 多大程度上解释了属性 Y 的空间分异。地理要素空间分异性探测力指标用 q 值度量，其表达式为：

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (3)$$

式中：L 为因子 X 的分层，N 为整个区域的样本数量， N_h 为子区域的样本数量，L 为子区域的个数， $N \sigma^2$ 为整个区域的方差， $N_h \sigma_h^2$ 为次一级区域的方差。q 的值在[0,1]之间，q 的值越大表明因子 X 对因变量 Y 的解释力越强，反之则越弱。当 q=0 时，说明因子 X 与 Y 没有任何关系，当 q=1 时，表明因子 X 完全控制了 Y 的空间分布。

表 2 建设用地扩张空间驱动因素

Table 2 Spatial driving factors for construction land expansion

因素	建设用地空间驱动因素	编号
经济	GDP	X1
人口	人口	X2
自然条件	高程	X3
	坡度	X4
地理区位	距水域距离	X5
交通	距铁路距离	X6
	距国道距离	X7
	距高速公路距离	X8

3 长株潭都市圈建设用地增长格局

3.1 建设用地扩张时序演化特征

根据 1990、2000、2010、2018 年 4 期长株潭都市圈建设用地数据（图 2），以扩展面积、增长速率、增长强度等作为城市空间扩展统计分析指标，对长株潭都市圈扩展变化进行统计分析（表 3）。增长速率和增长强度整体呈现先增加后减小的趋势，增幅最大出现在 2000-2010 年，说明在此期间长株潭都市圈建设用地扩张经历了起步缓慢扩张-急速扩张-缓速扩张三个阶段。

表 3 长株潭都市圈建设用地扩张统计表

Table 3 Statistics on the expansion of construction land in CZT Metropolitan Area

指标	地区	1990-2000	2000-2010	2010-2018
扩展面积/km ²	长株潭都市圈	19.26	262.66	41.33
	长沙都市区	13.79	192.77	25.97
	株洲都市区	3.64	32.07	5.38
	湘潭都市区	1.84	38.10	9.99
增长速率/(%)	长株潭都市圈	192.62	2626.64	516.59
	长沙都市区	137.85	1927.70	324.62
	株洲都市区	36.44	320.66	67.19
	湘潭都市区	18.38	380.97	124.92
增长强度	长株潭都市圈	0.0100	0.1245	0.0109
	长沙都市区	0.0139	0.1703	0.0106

	株洲都市区	0.0071	0.0587	0.0077
	湘潭都市区	0.0044	0.0882	0.0154

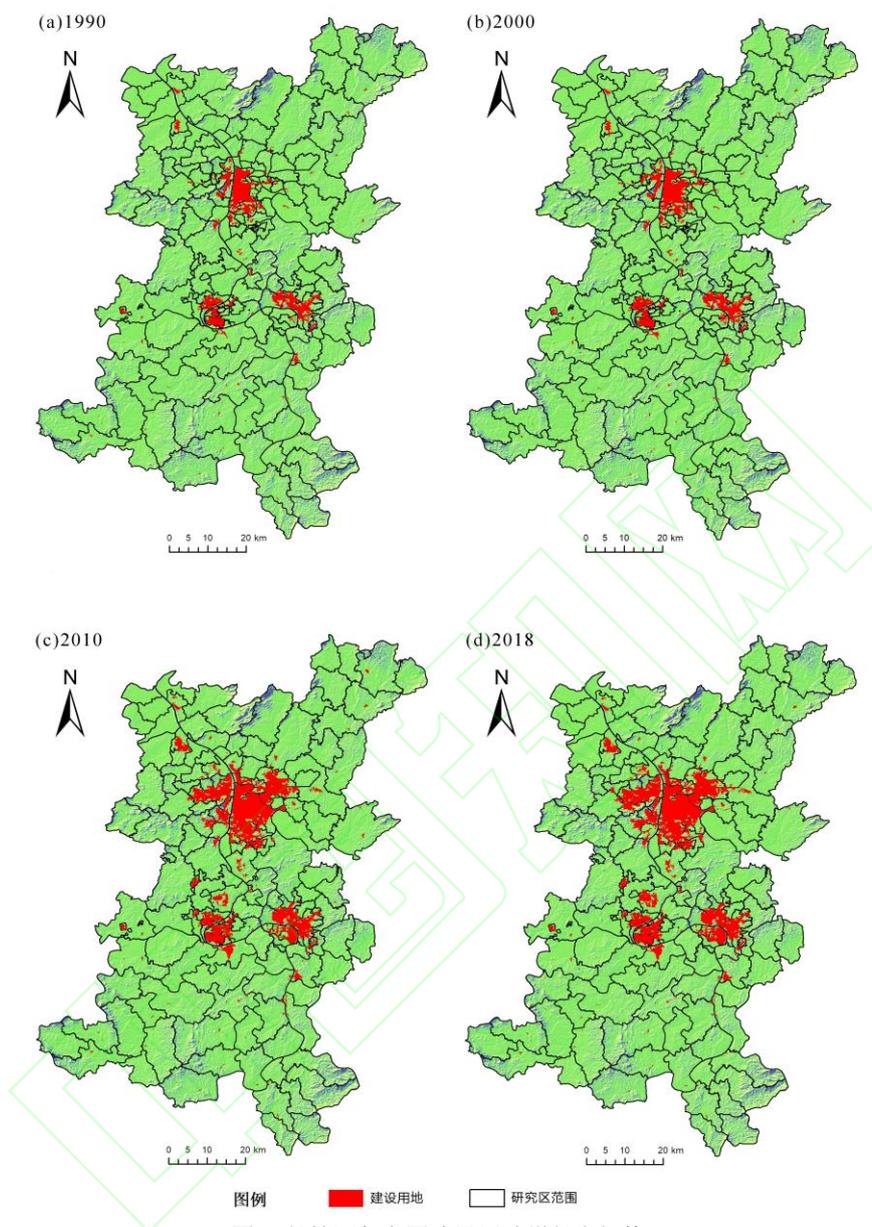


图 2 长株潭都市圈建设用地增长空间格局

Fig. 2 Spatial pattern of construction land growth in CZT Metropolitan Area

3.2 建设用地扩张空间演化格局

3.2.1 建设用地扩张方向

通过不同时期各扇形内的扩张强度雷达图,可以清晰地表现长株潭都市圈建设用地扩张差异性和主要方向(图3、图4)。

长沙都市区 1990-2000 年建设用地扩张强度最高的是东北方向,其次是正东方向,强度分别是 0.6534 和 0.5408,而扩张强度最低的是西南方向,仅为 0.0102。这一时期长沙都市区建设用地扩张较为缓慢,各方向发展差距不大。2000-2010 年建设用地扩张强度最高的是东北方向,其次是正东方向,强度分别是 7.0217 和 6.9621,而扩张强度最低的是西南方向,仅为 1.8737。这一时期长沙都市区各方向的扩张强度均大幅度提高,可以看出主城区主要向芙蓉区等地区扩张,火星街道、滩头坪、铁碑巷等地区的空间集聚明显。2010-2018 年建设

