

山地城市居住用地扩展的驱动力分析

——以重庆市主城区为例^①

梁鹏飞, 刘 勇, 刘秀华

西南大学 资源环境学院, 重庆 400715

摘要: 分析了 1997 年、2006 年、2011 年重庆居住用地扩展情况, 揭示其多中心组团式演变趋势. Logistic 回归模型发现, 居住用地扩展主要受高程、坡度、邻域内居住用地比例、邻域内工业用地比例、到主干道的距离、到两江的距离、空间政策、到重点中小学的距离、到公园的距离等驱动力的影响, 但 1997 年—2006 年和 2006 年—2011 年, 上述驱动因子对居住用地转换的作用方向和强度有所差异.

关 键 词: 居住用地扩展; Logistic 模型; 驱动力; 山地城市; 重庆

中图分类号: F299.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)02-0098-06

中国西部地区山地城市分布广泛, 其空间扩展具有显著的经济、社会、生态效应, 对其驱动力展开相关研究十分迫切. 目前相关研究对象多集中在沿海平原城市, 少有针对西部地区山地城市, 而这些山地城市随着西部大开发进程的推进, 其城市化问题更为突出^[1]. 受自然条件的限制, 山地城市其空间扩展更具复杂性, 表现出自然因素和人为因素的相互耦合^[2]. 国外学者从经济、政治、制度等方面阐述了城市空间扩展的驱动机制, 国内学者^[3-4]亦对城市空间扩展的城市人口、经济发展水平、产业结构等驱动因素进行了分析. 但国外学者较早使用量化研究^[5-7], 利用空间计量模型来识别区位差异、政府政策等因素的作用强度, 这一研究趋势也引起了国内学者的重视^[8-9]. 为丰富山地城市的案例研究, 本文以重庆为例, 基于 1997 年—2006 年、2006 年—2011 年的居住用地扩展数据, 研究其山地环境下居住空间形态变化的驱动力, 并采用空间计量模型探讨其主要影响因素, 以期对山地城市人居环境建设提供参考.

1 研究区、数据和方法

1.1 研究区概况与数据来源

重庆市是内陆唯一的直辖市, 本研究区主要包括渝中区、江北区、南岸区、沙坪坝区、大渡口区、九龙坡区的全部区域, 并包括渝北区、北碚区和巴南区的部分区域, 涵盖城市规划确定的城市建成区. 2013 年, 重庆主城面积仅占全市的 6.6%, 人口占全市的 26.8%, 但是 GDP 贡献率超过 43.7%. 研究区地势高低起伏, 以丘陵和山地为主, 快速的城市发展和复杂的地理环境相耦合, 在山地城市中极具代表性^[10].

研究数据主要由重庆市地理信息中心提供, 包括 1997 年、2006 年、2011 年 3 个时相的城市用地现状数据(采用《GBJ 137-90 城市用地分类与规划建设用地标准》, 包括居住用地、工业用地、仓储用地、公共设施用地、道路广场用地、对外交通用地、市政公用设施用地、绿地、特殊用地), 辅助数据包括数字高程模型(DEM)(1:10 000), 以及道路、水系、公共设施等空间数据.

^① 收稿日期: 2014-11-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(41101568); 重庆市自然科学基金项目(cstcjjA00008).

作者简介: 梁鹏飞(1990-), 男, 山西晋城人, 硕士研究生, 主要从事土地利用规划学的研究.

通信作者: 刘 勇, 副教授.

