

姜晓丽, 杨伟. 基于“三生”空间视角的城市建设用地拓展适宜性[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(16): 282–285.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.16.061

# 基于“三生”空间视角的城市建设用地拓展适宜性

姜晓丽<sup>1</sup>, 杨伟<sup>2</sup>

(1. 太原师范学院城镇与区域发展研究所, 山西晋中 030619; 2. 太原师范学院地理科学学院, 山西晋中 030619)

**摘要:**以“三生”空间为视角, 以促进“三生”空间合理布局 and 有序开发为目标, 以山西省孝汾平介灵城镇组群为例进行建设用地拓展适宜性评价分析。基于最小累积阻力模型(MCR), 以城市(镇)建设用地为扩展源, 从地形、地质、生态环境、可达性 4 个方面构建阻力因子赋值体系, 构建最小累积阻力面, 采用自然断点法将研究区划分为最适宜建设区、一般适宜建设区、较不适宜建设区、不适宜建设区、禁止建设区等 5 种类型; 采用坡向变率和坡形组合法提取建设用地适宜拓展路径。结果表明, 适宜拓展路径集中于中北部盆地, 空间上呈现“U”形分布, 对比相关区域规划, 与研究结果基本一致。说明采用最小累积阻力模型与坡向变率和坡形组合法相结合能有效评价建设用地适宜性, 能够为土地利用格局优化提供决策支持。

**关键词:**“三生”空间; 适宜性评价; 最小累积阻力模型; 坡向变率与坡形组合法

**中图分类号:** F323.1   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1002-1302(2019)16-0282-04

城市空间扩展是城镇化过程在地域空间上最直观的响应, 是城镇建设需求与生态环境约束之间的博弈结果<sup>[1]</sup>。近年来, 随着城镇化进程的不断加快, 我国城镇建设用地扩张迅速, 但同时也出现了城乡不协调、区域不均衡、资源粗放利用、生态破坏等一系列问题, 成为阻碍城镇化健康发展的限制性因素<sup>[2]</sup>。优化区域开发格局、促进区域协调发展成为我国当前新型城镇化发展中亟待解决的重大问题, 评价土地适宜性正是解决这一问题的重要基础<sup>[3]</sup>。土地适宜性评价一直是国内外学术界关注的重要领域之一<sup>[4]</sup>。对土地适宜性评价的研究最早起源于农业生产适宜性评价<sup>[5]</sup>, 随着经济社会发展水平的不断提高, 针对城市建设用地开发适宜性评价成为学术界关注的焦点<sup>[6-8]</sup>。从研究内容上看, 主要集中于城市建设用地扩展需求与可利用地保障程度的匹配情况分析<sup>[9-10]</sup>。评价指标的选取也由仅限于生态因素<sup>[11]</sup>逐渐扩展到自然、生态、经济、社会等多方面<sup>[3]</sup>。基于 GIS 空间分析技术的相关分析方法的引入, 使建设用地适宜性的分析方法逐渐丰富起来, 主要包括叠加分析法、多因子加权分析法、最小累积阻力模型分析法等<sup>[12-14]</sup>。党的十八大报告明确指出“优化国土空间开发格局, 控制开发强度, 调整空间结构, 促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”<sup>[15]</sup>, 并提出从生产-生活-生态空间(“三生”空间)协调角度优化区域开发格局, 为区域开发格局优化提供新的研究视角。城市建设用地适宜性程度, 可理解为由其他功能空间转化为城市生产、生活空间的适宜程度<sup>[5]</sup>。基于土地主体功能划分“三生”空间, 对土地利用数据进行分类, 并将具有相同主体功能的土地利用类型进行归并, 相对于利用生态系统服务价值估算定量确定空间功能主导类型<sup>[16]</sup>具有更好的实

践应用性, 也能更好地解决土地功能分类与土地利用分类的对接问题<sup>[5,17]</sup>。因此, 本研究以山西省中部孝汾平介灵城镇组群为例, 从区域生活、生产、生态功能视角出发, 构建基于“三生”空间城市建设用地扩展适宜性研究框架, 系统评估建设用地扩展适宜性程度, 以期为国土空间的有序开发提供依据。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 研究区概况

