



重庆交通大学学报(自然科学版)

Journal of Chongqing Jiaotong University(Natural Science)

ISSN 1674-0696,CN 50-1190/U

《重庆交通大学学报(自然科学版)》网络首发论文

题目: 基于地理探测器的重庆市城镇建设用地变化及驱动因素研究
作者: 牟凤云, 李秋彦, 陈林, 龙秋月, 杨猛
收稿日期: 2020-05-13
网络首发日期: 2021-05-11
引用格式: 牟凤云, 李秋彦, 陈林, 龙秋月, 杨猛. 基于地理探测器的重庆市城镇建设
用地变化及驱动因素研究. 重庆交通大学学报(自然科学版).
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1190.U.20210510.1732.002.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。

DOI: 10.3969/j.issn.1674-0696.2021.

基于地理探测器的重庆市城镇建设用地变化及驱动因素研究

牟凤云¹, 李秋彦¹, 陈 林¹, 龙秋月¹, 杨 猛²

(1. 重庆交通大学 建筑与城市规划学院, 重庆 400074;

2. 重庆市勘测院, 重庆 400020)

摘要: 随着我国城镇化进程加快, 城镇建设用地无序扩张致使耕地流失、土地利用低效、城市空间结构紊乱等问题日益突出。以重庆市为例, 在分析 2000—2015 年城镇建设用地时空演变的基础上, 利用熵权法、地理探测器探讨城镇建设用地面积变化的驱动因素。研究结果表明: ①从时间上看, 近 15 年来, 重庆市城镇建设用地增长率先波动式增长, 后趋于平缓, 面积呈上升趋势, 相比 2000 年增加了 259.09%; 从空间上看, 全局 Moran's I 显示城镇建设用地分布具有空间集聚性, 主城九区城镇建设用地增长明显, 而巫山、奉节等经济发展较慢的地区面积变化不明显; ②利用熵权法、地理探测器分析显示影响城镇建设用地变化的主要因素为产业规模与人口规模, 区位条件影响偏小; 城镇化率、地区生产总值、第二产业产值、第三产业产值等因素以增强型交互作用共同影响城镇建设用地变化, 但交互作用的影响程度存在差异。研究结果对识别重庆市城镇建设用地变化及驱动因素, 为引导其城镇建设用地合理配置提供科学依据。

关键词: 环境工程; 城镇建设用地; 地理探测器; 时空变化; 驱动因素

中图分类号: F 301.2

文献标志码: A

Study on the Change and Driving Factors of Urban Construction Land in Chongqing City Based on Geodetector

MU Fengyun¹, LI Qiuyan¹, CHEN Lin¹, LONG Qiuyue¹, YANG Meng²

(1. College of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2. Chongqing Survey Institute, Chongqing 400020, China)

Abstract: With the acceleration of urbanization in China, the disorderly expansion of urban construction land has led to the loss of arable land, the inefficiency of land use and the disorder of urban spatial structure. Taking Chongqing as an example, based on the analysis of the spatial and temporal evolution of urban construction land in the past 2000-2015 years, the driving factors of the area change of urban construction land were discussed by Entropy Method and Geodetector. The results show that: ① In the past 15 years, the growth rate of urban construction land in Chongqing has increased in wave first, then tended to be flat, and the area of urban construction land in Chongqing has increased by 259.09% compared with 2000; Spatially, Moran's I shows that the distribution of urban construction land has spatial agglomeration, the urban construction land in the nine districts of the main city has grown significantly, while the area of the economically slower areas such as Wushan and Fengjie County has not changed significantly. ② The use of Entropy Method and Geodetector shows that the main factors affecting the change of urban construction land are the industrial scale and population size, and the location conditions are less affected. Urbanization rate, GDP, output value of secondary industry, output value of tertiary industry and other factors have enhanced interaction to influence the change of urban construction land, but the degree of interaction is different. The results provide a scientific basis for identifying the changes and driving factors of urban construction land in order to guide the rational allocation of urban construction land.

Key words: environmental engineering; urban construction land; Geodetector; spatio-temporal variation; driving factors

收稿日期: 2020-05-13; 修订日期: 2020-10-21

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2019YFB2102503); 重庆市自然科学基金面上项目 (cstc2019jcyj-msxmX0626)

第一作者: 牟凤云(1979—), 女, 山东高密人, 教授, 博士, 主要从事国土资源遥感、3S 技术集成与应用方面的研究。E-mail: mfydsd@cqjtu.edu.cn

通信作者: 李秋彦(1995—), 女, 海南海口人, 硕士研究生, 主要从事 3S 技术集成与应用方面的研究。E-mail: 809591824@qq.com

0 引言

自改革开放以来,我国城镇化建设进入了加速发展阶段,至2015年底我国城镇化率达到56.10%。城镇化进程加快促使建设用地规模不断扩张,进一步引起城镇土地利用结构发生变化^[1]。据统计,2015年全国城镇建设用地面积为 $5.2 \times 10^4 \text{ km}^2$,相比2000年增加了2.3倍。城镇建设用地扩张速度过快而引起的非理性圈地现象,加重了区域发展与生态环境矛盾,故在以生态文明建设为目标的新型城镇化建设过程中,为提高土地利用效率、优化土地利用结构,政府推行了“三区三线”规划政策以防止城镇建设用地无序性扩张。另一方面,专家学者已经针对城镇建设用地扩张可能引起的耕地侵占、土地利用低效化及空间结构紊乱等问题^[2]进行了大量研究,为城镇可持续发展提供了重要保障。