1.2 研究方法

1.2.1 Logistic 模型

Logistic 回归模型是一种对分类因变量进行回归分析时常采用的统计模型,多应用于城市扩展的驱动力研究. Logistic 模型旨在求得每个影响因子的回归系数,反映城市土地利用的转换概率^[8]. 假设因变量 $Y=1$ 表示其他用地转为居住用地, $Y=0$ 表示未发生转换^[8], 记其他用地转换为居住用地的概率为 P , 未发生转换的概率为 $(1-P)$, Logistic 回归模型为^[8]:

$$\ln\left[\frac{p}{1-p}\right]=\alpha+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\dots+\beta_nX_n \quad (1)$$

式中: $X_1, X_2, \dots, X_n$ 表示对结果 Y 的 n 个影响因素; α 为常数项; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ 为 Logistic 回归的偏回归系数. 对上式进行变形, 可以表示为^[8,11]:

$$P=\frac{e^{(a+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\dots+\beta_nX_n)}}{1+e^{(a+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\dots+\beta_nX_n)}} \quad (2)$$

优势比用于解释自变量的 Logistic 回归系数, 其计算公式为^[8,11]:

$$odd(P)=e^{(a+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\dots+\beta_nX_n)} \quad (3)$$

回归系数为正, 说明自变量的边际增加会导致转换概率提高, 系数为负则相反. Wald 统计量用于评价自变量的显著性^[8, 11]. 采用 TOL 和 VIF 这 2 个参数来确定多元共线性, 其中 $TOL=1-R^2$, $VIF=1/TOL$, R 是变量之间的相关系数. 如果某个变量的 $TOL<0.2$ 或者 $VIF>5.0$, 则认为该变量与其他变量之间存在重要的多元共线性^[12]. 本文采用 ROC 曲线评价模型的拟合优度, ROC 曲线下方面积 AUC 值的大小反映模型的预测精度.

1.2.2 因变量和自变量设置

P_1, P_2 分别代表 1997 年—2006 年、2006 年—2011 年 2 个时间段的居住用地转换概率. 采样时, 排除禁止建设区, 包括两江四山的生态管制区域^[7]. 因变量设置如下:

地理条件 居住开发需要考虑地貌形态的高低起伏, 平坝、中坡、顶坡等不同地形位的居住开发概率显著不同. 本文这里考虑高程和坡度因素.

邻近度 地理要素在空间上相互关联, 其空间作用随邻近度的下降而衰减. 传统区位理论, 尤其是竞租曲线都指出了邻近度的重要性. 邻近度意味着社会和经济机会的可获取性, 以及土地使用成本的高低^[9]. 本文设置了研究区到长江和嘉陵江的直线距离(D_{river})、到主干道的直线距离(D_{mroad}), 还设置了研究区到解放碑中央商务区的距离(D_{CBD})、到观音桥、沙坪坝、杨家坪、南坪 4 个副中心的最近距离($D_{sub-center}$)、到三甲医院的距离($D_{hospital}$)、到重点中小学的距离(D_{school})、到公园的距离(D_{park})以及到轻轨站点的距离($D_{station}$). 上述距离采用最短路网距离.

邻域指数 土地用途转换还受到其邻近地块状态的影响^[9]. 中心地理论、空间相互作用理论以及元胞自动机模型都考虑了邻域因素的影响. 本文设置邻域半径为 1 km 的已有居住用地的比例($N_{residential}$)、已有工业用地的比例($N_{industrial}$).

空间政策 空间政策能刺激或限制土地开发. 本文设置了研究区是否位于城市新区(New_area)这一变量, 主要体现两江新区、西永综合保税区、两路寸滩保税港区、经济技术开发区对居住开发的影响.