孝汾平介灵城镇组群位于山西省中部, 包括吕梁市的孝义市、汾阳市和晋中市的平遥县、介休市、灵石县, 区域总面积为 5 305 km<sup>2</sup>, 总人口为 211.5 万人(2015 年), 其中城镇人口 113.3 万人, 城镇化率为 53.6%; 2015 年实现地区生产总值 896 亿元, 占太原都市圈的 18.8%, 是太原都市圈的次级核心, 也是推进太原城市群发展的重要战略支点。随着社会经济快速发展, 区域土地资源的供需矛盾日趋显现, 建设用地空间分布破碎散乱等问题成为影响该区域经济社会可持续发展的因素之一。

### 1.2 数据来源及处理

参照第 2 次全国土地调查分类标准, 采用 2013 年 SPOT5 影像资料进行土地利用数字化解译, 获取研究区土地利用现状数据。地形条件数据由 DEM 数据(下载自 <http://www.gscloud.cn/>)。地质条件、道路、河流等数据均由相关图件经过扫描、校正、投影转换和数字化而得。

### 1.3 研究方法

**1.3.1 基于“三生”空间的阻力面构建** 结合已有研究成果及数据的可获取性, 选取地形、地质、生态环境、可达性等 4 类阻力因子, 共 9 个指标用于构建阻力面(表 1)。从“三生”空间视角出发, 在兼顾土地多功能性基础上着力突出用地的生态功能, 根据其生态功能强弱将研究区划分为生态空间、生态生产空间、生产生态空间、生活生产空间, 以“三生”二级类型为基本单元, 依据其转化为生产生活空间, 对生态功能的影响程度进行阻力赋值(表 2)。由于研究区地形条件复杂, 单纯

收稿日期: 2018-04-02

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金(编号: 41701191)。

作者简介: 姜晓丽(1985—), 女, 辽宁丹东人, 博士, 讲师, 主要从事城市与区域发展研究。E-mail: jiangxl0112@163.com。

采用以往研究中的高程作为衡量地形的指标并不适用,因此,选取地形起伏度替代高程作为地形阻力因子中的重要指标。在此基础之上对不同阻力指标进行标准化处理,统一采用赋值法<sup>[18]</sup>。根据各个指标大小对建设用地扩展的阻力程度不同进行赋值,并划分为 5 个等级,阻力值最高赋 5 分,最低赋 1 分。采用层次分析法构建层次结构模型确定各阻力指标权重,判断矩阵通过一致性检验。

1.3.2 最小累积阻力模型法 最小累积阻力模型最早由 Knaapen 等于 1992 年提出<sup>[19]</sup>,并由我国俞孔坚引入国内,是

用于计算物种在从源到目的地运动过程中累积耗费的模型<sup>[20]</sup>。本研究选取建成区、建制镇作为扩展源,由于不同地块受到各阻力因子影响不同,在建设用地扩张过程中须要克服的阻力情况也不相同,因此可以采用最小累积阻力模型构建建设用地扩张阻力面,确定扩张阻力较小的方向。其公式如下:

$$MCR = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} D_{ij} \times R_i。$$

式中:MCR 表示最小累积阻力值;D<sub>ij</sub>表示物种从源 j 到景观单元 i 的空间距离;R<sub>i</sub> 表示景观对某物种运动的阻力系数。

表 1 阻力因子赋值和权重值

阻力因子	指标	赋值	权重
地形	地形起伏度(m)	<20 = 1 分;20 ~ 30 = 2 分;30 ~ 40 = 3 分;40 ~ 50 = 4 分; >50 = 5 分	0.035 8
	坡度(°)	<5 = 1 分;5 ~ 10 = 2 分;10 ~ 15 = 3 分;15 ~ 25 = 4 分; >25 = 5 分	0.071 6
地质	地质灾害易发程度	不易发 = 1 分;低度易发 = 2 分;中度易发 = 3 分;高度易发 = 4 分;— = 5 分	0.114 2
	与断裂带距离(m)	>2 000 = 1 分;1 000 ~ 2 000 = 2 分;500 ~ 1 000 = 3 分;200 ~ 500 = 4 分; <200 = 5 分	0.057 1
生态环境	“三生”空间类型	②⑥⑦ = 1 分;⑧ = 2 分;④⑤ = 3 分;③ = 4 分;① = 5 分	0.322 2
	与水域的距离(m)	>2 000 = 1 分;1 500 ~ 2 000 = 2 分;1 000 ~ 1 500 = 3 分;500 ~ 1 000 = 4 分; <500 = 5 分	0.107 4
可达性	与国道、省道距离(m)	<500 = 1 分;500 ~ 1 000 = 2 分;1 000 ~ 2 000 = 3 分;2 000 ~ 3 000 = 4 分; >3 000 = 5 分	0.079 4
	与县道距离(m)	<300 = 1 分;300 ~ 500 = 2 分;500 ~ 1 000 = 3 分;1 000 ~ 1 500 = 4 分; >1 500 = 5 分	0.035 0
	到建成区、建制镇的距离(m)	<500 = 1 分;500 ~ 1 000 = 2 分;1 000 ~ 2 000 = 3 分;2 000 ~ 3 000 = 4 分; >3 000 = 5 分	0.177 4

