

生态视角下的山区城镇建设用地适宜性评价*

孙凌蔚^{1,3,4}, 李月臣^{2,3,4}, 朱康文^{3,5}, 刘建^{3,6}

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院; 2. 重庆师范大学 职教师资学院;

3. 重庆师范大学 三峡生态环境遥感研究所, 重庆 401331; 4. 重庆市高校 GIS 应用研究重点实验室, 重庆 401331;

5. 重庆市环境科学研究院, 重庆 401147; 6. 重庆市地理信息中心, 重庆 401120)

摘要:【目的】以奉节县为研究对象,将生态敏感性评价和生物多样性保护功能评价纳入评价指标体系,评价山区城镇建设用地适宜性。【方法】共选取包含自然、经济和生态3方面的13个弹性因子和3个刚性因子构建山地城镇建设用地适宜性评价模型,采用层次分析法(AHP)为各弹性因子分配权重,利用 ArcGIS 的空间分析功能进行运算并将结果分为5个等级。【结果】1) 适宜建设用和较适宜建设用地面积分别占区域面积的2.2%和4.18%,可建设用地少且空间分布不均,较为集中分布于朱一镇、永安街道及鱼复街道一带;2) 92%的建成区分布在适建区内。绝大部分乡镇建成区与适建区重合度较高,表明奉节县的城镇建设受限制性条件约束小,布局较为合理。【结论】研究结果可为奉节县的城镇建设提供较好的科学依据,对于山区城镇建设用地适宜性评价具有较好的借鉴意义。

关键词:适宜性评价;层次分析法;生态敏感性评价;GIS;山区城镇

中图分类号:X321

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2017)03-0121-07

近些年来随着中国城镇化速度的加快,由此导致生态环境质量下降、人居环境恶化及人地矛盾突出,因此对城镇建设进行合理规划和科学布局变得非常重要。城镇建设用地适宜性评价作为城市规划的基础,影响着城市各功能布局与经济社会发展。中国的建设用地适宜性评价始于早期的城市土地质量评价。随着科学技术的发展,特别是GIS技术的广泛应用,基于GIS的适宜性评价在国土空间开发^[1]、工业园区规划^[2]、城市居住用地评价^[3]、新农村建设^[4-6]、动植物栖息地环境影响评价^[7-8]等方面都有大量应用。研究方法由定性走向定量,出现了多因子叠加分析法、神经网络模型^[6]、模糊综合评判^[9]、情景分析法^[10]、生态位模型^[11]、物质元素模型^[12]等方法。作为最经典的方法,多因子叠加分析法的应用最为广泛,它的关键在于因子权重的确定。权重确定方法主要有成对明智比较法^[13]、专家打分法、数理统计法和层次分析法(AHP)等。

目前建设用地适宜性研究多集中于平原和丘陵地区^[14-17],评价体系已较为完善。已有的部分山区城镇建设用地适宜性研究在评价体系的构建上与平原类似^[18],代表性不强。另有部分山地研究虽然考虑到山区城镇的特殊性,例如朱康文等人^[19-21]考虑了山区复杂的地形条件,在评价体系中添加了工程地质与地貌因子,但指标相对单一,忽略了山区生态敏感脆弱的特性,对生态要素考虑不足。优良的生态环境对于经济发展和人居环境的重要性不言而喻,而山区自然条件复杂,受自然地理条件的制约明显,资源环境承载能力较弱,对人类活动干扰反应敏感,自然与人类关系更为紧张。城镇化面临保护生态环境、经济发展、生态移民等多种问题^[22],以往的研究不能满足山地城镇建设规划的需求,如何建立科学合理的评价体系成为山区城镇规划布局的重点。