国内外关于城镇建设用地的研究内容主要集中在以下两个方面:一是对城镇建设用地的扩张模式、方向和强度等特征进行研究;二是对城镇建设用地变化的影响因素的选取及分析。E. H. WILSON等^[3]基于城市增长模型提出城市用地主要有填充式、边缘式和飞地式等3种扩张模式;蒋金亮等^[4]在前者研究基础上对长江沿岸中心城市土地扩张类型进行探讨,研究表明:宁汉渝这3个城市扩张类型存在差异。研究驱动城镇建设用地变化因素方面,目前多采用灰色关联度^[5]、多元线性回归^[6]、Logistic回归模型^[7]、CLUE-S模型^[8]等数学方法。曹银贵等^[9]采用相关性分析法研究了社会经济因素与青海省城镇建设用地变化之间的相关程度;李进涛等^[10]借助多元线性回归、通径分析、地理探测器等多种手段分析得出:京津冀地区城市建设用地变化不仅与社会经济方面因素有关,还与自然条件、区位因素有关的结论。此外,针对我国城镇用地扩张时空变化影响因素研究方面的进展,吴巍等^[11]进行了综合评价,指出GDP产值、二三产业产值、非农业人口等社会经济因素增长对城镇用地面积变化存在外部性影响,而地形地貌、交通设施、国家政策等地理区位因素对城市扩展有着内部性影响作用。目前的研究证实了用地变化与驱动因素间的数量关系,且驱动因素两两交互作用于用地变化时存在乘积关系;但针对两者存在的空间关系、交互作用强弱及作用线性或非线性等问题尚未进行深入探讨。

为此,笔者以重庆市38个区县2000—2015年城镇建设用地为研究对象,借助定性和量化相结合的分析手段,探讨了城镇建设用地的时空演变特

征;在此基础上,利用熵权法、地理探测器研究了城镇建设用地时空演变格局分异的主要驱动因素。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

重庆是长江上游最大的水陆交通枢纽和西南工业重镇,亦是成渝城市群的中心城市之一。重庆辖38个区县,土地面积为 $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$,其地形由南北向长江河谷倾斜,丘陵与低山多分布在西北部和中部地区,东南部区域有武陵山和大巴山,以坡地为主,是典型山地城市,如图1。2015年末,全市常住人口达到3016.55万人,约为全国总人口的2.21%,其中外来人口150.21万人,全市城镇化率为60.94%,城镇人口数量为1391.02万人;全年实现地区生产总值15719.72亿元,按常住人口计算,人均地区生产总值(人均GDP)达到52330元;城镇建设用地面积为1301.20 km^2 ,占总面积的1.58%。自“一带一路”和长江经济带战略实施以来,作为国家发展的核心地区,随着城市化进程加快,大量农村人口涌入城区,致使建设用地扩张明显,激化了建设用地与耕地、生态环境之间的矛盾^[12],使得政府在土地利用与规划管理方面面临严峻挑战。

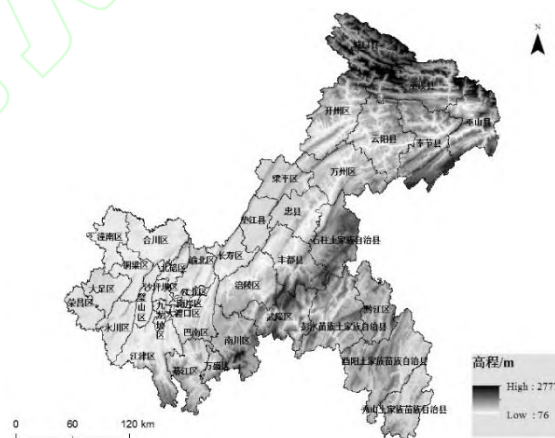


图1 重庆高程

Fig. 1 Chongqing elevation map

1.2 数据来源

笔者的基础数据来源分别为2000、2005、2010、2015年这4个时期的土地利用数据,其中前3期来源于中国科学院数据共享平台^[13],后1期来源于国家数据共享中心^[14],数据空间分辨率均为 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 。社会经济数据来源于《重庆市统计年鉴(2000—2015年)》^[15]。采用中国1:100万地貌类型空间分布数据和DEM数据均来源于中国科学院地理科学与资源研究所^[16],重庆市道路矢量数据是由国家基础地理信息系统数据平台^[17]下载得到。

城镇建设用地时空变化主要受社会经济因素和地理区位因素的共同作用。山城重庆因其山高谷深，沟壑纵横地势，使其城市建设受地形地貌、交通设施等因素影响明显。随着城镇化进程不断加快，经济、人口和产业结构变化明显，城镇化建设成效显著。笔者结合相关研究和重庆市城镇建设用地面积变化的实际情况^[2, 10, 18-21]，从文献[15]中选取表征重庆市人口规模、产业规模这两个方面的驱动因素；选取山区比例、路网密度、河流密度指标表征区位条件驱动因素，如表 1。