1.2.3 研究采样

为减少回归模型的空间依赖性, 本文采用规则采样与随机采样相结合的空间采样方法, 生成 500 m 间

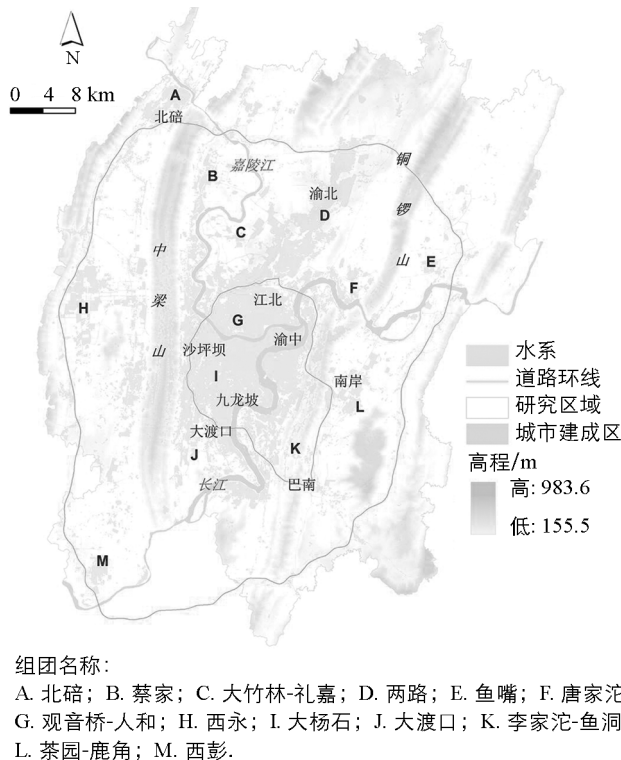


图 1 研究区示意图

隔的规则采样点, 在 Y 取值为 0 和 1 的样本中, 各随机选取 800 个样点, 构成 1 600 个样本(图 2). Moran' I 指数显示, 重采样后空间依赖性显著降低, 达到分析要求.

2 结果分析

2.1 居住用地扩展的数量与形态分析

从数量来看, 研究区 1997 年建成区面积为 127.22 km², 2006 年增加到 389.23 km², 2011 年上升到 576.56 km², 在 15 年内扩张了 3.5 倍. 其中, 1997 年—2006 年居住用地新增 114.76 km², 年均增加约 12.75 km²; 2006 年—2011 年居住用地新增 82.67 km², 年均增加约 16.53 km². 从布局来看, 1997 年以前, 居住用地散布于长江、嘉陵江沿岸^[13-14]. 这一时期, “两江四岸”的江河低阶地海拔较低、地势相对平缓, 开发难度较小, 加之内河通航的便利, 形成了城市居民逐水而居的格局, 且多依附于工业企业布局. 1997 年以后, 居住开发速度明显加快, 转变为沿交通沿线布局, 居住空间形态从沿江条带状发展为团状、块状, 并开始突破山脉阻隔向外围跳跃式扩展, 主城区新增居住用地的几何中心开始偏离渝中半岛, 向北往观音桥附近移动. 2 个时期内的新增居住用地到解放碑中央商务区的平均距离从 16.02 km 上升到 18.2 km, 斑块面积逐渐变小, 从 1.7 hm² 下降到 0.75 hm², 反映居住开发小型化的趋势.

2.2 居住用地转换的空间驱动因素分析

2 个时段模型的 AUC 值分别达到 0.628 和 0.736, 所有变量的 TOL 均在 0.22~0.99 之间, 表明模型拟合精度较高, 不存在共线性. 模型结果显示, 坡度越大、到两江和主干道及公园的距离越大, 居住用地转换概率越小; 高程越大、邻域内工业及居住用地比例越大, 位于城市新区以内, 居住用地转换概率越高.

1) 地理条件是居住开发的制约因素 由模型估算可知, 坡度变量的回归系数由 -0.017 变为 -0.027, 说明坡度越大, 居住用地转换的概率越低. 表明坡度会增加城市建设开发成本和运营费用, 同时不利于交通布局 and 环境保护. 表 1 显示 2 个时间段新增居住用地均主要分布在坡度小于 25°的区域. 高程变量的回归系数由 0.003 增加为 0.004, 说明高程越大, 居住用地转换的概率越高. 研究区内绝大部分新增居住用地分布在 200~400 m 的范围, 这些地段分布有大量地势相对平坦的地区, 更加适合居住用地的开发^[14], 而海拔低于 200 m 的地区属沿江河谷谷底带, 常年受洪水威胁, 不宜进行居住开发.