奉节县是中国西南地区山区城镇的典型代表,存在着水土流失、石漠化等威胁城镇建设安全与经济可持续发展的生态问题。本研究在考虑了已有研究的成果基础上,从生态安全角度出发将生态敏感性评价和生物多样性保护功能评价纳入评价指标体系,提出包含7个自然地理因子、4个经济社会因子和5个生态因子的多因子山地城镇建设用地适宜性评价模型,构建涵盖自然、经济和生态共3方面的建设用地适宜性评价指标体系,对研究区进行评价研究,评价结果可为当地有关部门城镇规划、用地规模调整和城镇发展方向提供依据,为山区城镇建设用地适宜性评价提供参考依据。

* 收稿日期:2016-02-27 修回日期:2017-01-07 网络出版时间:2017-05-02 17:24

资助项目:国家自然科学基金项目(No.41571419)

第一作者简介:孙凌蔚,女,研究方向为资源环境遥感与GIS应用,E-mail:13983722435@163.com;通信作者:李月臣,教授,E-mail:liyuechen2008@qq.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20170502.1724.008.html>

1 研究区概况

奉节县位于重庆市东北部,地理坐标为东经 $109^{\circ}1'17''\sim 109^{\circ}45'58''$ 、北纬 $30^{\circ}29'19''\sim 31^{\circ}22'33''$,全县总面积为 $4\ 103\ \text{km}^2$ 。区域内最低点海拔为 $86\ \text{m}$,最高点海拔为 $2\ 132\ \text{m}$,海拔高差达 $1\ 937\ \text{m}$ 。区域内山地面积占总面积的 85.18% ,中山(海拔 $1\ 000\ \text{m}$ 以上)占总面积 44.96% 。由于地形起伏度大,适宜建设用地较少,属于重庆市人地矛盾比较突出的区域。奉节县水土流失与石漠化面积广且程度较严重。水土流失总面积为 $2\ 452.52\ \text{km}^2$,中度以上水土流失比例达 65.29% ;石漠化面积也较大,约 $1\ 250.94\ \text{km}^2$,中度以上石漠化比例达 19.47% 。区域内地质灾害频发,危害类型多为滑坡与危岩,生态极其脆弱。

研究以 $1:50\ 000$ DEM 数据为基础,结合 2000—2010 年 MOD17A3 数据、2000—2013 年 MODIS-NDVI 数据、2010 年全国生态十年遥感普查数据构建水土流失敏感性评价模型和生物多样性重要性评价模型,在此基础上结合自然保护区、道路、水系、基本农田、乡镇建成区、林地(来源于土地利用二次调查)等数据建立奉节县城镇建设用地适宜性评价模型。

2 研究方法

2.1 评价模型

采用多因子叠加分析法,建立奉节县城镇建设用地适宜性评价模型:

$$S = \sum_{i=1}^n f_i w_i。$$

式中, S 为适宜性型号评价指数; f_i 为第 i 种评价因素的得分; w_i 为第 i 种评价因素的权重; n 为参评的弹性因子数量。

2.2 评价因子指标确定

用地适宜性评价因子的选择主要考虑以下 3 个方面要素:自然地理要素、经济社会要素、生态要素。各要素中的因子可分为弹性因子和刚性因子,弹性因子可根据自身重要性程度高低分配一定权重,刚性因子主要指自然保护区等需要绝对保护的因子,它的保护范围基本不可以进行开发与建设,不分配权重。结合奉节县实际情况,采取德尔菲法由专家讨论共选取弹性因子共计 13 个,刚性因子 3 个(表 1)。

2.3 评价因子数据处理

自然地理要素中的高程、坡度、起伏度与坡向由 DEM 分析得到。经济社会因子中的建成区、高速和省道、县道及自然地理因子中的断层与河流采用欧式距离分析得到栅格图层。建成区在选择时主要考虑乡、镇政府驻地及以上级别的城镇。高速、省道和县道基于各自影响范围的不同划分不同的适宜性等级。断层对城市工程建设影响巨大,考虑到地表破裂的复杂性与工程措施的安全性,国内外相关规范偏保守地将避让距离设定在 $100\sim 200\ \text{m}$ ^[23]。以奉节县地质灾害点为基础,利用密度制图法做出地灾点密度栅格数据。土地利用根据国家生态十年遥感影像分析得到。

