

山区县域村镇空间开发适宜性评价与功能分区研究

——基于芦山县“三生空间”的视角

史俏焰, 张 旺

湖南工业大学城市与环境学院, 湖南 株洲

收稿日期: 2022年2月15日; 录用日期: 2022年3月16日; 发布日期: 2022年3月23日

摘 要

“三生空间”是生活、生产和生态的总称。“三生空间”的合理布局对区域国土空间有序开发, 引导经济社会与资源环境协调发展具有重要意义。在“三生空间”划分的基础上, 以四川省芦山县为例, 运用GIS技术, 采用综合分区的“千层饼”方法, 根据不同空间功能的主要影响因子确定适宜性等级, 同时结合地类转移梯度综合确定村镇开发建设适宜程度。结果表明: ① 承担生态功能的空间面积较大, 生活空间面积较小。生态空间主要分布在中、北部山区, 即大川镇; 生产空间集中分布在西南部地势较低平原区, 即思延乡和清仁乡; 生活空间则更多集聚在南部等地, 即芦阳镇。② 不适宜开发建设区域居多, 比较适宜空间面积最少。③ 各乡镇适宜村镇空间开发的区域较少, 占比较高的有思延乡、芦阳镇和清仁乡, 大川、太平和双石三镇生态条件好, 未来开发建设应发挥其生态服务功能。④ 对于未来乡镇发展方向, 飞仙关镇和龙门乡宜作为生产功能主导区; 芦阳镇和思延乡为生活功能主导区; 大川镇、太平镇、宝盛乡、双石镇和苗溪茶场则为生态功能主导区。

关键词

三生空间, 村镇空间开发, 适宜性评价, 功能分区, 芦山县

Suitability Evaluation and Functional Division on Spatial of Development of Villages and Town

—From the Production-Living-Ecological Space Visual Angle in Lushan County

Qiaoyan Shi, Wang Zhang

Abstract

Production-Living-Ecological Space is the general term for living, production and ecological space. The reasonable layout of Production-Living-Ecological Space is of great significance to the orderly development of national land space and guiding the coordinated development of social economy as well as resources and environment. Based on the spatial division of Production-Living-Ecological, taking Lushan county in Sichuan Province as an example, this paper uses GIS technology to determine the suitability level according to the main influencing factors of different spatial functions, and at the same time comprehensively determines the suitability of the spatial development of villages and towns based on the gradient of land transfer. Research shows: ① The space area to assume ecological functions is larger and the living space area is small. Ecological space is mainly distributed in the mountains of the middle and north, that is Dachuan Town; Production space is concentrated in the lower plains of the southwest, that is Siyan Town and Qingrentownship, living space is more concentrated in the south and other places, that is Luyang Town. ② Unsuitable development and construction area is in the majority; the suitable space area is least. ③ There are few areas suitable for spatial development villages and towns in Lushan county. Siyan township, Luyang town and Qingren township occupy a relatively high proportion. Dachuan, Taiping and Shuangshi town have good ecological conditions. For future development it should be given full play to their ecological service function. ④ For future development of township and town, Feixianguan town and Longmen townships can be used as the leading areas for production functions; Luyang town and Siyan township are the leading areas for living functions; Dachuan town, Taiping town, Baosheng township, Shuangshi town and Miaoxi tea farm can be used as ecological areas of dominant functional area.

Keywords

Production-Living-Ecological Space, Spatial Development of Villages and Town, Suitability of Evaluation, Functional Division, Lushan County

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

党的十八大报告指出, 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, 明确提出经济、政治、文化、社会和生态文明建设, 五位一体发展总布局, 全面推进生态文明建设。2013年十八届三中全会提出划定“三生空间”的管制界限[1]。2013年12月, 中央城镇化工作会议强调城镇发展要依据“三生空间”的理念进行空间结构的合理规划[2]。2015年的中央城市工作会议再次强调了城市的空间布局要遵循生产、生活、生态空间的内在联系, 努力提高城市的宜居度[3]。

本文以典型山区县——四川省雅安市芦山县为例, 利用地理信息系统(GIS)平台, 同时基于该县土地利用数据, 构建“三生空间”功能评价指标体系, 运用层次分析法计算各评价指标的权重, 实现芦山县

村镇空间开发适宜性评价, 促进村镇土地资源高效利用, 以期提高村镇空间利用效率、优化资源配置、集约利用土地, 在此基础上再进行功能分区, 为明确各乡镇主体功能、因地制宜开展国土空间规划与开发提供科学依据。

2. 国内外研究进展

纵观全球, 随着工业化和城镇化进程的快速推进, 城乡生产、生活活动对于空间的需求日益增加, 人地关系日益紧张, 造成环境污染、生态系统功能破坏、生活设施配套不全和缺少活力等问题。为了有效控制这类问题, 许多学者在国土空间开发评价方面开展了较多研究。20 世纪末, 随着“可持续发展”的提出, 土地利用多功能研究开始受到国内外学者的青睐[4]。Warner M、Maclczewski M T 对国土空间适宜性的评价方法进行了研究, 强调了适宜性评价方法需具备实用性、严谨性、经济性和便捷性, 且满足技术实践、社会、政治和公众参与多种需求[5]; Jones M.T 等对欧盟等地区或国家的空间规划做了相应研究, 并建立了空间评价单元[6]; Camacho Olmedo 等对国土空间开发建设的适宜性进行了相关研究, 指出国土空间开发适宜性建设, 除了对国土开发和建设空间布局进行指导外, 还对空间冲突、土地整治、规划方案与规划实施效果评估、土地利用变化等同样具有重要意义[7]。国内学者李广东[8]等系统整合生态系统功能体系和景观功能体系, 提出一个较为完善和综合的体系——以土地多功能性为基础, 体现城市生态-生产-生活空间功能的体系。扈万泰等学者[9][10], 对“三生空间”的内涵进行概括总结, “生活空间是人们日常生活活动所使用的空间, 为人们的生活提供必要的空间条件; 生产空间具有专门化特征, 是人们从事生产活动在一定区域内形成特定的功能区; 生态空间是具有生态防护功能, 对于维护区域生态环境健康具有重要作用, 能够提供生态产品和生态服务的地域空间”。生产空间是物质生产的基础, 生态空间是健康发展的保障, 生活空间则是最终目标, 三者相互影响, 相互渗透。