表 1 城镇建设用地驱动因素

Table 1 Driving factors of urban construction land	
驱动因素	分 类
人口规模	城镇人口(x_1)
	城镇化率(x_2)
产业规模	地区生产总值(x_3)
	第二产业产值(x_4)
	第三产业产值(x_5)
	人均 GDP(x_6)
区位条件	山区比例(x_7)
	路网密度(x_8)
	河流密度(x_9)

文中表征区位条件的指标数据来源如下：①中国 1:100 万地貌类型空间分布数据共有 45 个小类，按研究目的将其合并为平原、台地、丘陵、山地、水体这 5 个大类，并以区县为统计单位计算出各县域山区比例；②基于重庆 DEM 数据，在 ArcGIS 12.0 中进行水文分析，得到重庆河网图，最后借助线密度分析工具对河网、道路进行数据处理，从而获取各区县路网密度与河流密度数据。

1.3 研究方法

1.3.1 空间自相关分析

全局空间自相关是对某一属性在研究区域的空间特征的描述，以此判断出其分布状况^[22]。笔者使用全局莫兰指数(Global Moran's I)对重庆城镇建设用地分布进行空间自相关分析，如式 (1)：

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

式中： n 为指研究区单元(文中以区县为单元)数量； x_i 和 x_j 分别为单元第 i 、 j 的城镇建设用地面积； $\bar{x}$ 为 x_i 的平均值； w_{ij} 为单元 i 与 j 之间的空间权重，当单元 i 、 j 之间存在公共边时， $w_{ij}=1$ 否则 $w_{ij}=0$ 。

I 的值域为 $[-1, 1]$ ，当 $I>0$ 时，表明研究对象空间上呈正自相关，其值越大意味着聚集性越强；当 $I<0$ 时，表明研究对象空间上呈负自相关，其值越小意味着越倾向离散分布；当 $I=0$ 时，呈随机分布。

1.3.2 地理探测器

王劲峰等^[23]基于两个变量的空间分布趋于一致时表征两者间存在关联性的理论基础上，加入变

量的空间分异性来探测对因变量空间格局分布的影响程度，从而提出地理探测器模型(GeoDetector)。目前该模型被广泛应用于土地利用、区域经济、生态环境等多个领域，深受众多学者青睐。笔者利用该模型对人口规模、产业规模及区位条件这 3 方面因素对城镇建设用地变化影响力 q 进行分析，其模型如式 (2)：

$$q = 1 - \frac{\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2}{N \sigma^2} \quad (2)$$

式中： $i=1, \dots, L$ 为指标的分类数量； N_i 和 N 分别为第 i 类样本数量和研究区样本数量； σ_i^2 和 σ^2 分别为第 i 类方差和城镇建设用地变化方差；影响力 q 的值域为 $[0, 1]$ ， q 值越大表示选取指标对城镇建设用地变化影响力越强，反之则越弱。

交互作用探测器可分析出影响因素间共同作用是否对因变量 Y 存在增加或减弱影响，即因素对因变量存在交互影响或独立影响。影响因素 x_1 与 x_2 之间关系如表 2。

表 2 交互作用类型

Table 2 Types of interaction	
判断依据	交互作用
$q(x_1 \cap x_2) < \min[q(x_1), q(x_2)]$	非线性减弱
$\min[q(x_1), q(x_2)] < q(x_1 \cap x_2) < \max[q(x_1), q(x_2)]$	单因子非线性减弱
$q(x_1 \cap x_2) > \max[q(x_1), q(x_2)]$	双因子增强
$q(x_1 \cap x_2) = q(x_1) + q(x_2)$	独立
$q(x_1 \cap x_2) > q(x_1) + q(x_2)$	非线性增强

2 结果与分析

2.1 城镇建设用地时空演变特征

2.1.1 城镇建设用地时间演变特征

笔者在已有的 2000、2005、2010、2015 年这 4 个年份城镇建设用地数据基础上，从文献[15,24]中获取 2000—2015 年中其余年份城镇建设用地面积数据，对重庆城镇建设用地变化进行长时间序列的探讨。图 2 为重庆城镇建设用地面积及增长率变化。由图 2 可知：2000—2015 年，重庆城镇建设用地面积呈现上升趋势，2015 年城镇建设用地面积对比 2000 年增长了 259.09%。2005 年以前，城镇建设用地面积增加较少，直至 2005 年开始推行“西部大开发”战略，城镇建设用地面积开始大幅度增长；与 2004 年相比，2005 年城镇建设用地面积增长了 26.88%。在 2012 年以前城镇建设用地面积增加幅度波动较大，而 2012 年因地类调整，对比 2011 年呈现小幅度增长，增长比例为 17.81%。2012 年以后，城镇建设用地增长幅度放缓，增长率在 1.50% 左右。通过重庆城镇建设用地增长率变化情况可看