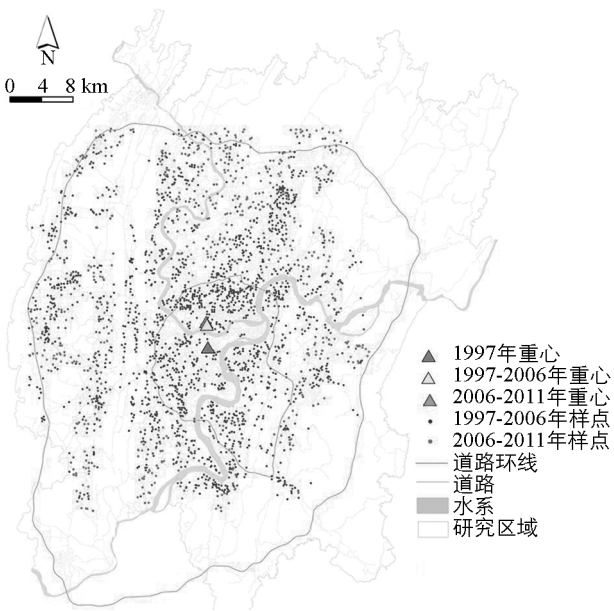


图 2 研究区域样点和新增居住用几何中心分布图

1997 年以后, 居住开发速度明显加快, 转变为沿交通沿线布局, 居住空间形态从沿江条带状发展为团状、块状, 并开始突破山脉阻隔向外围跳跃式扩展, 主城区新增居住用地的几何中心开始偏离渝中半岛, 向北往观音桥附近移动. 2 个时期内的新增居住用地到解放碑中央商务区的平均距离从 16.02 km 上升到 18.2 km, 斑块面积逐渐变小, 从 1.7 hm² 下降到 0.75 hm², 反映居住开发小型化的趋势.

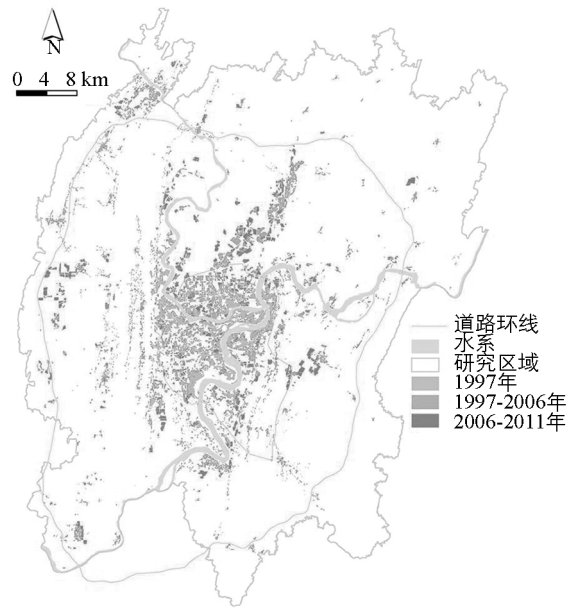


图 3 重庆市主城区各年份居住用地分布图

表 1 新增居住用地坡度及高程分布

时间段	坡 度/°				高 程/m					
	<8	8~15	15~25	>25	<200	200~300	300~400	400~500	500~600	>600
1997 年—2006 年	61.19	33.11	17.79	2.67	6.24	68.72	25.86	11.34	2.59	0.01
2006 年—2011 年	39.13	25.44	15.62	2.48	3.31	50.48	21.81	5.79	1.28	0

2) 交通条件是居住开发的主要动力 1997 年—2006 年,距离两江越远,居住用地转换的概率越低,2006 年—2011 年,该变量对居住用地转换的影响不显著.在第一阶段,居住用地主要沿两江河谷分布,作为工厂企业的单位配套住宅,第二阶段,居住用地开始沿外围交通沿线布局,故第二个阶段这一变量影响不显著.

距离主干道越远,居住用地转换的概率越低,由回归结果可知,到主干道的距离这一变量的回归系数由-0.145 变为-0.130,表明主干道对居住用地转换的影响程度有所降低.距离主干道越近,城市居民的出行成本和生活成本越低.重庆大量隧道、桥梁以及轨道交通的出现,强化了城市组团之间的交通联系,降低了居住开发对主干道的依赖程度.