由于不同地区自然与人文因素的特殊性, 造成不同地区的土地利用有其独特、复杂、综合性等特点, 使得“三生空间”分类的存在形式及分类表达有一定难度。目前, “三生空间”的分类方法主要有两种: ① 构建指标体系量化识别三生功能并进行分类, 该方法的理念是通过整合多学科知识, 从人文和自然系统耦合的视角对土地功能进行统一标准的价值化表达; 通过在指标层对每一个评价单元构建评价体系, 并对研究区统一计算, 实现生产、生活与生态功能的量化识别[4]。扈万泰[9]等以城乡规划用地分类为基础, 分别从城乡全域、城镇区域、乡村区域探讨了不同空间区域视角下的生产、生活、生态空间的对象内容; 韦晨[11]等运用熵值法构建中原城市群的评价指标体系, 分析了生态、生活、生产中各影响要素。② 基于土地功能, 依据具体土地利用状况进行定性归类, 其实质是对土地利用现状数据的整合与分类。如张红旗[12]等学者以土地的生产、生活和生态功能为主导, 同时兼顾其多功能性, 建立了“三生用地”分类体系。陈竹安[13]等基于此, 构建冲突模型, 对南昌市土地利用的空间冲突进行分析评估。功能分区方面, 王晓基于空间适宜性分区对河北省卢龙县进行了实证研究, 构建了空间适宜性评价体系, 并运用相关计量方法确定区域发展适宜度, 然后根据三项评价因子发展适宜度得分, 加以三维空间分区方法落实主体功能区战略[14]。邓焱以江西省吉安市为研究区域, 构建一套国土空间开发适宜性评价指标体系, 在此基础上运用综合指数法和三维魔方将吉安市国土空间划分为生态建设区、农业生产区、城镇发展区[15]。从方法上看, 基于 GIS 的适宜性评价[16][17]逐渐成为该领域的主流, 特别是叠加分析法、层次分析法等多指标决策方法应用广泛[18]; 就评价指标体系而言, 有学者认为, 国土空间开发建设适宜性主要受经济与生态因素的影响[19]; 也有学者提出, 国土空间开发建设适宜性受高程与坡度等自然因素、经济社会与生态因素共同作用的影响[20]。梳理国内外相关研究, 不同学科领域的学者们针对不同空间尺度、不同地域类型、不同开发目标开展了大量的适宜性评价, 这些研究对于揭示空间地理过程、推进国土空间有序和可持续开发具有较强的启发和指导意义。但多目标协同、多地形差异、多尺度综合的评价

方法还不够全面和丰富, 并且基于评价基础上对评价单元的功能定位和区划方面还鲜有研究。

3. 研究区域、研究方法与数据来源

3.1. 研究区概况

芦山县隶属于雅安市, 位于四川盆地西缘, 雅安市东北部, 青衣江上游, 是 5·12 汶川、4·20 芦山地震的重灾县。全县国土面积 1191.14 平方千米。北与汶川县连界, 东北与崇州市、大邑县、邛崃市毗邻。地跨东经 102°52'~103°11', 北纬 30°01'~30°49'。县境南北长 86.6 千米, 县城距雅安 31 千米, 距成都 156 千米。属中纬度内陆亚热带湿润气候, 其特点是气候温和, 雨量充沛, 四季分明, 无霜期长, 日照偏少, 夏湿冬干。降雨量集中在每年 6 月~9 月, 7、8 月最多。地形多为河谷平坝地带, 地势北高南低。境内最高山为南天门, 海拔 3842 米, 最低点为向阳坝, 海拔 686 米。

3.2. 研究方法

3.2.1. 三生空间分类体系

本文以守住耕地保护红线、基本农田保护红线、生态保护红线为主要原则, 根据芦山县土地利用分类数据, 在现有的土地利用分类体系的基础上, 依据土地的三生主体功能分类, 结合相关研究成果[21], 将国土三生空间分为生态空间、生产空间与生活空间(表 1)。

Table 1. “Production-Living-Ecological Space” classification system on spatial development of villages and towns in Lu-shan county

表 1. 芦山县村镇国土开发的“三生空间”分类体系

一级划分	二级划分	地类
生态空间	生态调节空间	有林地、灌木林地、其他林地、天然牧草地、其他草地、河流水面、坑塘水面、内陆滩涂、沟渠、冰川及永久积雪
	生态容纳空间	裸地
生产空间	农业生产空间	水田、旱地、果园、茶园、其他园地、设施农用地
	工业生产空间	采矿用地
生活空间	村镇生活空间	建制镇、风景名胜及特殊用地、公路、水库水面、水工建筑用地、村庄、农村道路用地

本文将生态空间划分为生态调节空间及生态容纳空间。生态保护红线范围内不可开发建设的区域, 开发建设适宜性较低; 生态红线范围以外的其余地类空间, 在国土空间开发建设时无生态保护相关政策的制约, 但需考虑开发建设可行性、开发难度等; 生态容纳空间指在开发建设时开发可行性较高, 受生态保护限制较小, 基于芦山县实际情况, 生态容纳空间只包含裸地。生产空间按照生产功能划分为工业生产空间与农业生产空间。农业生产空间包括耕地、园地与其他土地分类中的设施农用地, 而耕地涉及基本农田、永久基本农田等范畴, 在开发建设时受基本农田保护等限制, 其适宜性略不同; 工业生产空间主要包括采矿用地, 用于第二产业的生产。生活空间是为人们提供居住、休闲、娱乐、便利等的场所, 根据芦山县具体现状将村镇生活空间分为建制镇、村庄、风景名胜及特殊用地、农村道路外的公路用地、水库水面、水工建筑用地。

3.2.2. 三生空间的开发建设转移梯度

生态、生活和生产空间在进行开发建设适宜性评价时, 受到的限制各有不同, 在三生空间划分的基

基础上, 结合吴燕娟等[21]的相关研究, 构建不同用地开发建设转移梯度, 初步确定村镇空间开发建设适宜性。用地转移梯度的 0、1、2、3 作为开发建设适宜程度的比较适宜、一般适宜、临界适宜、不适宜 4 种类型。比较适宜指开发建设适宜程度较高, 一般没有相关限制的区域; 一般适宜指稍加改善就能利用的区域; 临界适宜指开发建设程度低, 困难多且开发建设的可行性较低; 不适宜是指禁止开发区或不适合开发利用的区域。参考相关研究成果, 根据芦山县实际情况, 确定适宜程度。具体划分结果见表 2。