用地扩张强度最高的是正西方向，其次是西南方向，强度分别是 1.7859 和 1.3659，而扩张强度最低的是正北方向，仅为 0.3174。可以看出，其他方向强度指数整体减弱，但正西和西南方向建设用地增长明显，说明长沙都市区受长株潭城市群建设的影响，新增建设用地集中在南边，与株洲都市区、湘潭都市区联系更为密切。

株洲都市区 1990-2000 年建设用地扩张强度最高的是西南方向，其次是正南方向，强度分别是 0.2236 和 0.1894，而扩张强度最低的是西北方向，仅为 0.0039。这一时期株洲都市区城市建设用地扩张整体较为缓慢，但西南方向增长相对较快。2000-2010 年建设用地扩张强度最高的是西南方向，其次是正西方向，强度分别是 1.7795 和 1.4185，而扩张强度最低的是东北方向，仅为 0.1669。可以看出株洲都市区扩张强度指数大幅提高，西南方向的天元区建设用地扩张的最为剧烈。2010-2018 年建设用地扩张强度最高的是正西方向，其次是西南方向，强度分别是 0.4750 和 0.4618，而扩张强度最低的是东南方向，仅为 0.0059。这一时期其他方向的扩张较为缓慢，仅有正西和西南方向的用地扩张较为明显，可以看出新增建设用地主要集中在天元区。

湘潭都市区 1990-2000 年建设用地扩张强度最高的是正南方向，其次是东南方向，强度分别是 0.1289 和 0.1256，西北和正东方向未发生扩张，这一时期湘潭都市区建设用地扩张不明显。2000-2010 年建设用地扩张强度最高的是东南方向，其次是正北方向，强度分别是 1.8570 和 1.2585，而扩张强度最低的是西南方向，仅为 0.2710。这一时期湘潭都市区快速扩张，尤其是东南方向建设用地增长最为明显。2010-2018 年建设用地扩张强度最高的是正北方向，其次是东北方向，强度分别是 0.9163 和 0.5436，而扩张强度最低的是正西方向，仅为 0.0286。可以看出其他方向扩张强度均有减弱，但正北方向建设用地扩张尤为明显，说明湘潭都市区受长株潭城市群建设的影响，新增建设用地集中在北面，与长沙都市区联系更为密切。

总体而言，长株潭都市圈建设用地扩张方向逐渐受到长株潭城市群一体化建设的影响，有向三市交汇区集聚的趋势，整体性得到提升。

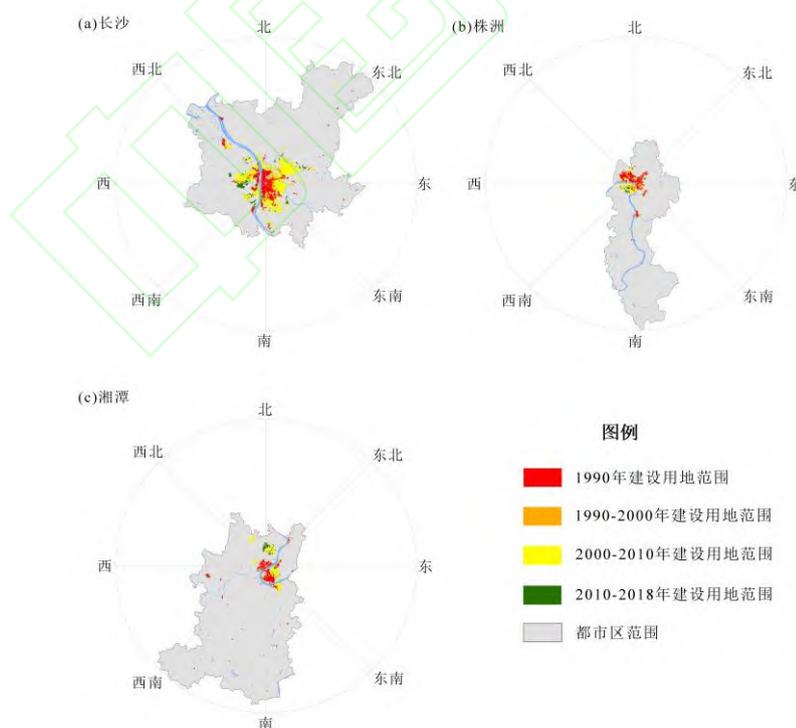


图 3 长株潭都市圈建设用地扩张方向示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the expansion direction of construction land in CZT Metropolitan Area

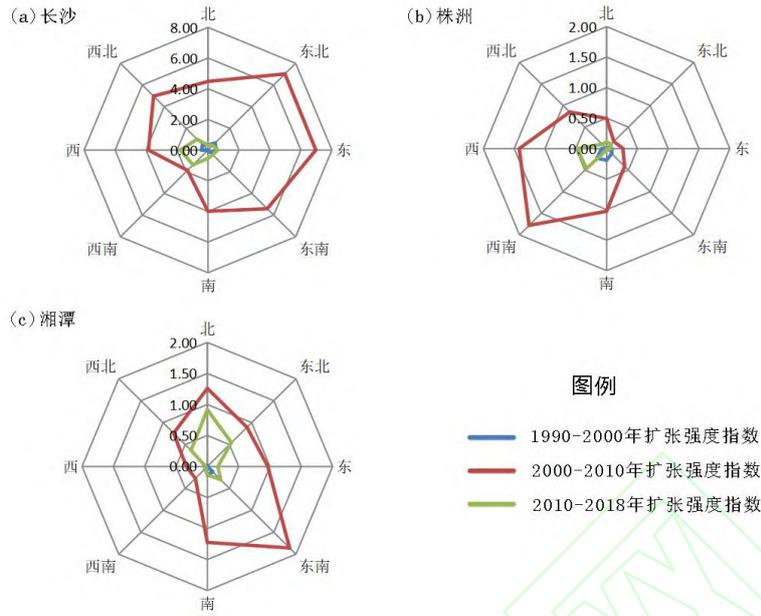


图 4 长株潭都市圈建设用地扩张方向雷达图

Fig. 4 Radar Map of the Expansion Direction of Construction Land in CZT Metropolitan Area

