

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2016.12.015

基于最小累积阻力模型的西南山地 城市建设用地扩展路径研究

——以贵阳市为例^①

张青萍¹, 杨 柳², 焦洪赞³

1. 贵州大学 资源与环境工程学院, 贵阳 550025; 2. 贵州大学 公共管理学院 中国西部发展能力研究中心, 贵阳 550025;
3. 武汉大学 城市设计学院, 武汉 430072

摘要: 城市建设用地扩展路径的研究的目的在于协调城镇发展与环境保护之间的矛盾. 以贵阳市为例, 在 GIS 栅格技术支持下, 选取山区地形特征为阻力要素, 对最小累积阻力模型进行修正, 同时结合研究区城镇发展与规划, 对贵阳市最小累积阻力值进行时空分析, 划分生态适宜区, 构建在城乡空间一体化发展格局下, 山地城市建设用地扩展的最优路径. 研究表明: 2007 年到 2013 年, 建设用地扩展阻力逐年减小; 根据阻力值将研究区分为禁止、限制、可、优化建设区; 模拟出 5 条最佳路径. 从生态保护和经济发展的角度, 为城镇发展用地的合理布局和发展方向提供有益尝试和补充.

关键词: 土地生态; 城市土地扩展; 最小阻力模型; 生态适应性; 西南山区

中图分类号: K909; TU984

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)12-0089-06

西南山区是我国经济发展比较落后的地区, 也是生态环境十分脆弱的地区^[1]. 西部大开发战略的实施加快了西部山区城镇化进程, 同时导致了城市生态环境敏感度及破碎程度的提高, 且随着人口增长、经济发展和城市建设用地扩张, 城市基本生态控制线不断受到侵蚀. 近年来, 学术界对如何协调建设用地扩展与生态用地保护之间的矛盾展开了大量研究, 研究方法分为 2 类: 一类为地图叠加法, 通过相应指标的加权计算进行研究区适宜性分级^[2]; 另一类是逻辑规则组合法, 以评价因子之间的逻辑组合为依据划分适宜度. 但这 2 种研究方法很难表达景观单元之间的相互作用, 如物种的空间运动、灾害的空间扩散等^[3-4]. 为克服上述方法的缺陷, 最小累积阻力模型(minimum cumulative resistance, MCR)自上世纪末开始被运用于生态安全格局及其相关研究, 它能较好地反映景观中物质潜在的运动可能性和趋向性, 也可以很好地模拟城市土地扩展与生态保护互相博弈扩展的动态过程. 城市土地扩展路径往往与城市规模、城镇体系等紧密相关, 而最小累积阻力模型对扩展路径的现状研究并未体现这种联系, 研究结果脱离了相关的规划要求. 基于此, 本研究以贵州省贵阳市为例, 对最小累积阻力模型进行修正, 划分

^① 收稿日期: 2015-11-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401400); 贵州大学文科重大科研项目(GDZT201305 号); 贵州省科学技术基金项目(黔科合 J 字[2012]2170 号); 贵州大学引进人才科研基金项目(贵大人基合字(2010)006 号); 贵州省教育厅高等学校人文社会科学研究基地项目.

作者简介: 张青萍(1990-), 女, 贵州六盘水人, 硕士研究生, 主要从事土地资源利用与保护的研究.

通信作者: 杨 柳, 副教授.

生态适应区, 构建在城乡空间一体化发展格局下, 山地城市建设用地扩展的最优路径, 拟为山地城市规划与土地利用研究提供参考.

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况与数据来源

贵阳市是贵州经济、文化和交通的中心, 典型的喀斯特山地, 地理位置介于东经 $106^{\circ}07'$ 至 $107^{\circ}17'$ 、北纬 $26^{\circ}11'$ 至 $26^{\circ}55'$ 之间. 本研究分别选择贵阳市 2001 年、2007 年、2013 年夏季的 Landsat 遥感影像(数据来源: <http://www.gscloud.cn>)为研究基础.

2 研究方法

2.1 最小累积阻力模型

借助最小累积阻力模型(MCR)来测算物质流从源地到目的地运动过程中所需耗费的最小代价, 以此衡量物质流从源到空间某一点的某一路径的相对易达性, 其基本公式为

$$MCR = \int_{\min} \sum (D_{ij} \times R_j) \quad (1)$$

式中: MCR 是物质流通过空间的最小累积阻力值; D_{ij} 表示从扩展源地 i 运动到 j 点的空间距离; R_j 是空间栅格对物质流的阻力系数.