Table 2. Suitability division for spatial development of village and town based on Production-Living-Ecological space
表 2. 基于三生空间的村镇空间开发适宜性划分

适宜性程度	生态空间	生产空间	生活空间
比较适宜	/	采矿用地	建制镇、公路、水工建筑用地
一般适宜	裸地	基本农田范围外耕地、 设施农用地	村庄、农村道路
临界适宜	其他草地、河流水面、坑塘水面、 内陆滩涂、沟渠、冰川及永久积雪	永久基本农田范围之外的 基本农田	/
不适宜	生态保护用地、有林地、 灌木林地、其他林地	永久基本农田、果园、茶园、 其他园地	风景名胜及特殊用地、 水库水面

3.2.3. 三生空间的空间开发适宜性

1) 生态空间的开发适宜性

芦山县空间开发以生态为主, 生态环境对其发展至关重要。生态空间开发适宜性主要依据生态保护红线, 生态功能越强则开发建设适宜性越弱, 生态保护红线是国土空间开发建设的一个重要限制因素。根据《芦山县土地利用总体规划 2006~2020》, 生态空间主要涉及大熊猫国家公园、水利风景区、水源涵养林保护区、饮用水源地保护区、林地保护区、水域滨水区、自然保护区等。

将芦山县大熊猫自然保护区、自然保护区矢量数据栅格化, 计算欧式距离(Euclidean distance), 根据不同距离设置不同分数。在生态保护红线范围内的属于不适宜开发空间; 生态调节空间中除去在生态保护红线范围内的部分, 考虑其转移为建设用地的难易程度, 将其划分为临界适宜; 生态容纳空间生态功能较弱, 开发建设可能性相对较强, 为一般适宜。

2) 生产空间的开发适宜性

生产空间主要以土地资源为生产对象, 按其功能分为农业生产空间和工业生产空间。生产功能最基本的限制是地形地质因素。在地形因素与生产空间叠加的基础上, 考虑不同地类转移梯度, 结合地类转移梯度结果, 综合确定生产空间开发的适宜性程度。坡度分析采用的 DEM 数据为地理空间云 ASTER GDEM 30 m 分辨率系列数据(ASTGTM N30E102、ASTGTM N30E103), 将数据栅格化处理后, 经坡度分析得出芦山县坡度图(图 1), 依据坡度级别简单将其划分为 4 个适宜性等级, 设置 4 个不同分数, 划分方式见表 3。

Table 3. Suitability division method of production space development
表 3. 生产空间的开发适宜性划分方式

本底约束		适宜性级别			
		比较适宜	一般适宜	临界适宜	不适宜
地形条件	坡度	<15°	15°~25°	25°~35°	>35°
地质条件	距重大断层远近	>900 m	700 m~900 m	500~700 m	<500 m

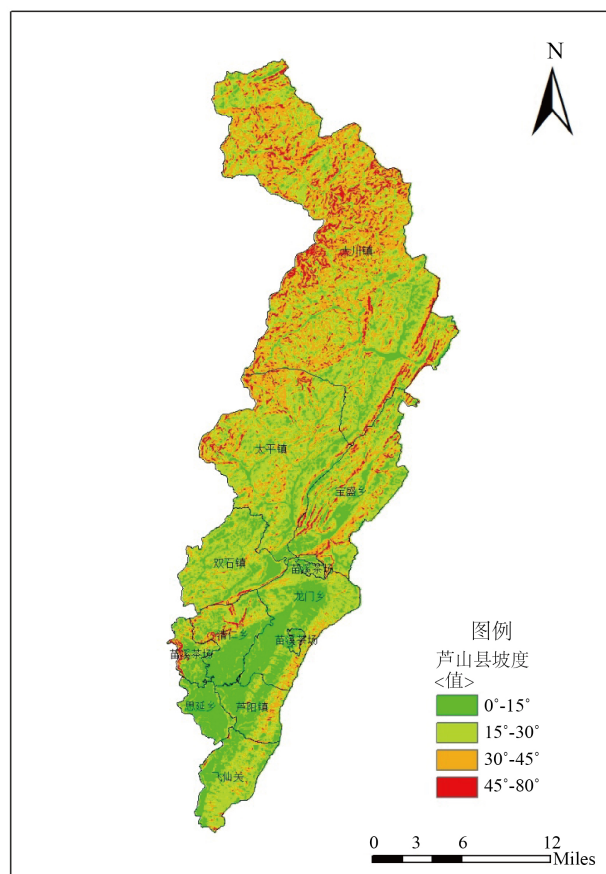


Figure 1. Slope map of Lushan county
图 1. 芦山县坡度分布

3) 生活空间的开发适宜性

芦山县位于四川盆地西缘,地势起伏大。开发建设适宜性评价应考虑到空间通达性(交通)、地势坡度、地质灾害等影响。查阅相关文献[22] [23] [24],根据研究区实际情况构建开发建设适宜性评价体系,同时利用主客观相结合的方式确定各指标权重(表 4),最终通过计算划分适宜性等级。

Table 4. Suitability division of living space development

表 4. 生活空间的开发适宜性划分方式

影响因素	因子	分级	分值	权重
潜力因子	空间可达性(m)	<500	100	0.15
		500~1000	67	
		1000~1500	33	
		>1500	0	
	距河流远近(m)	<100	100	0.15
100~250		67		
250~500		33		
>500		500		

Continued

阻力因子	距重大断层远近(m)	<500	0	0.15
		500~700	33	
		700~900	67	
		>900	100	
	距自然保护区远近(m)	<200	0	0.2
		200~500	33	
		500~1000	67	
	距基本农田保护区远近(m)	>1000	100	0.15
		<5	0	
		5~50	33	
	地势坡度(°)	50~500	67	0.1
		>500	100	
<15°		100		
土地利用	15°~25°	67	0.1	
	25°~35°	33		
	>35°	0		
土地利用	/	/	0.1	

3.2.4. 三维魔方的构建

三维魔方原理[25] [26]是构建一个三维坐标系, 分 X、Y、Z 轴, 从三条轴线的原点出发, 向外等距定义三个级别点 1、2、3, 从这三点分别引出三条垂直于 X、Y、Z 轴的三条垂线, 形成 3 × 3 × 3 组合的三维魔方, 共 27 个魔方单元。每个单元代表一种特征类型组合。