3.2.2 建设用地扩张空间格局

1990、2000、2010、2018 年的 Moran's I 指数分别是 0.1071、0.1219、0.0741、0.0470，Moran's I 指数均大于零，反映出长株潭都市圈建设用地扩张整体呈现集聚态势（图 5）。1990-2000 年 Moran's I 值上升，说明长株潭都市圈空间集聚特征有增强的趋势，在 2000-2018 年 Moran's I 值下降，说明长株潭都市圈空间集聚特征有减弱的趋势。

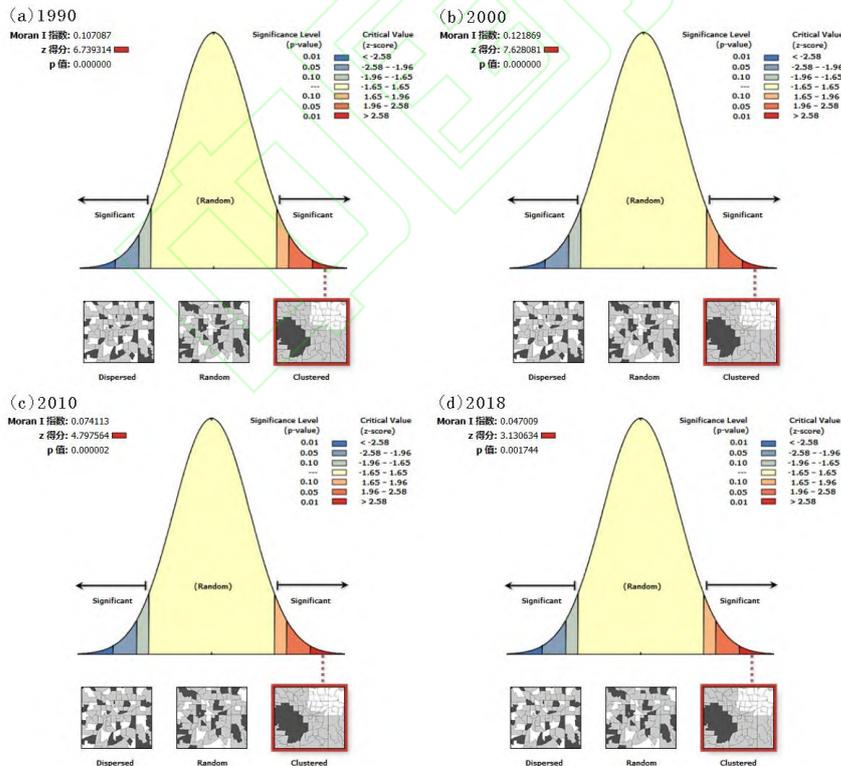


图 5 长株潭都市圈建设用地扩张 Moran's I 指数

Fig. 5 Moran's I index for the expansion of construction Land in CZT metropolitan area

采用自然断点法将热点分析结果划为 5 类，由高到低分为极热点区、热点区、中点区、冷点区、极冷点区，可以得到长株潭都市圈空间扩张冷热点区分布格局图（图 6）。

(1) 热点区由株洲转移至长沙，冷点区相对稳定。在 1990 年增长热点区大部分集中在株洲市石峰区、长沙市望城区和岳麓区。增长冷点区大部分集中在长沙县、湘潭县、株洲县。到 2000 年，长沙市望城区的极热点区缩小，同时冷点区增大。至 2010 年，长沙市长沙县和望城区极热点区增加，湘潭市雨湖区和天元区极冷点区增加。到 2018 年，极热点区主要分布在长沙市的莲花镇、含浦街道、学士街道、东山街道、黄兴镇、干杉镇、榔梨街道、黄花镇、长龙街道，极冷点区主要分布在长沙市双江镇、金井镇、高桥镇、白沙镇、福临镇、路口镇、果园镇、春华镇、安沙镇、北山镇、沙坪街道、观沙岭街道，株洲市渌口区、芦淞区和三门镇，湘潭市湘潭县、姜畲镇、长城乡、窑湾街道、岳塘街道、双马街道、下摄司街道、霞城乡和板塘街道。

(2) 热点区面积比例缩小，冷点区面积比例扩大。1990-2018 年热点区占总面积比例由 70.39% 缩小至 65.44%，冷点区占总面积比例由 15.99% 扩大至 19.22%。其中，极热点区比例由 50.50% 缩小至 46.05%，极冷点区从 4.72% 扩张至 6.70%。