2.2 扩展源及目标点的识别

“扩展源”是最小累积阻力模型中物质能量流通和维持的原点, 具有同质性、扩展性及集聚性的特征^[5]. 城市最高密度中心是政治、文化、经济中心, 具有优越的政策优势和区位条件, 同时亦具有扩展源的基本特性. 目标点即为扩展路径的终点, 是接受扩展源物质能量影响的点. 根据《贵阳市城市总体规划(2011—2020年)》的建设目标, 到 2020 年, 贵阳市将形成“一城三带多组团”的城市体系与空间格局, 同时加快建设发展清镇、扎佐、修文、息烽、开阳等重点城镇. 据此, 本研究将贵阳市最高密度中心—南明区与云岩区的城市建设用地作为最小累积阻力模型的扩展源, 其他区县的最高密度中心(商业中心, 一般为政府所在地)设定为目标点.

2.3 改进阻力系数模型

受西南山区地形地貌特点的影响, 作为扩展源的城市建设用地扩展不仅受生态用地的阻碍, 同时还受坡度的阻碍, 坡度越大, 建设用地扩展越困难, 对应的阻力系数也越大. 本研究以生态用地的理论阻力系数为基础, 利用坡度阻力系数对其进行修正:

$$R'_j = R_j \times (1 + \Delta R_j) \quad (2)$$

式中: R'_j 为改进阻力系数; R_j 为生态用地的理论阻力系数; ΔR_j 为坡度修正阻力系数. 根据公式(1)、(2), 得到修正最小累积阻力模型:

$$MCR' = \int_{\min} \sum [D_{ij} \times R_j \times (1 + \Delta R_j)] \quad (3)$$

式中: MCR' 为修正最小累积阻力值, 其余字母含义与公式(1)、(2)相同.

2.3.1 研究区生态用地的理论阻力系数

根据生态学及城市空间扩展的相关研究^[6], 本研究设定生态服务价值越高的景观类型, 物质能量在其中的流动越困难, 损耗越大, 阻力系数也就越大. 根据景观生态学原理^[7-8], 本研究将研究区生态用地类型划分为水体、林地、草地、耕地, 每类生态用地的理论阻力系数以每种生态功能要素的生态服务价值占总价值的比例来衡量, 借鉴贵州省关于土地生态服务价值系数相关研究^[9-11], 取其研究数据的平均值, 计算贵阳市各类生态用地理论阻力系数(表 1).

表 1 贵阳市各类生态用地理论阻力系数

用地类型	单位面积生态价值系数/(hm ² ·a ⁻¹)	理论阻力系数(R _j)	用地类型	单位面积生态价值系数/(hm ² ·a ⁻¹)	理论阻力系数(R _j)
林地	19 333.46	27	耕地	6 114.3	8
草地	6 406.5	9	水体	40 676.4	56

2.3.2 研究区坡度修正阻力系数

考虑到研究区属于西南典型的喀斯特地貌, 对阻力系数进行修正时借鉴有关不同地形坡度对城市建设活动和土地利用影响的研究成果^[12-13], 得到坡度修正阻力系数(表 2). 从表中可以看出, 坡度越大, 阻力系数越大, 最小值为 0, 最大值为 0.9.

表 2 不同地形坡度对城市建设的影响

地形坡度	土地使用	建筑形态	活动类型	道路设施	修正阻力系数
<5°	适宜于各种土地利用	适宜于各种建筑形态	适宜于各种大型活动	适宜于各种道路建设	0
5°~10°	只适宜于住宅小规模建设	适宜于各种建筑和高 级住宅, 建筑群受一 定限制	只适宜于非正式活动	适宜于主要和次要道 路建设	0.2
10°~15°	不适宜大规模建设	适宜建筑高级住宅	只适宜自由活动或山 地活动	适宜于小段道路建设	0.5
15°~45°	不适宜大规模建设	不适宜建筑	不适宜	不适宜	0.8
>45°	不适宜大规模建设	不适宜建筑	不适宜	不适宜	0.9

3 研究结果

3.1 贵阳市最小累积阻力值及其时空分布

根据公式(3), 以贵阳市南明区和云岩区最高密度中心(定为市政府所在地)为源, 计算出研究区每个栅格到源地的最小累积阻力值, 阻力的大小表示建设用地扩展的难易程度. 将 2001 年、2007 年、2013 年的阻力值进行分级, 得到贵阳市最小累积阻力值时空分布图(图 1).