生态要素中弹性因子为生态敏感性与生物多样保护功能重要性。

在生态敏感性评价中,从生态安全角度出发,考虑到奉节县自然条件现状及区县功能定位,选取水土流失敏感性、石漠化敏感性与河流水质作为评价指标,构建综合生态敏感性因子。

水土流失敏感性根据水土流失方程^[24],结合奉节县自然与经济社会情况,采用降雨侵蚀力、土壤可蚀性、坡长坡度及地表植被覆盖共 4 个因子作为评价指标,得到奉节县水土流失敏感性分布情况。本研究采用是否为喀斯特地形、地形坡度、植被覆盖度作为石漠化敏感性评价指标,得到奉节县石漠化敏感性分布情况。根据重庆市河流水环境功能区划确定的水环境功能类型,确定水质目标敏感性等级。考虑到任一因子对生态敏感都有不可替代的重要影响,故本研究采用极大值法 $I = \max(S_j)$ ^[25],式中 I 为生态综合敏感性评价结果, S_j 为第 j 个因子的敏感程度。

表 1 因子类型

Tab. 1 The Factor grade

要素名称	因子名称	因子类型
自然 地理 要素	高程	弹性
	坡度	弹性
	地表起伏度	弹性
	坡向	弹性
	断层	弹性
	河流	弹性
经济 社会 要素	地质灾害	弹性
	距建成区距离	弹性
	距高速公路及省道的距离	弹性
	距离县道的距离	弹性
生态 要素	土地利用现状	弹性
	生态敏感性	弹性
	生物多样保护功能重要性	弹性
	基本农田	刚性
	重要生态用地	刚性
	保护区	刚性

奉节县位于三峡库区重要地段,生态保护地位和生态涵养功能突出,经济发展应与生态保护并重。由于无法获得奉节物种分布情况,故根据《国家生态保护红线——生态功能红线划定技术指南(试行)》采用基于生境多样性的评价方法,得到奉节县生物多样性保护功能重要性分布情况(表 2,封二彩图 1)。

刚性因子中的基本农田因子由奉节县国土局处获得。重要生态用地主要是提取面积大于 3 km² 的林地以及主要河流作为评价要素。保护区因子为天坑地缝自然保护区和天鹅湖自然保护区(封二彩图 2)。

表 2 评价指标分级与赋值
Tab. 2 The Classification and Assignment of evaluation index

因子名称	赋值				
	9	7	5	3	1
高程/m	<500	500~800	800~1 000	1 000~1 500	>1500
坡度/(°)	0~10	10~15	15~20	20~25	>25
地表起伏度/m	0~50	50~100	100~150	150~200	>200
坡向	南	西南/东南	南/东	东北/西北	北
断层/m	>500	300~500	200~300	100~200	<100
河流/m	>200	150~200	100~150	50~100	<50
地灾点密度/(个·km ⁻²)	<0.1	0.1~0.3	0.3~0.7	0.7~1.4	>1.4
距建成区距离/m	<500	500~1 000	1 000~2 000	2 000~3 000	>3 000
距高速公路及省道的距离/m	<500	500~1 000	1 000~2 000	2 000~3 000	>3 000
距离县道的距离/m	<300	300~500	500~1 000	1 000~1 500	>1 500
土地利用现状	工业用地,居民用地,交通用地	旱地	草地	林地,采矿用地,稀疏林,稀疏灌木林,稀疏草地,裸土	水田,湿地
生态敏感性	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
生物多样保护功能重要性	一般重要	比较重要	中等重要	高度重要	极重要

2.4 因子权重确定

权重反映每一个评价因子的重要程度,权重越大,该因子对决策的重要性越大。本研究采用 AHP 是由美国数学家托马斯在米勒层次分析过程(MHP)的基础上提出,在管理学与运筹学等多学科应用广泛。它将问题元素分解成目标、准则、方案等,定性与定量相结合,在土地利用规划协同决策方面也得到很好的应用。本研究对各层指标的相对重要性进行两两比较、判断,并通过判断矩阵的一致性检测(0.017 6),最后得出各个指标的权重值(表 3)。