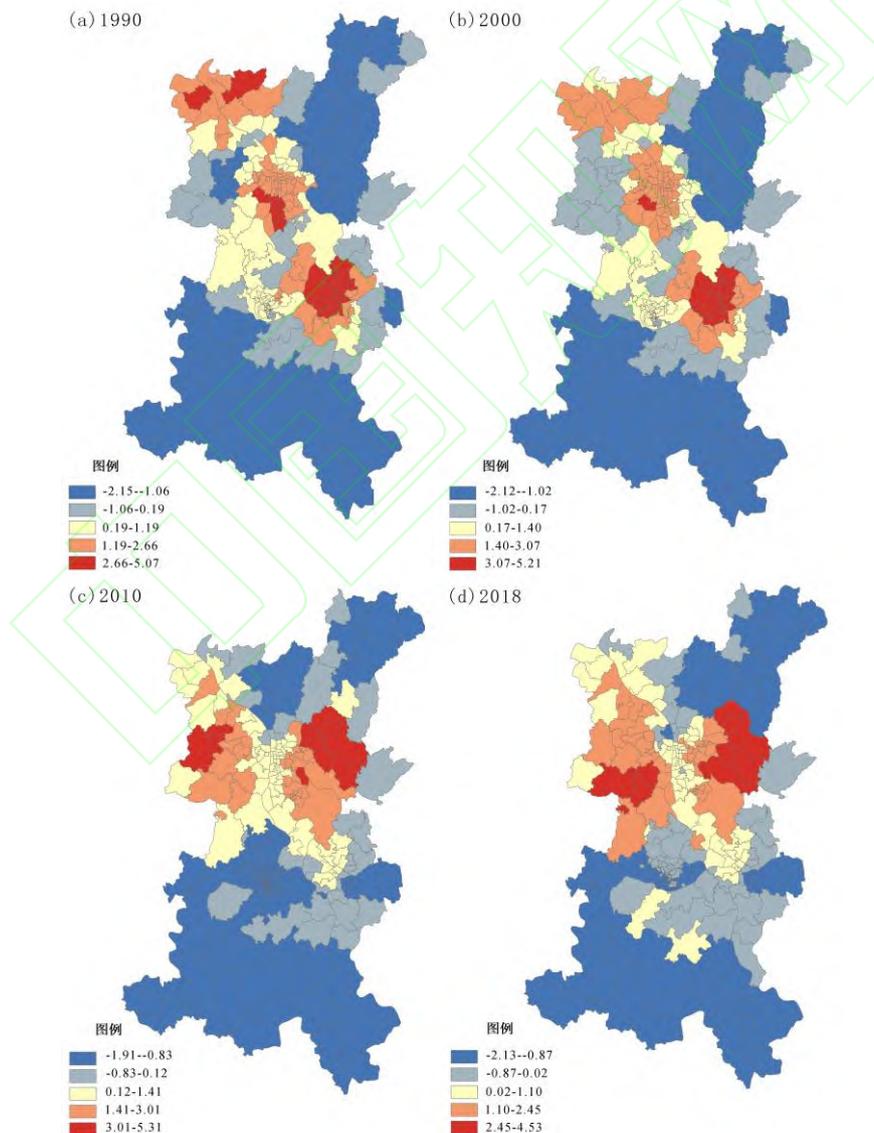


图 6 长株潭都市圈建设用地扩张冷热点区分布

Fig. 6 Distribution of cold and hot spots in the expansion of construction land in CZT metropolitan area

4 长株潭都市圈建设用地扩张驱动因素

4.1 时间演化驱动因素分析

利用 PCA-STIRPAT 模型，确定长株潭都市圈建设用地扩张的主导驱动因子，诊断长株潭都市圈建设用地扩张的时间驱动因素。得到长沙都市区 KMO 值为 0.8220，巴特利特球形度检验显著性为 0.00，检验通过。第一、第二主成分的初始特征值均大于 1，分别是 11.280、1.013，提取载荷平方和累积贡献率为 94.563%。说明原有变量的信息丢失较少，因子分析效果较为理想。由主成分荷载矩阵可知，第一主成分与 X2、X3、X6、X10、X13 等存在较大相关性，第二主成分与 X8、X11、X12 的相关性较高，荷载量绝对值均大于 0.80。将这些变量分别对应 STIRPAT 模型中的 P、A、T 等自变量，得出模型的 R² 为 0.976，指标系数均在 0.05 显著性水平下通过检验，可知方程拟合效果较为理想。因此，根据上述分析结果得出方程为：

$$\ln(y)=-2.972+0.210\ln(X3)+0.297\ln(X8)+0.351\ln(X10)+0.089(X13) \quad (4)$$

由此可知，地方财政支出（X3）的系数为正，说明地方财政支出与长沙都市区建设用地扩张面积变化成正相关，即地方财政支出提高一个百分点，长沙都市区建设用地面积增长 0.210%。公路客运量（X8）的系数为正，即该变量每增加一个百分点，长沙都市区建设用地面积增长 0.297%。职工数量（X10）的系数为正，说明该变量每增加一个百分点，长沙都市区建设用地面积增长 0.351%。专利授权数（X13）的系数为正，说明该变量每增加一个百分点，长沙都市区建设用地面积增长 0.089%。

株洲都市区 KMO 值为 0.851，巴特利特球形度检验显著性为 0.00，检验通过。第一、第二主成分的初始特征值均大于 1，分别是 9.795、1.808，旋转载荷平方和累积贡献率为 89.258%。说明原有变量的信息丢失较少，因子分析效果较为理想。由主成分荷载矩阵可知，第一主成分与 X2、X3、X5、X13 等存在较大相关性，相关系数均大于 0.920，第二主成分中 X8 和 X10 的荷载量绝对值大于 0.80。将这些变量分别对应 STIRPAT 模型中的 P、A、T 等自变量，得出模型的 R² 为 0.960，指标系数均在 0.05 显著性水平下通过检验，可知方程拟合效果较为理想。因此，根据上述分析结果得出方程为：

$$\ln(y)=-1.415+0.087\ln(X5)+0.332\ln(X8)+0.106\ln(X13) \quad (5)$$

由此可知，固定资产投资（X5）变量系数为正，说明固定资产投资与株洲都市区建设用地扩张面积变化成正相关，即固定资产投资提高一个百分点，株洲都市区建设用地面积增长 0.087%。公路客运量（X8）变量系数为正，说明公路客运量与株洲都市区建设用地扩张面积变化成正相关，即每提高一个百分点，株洲都市区建设用地面积增长 0.332%。专利授权数（X13）的系数为正，即该变量每增加一个百分点，株洲都市区建设用地面积增加 0.106%。

湘潭都市区 KMO 值为 0.781，巴特利特球形度检验显著性为 0.00，检验通过。第一、第二主成分的初始特征值均大于 1，分别是 9.588、1.875，旋转载荷平方和累积贡献率为 88.175%。说明原有变量的信息丢失较少，因子分析效果较为理想。由主成分荷载矩阵可知，第一主成分与 X3、X5、X6、X12、X13 等存在较大相关性，相关系数均大于 0.90，第二主成分中 X8、X9、X10 的荷载量绝对值大于 0.70。将这些变量分别对应 STIRPAT 模型中的 P、A、T 等自变量，得出模型的 R² 为 0.964，指标系数均在 0.05 显著性水平下通过检验，可知方程拟合效果较为理想。因此，根据上述分析结果得出方程为：

$$\ln(y)=-12.367+2.948\ln(X9)+0.126\ln(X13) \quad (6)$$

由此可知，总人口（X9）变量系数为正，说明总人口与湘潭都市区建设用地扩张面积变化成正相关，即总人口提高一个百分点，湘潭都市区建设用地面积增长 2.948%。地方财政收入（X13）的系数为正，即该变量每增加一个百分点，湘潭都市区建设用地面积增加