根据三维魔方原理, 构建芦山县村镇空间开发的三维魔方: 以生产功能为 X 轴, 生活功能为 Y 轴, 生态功能为 Z 轴(图 2)。

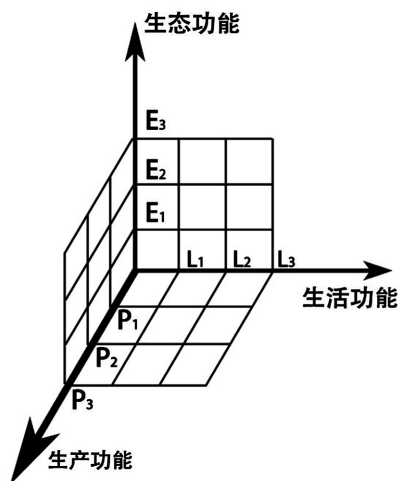


Figure 2. Magic cube of spatial development in Lushan county
图 2. 芦山县村镇空间开发的三维魔方

3.3. 数据来源与处理

本文使用的主要数据包括 DEM、芦山县土地利用数据、基本农田保护区数据、大熊猫保护区矢量图、雅安市地震断裂带矢量数据。DEM 数据来自地理空间云平台 ASTER GDEM 30 m 分辨率系列数据 (ASTGTM N30E102、ASTGTM N30E103)。

DEM 数据下载后, 通过 Arc GIS 按掩膜提取栅格数据, 经坡度分析后生成坡度图。利用芦山县土地利用数据提取公路矢量数据, 雅安市地震断裂带提取芦山县地震断裂带数据, 将公路数据、基本农田保护区数据、大熊猫保护区数据、地震断裂带数据等采用欧式距离分析, 经重分类、加权总和后, 采用自然间断点分级法 (Jenks) 得到芦山县村镇空间开发的适宜性评价数据。

4. 结果与分析

4.1. 村镇空间开发适宜性的单一评价

在对各项因素进行评估分析计算的基础上, 对芦山县村镇国土空间开发适宜性进行了单一功能空间统计分析。2017 年该县生态、生产与生活空间分别 104628.60、11157.12 和 2338.38 hm^2 , 依次占国土空间的 88.58%、9.45% 和 1.98%。可见, 县内各类用地面积存在明显差异, 承担生态功能的空间面积较大, 生活空间面积较小。从分布位置来看, 生态空间主要分布在中、北部山区; 生产空间以耕地、林地类型为主, 集中分布在西北部地势较低平原; 生活空间则更多集聚在西南部芦阳镇、思延乡等。具体如图 3 所示。

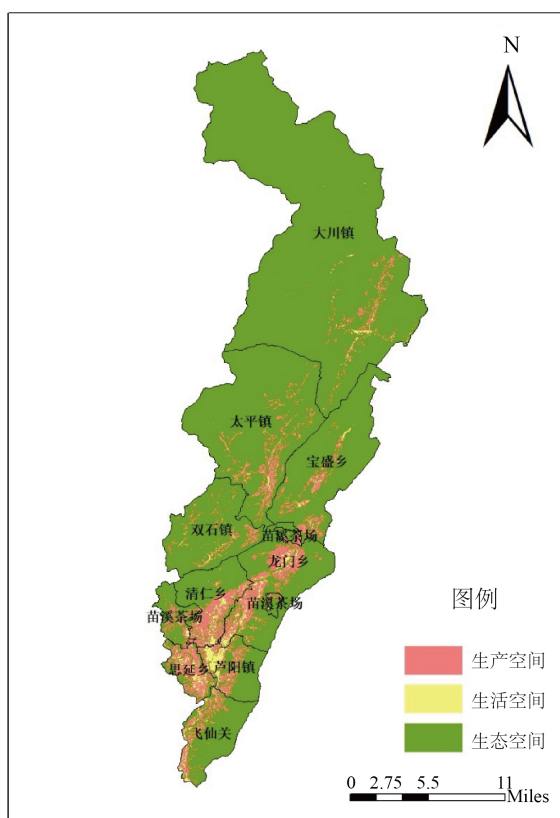


Figure 3. Spatial distribution map of Production-Living-Ecological in Lushan county

图 3. 芦山县三生空间的分布

生态空间的村镇开发以不适宜开发区为主, 面积为 103341.22 hm², 以有林地、其他林地、天然牧草地、坑塘水面等地类为主, 分布在中、北部山地。临界适宜区面积为 1729.89 hm², 占生态空间的 1.65%, 主要类型为其他草地、河流水面、沟渠等, 各乡镇都有分布, 南部地区最为密集; 一般适宜区面积为 46.94 hm², 大部分为地势低平处的裸地, 零星分布在北部山区(表 5、图 4(a))。

生产空间的村镇空间开发不适宜区面积为 11050.51 hm², 占生产空间面积的 98.68%, 主要用地类型为耕地、果园、茶园、其他园地, 主要分布在地势坡度较大的地区; 比较适宜区的面积为 127.84 hm², 占生产空间的 1.14%, 主要为工矿用地; 一般适宜区面积为 19.92 hm² (表 5、图 4(b))。

生活空间的村镇开发一般适宜区面积为 1494.92 hm², 占生活空间的 63.69%, 主要为村庄、农村道路; 比较适宜区面积为 779.4 hm², 占生活空间的 33.20%, 以建制镇、公路、水工建筑用地等已建成区为主; 不适宜区面积为 72.92 hm², 占生活空间的 3.11%, 主要为风景及特殊用地、水库水面等特殊地类(表 5、图 4(c))。

Table 5. Statistical of single evaluation of suitability for spatial development of village and town in Lushan county. Unit: %
表 5. 芦山县村镇空间开发适宜性的单一评价统计。单位: %

指标	比较适宜	一般适宜	临界适宜	不适宜
生态	0.00%	0.04%	1.65%	98.31%
生产	1.14%	0.18%	0.00%	98.68%
生活	33.20%	63.69%	0.00%	3.11%