3) 空间政策对居住用地扩展的引导 城市新区这一空间政策变量有显著的促进作用,在本研究的 2 个时间段内,居住开发概率分别增加 47.3%和 51.1%.城市新区享有大量的优惠政策和基础设施倾斜,外来人口的迁入和老城人口的搬迁均加速了居住开发.

4) 邻域指数对居住用地扩展的影响 受集聚效应和规模效应的影响,邻域内居住用地的比例越高,居住用地转换的概率越大,这说明 2006 年—2011 年房地产商在区位选择时倾向于与已有居住用地相邻接,充分利用已有交通设施和公共设施,分享良好设施的空间红利^[7].而邻域内工业用地比例越大,居住用地转换的概率越高,说明重庆作为西部的重工业基地,2006 年—2011 年产业人口集聚对居住开发的正面影响,超过了工业集聚所带来的环境负外部性.但在 1997 年—2006 年,邻域内居住用地的比例和邻域内工业用地的比例,对居住扩展的影响并不显著,主要是因为这一时期居住用地跳跃式扩展较多.

5) 公共设施对居住用地扩展的影响 2006 年—2011 年,距离公园越远,居住用地转换的概率越低,其回归系数达到了-0.429,但该变量在 1997 年—2006 年不显著,说明城市居民收入水平越高,对居住景观享受价值的诉求和消费能力随之提高.1997 年—2006 年,距离重点中小学越远,居住用地转换的概率越低,这是因为“就近入学”政策导致了重点中小学邻近楼盘受到追捧,“学区房”成为极其稀缺资源,但 2006 年—2011 年,这一变量的回归系数由-0.172 变为 0.282,其原因是这一阶段居住开发呈明显的郊区化特征,降低了对重点中小学的依赖性.

表 2 居住用地转换的 Logistic 回归模型估算结果

变 量	1997 年—2006 年				2006 年—2011 年			
	β	标准误差	Wald 统计量	优势比	β	标准误差	Wald 统计量	优势比
坡度	-0.017**	0.006	7.533	0.983	-0.027***	0.007	14.065	0.974
高程	0.003***	0.001	14.519	1.003	0.004***	0.001	10.737	1.004
N_residential	0.005	0.003	1.964	1.005	0.035***	0.004	96.607	1.036
N_industrial	0.005	0.003	2.193	1.005	0.008*	0.003	5.318	1.008
New_area	0.473**	0.155	9.266	1.604	0.511**	0.167	9.328	1.667
D_river	-0.279***	0.071	15.524	0.757	0.021	0.075	0.080	1.022
D_mroad	-0.145**	0.051	8.057	0.865	-0.130*	0.062	4.476	0.878
D_CBD	0.438	0.249	3.098	1.550	-0.644	0.395	2.654	0.525
D_subcenter	-0.196	0.158	1.537	0.822	-0.064	0.345	0.035	0.938
D_school	-0.172*	0.078	4.790	0.842	0.282*	0.127	4.918	1.326
D_hospital	0.077	0.088	0.756	1.080	-0.009	0.203	0.002	0.991
D_park	-0.119	0.081	2.140	0.888	-0.429***	0.126	11.560	0.651
D_station	0.018	0.105	0.030	1.018	-0.073	0.074	0.979	0.930
常数	-1.621*	0.656	6.105	0.198	1.391	0.753	3.414	4.019
AUC 值	0.628				0.736			

注:“***”表示在 0.001 的水平上差异具有统计学意义;“**”表示在 0.01 的水平上差异具有统计学意义;“*”表示在 0.05 的水平上差异具有统计学意义.