0.126%。

可以看出科技进步对三市的建设用地增长均产生了一定影响。长沙都市区建设用地增长受到经济产业发展、职工数量、交通通勤等各方面因素的综合影响，这是由于工业和经济的快速发展吸引了大量人口，而人口的大量涌入导致二三产业劳动力市场发达，进而引起工业、商业、服务业和交通运输业等行业迅速发展。株洲都市区除了受到经济产业发展的影响以外，也明显受交通通勤因素的驱动，这是由株洲市交通枢纽的性质决定的，快速的客货流动促进了城市发展。人口因素对湘潭都市区建设用地增长的影响较大，这是由于大量农村人口向城市涌入，从事非农生产活动，从而引起城市空间需求的扩张。

4.2 空间演化驱动因素分析

利用地理探测器中的因子探测器，对各因子指标进行探测，分析出空间格局中影响建设用地扩张的主要驱动力。各因子的决定力有明显的差别（图7），对长沙都市区驱动力最大的因素是GDP（0.4546）和人口（0.4294），其次是距国道距离（0.2101），可以看出人口集聚和经济增长是引起长沙都市区建设用地扩张的主要原因，经济增长直接促使城市土地更新、开发与建设，人口集聚也对城市中居住用地、商业服务设施用地、交通设施用地等用地的规模作出要求。对株洲都市区驱动最大的因素是距国道距离（0.5216），其次是GDP（0.3329）和人口（0.3270），可以看出株洲都市区受交通驱动明显，便捷的交通加速了株洲都市区的产业集中、物资流动与人口集中。对湘潭都市区驱动最大的因素是人口（0.6466）和GDP（0.6440），其次是距高速路距离（0.3936），可以看出湘潭都市区扩张模式和长沙类似，二三产业的发展导致经济增长与就业岗位的增加，人口迅速集聚导致湘潭都市区建设用地扩张。

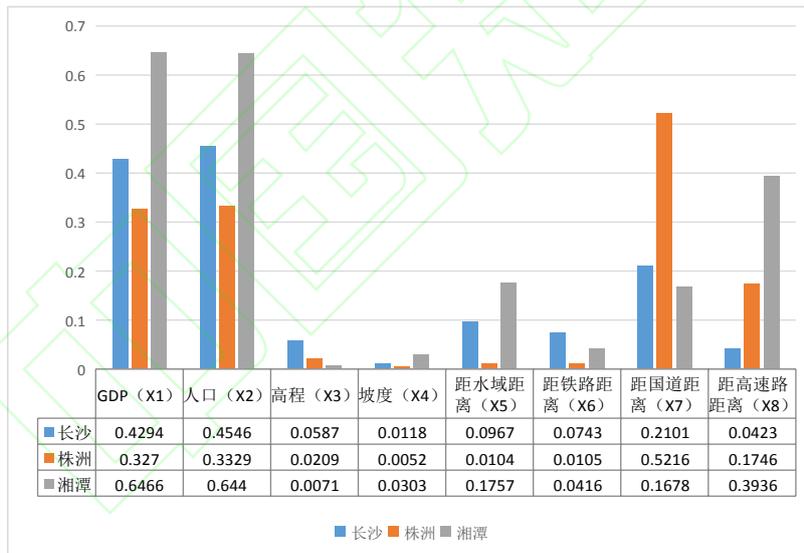


图7 长株潭都市圈建设用地扩张因子探测结果

Fig. 7 Detected results of expansion factors of construction land in the CZT metropolitan area

总体而言，人口因素与经济因素对建设用地扩张具有显著的正向驱动。人口增长具有直接驱动建设用地扩张的作用，例如流动人口和服务人口增长可以推动城市的工业化和城市化进度，城市人口增加直接导致城市空间需求的增加。经济因素表现为直接和间接两方面的驱动作用，一方面是经济发展模式决定产业的规模和空间布局，从而直接影响建设用地扩张；另一方面是经济发展水平的提升刺激人口增长，从而间接影响建设用地扩张。除此之外，交通因素也对城市空间扩展具有较强的牵引作用，交通改善直接提升沿线土地的经济价值，促使建设用地沿轴线扩张。

5 结论与讨论

5.1 结论

研究以长株潭都市圈为例,利用扩张强度指数、等扇形法、空间自相关、PCA-STIRPAT模型、地理探测器等方法,分析1990-2018年建设用地时空格局演变特征,探测建设用地扩张的驱动因素。主要结论如下:

(1)长株潭都市圈扩张速率和强度呈现先增强后减弱的变化趋势,1900-2000年为起步阶段建设用地扩展缓慢,2000-2010年为加速期建设用地扩展迅速,2010-2018年为控制期扩展速度下降但扩张方向均向三市交汇区靠拢。长沙都市区建设用地扩张幅度最高,对长株潭城市群一体化建设的影响最大。

(2)长株潭都市圈整体呈现集聚趋势,但是集聚程度先增强后减弱。长沙市长沙县和望城区成为建设用地扩张的极热点区,株洲市都市区、湘潭都市区建设用地扩张相对较慢。

(3)运用PCA-STIRPAT模型,诊断长株潭都市圈建设用地扩张的时间驱动因子和因素。建设用地规模扩张受到地方财政支出、固定资产投资、公路客运量、总人口、职工数量、专利授权数等变量的影响,可以看出社会经济投资、人口增长和科技进步对建设用地扩张的影响较大。

(4)利用地理探测器对空间数据进行探究,结果表明GDP和人口是长株潭都市圈建设用地扩张的主导驱动因子,交通驱动也对空间扩张起到了一定程度的影响,但距河流距离、高程和坡度等因素的决定力较低。