表 3 评价指标权重表
Tab. 3 Weight of evaluation index

	高程	坡度	地表起伏度	坡向	断层	河流	地质灾害
权重	0.020 7	0.053 9	0.026 3	0.013 8	0.016 6	0.013 5	0.024 5
	距建成区距离	距高速公路及省道的距离	距离县道的距离	土地利用现状	生态敏感性	生物多样保护功能重要性	
权重	0.201 7	0.091 4	0.078 9	0.071 5	0.258 2	0.129 1	

3 结果

3.1 建设用地适宜性结果分析

根据多因素综合评价模型及各弹性因子权重,利用 ArcGIS 10.1 空间分析模块对弹性因子进行叠加分析,采用自然断点法将结果分为不可建设用地、不宜建设用地、基本适宜建设用地、较适宜建设用地和适宜建设用地,具体分级标准见表 4。将结果与刚性因子进行叠加扣重,得到建设用地适宜性最终结果图(封三彩图 3)与奉节县建设用地适宜性综合评价结果表(表 5)。

适宜建设用地面积为 90.28 km²,空间分布不平衡,主要沿江集中分布在朱一镇、永安街道和鱼复街道一带分布,占总面积的 2.20%。这些城镇建成历史久,交通便捷,是区域经济活动和居民生活的中心。较适宜和基本适宜建设用地主要分布在适宜建设用地周边,面积分别为 171.48 km² 和 222.77 km²,分别占总面积的 4.18%

和 5.43%。不宜和不可建设用地占总面积的 88.2%。研究结果表明,奉节县可建设用地少,且分布较为集中,如何在保持乃至提高生态质量的前提下,以提高土地利用与集约程度为基本思路进行城镇开发与建设将成为山地城镇建设的重中之重。

表 4 城镇建设用地综合评价分级标准

Tab. 4 The grading standard for urbanization comprehensive analysis

阈值划分	适宜性等级	建设区划分
≤ 2.7233	不可建设用地	禁建区
$> 2.7233 \sim 3.3673$	不宜建设用地	限建区
$> 3.3673 \sim 3.9637$	基本适宜建设用地	—
$> 3.9637 \sim 4.7032$	较适宜建设用地	适建区
≥ 4.7032	适宜建设用地	

表 5 建设用地适宜性综合评价结果分析

Tab. 5 Analysis of suitability evaluation results for settlement construction

适宜等级	面积/km ²	比例/%
适宜建设用地	90.28	2.20
较适宜建设用地	171.48	4.18
基本适宜建设用地	222.77	5.43
不宜建设用地	200.07	4.88
不可建设用地	3 418.99	83.32

3.2 建成区与结果叠加分析

将奉节县建成区与适建区及非适建区结果叠加,得到各乡镇建设用地潜力表(表 6)。奉节县现有已建成区面积为 16.39 km²,有 92%分布于适建区中,分布在非适建区的已建成区比例最大的乡镇为羊市镇,比例约为 40%,具有一定的生态危险。各乡镇建成区在适建区中分布差异较大,绝大部分乡镇建成区与适建区重合度较高。这说明这部分乡镇建设条件好,受限制性条件制约较小,表明奉节县城镇布局较为科学。另有部分乡镇建成区在适建区重合度较低,其中羊市镇仅有 60.07%的已建成区分布在适建区内,另外安坪镇、龙桥土家族乡和石岗乡建成区在适建区中分布的比例都在 70%以下。考虑到奉节县在重庆市乃至全国的重要的生态环境价值,应当对县内建成区与适建区重合度较低的乡镇的未来城镇建设用地发展方向与布局重新规划,避免城镇建设对周边生态环境造成过多人为干扰,使生态环境进一步恶化,造成生态危机。