注:①~⑧表示“三生”空间二级类型,具体含义见表 2。

表 2 “三生”空间分类体系及阻力赋值

一级	二级	说明	赋值(分)
生态空间	①调节生态用地	有林地、灌木林地、坑塘水面、内陆滩涂、其他草地、其他林地、河流水面	5
	②生态容纳用地	盐碱地、裸地、沼泽地	1
生态生产空间	③牧草地	天然牧草地、人工牧草地	4
生产生态空间	④耕地	旱地、水浇地、设施农用地	3
	⑤园地	果园、其他园地	3
生活生产空间	⑥城镇生活用地	城镇用地、风景名胜及特殊用地	1
	⑦农村生活用地	村庄用地	1
	⑧工业生产用地	采矿用地	2

1.3.3 坡向变率与坡形组合法 坡向变率在数字地形分析中具有重要作用,能够实现地形在水平方向上变化特征的提取<sup>[21]</sup>。采用坡向变率与坡形组合相结合的方法进行山谷线的提取,首先,分别获取正负地形的坡向(aspect)与坡度(slope)数据,在此基础上计算坡向变率;其次,对 DEM 数据进行邻域分析,获取平均值面;再次,将 DEM 与平均值面相减,获得正负地形分布区域;最后,根据地形正负及坡向变率大小确定山谷线。山谷线代表建设用地扩张阻力的低值区,即适宜扩张区。相对于采用最短路径函数确定山谷线,采用坡向变率与坡形组合法获得山谷线并不唯一,更加贴近城镇建设用地拓展的实际情况,可操作性更强。

2 结果与分析

2.1 孝汾平介灵城镇组群“三生”空间布局现状

根据“三生”空间分类体系将研究区划分为生态空间、生态生产空间、生产生态空间、生活生产空间 4 个类型。2013 年研究区内生态空间、生态生产空间、生产生态空间、生活生产空间分别为 2 407.54、0.56、2 290.83、606.37 km<sup>2</sup>(图 1),依次占区域总面积的 45.38%、0.01%、43.18%、11.43%。可见,研究区内生态空间比重较大,生活生产空间比重较小。

从空间分布上看,生态空间主要分布在区域东南侧和西北侧;生产生态空间以耕地为主,主要集中在区域的中北部;生活生产用地则零散分布在生产生态空间当中,呈现“U”形布局。

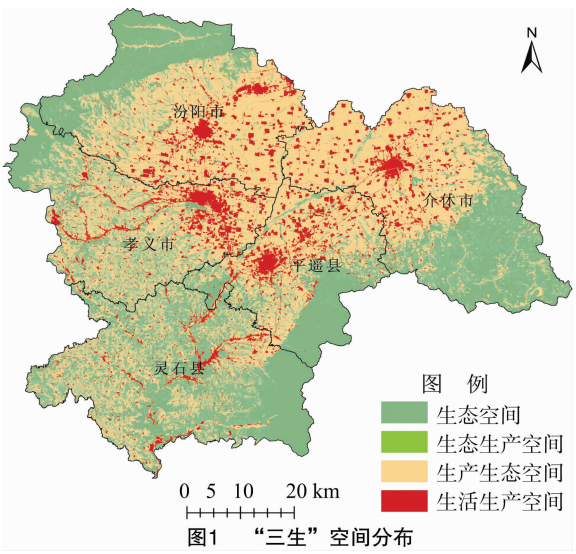


图1 “三生”空间分布

## 2.2 适宜性分区分析

基于地形、地质、生态环境、可达性 4 个阻力因子构建研究区阻力面,计算出研究区的最小累积阻力面(图 2),采用自然断点法将最小累积阻力面划分为 5 种类型区,即最适宜建设区、一般适宜建设区、较不适宜建设区、不适宜建设区、禁止建设区,空间分布上呈现由中北部盆地向外的圈层分布特征,盆地内部适宜程度最高,外围山体适宜程度最低(图 3)。