出，城镇建设用地增长率先在 2000—2015 年间先是呈现波动式增长，再逐渐趋于平缓。

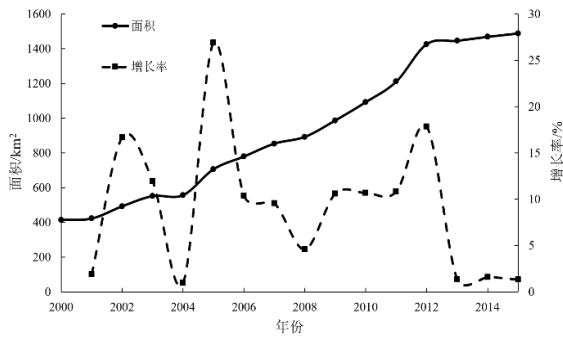


图 2 重庆市城镇建设用地面积及增长率变化

Fig. 2 Change of urban construction land area and growth rate in Chongqing

2.1.2 城镇建设用地空间演变特征

借助 ArcGIS 软件空间自相关工具，笔者分别对 2000、2005、2010、2015 年重庆城镇建设用地数据进行空间分析，如表 3。由表 3 可知：全局 Moran's I 指数均为正值， $p < 0.05$ 通过显著性检验，且 z 得分为正值，表明重庆城镇建设用地上并非随机分布，而是具有明显的空间集聚特性。对比这 4 年的城镇建设用地数据空间自相关结果可得出：2005 年全球 Moran's I 指数最大， $I=0.28$ ，随后呈现下降趋势，该变化趋势与城镇建设用地时间演变特征趋势一致。

表 3 重庆市全局自相关分析结果

Table 3 Analysis results of global autocorrelation in Chongqing

年份	全局自相关结果		
	I	Z	p
2000 年	0.20	2.44	0.01
2005 年	0.28	3.56	0.00
2010 年	0.18	2.51	0.01
2015 年	0.16	2.33	0.02

利用 ArcGIS 中栅格计算器对重庆 2000—2015 年城镇建设用地进行相关分析，得到重庆 2000—2005 年、2005—2010 年和 2010—2015 年这 3 个阶段城镇建设用地空间演变特征，如图 3。2000—2005 年重庆城镇建设用地明显增加，与 2000 年城镇建设用地面积相比，2005 年增加了 101.34%，其中面积增长较为明显的区域集中在重庆西部的渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区、北碚区、渝北区和巴南区这 9 个区，即重庆主城区；城镇建设用地面积减少不明显，零散分布在重庆东北部的万州区、云阳县、奉节县和巫山县。2005—2010 年城镇建设用地增长较为明显，且增长区不仅集中在重庆主城区，其余各区县增长也较为明显；

相比 2005 年，2010 年城镇建设用地增长了 76.96%。2010—2015 年城镇建设用地增长幅度相比前两个阶段增长速度明显放缓，2015 年城镇建设用地面积相比 2010 年增长了 46.20%；城镇建设用地减少面积与 2005—2010 年相比，分布较为明显，减少的面积与增加的面积分布均集中在主城区，但增加面积均大于减少面积。

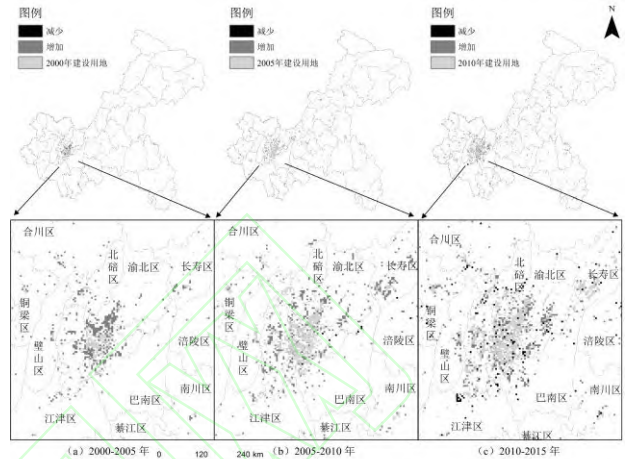


图 3 重庆市城镇建设用地变化

Fig. 3 Map of urban construction land change in Chongqing

总体而言，重庆城镇建设用地上在近 15 年的时间中，增长面积远多于减少面积，其增长速度在逐年放缓。从区县上看，城镇建设用地变化主要集中在重庆主城区，亦是重庆城镇规划中所称的“都市经济发达圈”；巫山县、云阳县、奉节县等“渝东北生态涵养发展区”和江津区、永川区等“城市发展新区”，因受其经济水平和城镇化水平较低等社会经济因素影响，该区域城镇建设用地面积增长较少。

2.2 城镇建设用地变化驱动因素分析

2.2.1 驱动因素权重

由于选取的人口规模、产业规模、区位条件这 3 大方面的 9 项指标量纲不同，难以对城镇建设用地变化与驱动因素间进行量化分析。因此笔者选取能消除人为因素干扰且可靠性较高的熵权法^[25]确定各驱动因素权重，结果如表 4。根据表 4 可知：权重在 0.1 以上的驱动因素有 5 个，权重在 0.1 以下的有 4 个，其中城镇人口(x_1)、城镇化率(x_2)、地区生产总值(x_3)等表征人口规模、产业规模的指标权重最大，而表征区位条件的路网密度(x_8)、山区比例(x_7)、河流密度(x_9)等指标权重最小。总而言之，城镇建设用地变化过程具有长期性、动态性及复杂性^[26]，其中权重所占比例最大的为产业规模，其次为人口规模，最后为区位条件。