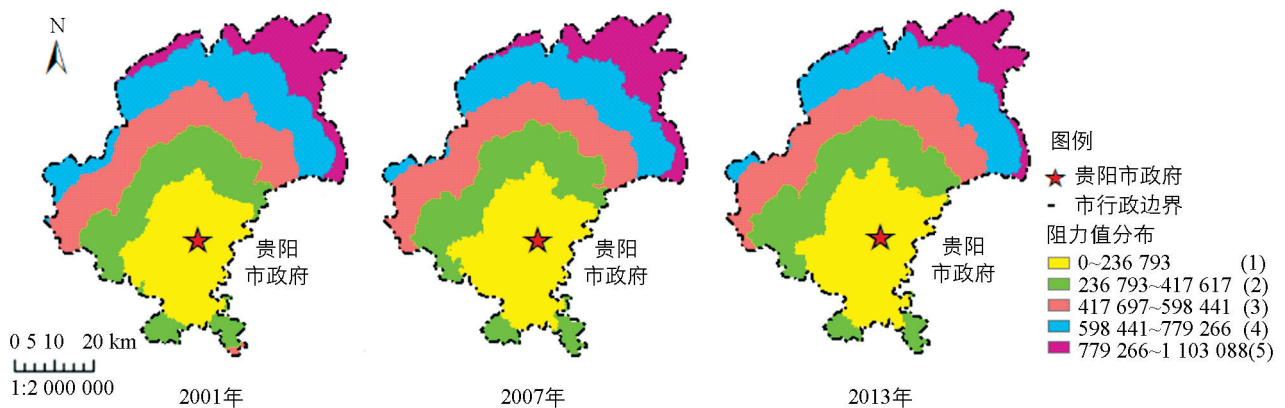


图 1 贵阳市最小累积阻力值时空分布

从 2001 年到 2013 年贵阳市最小累积阻力值时空分布图来看, 低阻力区面积不断增加, 高阻力区面积逐渐减少, 城市建设用地向外扩展难度越来越低. 由于实行“十二五规划”及工业强省战略, 从 2007 年到 2013 年, 贵阳市建设用地扩展阻力减小幅度增大; 建设用地的扩展从低阻力区往高阻力区不断推进, 低阻力区不断吞噬更替高阻力区.

3.2 基于 MCR 的贵阳市生态适宜性分区

利用 2013 年的阻力值进行分区, 得到生态适宜区及建设适宜区. 分区阈值由最小累计表面的像元

值(最小累计阻力差值)及所对应的栅格数目的突变点来确定^[14],如图 2 所示,像元值在 107 119(A)、238 957(B)、729 231(C)点存在明显的突变,相对应的,阻力值在这 3 点处也存在突变,这 3 点成为分区域值的分界点.

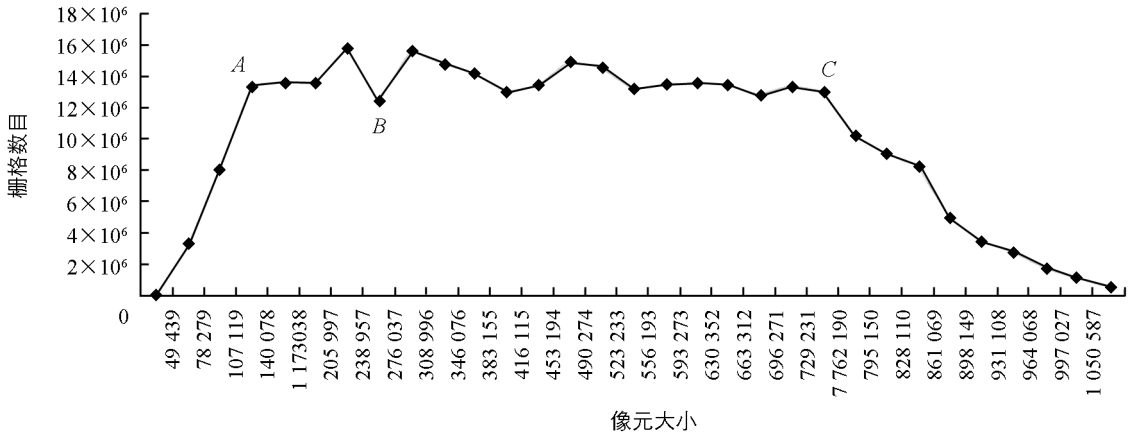


图 2 像元值与栅格数目的关系

利用分界点将阻力值重新分类,得到研究区 2013 年生态适宜性分区,即禁止建设区、限制建设区、可建设区、优化建设区(表 3).