5.2 讨论

面对可持续发展的要求,我国开启了国土空间规划改革探索,城市及周边区域的建设用地增长仍将受到较高程度的关注。而国土空间优化仅靠边界管控是远远不够的,因为边界的管控并不能提高城市土地的增长效率,探索紧凑宜居的城市空间增长范式是未来国土空间规划的关键问题。本文研究内容可纳入到国土空间规划前期研究之中,通过分析建设用地的演变规律及发展特征,提出优化国土空间配置、提高土地利用效率的源头解决方案。同时,研究也可与建设用地监测平台结合,建立国土空间监测预警机制。

关于驱动因子的选取与量化,仍然是未来值得探索的热点。由于建设用地的增长受社会、经济、政策、生态等多方面的影响,如何根据各城市发展特点筛选出可行有效的影响因子是日后驱动因素研究的重点之一。除此之外,目前尚未有有效方法量化政策类因子的作用大小及变化规律。考虑到社会经济活动的复杂性,因子之间可能存在复杂的交互作用,其作用强度及机理仍需进一步研究。

参考文献 (Reference) :

[1]谈明洪,李秀彬,吕昌河.20世纪90年代中国大中城市建设用地扩张及其对耕地的占用.中国科学(D辑:地球科学),2004,34(12):1157-1165.[Tan Minghong, Li Xiubin, Lu Changhe. Expansion of construction land and its occupation of cultivated land in China's large and medium-sized cities in the 1990s. Science in China (Series D: Earth Sciences), 2004, 34(12):1157-1165.]

[2]王翠平,王豪伟,李春明,等.基于DMS/OLS影像的我国主要城市群空间扩张特征分析.生态学报,2012,32(3):942-954.[Wang Cuiping, Wang Haowei, Li Chunming, et al. Analysis of the spatial expansion characteristics of major urban agglomerations in my country based on DMS/OLS images. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(3): 942-954.]

[3]张利,雷军,李雪梅,等.1997-2007年中国城市用地扩张特征及其影响因素分析.地理科学进展,2011,30(5):607-614.[Zhang Li, Lei Jun, Li Xuemei, et al. Analysis on the characteristics and influencing factors of urban land expansion in China from 1997 to 2007. Advances in Geographical Sciences, 2011,30(5):

607-614.]

[4] 蒋金亮, 周亮, 吴文佳, 等. 长江沿岸中心城市土地扩张时空演化特征-以宁汉渝 3 市为例. 长江流域资源与环境, 2015, 24(9): 1528-1536. [Jiang Jinliang, Zhou Liang, Wu Wenjia, et al. Spatial and temporal evolution characteristics of land expansion in central cities along the Yangtze River-Taking Ning, Han and Chongqing as examples. Resources and Environment in the Yangtze River Basin, 2015, 24(9): 1528-1536.]

[5] 曾永年, 何丽丽, 靳文凭, 等. 长株潭城市群核心区城镇景观空间扩张过程定量分析. 地理科学, 2012, 32(5): 544-549. [Zeng Yongnian, He Lili, Jin Diploma, et al. Quantitative analysis of the urban landscape spatial expansion process in the core area of the Chang-Zhu-Tan urban agglomeration. Geographical Sciences, 2012, 32(5): 544-549.]

[6] Wahyudi A, Liu Y, Corcoran J. Combining Landsat and landscape metrics to analyse large-scale urban land cover change: a case study in the Jakarta Metropolitan Area. Journal of Spatial Science, 2019, 64(3): 515-534.

[7] 焦利民, 唐欣, 刘小平. 城市群视角下空间联系与城市扩张的关联分析. 地理科学进展, 2016, 35(10): 1177-1185. [Jiao Limin, Tang Xin, Liu Xiaoping. Association analysis of spatial connections and urban expansion from the perspective of urban agglomerations. Advances in Geographical Sciences, 2016, 35(10): 1177-1185.]

[8] 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. 地理研究, 2016, 35(2): 313-324. [Zhou Yan, Huang Xianjin, Xu Guoliang, et al. The coupling situation of urban land expansion and population growth in the Yangtze River Delta and its driving mechanism. Geographical Research, 2016, 35(2): 313-324.]

[9] 张修芳, 牛叔文, 冯骁, 等. 天水城市扩张的时空特征及动因分析. 地理研究, 2013, 32(12): 2312-2323. [Zhang Xiufang, Niu Shuwen, Feng Xiao, et al. Analysis of the temporal and spatial characteristics and motivation of Tianshui urban expansion. Geographical Research, 2013, 32(12): 2312-2323.]

[10] 吕蕾, 周生路, 任奎. 城市边缘区建设用地扩张空间特征及影响因素定量研究-以南京市江宁区为例. 地域研究与开发, 2008(3): 103-107. [Lv Lei, Zhou Shenglu, Ren Kui. Quantitative Research on the Spatial Characteristics and Influencing Factors of Construction Land Expansion in Urban Fringe-A Case Study of Jiangning District, Nanjing. Regional Research and Development, 2008(3): 103-107.]

[11] 王海军, 夏畅, 张安琪, 等. 基于空间句法的扩张强度指数及其在城镇扩展分析中的应用. 地理学报, 2016, 71(8): 1302-1314. [Wang Haijun, Xia Chang, Zhang Anqi, et al. Expansion intensity index based on space syntax and its application in urban expansion analysis. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(8): 1302-1314.]

[12] 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. 地理学报, 2009, 64(12): 1430-1438. [Liu Xiaoping, Li Xia, Chen Yimin, et al. Landscape expansion index and its application in urban expansion analysis. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(12): 1430-1438.]

[13] 张金兰, 欧阳婷萍, 朱照宇, 等. 基于景观生态学的广州城镇建设用地扩张模式分析. 生态环境学报, 2010, 19(2): 410-414. [Zhang Jinlan, Ouyang Tingping, Zhu Zhaoyu, et al. Analysis on the expansion model of urban construction land in Guangzhou based on landscape ecology. Journal of Ecological Environment, 2010, 19(2): 410-414.]

[14] 杨振山, 蔡建明, 文辉. 郑州市 2001~2007 年城市扩张过程中城市用地景观特征分析. 地理科学, 2010, 30(4): 600-605. [Yang Zhenshan, Cai Jianming, Wen Hui. Analysis on the characteristics of urban land landscape in Zhengzhou during the urban expansion process from 2001 to 2007. Geographical Sciences, 2010, 30(4): 600-605.]