通过对奉节县建成区和适建区的叠加分析,可发现各乡镇适建区面积远大于建成区,说明城镇建设潜力大,未来发展后备土地资源充足。但由于山高坡陡,不可建设用地中坡度大于 25°的陡坡地占总面积的 52.39%。对这类原因导致不适宜建设的用地应采取相应的工程技术措施加以改善,提高它们的适宜性等级,避免建设对生态环境的破坏。奉节县建设定位于生态保护与涵养功能,但也存在着山地城镇在开发建设中的典型问题:水土流失、石漠化以及地质灾害频发,18.81%的不适宜建设用地生态极敏感,严重影响生态环境质量和经济的可持续发展,区域内存在如何协调经济发展与生态保护的矛盾。对部分存在生态危险的乡镇应对未来的城镇建设做科学规划,避免激发矛盾,破坏生态平衡。

奉节县矿产资源丰富,在北部的产煤区及南部的硫铁矿均有因不合理开采导致的地面塌陷,塌陷的危害性日益突出。此外,饮用水源地对城市镇建设与发展也有重要影响。本研究由于数据缺失,未将该指标列入评价,将在日后的研究中加以完善。

4 讨论

建设用地的适宜性受到多方面因素的影响。尤其在山区,自然条件复杂多变,生态敏感脆弱,相较于平原地区其中的影响因素更多。以往研究选取的影响因子多集中于常见的地形、道路、城镇等因素,对生态安全考虑不足。本研究在过去研究的基础上,引入生态保护思路,创造性地将生态敏感性与生物多样性保护功能重要性因子纳入城镇建设用地适宜性评价,构建了涉及自然地理、社会经济和生态三大方面共计 13 个弹性因子与 3 个刚性因子的评价体系。同时,与其他研究相比^[19-21],本研究贯彻生态保护思想,将自然保护区及基本农田列为刚性因子不可进行建设^[16],因而评价体系更为健全,对生态安全的要求更为严苛。本研究在建设用地适宜性评价中考虑生态因素,完善了评价体系,提高了评价结果的合理性和科学性,可为其他山区城镇建设用地适宜性评价提供借鉴。

由于山区条件存在特殊性,评价中出现的过于细碎的斑块在现实中很难作为建设用地进行开发,在实际应用中应根据现实情况对本研究结果进行调整。此外,山区城镇建设用地适宜性高低不仅受自然条件的制约,还取决于工程技术水平的高低。山区自然条件复杂,某一时间段内自然条件的改变也会带来适宜性程度的变化。因此,应定期进行山区城镇建设适宜性评价,以符合当地现状,促进经济社会协调发展。