表 3 贵阳市生态适宜性分区阈值区间

生态适宜性分区	像元值	栅格数目	面积/km ²
禁止建设区	0~107 119	13 480 175	616.83
限制建设区	107 119~238 957	12 358 906	1 384.03
可建设区	238 957~729 231	13 080 476	4 845.48
优化建设区	729 231~961 054	1 050 587	1 052.57

由贵阳市生态适宜性分区结果(图 3)可知,禁止建设区面积为 616.83 km²,占贵阳市面积的 13.3%,主要集中在息烽县和开阳县的北部边缘,构成贵阳市的生态保护圈;限制建设区面积为 1 384.03 km²,占贵阳市面积的 61.3%,处于禁止建设区与优化建设区之间,主要分布在息烽县、开阳县、修文县、清镇市及花溪区的南部边缘,构成了贵阳市生态缓冲区;可建设区面积 4 845.48 km²,占贵阳市面积的 17.5%,集中于花溪区、白云区、乌当区、观山湖区的部分地区;优化建设区面积为 1 052.57 km²,占贵阳市面积的 7.8%,主要分布在贵阳市中心城区(南明区、云岩区),土地利用较为成熟.

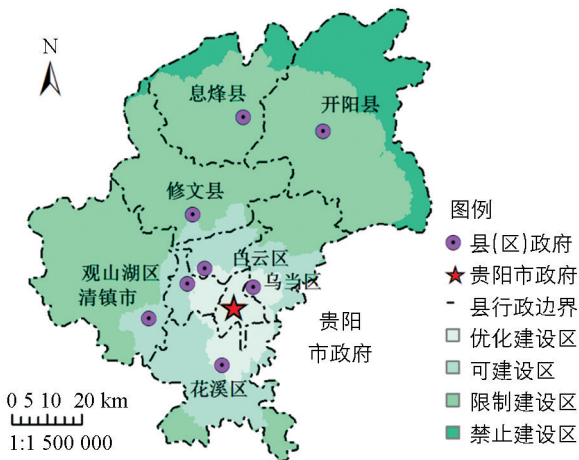


图 3 贵阳市生态适宜性分区图

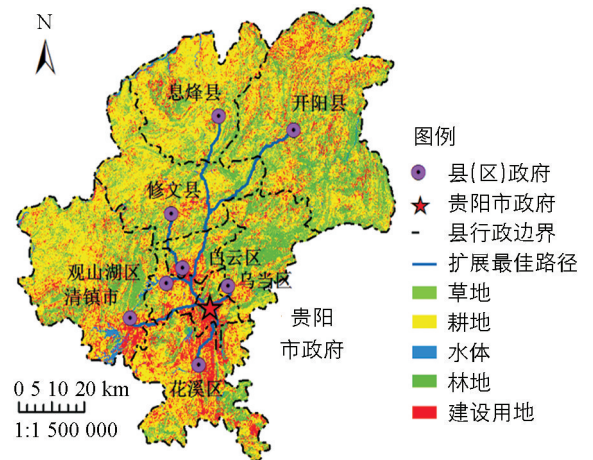


图 4 贵阳市城市建设用地扩展路径

3.3 贵阳市城市建设用地扩展最优路径分析

以贵阳市市政府所在地为源,“三县一市四区”政府所在地为目标点,最小累积阻力值为成本距离,不断克服生态阻力的阻挡,经过优化建设区、可建设区、限制建设区、禁止建设区,在 ArcMap Shortest Path 模块计算模拟出从贵阳市建设用地向四周扩展的最佳路径(图 4)。贵阳市城市建设用地最佳扩展路径以中心城区为核心,沿已有建设用地及重要交通干线形成“中心放射型”城市土地空间拓展路线,分为 5 条主要路线:第一条是北部的贵阳市区—息烽县、开阳县。此条路线应实行北拓战略,贵阳市北部地区面积广阔,且离市中心较远,贵阳市中心对其的辐射作用最薄弱,中间存在大面积的待开发空间。第二条是西北部的贵阳市区—白云区、观山湖区、修文县。第三条是西部的贵阳市区—清镇市。此 2 条路线应实行西连战略,修文县与清镇市距中心城区距离居中,城区对此区域的辐射作用较北部有所增强,但 2 个区域之间存在一定的脱节地域,应以贵阳市城区建设用地扩张为主,修文县与清镇市建设用地扩展为辅,加快两区域的连片发展。第四条是南部的贵阳市区—至花溪区。此路线可实行南延战略,加快花溪大道与花溪二道沿线的棚户区改造,实现城区建设用地向花溪区的延伸建设,同时应不断提升花溪区生态旅游文化区的生态地位。第五条是东部的贵阳市区—乌当区。此路线适合向东扩战略,乌当区与中心城区基本已经成片建设,但乌当区城区面积比例较小,建设用地可实现内部扩展发展。