表 4 驱动因素权重

Table 4 Weight of driving factors

驱动因素		权重
人口规模(0.34)	城镇人口(x_1)	0.16
	城镇化率(x_2)	0.18
	地区生产总值(x_3)	0.14
产业规模(0.46)	第二产业产值(x_4)	0.12
	第三产业产值(x_5)	0.11
	人均 GDP(x_6)	0.09
	山区比例(x_7)	0.07
区位条件(0.20)	路网密度(x_8)	0.06
	河流密度(x_9)	0.07

2.2.2 驱动因素影响力

地理探测器探测驱动因素时, 类型变量优于连续型变量^[27], 因此笔者选取原理简单且聚类效果较优的 K-means 聚类算法进行分类处理。首先利用 SPSS 21 软件对连续型指标数据进行 K-means 聚类, 分为 1~5 这 5 类, 各驱动因素类别化空间分布如图 4。

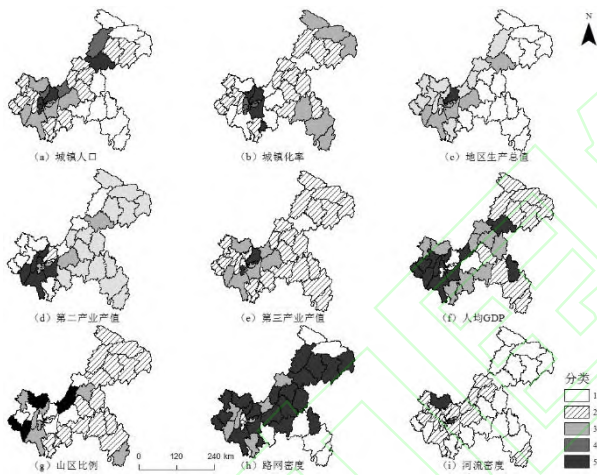


图 4 驱动因素的类别化空间分布

Fig. 4 Categorized spatial distribution map of driving factors

以重庆城镇建设用地变化量作为因变量 Y , 各驱动因素类型变量(表 1)作为自变量 $x_n(n=1, 2, \dots, 9)$ 导入 GeoDetector 中, 得到的探测结果如图 5。

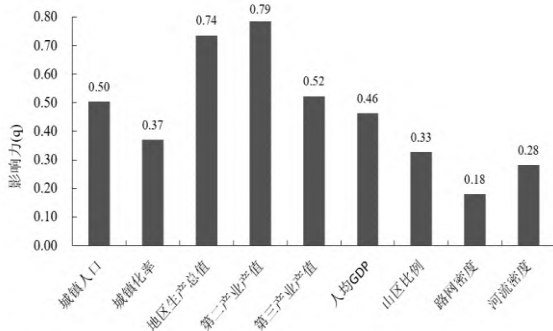


图 5 驱动因素影响力

Fig. 5 Driving factor influence

通过探测结果可知: 重庆的人口规模、产业规

模、区位条件对城镇建设用地变化均产生了影响。根据 q 值大小依次排序: 第二产业产值(x_4)>地区生产总值(x_3)>第三产业产值(x_5)>城镇人口(x_1)>人均 GDP(x_6)>城镇化率(x_2)>山区比例(x_7)>路网密度(x_8)>河流密度(x_9)。研究结果与熵权法所得权重结果相似, 产业规模对重庆城镇建设用地面积变化的影响力最大, 其次是人口规模。该结果契合了国内研究的类似结论^[28], 人口增长是影响建设用地扩展的主要影响因素之一, 且经济发展、产业结构变化与建设用地变化有显著相关性。

2.3 城镇建设用地变化驱动因素交互作用分析

地理探测器不仅可探测驱动因素影响力的大小, 还可在此基础上探测驱动因素两两之间的交互作用。笔者利用交互作用探测器对人口规模、产业规模及区位条件这 3 方面共 9 个因素进行两两交互分析, 结果如图 6。

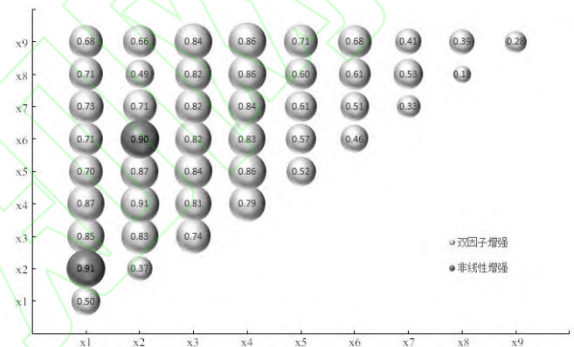


图 6 驱动因素交互作用分析

Fig. 6 Interaction analysis of driving factors

根据图 6 可知: 驱动因素间两两交互作用均大于单因素对城镇建设用地变化产生的独立作用, 且均为增强型影响, 即双因子增强和非线性增强。其中, 城镇化率与城镇人口、产业规模交互作用最为显著, 影响程度均在 0.85 以上, 表明城镇化水平的提高会促进人口和产业经济的增长, 从而对城镇建设用地的需求进一步提高。产业规模与人口规模、区位条件也息息相关, 除了人均 GDP 指标外, 其余驱动因素的交互值均在 0.80 以上。区位条件与人口规模、产业规模间也存在增强作用, 但增强作用显著性较低。表明在城镇化进程加快的情况下, 人口增长带动产业结构升级同时, 并未对土地集约利用起到促进作用, 相反在一定程度下促使城镇建设用地面积增加。