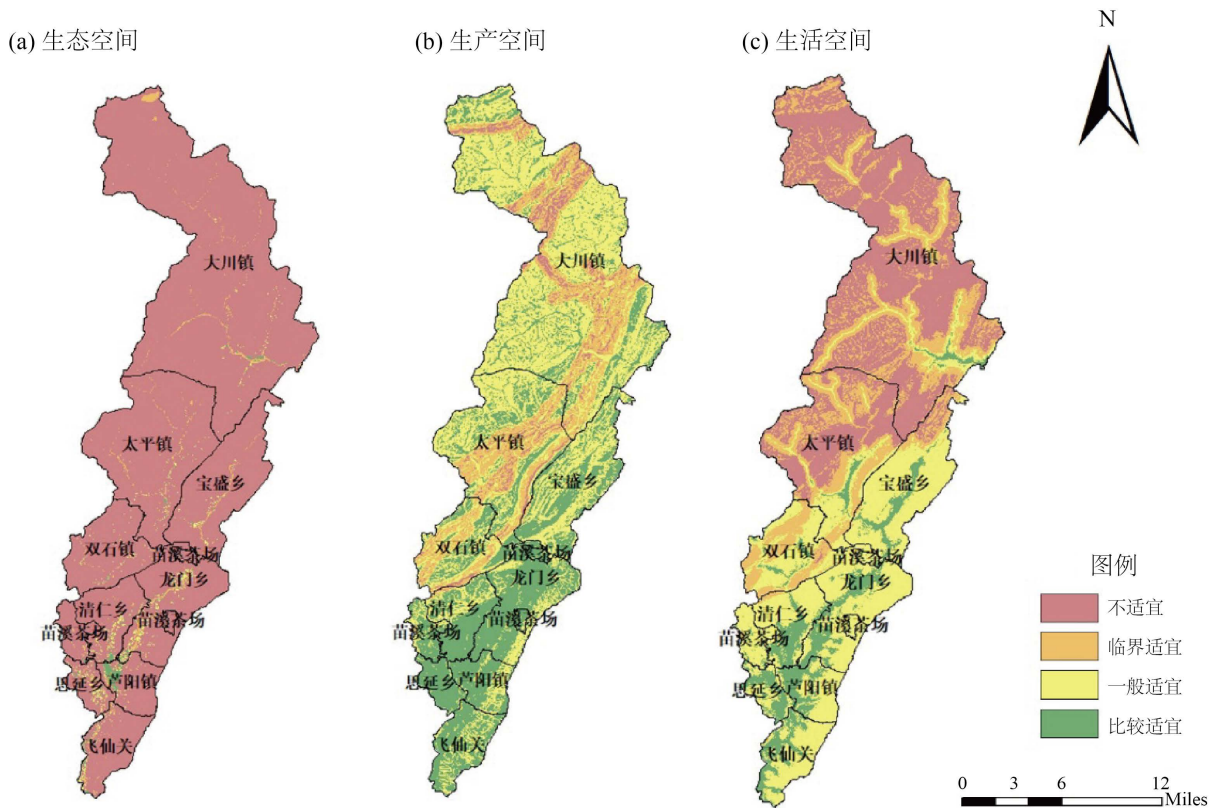


Figure 4. Single evaluation of suitability for spatial development of villages and towns in Lushan county
图 4. 芦山县村镇空间开发的单一适宜性评价

4.2. 村镇空间开发适宜性评价

4.2.1. 整体评价

在村镇空间开发单一适宜性评价的基础上, 通过国土空间综合分区的“千层饼”方法, 利用 GIS 技术加权总和的空间叠加分析法得到相关数据(表 6、图 5)。

Table 6. Statistical of comprehension evaluation of suitability for spatial development of village and town in Lushan county. Unit: hm^2

表 6. 芦山县村镇空间开发的综合适宜性统计。单位: hm^2

指标	比较适宜	一般适宜	临界适宜	不适宜
生态	0.00	22134.96	33762.51	48731.13
生产	9075.69	1601.28	259.29	220.86
生活	2163.51	134.82	24.75	15.30
总计	11239.20	23871.06	34046.55	48967.29

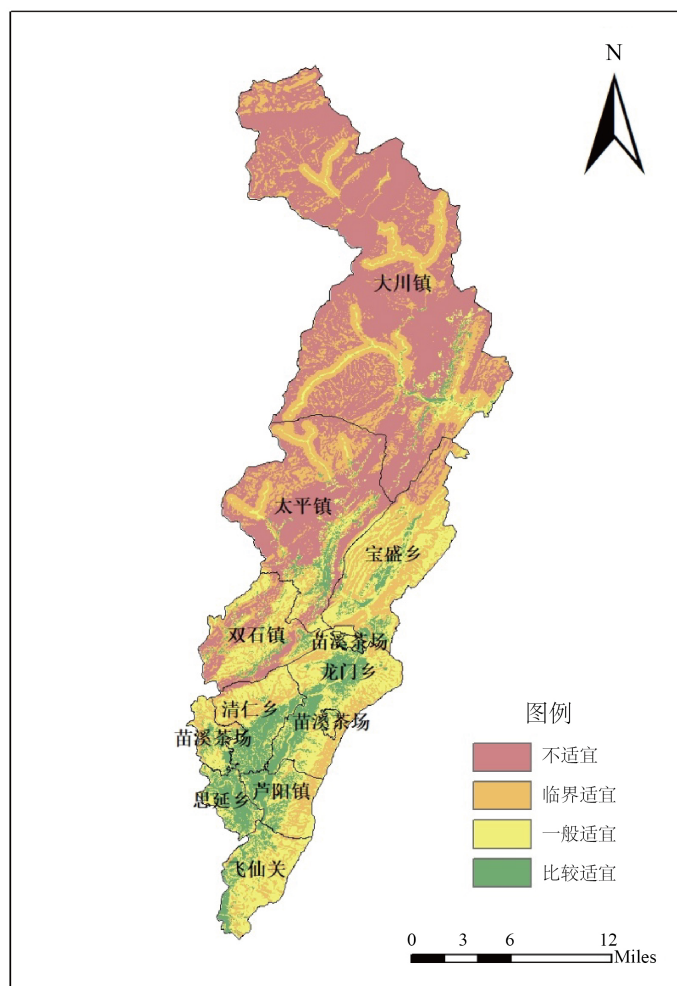


Figure 5. Comprehension evaluation of suitability for spatial development of villages and towns in Lushan county