[15] 匡文慧, 张树文, 张养贞, 等. 1900 年以来长春市土地利用空间扩张机理分析. 地理学报, 2005(5): 841-850. [Kuang Wenhui, Zhang Shuwen, Zhang Yangzhen, et al. Analysis on the mechanism of land use space expansion in Changchun since 1900. Acta Geographica Sinica, 2005(5): 841-850.]

[16] 张新乐, 张树文, 李颖, 等. 近 30 年哈尔滨城市土地利用空间扩张及其驱动力分析. 资源科

学, 2007(5): 157-163. [Zhang Xinle, Zhang Shuwen, Li Ying, et al. Analysis on the spatial expansion of urban land use in Harbin and its driving forces in the past 30 years. Resources Science, 2007(5): 157-163.]

[17] 李明财, 郭军, 熊明明. 基于遥感和 GIS 的天津建成区扩张特征及驱动力. 生态学杂志, 2011, 30(07): 1521-1528. [Li Mingcai, Guo Jun, Xiong Mingming. Features and driving forces of Tianjin built-up area expansion based on remote sensing and GIS. Journal of Ecology, 2011, 30(07): 1521-1528.]

[18] 刘瑞, 朱道林, 朱战强, 等. 基于 Logistic 回归模型的德州市城市建设用地扩张驱动力分析. 资源科学, 2009, 31(11): 1919-1926. [Liu Rui, Zhu Daolin, Zhu Zhanqiang, et al. Analysis on the driving force of urban construction land expansion in Dezhou City based on Logistic regression model. Resources Science, 2009, 31(11): 1919-1926.]

[19] 贾鹏, 杨钢桥. 城市用地扩张驱动力分析-以湖北省为例. 水土保持研究, 2006, 13(2): 182-185. [Jia Peng, Yang Gangqiao. Analysis of the driving force of urban land expansion-Taking Hubei Province as an example. Research on Soil and Water Conservation, 2006, 13(2): 182-185.]

[20] 谈明洪, 李秀彬, 吕昌河. 我国城市用地扩张的驱动力分析. 经济地理, 2003, 23(5): 635-639. [Tan Minghong, Li Xiubin, Lu Changhe. Analysis of the driving force of urban land expansion in my country. Economic Geography, 2003, 23(5): 635-639.]

[21] 舒帮荣, 李永乐, 曲艺, 等. 不同职能城市建设用地扩张及其驱动力研究-基于中国 137 个地级以上城市的考察. 南京农业大学学报(社会科学版), 2014, 14(2): 86-92. [Shu Bangrong, Li Yongle, Qu Yi, et al. Research on the Expansion of Construction Land in Different Functional Cities and Its Driving Forces-Based on a Survey of 137 Cities Above the Prefecture Level in China. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Science Edition), 2014, 14(2): 86-92.]

[22] 罗迎新. 广东梅州地区建设用地变化及其驱动力研究. 热带地理, 2009, 29(3): 268-273. [Luo Yingxin. Study on the changes of construction land and its driving forces in Meizhou, Guangdong. Tropical Geography, 2009, 29(3): 268-273.]

[23] 徐启恒, 黄滢冰. 珠三角典型地区城市扩张测度及驱动机制分析. 测绘科学, 2018, 43(1): 45-53. [Xu Qiheng, Huang Yingbing. Measurement of urban expansion and analysis of driving mechanism in typical areas of the Pearl River Delta. Science of Surveying and Mapping, 2018, 43(1): 45-53.]

[24] 黄滢冰, 南卓铜, 徐启恒, 等. 珠三角典型地区耕地流失特征及机制分析-以 1988 年~2013 年快速城市化的东莞市为例. 世界地理研究, 2017, 26(5): 44-55. [Huang Yingbing, Nan Zhuotong, Xu Qiheng, et al. Analysis on the characteristics and mechanism of cultivated land loss in typical areas of the Pearl River Delta-A case of Dongguan, which was rapidly urbanized from 1988 to 2013. World Geographical Research, 2017, 26(5): 44-55.]

[25] 邵明, 董宇翔, 林辰松. 基于 GWR 模型的成渝城市群生态系统服务时空演变及驱动因素研究. 北京林业大学学报, 2020, 42(11): 118-129. [Shao Ming, Dong Yuxiang, Lin Chensong. Research on the temporal and spatial evolution and driving factors of ecosystem services in Chengdu-Chongqing urban agglomeration based on GWR model. Journal of Beijing Forestry University, 2020, 42(11): 118-129.]

[26] 马歆, 和舒敏, 黄婷婷, 等. 城市用地扩张的时空格局特征及驱动因素分析-以中原城市群为例. 生态经济, 2020, 36(3): 105-111. [Ma Xin, He Shumin, Huang Tingting, et al. Analysis of the temporal and spatial pattern characteristics and driving factors of urban land expansion-Taking the Central Plains urban agglomeration as an example. Ecological Economy, 2020, 36(3): 105-111.]

[27] 石云峰, 刘茂松, 徐驰, 等. 南京城市边缘增长速率空间分异的驱动机制. 生态学杂志, 2013, 32(3): 741-747. [Shi Yunfeng, Liu Maosong, Xu Chi, et al. The driving mechanism of the spatial differentiation of Nanjing urban fringe growth rate. Journal of Ecology, 2013, 32(3): 741-747.]

[28] 郝凤明, 贺红士, 胡远满, 等. 辽宁中部城市群城市增长时空格局及其驱动力. 应用生态学报, 2010, 21(3): 707-713. [Xi Fengming, He Hongshi, Hu Yuanman, et al. The spatiotemporal pattern of urban growth and its driving forces in the urban agglomerations in central Liaoning. Journal of Applied Ecology, 2010,

21(3): 707-713.]

[29] 冀青青, 乔伟峰, 卢诚, 等. 1980 年以来南京市建设用地扩张阶段性特征. 长江流域资源与环境, 2018, 27(9): 1928-1936. [Ji Qingqing, Qiao Weifeng, Lu Cheng, et al. Phase characteristics of construction land expansion in Nanjing since 1980. Resources and Environment in the Yangtze River Basin, 2018, 27(9):1928-1936.]