表6 奉节县各乡镇适宜建设用地分布

Tab. 6 The statistics of suitable land for construction in village and towns

乡、镇、街道名称	建成区面积/hm ²	适建区面积/hm ²	非适建区面积/hm ²	建成区分布在适建区中面积/hm ²	建成区分布在适建区中百分比/%	建成区分布在非适建区中面积/hm ²	建成区分布在非适建区中百分比/%
安坪镇	19.11	161.24	150.94	12.18	63.74	6.93	36.26
白帝镇	23.77	1363.10	101.56	21.78	91.63	1.99	8.37
草堂镇	13.21	1179.92	159.40	13.21	100.00	0.00	0.00
大树镇	3.98	875.62	139.45	3.14	78.87	0.84	21.13
汾河镇	15.78	616.31	126.01	14.38	91.11	1.40	8.89
冯坪乡	15.52	348.77	105.66	14.17	91.30	1.35	8.70
公平镇	41.25	1207.22	123.25	41.25	100.00	0.00	0.00
鹤峰乡	5.22	410.77	86.01	5.02	96.22	0.20	3.78
红土乡	11.38	692.27	78.07	11.25	98.82	0.13	1.18
甲高镇	26.66	425.66	175.80	25.89	97.11	0.77	2.89
康乐镇	34.20	1612.28	129.11	33.69	98.51	0.51	1.49
康坪乡	13.60	185.15	36.58	13.6	100.00	0.00	0.00
夔门街道	95.82	2008.04	29.35	84.52	88.21	11.30	11.79
龙桥土家族乡	2.79	520.36	108.77	1.75	62.84	1.04	37.16
平安乡	4.73	446.14	118.18	4.34	91.68	0.39	8.32
青莲镇	7.59	1278.45	165.48	7.59	100.00	0.00	0.00
青龙镇	16.30	314.17	106.73	13.98	85.76	2.32	14.24
石岗乡	6.45	494.30	93.82	4.43	68.64	2.02	31.36
太和土家族乡	5.59	1187.70	120.66	4.68	83.74	0.91	16.26
吐祥镇	64.26	722.56	248.97	60.53	94.19	3.73	5.81
五马镇	18.31	554.42	163.17	17.38	94.90	0.93	5.10
新民镇	19.57	463.69	90.63	18.97	96.98	0.60	3.02
兴隆镇	70.00	1294.52	336.40	68.37	97.67	1.63	2.33
岩湾乡	21.12	242.26	47.73	20.57	97.39	0.55	2.61
羊市镇	6.40	188.76	59.92	3.85	60.07	2.55	39.93
永安街道	721.56	2437.27	31.63	663.66	91.98	57.90	8.02
永乐镇	51.71	640.69	133.28	43.50	84.12	8.21	15.88
鱼复街道	165.61	744.51	5.98	153.40	92.63	12.21	7.37
云雾土家族乡	3.88	504.82	75.18	3.52	90.67	0.36	9.33
长安土家族乡	3.93	263.46	186.08	3.93	100.00	0.00	0.00
朱衣镇	53.56	2169.51	120.26	50.05	93.44	3.51	6.56
竹园镇	73.34	622.40	174.53	66.91	91.23	6.43	8.77

参考文献:

- [1] 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.
TANG C C,SUN W.Comprehensive evaluation of land spatial development suitability of the Yangtze river basin[J].Acta Geographical Sinica,2012,67(12):1587-1598.
- [2] 朱虹.基于GIS的工业园土地生态适宜性评价研究[D].大连:大连理工大学,2007.
ZHU H.Study on land ecological suitability evaluation of industrial parks based on GIS[D].Dalian:Dalian University of Technology,2007.
- [3] 黄焕春,运迎霞,李明玉.基于GIS的延吉市城区居住用地适宜性分析[J].吉林师范大学学报(自然科学版),2011,(4):19-20.
HUANG H H,YUN Y X,LI M Y.Suitability analyze of residential land in Yanji city based on GIS[J].Journal of Jilin Normal University(Natural Science Edition),2011,(4):19-20.
- [4] 金志丰.基于建设适宜性分区的农村宅基地整理模式选择—以常熟市为例[J].中国土地科学,2010,24(3):37-41.