图 5. 芦山县村镇空间开发的综合适宜性评价

村镇空间中不适宜开发的区域最多, 面积为 48967.29 hm^2 , 以生态保护空间中的大熊猫自然保护区和基本农田保护区为主, 还受雅安地震断裂带影响, 中部地区有较密集的地震活动, 不利于开发建设; 其次为临界适宜开发区, 为 34046.55 hm^2 , 主要为生态调节空间中生态保护红线外, 不适宜开发区外围的区域; 一般适宜开发区为 23871.06 hm^2 , 远离大熊猫保护区和地震断裂带, 地势坡度在 $0^\circ\sim 30^\circ$ 之间, 辅以一定技术措施后, 能进行开发建设; 比较适宜区面积为 11239.20 hm^2 , 主要是作为建设用地的生活空间和生产空间, 且地势低平, 交通可达性好。

生态空间中不适宜开发区域面积为 48731.13 hm^2 , 占生态空间总面积的 46.58%, 由于其位于四川盆地边缘, 森林覆盖率高, 生态环境良好, 适宜动植物生存, 区域内自然保护区面积广, 特别是大熊猫自然保护区, 因此以保护生态为主; 临界适宜区面积为 33762.51 hm^2 , 占生态空间总面积的 32.27%, 一般适宜开发区为 22134.96 hm^2 , 占生态空间总面积的 21.16%, 主要分布在中、南部地势低平地区。

生产空间中比较适宜区的空间比重较大, 面积为 9075.69 hm^2 , 占生产空间总面积的 81.34%; 而一般适宜、临界适宜以及不适宜区的面积分别 1601.28、259.29 和 220.86 hm^2 , 分别占生产空间总面积的 14.35%、2.32% 和 1.98%。

生活空间比较适宜区的空间比重较大, 面积为 2163.51 hm^2 , 占生活空间总面积的 92.52%; 其余适宜等级分布较少, 一般适宜、临界适宜和不适宜区面积分别为 134.82、24.75 和 15.30 hm^2 , 分别占生活空间总面积的 5.77%、1.06% 和 0.65%。

4.2.2. 乡镇分析

2017 年芦山县各乡镇空间开发综合适宜性等级面积统计如表 7 所示, 各乡镇适宜性有较大差别, 但总体上一般适宜开发区域在各乡镇所占比例较多。

Table 7. Statistics of suitable area for spatial development of each township in Lushan county. Unit: hm^2
表 7. 芦山县各乡镇空间开发的适宜性面积统计。单位: hm^2

乡镇	比较适宜	一般适宜	临界适宜	不适宜
芦阳镇	1342.44	1494.27	943.47	0.00
思延乡	1474.74	749.16	61.02	0.00
飞仙关镇	1074.78	2885.67	1138.95	0.00
大川镇	659.97	1824.03	13842.90	35172.54
太平镇	1036.53	1928.07	5707.53	10418.31
宝盛乡	1037.16	4329.09	5501.34	765.72
双石镇	613.17	2185.02	2658.69	2218.23
龙门乡	2777.67	4384.98	2059.29	0.00
苗溪茶场	645.57	1421.19	622.62	0.00
清仁乡	1802.70	1977.03	1213.65	149.49

从比较适宜分布区域来看, 除双石镇、大川镇和苗溪茶场外, 其余乡镇所占比重较均匀, 龙门乡和清仁乡比较适宜开发的区域面积较大, 分别为 2777.67 hm^2 和 1802.70 hm^2 , 比较适宜占各镇总面积比最高的是思延乡和芦阳镇, 思延乡临近芦山县城, 南、西与天全县接壤, 交通便利, 地势较为平坦, 公路交通四面延伸。从一般适宜来看, 面积最大的是龙门乡 4384.98 hm^2 , 其次是宝盛乡 4329.09 hm^2 。从临界适宜来看, 大川镇所占面积最大, 为 13842.90 hm^2 , 其次为太平镇 5707.53 hm^2 和宝盛乡 5501.34 hm^2 。

不适宜区主要分布在大川、太平、双石镇, 分别为 35172.54、10418.31、2218.23 hm^2 。主要位于大熊猫自然保护区、地震断裂带和生态保护区, 受相关政策和地形地质影响, 不利于开发建设。各乡镇比较适宜、一般适宜以及临界适宜空间经不同程度改造和采取相关措施后, 可用于开发建设的区域面积较多的有芦阳镇、思延乡、飞仙关镇、龙门乡、苗溪茶场和清仁乡。

综上所述可以看出, 芦山县生态价值较高, 未来开发建设时应综合考虑其生态价值, 避免盲目开发建设, 造成土地资源浪费。根据其生态导向综合考虑, 促进国土资源优化利用, 进一步调整村镇空间格局。

4.3. 村镇空间开发的三维魔方分析

4.3.1. 三维魔方构建

在三维魔方原理的基础上, 利用 GIS 软件自然间断点分级法(Jenks), 将各乡镇生产功能、生活功能、生态功能值由高到低分为三个等级阈值区间, 生产功能(P_1, P_2, P_3), 生活功能(L_1, L_2, L_3), 生态功能(E_1, E_2, E_3)。根据阈值区间等级的高低, 将生产、生活、生态的坐标依次为 P (P_1, P_2, P_3)、L (L_1, L_2, L_3)、E (E_1, E_2, E_3)。根据三项指标的不同阈值区间, 再组合成 27 种不同特征类型组合, 不同特征类型组合代表不同功能分区。在此将村镇空间功能区划分为生产、生活和生态三类功能主导区(表 8)。

Table 8. Correspondence table of magic cube unit combination and functional dominant area

表 8. 魔方单元组合与功能主导区对应

主导功能分区	三维魔方单元	主导功能分区描述
生产功能主导区	(P_3, L_1, E_1) (P_3, L_1, E_2)	生产功能开发潜力高, 生活和生态环境约束程度低。
	(P_3, L_2, E_1) (P_2, L_1, E_1)	
	(P_2, L_2, E_1) (P_3, L_1, E_2)	
	(P_3, L_2, E_1) (P_3, L_2, E_2)	
生活功能主导区	(P_1, L_3, E_1) (P_1, L_2, E_1)	满足人民生活所需, 开发程度高, 各项基础和公共服务设施较完善。
	(P_2, L_3, E_1) (P_1, L_3, E_2)	
	(P_3, L_3, E_1)	
生态功能主导区	(P_1, L_1, E_3) (P_1, L_2, E_3)	由生态功能主导, 生产功能和生活功能则综合决定。
	(P_1, L_1, E_1) (P_1, L_1, E_2)	
	(P_1, L_2, E_2) (P_1, L_3, E_3)	
	(P_2, L_1, E_2) (P_2, L_1, E_3)	
	(P_2, L_2, E_2) (P_2, L_2, E_3)	
	(P_2, L_3, E_2) (P_2, L_3, E_3)	
	(P_3, L_1, E_3) (P_3, L_2, E_3)	
(P_3, L_3, E_3)		