[30] 王雪微, 王士君, 宋颀, 等. 长春市城市建设用地演进的空间识别及影响机制研究. 地理科学, 2015, 35(7): 873-881. [Wang Xuwei, Wang Shijun, Song Shao, et al. Research on the spatial identification and influence mechanism of the evolution of urban construction land in Changchun City. Geographical Sciences, 2015, 35(7): 873-881.]

[31] 陈江龙, 高金龙, 徐梦月, 等. 南京大都市区建设用地扩张特征与机理. 地理研究, 2014, 33(3): 427-438. [Chen Jianglong, Gao Jinlong, Xu Mengyue, et al. The characteristics and mechanism of construction land expansion in Nanjing Metropolitan Area. Geographical Research, 2014, 33(3): 427-438.]

[32] 渠爱雪, 卞正富. 徐州城市建设用地空间格局特征及其演化. 地理研究, 2011, 30(10): 1783-1794. [Qu Aixue, Bian Zhengfu. The characteristics and evolution of the spatial pattern of urban construction land in Xuzhou. Geographical Research, 2011, 30(10): 1783-1794.]

[33] Malin Song, Shuhong Wang, Jie Wu, etc. A new space-time correlation coefficient and its comparison with Moran's Index on evaluation. Management Decision, 2011, 49(9), 1426-1443.

[34] 张宇硕, 赵林, 吴殿廷, 等. 京津冀都市圈建设用地格局与变化特征研究. 世界地理研究, 2018, 27(1): 60-71. [Zhang Yushuo, Zhao Lin, Wu Dianting, et al. Research on the pattern and change characteristics of construction land in the Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan area. World Geographical Research, 2018, 27(1): 60-71.]

[35] J. Carreau, V. Guinot. A PCA spatial pattern based artificial neural network downscaling model for urban flood hazard assessment. Advances in Water Resources, 2021, 147.

[36] 刘士琪, 陈英, 谢保鹏, 等. 基于 PCA-STIRPAT 模型的绿洲区耕地变化社会经济驱动力研究-以酒泉市为例. 中国农业资源与区划, 2019, 40(12): 133-140. [Liu Shiqi, Chen Ying, Xie Baopeng, et al. Research on the Social and Economic Driving Forces of Cultivated Land Change in Oasis Areas Based on PCA-STIRPAT Model-Taking Jiuquan City as an Example. China Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40(12): 133-140.]

[37] Richard York, Eugene A Rosa, Thomas Dietz. STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. Ecological Economics, 2003, 46(3), 351-365.

[38] 尹上岗, 李在军, 宋伟轩, 等. 基于地理探测器的南京市住宅租金空间分异格局及驱动因素研究. 地球信息科学学报, 2018, 20(8): 1139-1149. [Yin Shanggang, Li Zaijun, Song Weixuan, et al. Research on the spatial differentiation pattern and driving factors of residential rents in Nanjing based on geographic detectors. Journal of Geo-Information Science, 2018, 20(8): 1139-1149.]

[39] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134. [Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principles and Prospects. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.]

[40] 刘彦随, 李进涛. 中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策. 地理学报, 2017, 72(1): 161-173. [Liu Yansui, Li Jintao. Geographical detection and optimization decision-making of the differentiation mechanism of rural poverty in China's counties. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 161-173.]

[41] Jin-Feng Wang, Tong-Lin Zhang, Bo-Jie Fu. A measure of spatial stratified heterogeneity. Ecological Indicators, 2016, 67, 250-256.

[42] Jin-Feng Wang, Xin-Hu Li, George Christakos, etc. Geographical Detectors-Based Health Risk Assessment and its Application in the Neural Tube Defects Study of the Heshun Region, China. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(1), 107-127.

[43]W. J. Fjellstad,W. E. Dramstad,G. H. Strand,G. L. A. Fry. Heterogeneity as a measure of spatial pattern for monitoring agricultural landscapes. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography*, 2001,55(2),71-76.

Research on the growth pattern and driving factors of construction land in CZT metropolitan area

Liao Jianjun¹, Li Xin¹, Wang Zhiyuan^{1,2,3*}, Zhang Kao¹, LüJingtong¹

(1. School of Architecture, Nanhua University, Hengyang 421001, Hunan ,China; 2. Hunan Healthy City Construction Engineering Technology Research Center, Hengyang 421001, Hunan ,China; 3. Research Center for Sustainable Development of Land and Space, University of Nanhua, Hengyang 421001, Hunan ,China)

Abstract: Studying the growth pattern of construction land has a positive effect on promoting sustainable and high-quality development of land space. Adopt the expansion intensity index, equal sector method, spatial autocorrelation, PCA-STIRPAT model, and geographic detectors to quantitatively reveal the characteristics and spatial-temporal driving factors of the construction land growth pattern in the CZT metropolitan area from 1990 to 2018. The results show that: ①The construction land of CZT Metropolitan Area expanded slowly from 1990 to 2000, expanded rapidly from 2000 to 2010, and expanded slowly from 2010 to 2018. In the three stages, the main expansion directions of the construction land in the CZT metropolitan area are different. The direction of expansion of the Changsha metropolitan area changed from northeast to southwest, the expansion direction of Zhuzhou metropolitan area changed from southwest to west, and the expansion direction of Xiangtan metropolitan area changed from south to north. It can be seen that under the influence of the integrated construction of the CZT urban agglomeration, the expansion direction of the three cities tends to move closer to the central intersection. ②From 1990 to 2018, the expansion of construction land in the CZT metropolitan area showed an overall trend of agglomeration. Wangcheng District and Changsha County of Changsha City were hot spots for construction land growth, while Lukou District of Zhuzhou City and Xiangtan County of Xiangtan City were extremely cold spots for construction land growth. Area. ③The dominant time driving factors for the expansion of construction land are local fiscal expenditure, fixed asset investment, highway passenger traffic, total population, number of employees, and number of patent authorizations. In a comprehensive view, socio-economic investment, population growth and technological progress are important driving forces for the expansion of construction land. ; Population and GDP are the dominant spatial driving factors for the expansion of built space.

Keywords: construction land; growth pattern; driving factors; CZT metropolitan area; PCA-STIRPAT model; geographic detector