- JIN Z F. Mode Selection for rural residential land consolidation based on construction land zoning in terms of feasibility: take Changshu city as a case[J]. *China Land Science*, 2010, 24(3): 37-41.
- [5] 曲衍波, 张凤荣, 姜广辉, 等. 基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与分区调控[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(11): 290-296.
- QU Y B, ZHANG F R, JIANG G H, et al. Suitability evaluation and subarea control and regulation of rural residential land based on niche[J]. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(11): 290-296.
- [6] 向晓红, 但梦薇, 姚欢. 基于 GIS 的新农村用地适应性评价—以武汉黄陂区雷段村为例[J]. *中外建筑*, 2010, 9: 123-125.
- XIANG X H, DAN M W, YAO H. New countryside land compatibility appraisal based on GIS—take Wuhan Huangbei District Lei Duancun as an example[J]. *Chinese and Overseas Architecture*, 2010, 9: 123-125.
- [7] WISELY C B, LAWLER J, CIMPRICH D A. Performance of habitat suitability models for the endangered black-capped vireo built with remotely-sensed data[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2012, 119: 35-42.
- [8] DONG J, ZHUANG D, XU X, et al. Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: a case study in Jingjinji area, China[J]. *Sensors*, 2008, 8(9): 5975-5986.
- [9] 吴高艺. 土地适宜性评价的理论与方法—神经网络模型与应用研究[D]. 南宁: 广西大学, 2004.
- WU G Y. The theory and way of land suitability evaluation study on model and application of neural network[D]. Nanning: Guangxi University, 2004.
- [10] 宗跃光, 徐建刚, 尹海伟. 情景分析法在工业用地置换中的应用—以福建省长汀腾飞经济开发区为例[J]. *地理学报*, 2007, 62(8): 887-896.
- ZONG Y G, XU J G, YIN H W. Scenario analysis on the replacements of industrial land: the case study of Tengfei economic development zone in Changting, Fujian Province [J]. *Acta Geographical Sinica*, 2007, 62(8): 887-896.
- [11] 马旭, 王青, 丁明涛, 等. 岷江上游山区聚落生态位及其模型[J]. *生态与农村环境学报*, 2012, 28(5): 574-578.
- MA X, WANG Q, DING M T, et al. Eco niche of the settlements in mountains of the upper reaches of Min River and its mathematical model[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2012, 28(5): 574-578.
- [12] GONG J Z, LIU Y S, CHEN W L. Land suitability evaluation for development using a matter-element model: a case study in Zengcheng, Guangzhou, China[J]. *Land Use Policy*, 2012, 29(2): 464-472.
- [13] 宗跃光, 王蓉, 汪成刚, 等. 城镇建设用地生态适宜性评价的潜力—限制性分析—以大连城市化区为例[J]. *地理研究*, 2007, 26(6): 1117-1126.
- ZONG Y G, WANG R, WANG C G, et al. Ecological suitability assessment on land use based on potential-constrain approach: the case of urbanized areas in Dalian city, China[J]. *Geographical Research*, 2007, 26(6): 1117-1126.
- [14] 于少康, 袁芳. 基 GIS 的浮梁县建设用地适宜性评价[J]. *国土与自然资源研究*, 2011, 1(6): 22-24.
- YU S K, YUAN F. Suitability evaluation on constructive land in FuLiang county of Jiangxi province based on GIS [J]. *Territory and Natural Resources Study* [J], 2011, 1(6): 22-24.
- [15] 王海鹰, 康停军, 张新长. 基于 GIS 的城市建设用地适宜性评价理论与应用[J]. *地理与地理信息科学*, 2009, 25(1): 14-17.
- WANG H Y, KANG T J, ZHANG X C. Theory and application of evaluation on ecological applicability for urban construction land based on GIS[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2009, 25(1): 14-17.
- [16] 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): 655-665.
- HE D, JIN F G, ZHOU J. Urban construction land suitability evaluation in resource-based cities: taking the Grand Canal ecologic and economic area as an example[J]. *Geographical Research*, 2011, 30(4): 655-665.
- [17] 尹海伟, 孔繁花, 罗震东, 等. 基于潜力-约束模型的冀中南部区域建设用地适宜性评价[J]. *应用生态学报*, 2013, 24(8): 2274-2280.
- YIN H W, KONG F H, LUO Z D. Suitability assessment of construction land in the central and southern parts of Hebei province China based on potential-limitation model [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(8): 2274-2280.
- [18] 韩会庆, 杨广斌, 邵红娟, 等. 仁怀市喀斯特地区建设用地适宜性评价[J]. *测绘科学*, 2014, 39(11): 77-79.
- HAN H Q, YANG G B, SHAO H J, et al. Suitability evaluation on constructive lands in hilly slope of Karst area of Renhuai City[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2014, 39(11): 77-79.
- [19] 朱康文, 周梦甜. 中国山地城镇的土地适宜性评价研究—以重庆市武隆县为例[J]. *水土保持研究*, 2015, 22(2): 178-183.
- ZHU K W, ZHOU M T. Land suitability evaluation of mountainous towns in China—a case study in Wulong county of Chongqing[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2015, 22(2): 178-183.
- [20] 陈燕飞, 杜鹏飞, 郑蓓津, 等. 基于 GIS 的南宁市建设用地生态适宜性评价[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2006, 46(6): 801-804.
- CHEN Y F, DU P F, ZHENG Y J, et al. Evaluation on ecological applicability of land construction in Nanning city based on GIS[J]. *Tsinghua Science and Technology (Natural Science*