3 讨论

为使指标分配参考具有指导意义, 笔者利用熵权法对城镇建设用地变化与人口规模(0.34)、产业规模(0.46)、区位条件(0.20)这 3 大影响因素进行量化

分析,结果表明产业规模影响权重最大,人口规模次之,区位条件最后。基于地理探测器对驱动因素结果分析发现,以城镇人口、城镇化率、地区生产总值、第二产业产值等指标分别作为人口、产业、区位这3个方面的驱动因素,均在不同程度上影响重庆城镇建设用地的变化,这与现有研究结果相差不大^[2,10,12]。笔者进一步讨论人口规模、产业规模、区位条件这3个驱动因素影响重庆城镇建设用地的具体表现。

1) 人口规模。随着城镇化进程的推进,农村人口大量向城镇人口转移,而人口增长的同时,对居住用地、公共服务设施用地、商业用地、工业用地等提出了更多需求。因此城镇建设用地的增长也受到城镇人口和城镇化水平影响。重庆人口流动主要集中在渝中区、江北区、沙坪坝区、渝北区在内的主城九区,人口净流入达到188.68万人;渝东北和渝东南人口流动呈负值,分别为-291.68和-100.83万人,尤其是奉节县、梁平区、云阳县、巫山县、巫溪县等经济发展较为落后地区,因此人口规模较大的区域面积增长较大,反之增长较小。

2) 产业规模。地区生产总值、第二、第三产业产值不断增长意味着第二、三产业对产业用地需求也在不断增长,而产业发展同时会使得人均收入水平提高,人对居住用地、公共服务设施用地及绿地等有了更高需求倾向。根据统计数据可知,生产总值、第二、三产业总值及人均GDP的高值区主要为渝北区、渝中区、涪陵区、九龙坡区等“都市经济发达圈”,低值区主要是巫山县、巫溪县、城口县、酉阳县等离主城较为偏远地区。重庆工业园在主城及渝西地区有26个,渝东北地区有11个,渝东南地区有6个,由于工业园区对用地面积、基础设施等要求较多,故建设用地在不同区域内增长幅度存在差异。

3) 区位条件。城镇建设用地分布一般会受到地形、地貌等因素影响,地形越复杂、起伏度越大的地区,越不利于建筑搭建,如城口县、巫溪县、石柱县、奉节县等区县山区比例高达80.00%,而建设用地面积增长较大区域其地势变化较小;主城九区的山区比例在70.00%以下,其中渝中区的山区比例仅为27.27%。路网密度增长意味着交通环境在不断完善,一定程度上对城镇用地的增加起到促进作用。路网密度最大区域为渝中区、九龙坡区和沙坪坝区,最小的区域为酉阳县、城口县和巫溪县等。但随着社会经济发展、综合交通枢纽构建和产业结构转变等原因影响,使得路网密度影响力较小。河流与人类生活息息相关,河流保证城市发展和人类

活动对水资源需求,因此河流越密集区域,更易于城镇建设用地扩张。渝中区、江北区、大渡口区等地区河网密度远大于其他区县,而其他区县间河网密度大小相近,因此河网密度对城镇建设用地变化的影响力较低。

4 结 论

笔者以重庆作为研究区,在分析其2000—2015年城镇建设用地时空演变的基础上,利用熵权法、地理探测器分析人口规模、产业规模和区位条件这3个方面对城镇建设用地变化影响程度。主要结论如下:

1) 从时间上看,重庆城镇建设用地面积在2000—2015年间呈波动式增长,2012年后增长速度在逐渐放缓;从空间上看,重庆城镇建设用地分布具有集聚性,面积增长较多区域主要为经济发展较快的区县,例如渝中区、南岸区、北碚区等,面积变化较小区域主要是经济发展较慢的区县,如巫山县、奉节县等;

2) 2000—2015年重庆城镇建设用地变化的空间分异性受到人口规模、产业规模和区位条件这3个方面因素影响,各个因素影响程度也有所不同,其中产业规模影响程度最大,人口规模次之,最后为区位条件;

3) 驱动因素间两两交互作用综合影响了城镇建设用地变化,影响作用主要为双因子增强和非线性增强两种;其中:城镇化率与人口规模、产业规模间的交互作用最为显著。

笔者主要对重庆城镇建设用地的时空演变、影响因素、交互作用进行了探讨。城镇建设用地格局演变是一个复杂的地理过程,根据影响因素对城市功能定位,为城市规划提供决策依据将会成为下一阶段研究热点。此外,由于地理探测器中使用类型数据优于连续型数据,后续还需对最优分类方法进行探讨。

参考文献(References):