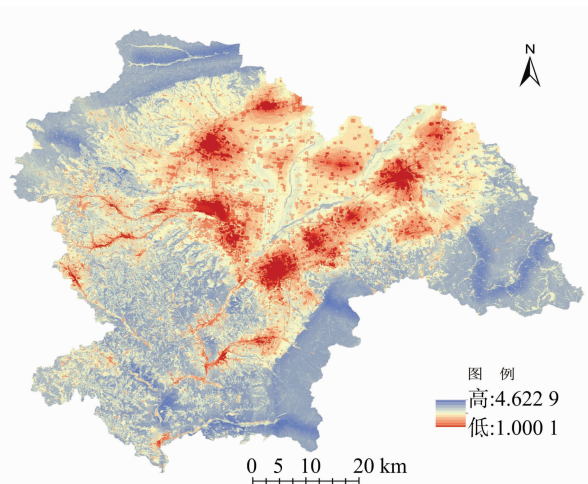


图2 建设用地扩张最小累积阻力面

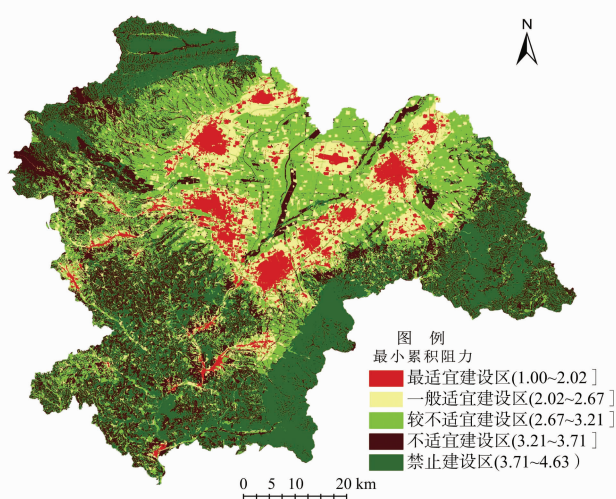


图3 建设用地适宜性分区

最适宜建设区是指最适宜转化为生产生活空间的地区,这些地区交通便利,具有优越的区位条件和较好的经济基础,生态环境条件优越,适宜开展较大规模的城镇建设。最适宜建设区总面积为 339.46 km<sup>2</sup>,占研究区总面积的 6.40%,主要分布在汾阳市市区和杏花村镇、孝义市市区和梧桐镇、平遥县古陶镇、灵石县翠峰镇、介休市城关乡、义安镇等。

一般适宜建设区是指一般适宜转化为生产生活空间的地区,这些地区区位条件相对优越,经济发展基础相对较好,生态环境约束条件较少,可以开展一定规模的城镇建设。一般适宜建设区总面积为 783.92 km<sup>2</sup>,占研究区总面积的 14.78%,主要分布在汾阳市贾家庄镇、阳城乡、杏花村镇,孝义市大孝堡乡,平遥县洪善镇,介休市连福镇、张兰镇,灵石县静升镇等。

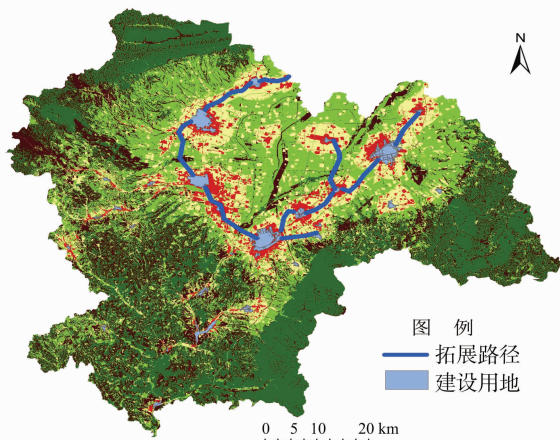


图4 建设用地拓展路径

较不适宜建设区是指较不适宜转化为生产生活空间的地区,这些地区主要以耕地和园地为主,经济效益产出较低,应当采取适度发展原则,有选择地开展城镇建设,并控制城镇建设的规模与强度,建议发展以旅游、休闲度假为代表的兼顾生态保护与经济发展的绿色产业。较不适宜建设区总面积为 1 445.97 km<sup>2</sup>,占研究区总面积的 27.26%,主要分布在研究区中北部的平原地区。