4.3.2. 村镇空间功能分区的结果分析

根据 GIS 自然间断点分级法(Jenks), 生产功能划分结果为 P ($P_1: 51.35\sim 54.28, P_2: 54.28\sim 74.06, P_3: 74.06\sim 95.23$); 生活功能划分结果为 L ($L_1: 32.84\sim 37.05, L_2: 37.05\sim 54.14, L_3: 54.14\sim 63.53$); 生态功能划分结果为 E ($E_1: 36.84\sim 64.86, E_2: 64.86\sim 79.47, E_3: 79.47\sim 97.91$)。各乡镇的生产、生活和生态功能指标如表 9 所示。

Table 9. Functional indicators of towns and villages in Lushan county**表 9.** 芦山县乡镇各功能指标

乡镇	生产功能(P)	生活功能(L)	生态功能(E)
芦阳镇	85.33	62.23	64.54
思延乡	95.23	63.53	36.84
飞仙关镇	83.09	61.10	79.05
大川镇	51.70	32.84	97.91
太平镇	51.35	37.16	91.93
宝盛乡	74.22	54.23	91.09
双石镇	54.36	50.50	90.85
龙门乡	86.26	59.64	69.89
苗溪茶场	82.99	57.98	76.50
清仁乡	82.85	59.78	64.99

根据魔方单元组合与功能主导区对应表, 得出芦山县村镇空间开发魔方单元的划分结果见表 10。

Table 10. Functional division results of magic cube unit in spatial development of villages and towns in Lushan county**表 10.** 芦山县村镇空间开发魔方单元分区结果

乡镇	魔方单元结果	功能区结果
芦阳镇	(P ₃ , L ₃ , E ₁)	生活功能主导区
思延乡	(P ₃ , L ₃ , E ₁)	生活功能主导区
飞仙关镇	(P ₃ , L ₃ , E ₂)	生产功能主导区
大川镇	(P ₁ , L ₁ , E ₃)	生态功能主导区
太平镇	(P ₁ , L ₂ , E ₃)	生态功能主导区
宝盛乡	(P ₃ , L ₃ , E ₃)	生态功能主导区
双石镇	(P ₂ , L ₃ , E ₃)	生态功能主导区
龙门乡	(P ₃ , L ₃ , E ₂)	生产功能主导区
苗溪茶场	(P ₃ , L ₃ , E ₃)	生态功能主导区
清仁乡	(P ₃ , L ₃ , E ₂)	生产功能主导区

根据表 10, 生成芦山县村镇空间开发功能分区图(图 6), 生产功能主导区包括飞仙关、龙门和清仁 3 个乡镇。它们都位于县域南部, 地势较低, 交通水网较发达, 生态功能较弱, 远离自然保护区等禁止建设区。在未来发展中, 可整合各类资源, 建设有特色、有规模的产业园区, 形成相关产业链, 提高经济效益。生活功能主导区为芦阳镇和思延乡, 芦阳镇为县城所在地, 具有较为完善的基础和公共服务设施, 人口相对密集; 思延乡与芦阳镇相连, 乡政府距县城仅 4.5 km, 交通便利, 境内有 210 省道, 自然环境优美。两乡镇未来发展应注重土地资源的集约化和可持续化, 严格控制建设用地盲目扩张。

生态功能主导区为大川镇、太平镇、宝盛乡、双石镇和苗溪茶场。大川镇和太平镇位于大熊猫自然保护区内, 不适宜开发建设, 可作为生态保护区, 未来发展要加强生态系统保护, 保护生物多样性和大熊猫栖息地完整, 实行严格的土地用途管制制度。宝盛乡、双石镇和苗溪茶场未来开发则以生态保护为

主, 对生态资源进行保护性开发, 对具有开发条件和潜力的地区, 宜发展生态旅游、生态农业等, 提高当地农民收入。

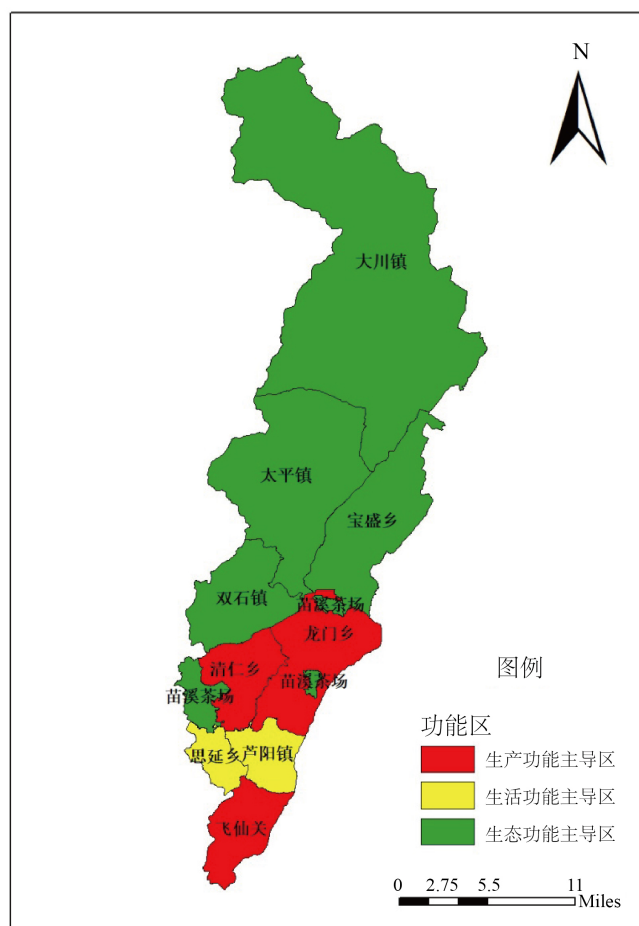


Figure 6. Functional division on spatial development of villages and towns in Lushan county

图 6. 芦山县村镇空间开发功能分区

5. 结论与讨论

5.1. 结论

村镇空间开发适宜性评价是县域、乡镇国土空间规划的重要前置环节。本文将三生空间功能体系实践应用于典型山区的村镇空间开发适宜性评价, 按照“单一适宜性-综合适宜性-功能分区”思路, 构建了芦山县村镇空间开发的适宜性评价框架与评价体系; 基于 GIS 技术, 运用空间综合分区的“千层饼”方法, 定量揭示了村镇空间开发适宜性等级和空间分布格局及其乡镇功能分区, 结果表明:

1) 生态、生产与生活空间分别为 104628.60、11157.12 和 2338.38 hm^2 , 承担生态功能的空间面积较大, 生活空间面积较小。生态空间主要分布在中、北部山区, 即大川镇; 生产空间集中分布在西南部地势较低平原区, 即思延乡和清仁乡; 生活空间则更多集聚在南部等地, 即芦阳镇。

2) 不适宜村镇开发区域居多, 面积为 48967.29 m^2 , 占总面积的 41.45%; 临界适宜区为 34046.55 hm^2 , 占总面积的 28.82%; 一般适宜区面积为 23871.06 hm^2 , 占总面积的 20.21%; 比较适宜区面积为 11239.20

hm², 占总面积的 9.51%。

3) 各乡镇土地适宜村镇空间开发的区域较少, 占比较高的有思延乡、芦阳镇和清仁乡, 大川、太平和双石三镇生态条件好, 未来开发应发挥其生态价值。

4) 对于未来乡镇发展方向, 飞仙关镇和龙门乡可作为生产功能主导区; 芦阳镇和思延乡为生活功能主导区; 大川镇、太平镇、宝盛乡、双石镇和苗溪茶场可作为生态功能主导区。

5.2. 讨论

整体上看, 上述方法结合地类功能、政策限制以及自然条件, 具有较大可行性; 但同时在开展适宜性评价时, 还需全面采集经济社会感知数据, 统筹构建资源环境、开发建设、社会经济等多源数据库, 驱动适宜性评价大数据的生成与应用[27]。

基金项目

国家重点研发计划课题《村镇空间扩展的时空模拟关键技术》子课题 4《县域村镇空间扩展适宜性评价技术》(2018YFD1100804-04)。

参考文献

- [1] 方创琳, 贾克敬, 李广东, 等. 市县土地生态-生产-生活承载力测度指标体系及核算模型解析[J]. 生态学报, 2017, 37(15): 5198-5209.
- [2] 李涛, 刘家明, 刘锐, 等. 基于“生产-生活-生态”适宜性的休闲农业旅游开发[J]. 经济地理, 2016, 36(12): 169-176.
- [3] 黄金川, 林浩曦, 漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3): 378-391.
- [4] Paracchini, M.L., Pacini, C., Jones, M.L.M., et al. (2011) An Aggregation Framework to Link Indicators Associated with Multi-Functional and Use to the Stakeholder Evaluation of Policy Options. *Ecological Indicators*, **11**, 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.04.006>
- [5] Warner, M. (1996) Integration of Regional Land Use Planning with Environmental Impact Assessment Approach. *Impact Assessment*, **14**, 155-189. <https://doi.org/10.1080/07349165.1996.9725895>
- [6] Jones, M.T., Gallent, N. and Morphet, J. (2010) An Anatomy of Spatial Planning: Coming to Terms with the Spatial Element in UK Planning. *European Planning Studies*, **18**, 239-257. <https://doi.org/10.1080/09654310903491572>
- [7] Camacho Olmedo, M.T., Paegelow, M. and Mac, J.F. (2013) Interest in Intermediate Soft-Classified Maps in Land Change Model Validation: Suitability versus Transition Potential. *International Journal of Geographical Information Science*, **27**, 2343-2361. <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.831867>
- [8] 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.
- [9] 扈万泰, 王力国, 舒沐晖. 城乡规划编制中的“三生空间”划定思考[J]. 城市规划, 2016, 40(5): 21-26+53.
- [10] 武占云. “三生”空间优化及京津冀生态环境保护[J]. 城市, 2014(12): 26-29.
- [11] 韦晨, 侯国林. 基于“三生空间”功能评价的中原城市群国土空间特征及优化研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2020, 43(3): 18-26.
- [12] 张红旗, 许尔琪, 朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局[J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1332-1338.
- [13] 陈竹安, 冯祥瑞, 洪志强, 等. 南昌市土地利用的空间冲突风险评估及分区优化研究——基于“三生空间”视角[J]. 世界地理研究, 2021, 30(3): 533-545.
- [14] 王晓. 基于空间适宜性评价分区的土地利用调控技术研究——以河北省卢龙县为例[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2013.
- [15] 邓焱. 山地丘陵地区国土空间开发适宜性评价及功能分区研究——以吉安市为例[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西师范大学, 2016.
- [16] 张子灿, 张云路. 基于 GIS 适宜性评价的城市山地公园选址研究[J]. 中国城市林业, 2021, 19(1): 101-106.
- [17] 李帅, 董霖欣, 奎丽雪, 等. 基于 GIS 的建设用地适宜性评价——以四川省南充市为例[J]. 科技创新与应用,

- 2021, 11(17): 37-40.
- [18] 何英彬, 陈佑启, 杨鹏, 等. 国外基于 GIS 土地适宜性评价研究进展及展望[J]. 地理科学进展, 2009, 28(6): 898-904.
- [19] 宗跃光, 王蓉, 汪成刚, 等. 城市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(6): 1117-1126+1305.
- [20] 孔雪松, 刘耀林, 邓宣凯, 等. 村镇农村居民点用地适宜性评价与整治分区规划[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18): 215-222+293.
- [21] 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.
- [22] 张永荐. 基于生态安全的山地村镇区域发展建设用地适宜性评价[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2014.
- [23] 李武龙, 张志强, 张新长. GIS 支持下的村镇建设用地再开发适宜性评价[J]. 测绘通报, 2016(8): 99-103.
- [24] 黄梦佳, 齐鲁, 李淑杰, 等. 基于三生空间的汪清县城市国土空间开发建设适宜性分析[J]. 江西农业学报, 2019, 31(8): 119-125.
- [25] 张旭, 张继伟, 陈凤桂, 等. 基于 GIS 的海口海岸带空间功能分区研究[J]. 海洋开发与管理, 2021, 38(5): 35-41.
- [26] 陈远云. 县域国土空间开发适宜性评价及对策研究[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州大学, 2017.
- [27] 刘小波, 王玉宽, 李明. 国土空间开发适宜性评价的理论、方法与技术应用[J]. 地球信息科学学报, 2021, 23(12): 2097-2110.