- [1] 吕立刚, 隋雪艳, 汪翔, 等. 江苏省土地城镇化的空间分异及其主导因素探测[J]. 人文地理, 2018, 33(4): 88-94.
LV Ligang, SUI Xueyan, WANG Xiang, et al. Spatial variation of land urbanization in Jiangsu and dominant drivers[J]. *Human Geography*, 2018, 33(4): 88-94.
- [2] 赵小凤, 刘梦丽, 王柏源. 基于地理探测器的城市建设用地规模时空差异及影响因素分析[J]. 中国土地科学, 2018, 32(5): 29-35.
ZHAO Xiaofeng, LIU Mengli, WANG Baiyuan. Spatio-temporal disparity of urban construction land and its impact factors in China based

- on geodetector[J]. *China Land Science*, 2018, 32(5): 29-35.
- [3] WILSON E H, HURD J D, CIVCO D L, et al. Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 86(3): 275-285.
- [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[J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(9): 1528-1536.
- JIANG Jinliang, ZHOU Liang, WU Wenjia, et al. A comparative study on spatiotemporal characteristics of urban expansion for the central cities along the Yangtze river: A case study of Nanjing, Wuhan and Chongqing[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2015, 24(9): 1528-1536.
- [5] 王海鸿, 常艳妮, 杜茎深, 等. 甘肃省建设用地结构演变及其驱动力分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2008, 22(8): 1-6.
- WANG Haihong, CHANG Yanni, DU Jingshen, et al. Study on characteristics and driving forces of construction land changes in Gansu Province[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2008, 22(8): 1-6.
- [6] 冯文兰, 牛晓俊. 快速城市化地区建设用地的空间特征与演变分析——以成都市为例[J]. *四川师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 38(4): 576-583.
- FENG Wenlan, NIU Xiaojun. Research on the spatial characteristics and evolution of build-up land expansion in quickly urbanized area: A case study of Chengdu City[J]. *Journal of Sichuan Normal University(Natural Science)*, 2015, 38(4): 576-583.
- [7] 熊昌盛, 谭荣, 岳文泽. 快速城市化背景下不同建设用地扩张的驱动差异探讨:以浙江省义乌市为例[J]. *自然资源学报*, 2018, 33(12): 2124-2135.
- XIONG Changsheng, TAN Rong, YUE Wenze. Discussion on different driving factors of diversified construction land expansion in rapid urbanization area: A case study of Yiwu City[J]. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(12): 2124-2135.
- [8] 王芳, 陈芝聪, 谢小平. 太湖流域建设用地与耕地景观时空演变及驱动力[J]. *生态学报*, 2018, 38(9): 3300-3310.
- WANG Fang, CHEN Zhicong, XIE Xiaoping. Analysis of spatial-temporal evolution and it's driving forces of construction land and cultivated landscape in Taihu Lake Basin[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(9): 3300-3310.
- [9] 曹银贵, 周伟, 乔陆印, 等. 青海省 2000—2008 年间城镇建设用地变化及驱动力分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2013, 27(1): 40-46.
- CAO Yingui, ZHOU Wei, QIAO Luyin, et al. Analysis on urban construction land changes and driving forces in Qinghai Province, 2000—2008[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2013, 27(1): 40-46.
- [10] 李进涛, 刘彦随, 杨园园, 等. 1985—2015 年京津冀地区城市建设用地时空演变特征及驱动因素研究[J]. *地理研究*, 2018, 37(1): 37-52.
- LI Jintao, LIU Yansui, YANG Yuanyuan, et al. Spatial-temporal characteristics and driving factors of urban construction land in Beijing-Tianjin-Hebei region during 1985—2015[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(1): 37-52.
- [11] 吴巍, 陈敏, 王楠, 等. 中国城镇用地扩展时空异质性研究进展[J]. *地理与地理信息科学*, 2017, 33(6): 57-63.
- WU Wei, CHEN Min, WANG Nan, et al. Research progress on the spatial-temporal heterogeneity of urban land expansion in China[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2017, 33(6): 57-63.
- [12] 周熙, 马智民, 尹芳, 等. 基于 CA-Markov 模型的“丝绸之路经济带”沿线地区土地利用变化分析与预测——以西北五省为例[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2018, 48(2): 291-298.
- ZHOU Xi, MA Zhimin, YIN Fang, et al. Analysis and prediction about land use change in area along the Silk Road Economic Belt based on CA-Markov model: A case study of five provinces in Northwest China[J]. *Journal of Northwest University(Natural Science Edition)*, 2018, 48(2): 291-298.
- [13] 中国科学院数据共享平台. 2000—2010 年重庆市土地利用数据 [DS/OL]. (2011-01-01)[2020-05-13]. <https://www.resdc.cn/data.aspx?DATAID=97>.
- Data Sharing Platform of Chinese Academy of Sciences. *Land Use Data of Chongqing from 2000 to 2010*[DS/OL]. (2011-01-01)[2020-05-13]. <https://www.resdc.cn/data.aspx?DATAID=97>.
- [14] 国家数据共享中心. 2015 年重庆市土地利用数据 [DS/OL]. (2016-01-01)[2020-05-13]. <http://www.geodata.cn>.
- National Data Sharing Center. *Land Use Data of Chongqing in 2015* [DS/OL]. (2016-01-01)[2020-05-13]. <http://www.geodata.cn>.
- [15] 重庆市统计局. 重庆市统计年鉴 (2000—2015 年) [DS/OL]. (2017-01-01)[2020-05-13]. http://tjj.cq.gov.cn/zwgk_233/tjnj.
- Chongqing Statistics Bureau. *Chongqing Statistical Yearbook(2000—2015)*[DS/OL]. (2017-01-01)[2020-05-13]. http://tjj.cq.gov.cn/zwgk_233/tjnj.
- [16] 中国科学院地理科学与资源研究所. 中国 1:100 万地貌类型空间分布数据和 DEM 数据 [DS/OL]. (2009-01-01)[2020-05-13]. <https://www.resdc.cn>.
- Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research. *Spatial Distribution Data of 1:1 Million Geomorphic Types in China and DEM data*[DS/OL]. (2009-01-01) [2020-05-13]. <https://www.resdc.cn>.
- [17] 国家基础地理信息系统数据平台. 重庆市交通路网矢量数据 [DS/OL]. (2016-01-01) [2020-05-13]. <https://www.webmap.cn/main.do?method=index>.
- National Geomatics Center of China. *Vector Data of Chongqing Traffic*