不适宜建设区是指不适宜转化为生产生活空间的地区,这些地区主要分布在研究区外围山地区或河流沿岸,进行城镇建设的工程地质条件较差,开发成本较高,从空间上看,接近自然保护区,生态约束较强,这类地区应以生态保护为主要功能,增加区内植被覆盖度,提高生态质量,减少水土流失,对已经破坏的地区要着力推进生态恢复建设。不适宜建设区总面积为 981.93 km<sup>2</sup>,占研究区总面积的 18.51%。

禁止建设区是指以生态功能为主,完全禁止开发建设的地区,主要分布于研究区外围的西北、西南和东南侧,包括自然保护区、地势较高的山体等。禁止建设区总面积为 1 754.02 km<sup>2</sup>,占研究区总面积的 33.05%。

## 2.3 建设用地主要拓展路径分析

借助 ArcGIS 空间分析平台,利用坡向变率与坡形组合法提取山谷线的方法确定研究区建设用地适宜拓展路径,在实际应用中最小累积阻力面(MCR)相当于 DEM,须要获取的建设用地适宜拓展路径则相当于“山谷线”,即最小累积阻力值越小,就越适宜发展建设用地,计算过程中将低值点集中区连接起来,获得建设用地适宜拓展路径。由图 4 可知,研究区内建设用地主要拓展路径集中于中北部盆地各重要城市(镇)之间,空间上呈现“U”形分布,各拓展路径经过的区域符合由低阻力值向高阻力值变化的特征。建设用地的集中连片发展有利于提高生产、生活效率,促进整个经济效益的大幅提高,建设用地适宜拓展路径从本质上讲也符合这一基本规律。

## 2.4 与《孝汾平介灵城镇组群规划(2016—2030)》对比分析

根据研究区社会经济、生态环境的现状特征及发展趋势,《孝汾平介灵城镇组群规划(2016—2030)》(简称《规划》)将其定位为太原都市圈城镇密集区发展次核,中西部地区中小城市组群一体化发展示范区。

《规划》按照区域资源环境承载能力及现状发展水平将



组群空间划分为适宜建设区、限制建设区、禁止建设区,其中适宜建设区包括城镇(村)建设用地及独立工矿区,与研究结果中的最适宜建设区和一般适宜建设区范围基本一致;限制建设区包含农田保护区和生态保护外围保护区,与研究结果中的较不适宜建设区和不宜建设区基本一致;禁止建设区包含自然保护区、生态保护区,与研究结果中的禁止建设区范围基本一致。

重点地区发展指引关于建设用地的的发展调控,采取整合孝义、汾阳、介休等市,孝义市采取跨孝河向南拓展,适当向北发展,汾阳市以向南、向西发展为主,向北、向东发展为辅,介休市以西北和东北为建设用地的主要拓展方向,与建设用地拓展路径方向基本一致。规划平遥县(古陶镇)–南政–中都形成城乡一体化示范区,南政乡、中都乡位于平遥县(古陶镇)以西和以北,拓展路径当中适宜拓展方向为东北和西南,与《规划》稍有出入。规划灵石县(翠峰镇)–静升形成城乡一体化示范区,由于其受地形限制较显著,可利用地有限,建设用地的空间拓展适宜性较差,未来城镇发展须要更加注重挖掘存量土地潜力,提高土地集约利用水平。整体来说,拓展路径与《规划》中相关内容基本一致,相互印证,说明《规划》编制的合理性,也说明最小累积阻力模型、坡向变率与坡形组合法应用于建设用地拓展适宜性评价的适用性。

### 3 结论

提高建设用地使用合理性须要以建设用地适宜性评价为基础,本研究以促进区域可持续发展为目标,以保障土地生态功能为基础,从“三生”空间视角出发,根据生态功能强弱将国土空间划分为生态空间、生态生产空间、生产生态空间、生活生产空间,以其二级类型为基本单元,并根据其转化为生产生活空间对生态功能的影响程度进行阻力赋值,将其作为生态环境指标之一参与评价指标体系构建。