3 山地城市居住用地扩展机制分析

山地城市空间要素分布的极不均衡性和自然地理的差异性,导致其居住开发特征明显不同于平原城

市^[15]。重庆居住开发最初受地形限制而长时期局限在渝中半岛、两江沿岸及两山之间的狭长地带,随着对外交通条件的改善,居住开发突破地形限制,开始出现跳跃式增长,呈现组团式的空间格局^[1, 16]。而平原城市的居住开发由于受地形限制较小,沿中心向外缘呈圈层式扩展结构^[17]。山地城市居住开发与平原城市亦有共同之处:①沿交通轴线扩展特征明显,例如重庆机场高速沿线的居住带状开发与北京并无差异^[17];②优先投资区域居住开发成为热点,如重庆市“两江新区”等城市新区或新城建设与大量平原城市有共同之处。山地城市居住开发的驱动力特征,可以归纳为:

①山地城市居住开发受高程和坡度等自然物理条件限制,“一谷两江,三山四脉”的山水格局,构成了重庆居住开发的自然基础,形成了“多中心,组团式”的分布格局。新增居住用地多分布在地势平缓、海拔适中的区域,其他山地城市与之类似。例如贵阳受岩溶丘陵、槽谷阻隔的限制,居住开发从传统的紧凑圈层式转变为组团式分散扩展^[18]。

②交通条件对山地城市居住开发至关重要。山地城市倾向于向通达性高的区域蔓延,交通走向决定了城市扩展方向^[13]。例如,重庆居住开发明显由沿水而居变为沿路而居,这得益于重庆“半小时”主城的交通战略导向,昆明也与重庆类似,主要沿铁路、国道等交通线及其填充地带扩展^[19]。

③山水景观价值对居住开发影响显著。受风水学思想,山地居住开发偏好于“背山面水”格局,山体公园周边、河谷沿岸成为江景房、山体别墅等居住开发热点。山地城市中,青岛市也非常典型,城市外围滨海地带聚集了大量的别墅、海景房等高端住宅^[20]。相比而言,平原城市可供利用的山水垂直和立体景观较少。

④山地城市的基础设施高度集中在主城核心区,形成明显的空间红利,因此,核心区房价和地价较高,旧城改造和拆迁成本大,新增居住用地开发难度较大。相比之下,郊区更容易组织大型居住区,具体表现在第二阶段的居住用地的郊区化趋势。重庆工业集聚对居住开发的引力作用超过其环境负外部性,主要受重工业主导的城市定位影响。

⑤山地城市居住用地扩展受空间政策的影响较大。重庆市主城区经历了卫星城有机疏散、集中紧凑式发展、多中心组团式发展等思路,奠定了“多中心、组团式”的城市格局^[1, 13]。城市新区作为多中心结构的外围重要节点,在优惠政策和投资倾斜的引导下,居住开发的未来升值潜力较大。类似的如昆明,通过“现代新昆明战略”引导居住用地向东南方向扩展^[19];贵阳通过金阳新区建设战略引导外围大型居住组团开发^[21]。

4 结 论

受限于自然条件,山地城市居住开发呈渐进式和跳跃式相结合的特征,具有“多中心、组团式”的空间格局,有别于平原城市的“摊大饼”模式。山地城市居住开发的相对集中与整体分散的空间形态,对平原城市的城市蔓延治理有重要的借鉴作用。Logistic回归模型表明,高程和坡度是居住开发的限制因素,主干道和城市新区等区位特征对居住开发有吸引作用,到两江、重点中小学、公园的距离以及邻域内居住用地比例、邻域内工业用地比例促进了居住开发,但不同的时间其影响方式不同。研究发现,山地格局在居住开发中,既是限制居住用地布局开展的限制因素,同时也是提高居住开发价值的景观资源。在下一步研究中,还需要将社会经济变量纳入空间模型,以探讨社会经济因素对山地居住开发的影响。

参考文献:

- [1] 罗瑾,刘勇,岳文泽,等.山地城市空间结构演变特征:从沿河谷扩展到多中心组团式扩散[J].经济地理,2013,33(2):61—67.
- [2] 李和平,肖竞.山地城市“城—山”营建关系的多维度分析[J].城市发展研究,2013,20(8):40—46.
- [3] 吴宏安,蒋建军,周杰,等.西安城市扩张及其驱动力分析[J].地理学报,2005,60(1):143—150.
- [4] 葛春叶,涂建军,李宽,等.重庆市建设用地变化及其驱动力分析[J].西南大学学报(自然科学版),2008,30(10):131—135.
- [5] BHATTA B, SARASWATI S, BANDYOPADHYAY D. Urban Sprawl Measurement from Remote Sensing Data[J]. Applied Geography, 2010, 30(4): 731—740.
- [6] YUE Wen-ze, LIU Yong, FAN Pei-lei. Measuring Urban Sprawl and Its Drivers in Large Chinese Cities: The Case of

- Hangzhou [J]. *Land Use Policy*, 2013, 31: 358—370.
- [7] LIU Yong, YUE Wen-ze, FAN Pei-lei. Spatial Determinants of Urban Land Conversion in Large Chinese Cities: a Case of Hangzhou [J]. *Environment and Planning-Part B*, 2011, 38(4): 706—725.
- [8] 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 [J]. *资源科学*, 2009, 31(11): 1919—1926.
- [9] 李春林, 刘 森, 胡远满, 等. 基于增强回归树和 Logistic 回归的城市扩展驱动力分析 [J]. *生态学报*, 2014, 34(3): 727—737.
- [10] 张治清, 贾敦新, 邓仕虎, 等. 城市空间形态与特征的定量分析——以重庆市主城区为例 [J]. *地球信息科学学报*, 2013, 15(2): 297—306.
- [11] 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, 27(2): 294—304.
- [12] 王济川, 郭志刚. *Logistic 回归模型: 方法与应用* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 190—194.
- [13] 郭莉滨, 杨庆媛, 郝府祥. 重庆城市土地利用空间演化机制及对策研究 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2005, 30(3): 573—576.
- [14] 刘明皓, 邱道持, 印 文. 重庆市土地级别调整及特点分析 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2003, 28(4): 633—638.
- [15] 张雪原, 翟国方. 山地城市空间形态生长特征分析 [J]. *现代城市研究*, 2013, 28(2): 45—50.
- [16] 易 峥. 重庆组团式城市结构的演变和发展 [J]. *规划师*, 2004, 20(9): 33—36.
- [17] 马清裕, 张文尝. 北京市居住郊区化分布特征及其影响因素 [J]. *地理研究*, 2006, 25(1): 121—130.
- [18] 李卫海, 李阳兵, 周 焱, 等. 岩溶山地城市扩展空间差异的地形效应 [J]. *地理科学进展*, 2009, 28(1): 85—92.
- [19] 谭文彬, 刘 斌, 张增祥, 等. 近三十年来昆明市建成区扩展遥感监测与分析 [J]. *地球信息科学*, 2009, 11(1): 117—124.
- [20] 张洪恩, 郝赤彪, 聂 彤. 快速城市化时期滨海城市空间扩展动力机制研究——以青岛为例 [J]. *现代城市研究*, 2014, 29(5): 5—8.
- [21] 李玲玲, 安裕伦, 邓焯文. 贵阳市 1973—2010 年建成区遥感动态监测与驱动力 [J]. *山地学报*, 2014, 32(1): 30—37.

An Analysis of the Driving Forces for Residential Land Conversion in Mountainous Cities ——the Case from Chongqing

LIANG Peng-fei, LIU Yong, LIU Xiu-hua

School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Taking Chongqing as a case and based on land use maps in 1997, 2006 and 2011, the polycentric pattern of residential land of the city was identified. Logistic regression models were used to reveal the driving factors of residential land expansion, and the results showed that elevation, slope, proportion of residential land in the neighborhood, proportion of industrial land in the neighborhood, proximity to main roads, the Yangtze and the Jialing Rivers, schools and parks, and spatial policies were the major determinants of Chongqing's residential development. But these driving factors had different effects on residential development in the periods of 1997—2006 and 2006—2011.

Key words: urban spatial expansion; Logistic model; driving force; mountainous city; Chongqing