4 结 论

本研究结合西南地区喀斯特山区特征对 MCR 进行修正,首次以城市最高密度中心为源,次中心(县、区最高密度中心)为目标点,模拟城市土地从市中心向次中心克服生态阻力扩展的最佳路径,为加快城市行政区划优化调整工作,推进撤县、市设区的进程,逐步完善城市空间一体化构想提供参考;在建设用地扩展时空演变上,叠加坡度要素对 MCR 进行修正,并从时间上(2001 年到 2013 年)剖析贵阳市建设用地与生态用地的数量(面积)及扩展方向的变化,为进行进一步分析贵阳市生态分区与城市土地扩展奠定基础。

参考文献:

- [1] 马世五,谢德体,张孝成,等.西南山区生态敏感区生态服务价值对土地利用变化的响应——以重庆市万州区为例[J].西南师范大学学报(自然科学版),2015,40(11):80-87.
- [2] 程吉宏,王晶日.区域环境影响评价中土地使用生态适宜性分析[J].环境保护科学,2002,28(4):52-54.
- [3] 赵琳,田永中,唐小龙,等.三峡库区城镇建设用地生态适宜性纵横评价——以重庆市涪陵新区为例[J].西南大学学报(自然科学版),2014,36(5):151-158.
- [4] 李谦,戴靓,朱青,等.基于最小阻力模型的土地整治中生态连通性变化及其优化研究[J].地理科学,2014,34(6):733-739.
- [5] 俞孔坚.生物保护的景观生态安全格局[J].生态学报,1999,19(1):8-15.
- [6] 李健飞,李林,郭烁,等.基于最小累积阻力模型的珠海市生态适宜性评价[J].应用生态学报,2016,27(1):225-232.
- [7] 赵志刚,王凯荣,向开成,等.冀东平原农业景观格局与生态服务价值研究——以滦县为例[J].水土保持研究,2012,19(3):221-226,230.
- [8] 匡丽花,叶英聪,赵小敏.基于最小累积阻力模型的土地生态适宜性评价——以鄱阳县为例[J].江西农业大学学报,2014,36(4):903-910.
- [9] 李正,王军,白中科,等.贵州省土地利用及其生态系统服务价值与灰色预测[J].地理科学进展,2012,31(5):577-583.
- [10] 周传艳,陈训,刘晓玲,等.基于土地利用的喀斯特地区生态系统服务功能价值评估——以贵州省为例[J].应用与环境生物学报,2011,17(2):174-179.
- [11] 刘宇,陈学华,罗勇.土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以贵州省为例[J].西北林学院学报,2008,23(1):219-223.

[12] 周一星. 城市地理学 [M]. 北京: 商务印书馆, 1997.

[13] 胡海. 基于最小累计阻力模型的土地整理规划方法研究 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2013.

[14] 叶玉瑶, 苏泳娴, 张虹鸥, 等. 生态阻力面模型构建及其在城市扩展模拟中的应用 [J]. 地理学报, 2014, 69(4): 485-496.

Reconstruction Route of Mountainous Region, Southwest of China Land Space Based on Improved Minimum Cumulative Resistance Model

——A Case Study of Guiyang City

ZHANG Qing-ping¹, YANG Liu², JIAO Hong-zan³

1. College of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. China's Western Development Research Center, College of Public Administration,
Guizhou University, Guiyang 550025, China;

3. College of Urban Design, Wuhan University, Wuhan 430072, China

Abstract: The purpose of reconstruction route of urban is to resolve the conflicts between urban construction and environmental protection. The southwest mountain city is ecologically sensitive and Guiyang city is situated in its hinterland, with fragile ecosystems, a study was made with Guiyang city as an example, in which, based on the GIS grid technology, Methods of minimum cumulative resistance model were employed to build best reconstruction of city space rout, and via selecting the mountainous terrain characteristics as resistance elements to modify the resistance coefficient, at the same time, combining with the development and planning of city in the study area, and via minimum cumulative resistance value to divide ecological suitable division and build the shortest path of the mountain city construction land expansion under the integration of urban and rural space development pattern. The result indicated that, first, the construction land expansion resistance has decreased year by year from 2007 to 2013; Second, according to the resistance value, the study area was divided into construction forbidden area, construction limited area, construction permitted area and construction optimization area; third, there were five best path. Based on this, the study may be can coordinate economic development and ecological protection and improve the planning and layout arrangement of urban construction land.

Key words: land ecology; reconstruction of city land space; minimum cumulative resistance model; ecological suitability; mountainous region, southwest of China

责任编辑 胡 杨