从地形、地质、生态环境、可达性 4 个方面选取 9 项指标,采用统一量化标准,以 GIS 栅格技术为支撑,采用最小累积阻力模型,构建建设用地拓展最小累积阻力面,对国土空间开发建设用地的适宜性进行评价,评价结果与区域规划基本一致,说明评价方法的适用性和评价结果的准确性。

根据评价结果,将研究区划分为最适宜建设区、一般适宜建设区、较不适宜建设区、不宜建设区、禁止建设区 5 种类型,空间分布上呈现由中北部盆地向外的圈层分布特征,盆地内部适宜程度最高,外围山体适宜程度最低,与区域规划的空间管制分区基本一致。

采用坡向变率与坡形组合法确定建设用地拓展路径,研究区内建设用地主要拓展路径集中于中北部盆地各重要城市(镇)之间,空间上呈现“U”形分布,各拓展路径经过的区域符合由低阻力值向高阻力值变化的特征,与区域规划相关内容基本一致。

### 参考文献:

[1] 钟式玉,吴 箐,李 宇,等. 基于最小累积阻力模型的城镇土地

- 空间重构——以广州市新塘镇为例[J]. 应用生态学报,2012,23(11):3173–3179.
- [2] 吕剑成,周 磊,洪武扬,等. 城市土地生态适宜性分区划分研究——以常州市武进区为例[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(9):1560–1567.
- [3] 唐常春,孙 威. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价[J]. 地理学报,2012,67(12):1587–1598.
- [4] 刘孝富,舒俭民,张林波. 最小累积阻力模型在城市土地生态适宜性评价中的应用——以厦门为例[J]. 生态学报,2010,30(2):421–428.
- [5] 吴艳娟,杨艳昭,杨 玲,等. 基于“三生空间”的城市国土空间开发建设适宜性评价——以宁波市为例[J]. 资源科学,2016,38(11):2072–2081.
- [6] 邱从毫,李阳兵,冯元嵩. 贵阳市城市土地扩展空间的生态适宜性与优化[J]. 应用生态学报,2015,26(9):2777–2784.
- [7] 杨子生. 山区城镇建设用地适宜性评价方法及应用——以云南省德宏州为例[J]. 自然资源学报,2016,31(1):64–76.
- [8] 曲衍波,张凤荣,杜素芹,等. 平谷区城镇建设用地生态经济适宜性评价方法[J]. 中国土地科学,2010,24(12):21–27.
- [9] 孙 伟,陈 雯. 市域空间开发适宜性分区与布局引导研究——以宁波市为例[J]. 自然资源学报,2009,24(3):402–413.
- [10] 何 丹,金凤君,周 璟. 资源型城市建设用地适宜性评价研究——以济宁市大运河生态经济区为例[J]. 地理研究,2011,30(4):655–666.
- [11] 许嘉巍,刘惠清. 长春市城市建设用地适宜性评价[J]. 经济地理,1999,19(6):101–104.
- [12] 吴海燕,刘 方,杨 莉,等. 喀斯特地区低丘缓坡资源适宜性评价与研究[J]. 四川农业大学学报,2013,31(3):328–334.
- [12] 齐增湘,廖建军,徐卫华,等. 基于 GIS 的秦岭山区聚落用地适宜性评价[J]. 生态学报,2015,35(4):1274–1283.
- [14] 张 颖,徐 辉. 基于 MCR 模型的农村居民点布局适宜性分区及优化模式研究——以南京市六合区金牛湖街道为例[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(11):1485–1492.
- [15] 胡锦涛. 坚定不移沿着中国特色社会主义道路前进 为全面建成小康社会而奋斗——在中国共产党第十八次全国代表大会上的报告[R]. 北京:人民出版社,2012.
- [16] 李广东,方创琳. 城市生态–生产–生活空间功能定量识别与分析[J]. 地理学报,2016,71(1):49–65.
- [17] 吕立刚,周生路,周兵兵,等. 区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究——以江苏省为例[J]. 地理科学,2013,33(12):1442–1449.
- [18] 黄丽明,陈健飞. 广州市花都区城镇建设用地适宜性评价研究——基于 MCR 面特征提取[J]. 资源科学,2014,36(7):1347–1355.
- [19] Knaapen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. Landscape and Urban Planning, 1992, 23(1):1–16.
- [20] 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.
- [21] 谢铁群,汤国安,江 岭. DEM 提取坡向变率中的误差特征与消除方法[J]. 地理与地理信息科学,2013,29(2):49–53.