- Edition), 2006, 46(6): 801-804.
- [21] 牛叔文, 李景满, 李升红, 等. 基于地形复杂度的建设用地适宜性评价—以甘肃省天水市为例[J]. 资源科学, 2014, 36(10): 2092-2101.
- NIU S W, LI J M, LI S H, et al. Suitability assessment of construction land based on terrain complexity in Tianshui city[J]. Resources Science, 2014, 36(10): 2092-2101.
- [22] 齐增湘, 廖建军, 徐卫华, 等. 基于 GIS 的秦岭山区聚落地适宜性评价[J]. 生态学报, 2015, 35(4): 1274-1283.
- QI Z X, LIAO J J, XU W H, et al. Suitability analysis of mountain settlements in Qinling using a GIS system[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(4): 1274-1283.
- [23] 张建毅, 薄景山, 袁一凡, 等. 活动断层及其避让距离研究综述[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(2): 9-18.
- ZHANG J Y, BO J S, YUAN Y F, et al. Review of research on active fault and its setback[J]. Journal of Natural Disasters, 2012, 21(2): 9-18.
- [24] 李月臣, 刘春霞, 赵纯勇, 等. 三峡库区—重庆段—土壤侵蚀敏感性评价及其空间分异特征[J]. 生态学报, 2009, 29(2): 788-795.
- LI Y C, LIU C X, ZHAO C Y, et al. Assessment and spatial differentiation of sensitivity of soil erosion in Three Gorges reservoir area of Chongqing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(2): 788-795.
- [25] 尹海伟, 徐建刚, 陈昌勇, 等. 基于 GIS 的吴江东部地区生态敏感性分析[J]. 地理科学, 2006, 26(1): 64-69.
- YIN H W, XU J G, CHEN C Y, et al. GIS-based ecological sensitivity analysis in the east of Wujiang City[J]. Scientia Geographica Sinica, 2006, 26(1): 64-69.

Land Suitability Evaluation of Mountain Towns from Ecological Perspective

SUN Lingwei^{1,3,4}, LI Yuechen^{2,3,4}, ZHU Kangwen^{3,5}, LIU Jian^{3,6}

(1. College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University;

2. Vocational Education Teachers College, Chongqing Normal University;

3. Institute of Eco-environment Remote Sensing in Three Gorges Reservoir, Chongqing Normal University, Chongqing 401331;

4. Key laboratory of GIS Application, Chongqing Municipal Education Commission, Chongqing 401331;

5. Chongqing Academy of Environment Science, Chongqing 401147;

6. Chongqing Geographic Information Center, Chongqing 401120, China)

Abstract: [Purposes] Take Fengjie county as a case, the evaluation of ecological sensitivity and the evaluation of biological diversity protection function are included in the evaluation index system. [Methods] A total of 3 aspects of natural, economic and ecological aspects of 13 elasticity factors and 3 rigidity factors together construct a land suitability evaluation model of urban construction land. Using analytic hierarchy process (AHP) to assign weights for each factor and the space analysis function of ArcGIS is performed and the results are divided into 5 grades. [Findings] 1) Suitable land for construction and less suitable land for construction are accounted for 2.2% and 4.18% of region area respectively, and uneven spatial distribution of appropriate building area, and also more concentrated distribution in Zhuyi Town, Yongan Street and Yufu Street; 2) 92% of the constructed area distribution in appropriate building area. Most country's constructed area and appropriate building area have high degree of coincidence shows that the construction of Fengjie County's restrictive conditions is small, and has a more reasonable layout. [Conclusions] The research results can provide a good scientific basis for the construction of Fengjie county. It has good reference value for the land suitability evaluation of mountainous cities and towns.

Keywords: suitability analysis; analytic hierarchy process; ecological sensitivity evaluation; GIS; mountain town

(责任编辑 许甲)