Network[DS/OL]. (2016-01-01)[2020-05-13]. <https://www.webmap.cn/main.do?method=index>.

- [18] 张治清, 陈静, 胡艳, 等. 永川区城市时空扩展动力机制研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2011, 30(1): 180-184.

ZHANG Zhiqing, CHEN Jing, HU Yan, et al. Research on dynamic expansion and impetus mechanism of Yongchuan District[J]. *Journal of Chongqing Jiaotong University(Natural Science)*, 2011, 30(1): 180-184.

- [19] 徐秋蓉, 郑新奇. 一种基于地理探测器的城镇扩展影响机理分析法[J]. 测绘学报, 2015, 44(增刊 1): 96-101.

XU Qiurong, ZHENG Xinqi. Analysis of influencing mechanism of urban growth using geographical detector[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2015, 44(Sup1): 96-101.

- [20] 杨丰硕, 杨晓梅, 王志华, 等. 江西省典型县域经济差异影响因子地理探测研究[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(1): 79-88.

YANG Fengshuo, YANG Xiaomei, WANG Zhihua, et al. Geographic detection of impact factors of economic differences among typical counties in Jiangxi Province[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2018, 20(1): 79-88.

- [21] 吴巍, 黄翠萍, 赵晓杰, 等. 不同模式下城区用地空间扩展特征及机理——以赣州为例[J]. 城市发展研究, 2018, 25(12): 141-146.

WU Wei, HUANG Cuiping, ZHAO Xiaojie, et al. Spatial expansion characteristics and mechanism of urban land use in different modes: A case study of Ganzhou[J]. *Urban Development Studies*, 2018, 25(12): 141-146.

- [22] 周亮, 周成虎, 杨帆, 等. 2000—2011 年中国 PM_{2.5}时空演化特征及驱动因素解析[J]. 地理学报, 2017, 72(11): 2079-2092.

ZHOU Liang, ZHOU Chenghu, YANG Fan, et al. Spatio-temporal evolution and the influencing factors of PM_{2.5} in China between 2000 and 2011[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(11): 2079-2092.

- [23] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.

WANG Jinfeng, XU Chengdong. Geodetector: Principle and prospective[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116-134.

- [24] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴(2000—2015 年)[DS/OL]. (2016-12-23)[2020-05-13]. <http://www.mohurd.gov.cn/xytj/tjzljsxytjgb/jstjnj/>.

Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. *Statistical Yearbook of Urban and Rural Construction in China (2000 — 2015)* [DS/OL]. (2016-12-23) [2020-05-13]. <http://www.mohurd.gov.cn/xytj/tjzljsxytjgb/jstjnj/>.

- [25] 聂红梅, 杨联安, 杨煜岑, 等. 基于熵权 TOPSIS 的城市公交线路发展水平综合评价[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2017, 47(5): 776-782.

NIE Hongmei, YANG Lian'an, YANG Yucen, et al. Comprehensive

evaluation of the development level of urban bus lines based on entropy weight-TOPSIS[J]. *Journal of Northwest University(Natural Science Edition)*, 2017, 47(5): 776-782.

- [26] 官冬杰, 陈婷, 和秀娟, 等. 三峡库区(重庆段)土地利用空间冲突类型识别及驱动机制研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2019, 38(2): 65-71.

GUAN Dongjie, CHEN Ting, HE Xiujuan, et al. Spatial conflict type identification and its driving mechanism of land use in the Three Gorges Reservoir area(Chongqing Section)[J]. *Journal of Chongqing Jiaotong University(Natural Science)*, 2019, 38(2): 65-71.

- [27] WANG Jinfeng, ZHANG Tonglin, FU Bojie. A measure of spatial stratified heterogeneity[J]. *Ecological Indicators*, 2016, 67: 250-256.

- [28] 嵇涛, 杨华, 何太蓉. 重庆主城区建设用地扩展的时空特征及驱动因子分析[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(1): 60-66.

JI Tao, YANG Hua, HE Tairong. Analysis on spatial-temporal characteristics and driving forces of urban construction land expansion in the metropolitan area of Chongqing[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2014, 23(1): 60-66.

(责任编辑: 刘 韬)