



基于MCR模型的村域土地整治分区研究——以左云县南辛窑村为例
南国新, 吕春娟

引用本文:

南国新, 吕春娟. 基于MCR模型的村域土地整治分区研究——以左云县南辛窑村为例[J]. *农业资源与环境学报*, 2024, 41(2): 266–279.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2023.0259>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

平原农区空心村整治潜力测算模型构建及应用——以山东省禹城市为例

张英男, 屠爽爽, 龙花楼, 戈大专, 李裕瑞

农业资源与环境学报. 2017, 34(4): 335–342 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0067>

基于资源环境承载力的国土空间管制分区研究

梁宇哲, 谢晓瑜, 郭泰圣, 吴茗华, 王璐

农业资源与环境学报. 2019, 36(4): 412–418 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0220>

广西土地整治增长极及其驱动类型分析——基于改进灰色关联模型

张中秋, 胡宝清, 李英, 韦金洪

农业资源与环境学报. 2019, 36(4): 431–440 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0387>

平原农区空心村典型土壤的重金属污染评价——以山东省禹城市为例

李裕瑞, 王志炜, 门大威, 曹智, 范朋灿, 李峰, 龙花楼, 刘彦随

农业资源与环境学报. 2017, 34(4): 328–334 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0079>

西部绿洲城市土地利用转型的生态环境效应——以乌鲁木齐市为例

阿依吐尔逊·沙木西, 刘新平, 祖丽菲娅·买买提, 陈前利, 冯彤

农业资源与环境学报. 2019, 36(2): 149–159 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0113>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

南国新, 吕春娟. 基于 MCR 模型的村域土地整治分区研究——以左云县南辛窑村为例[J]. 农业资源与环境学报, 2024, 41(2): 266–279.

NAN G X, LÜ C J. Research on village land consolidation zoning based on an MCR model: a case study of Nanxinyao Village, Zuoyun County [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2024, 41(2): 266–279.



开放科学 OSID

基于 MCR 模型的村域土地整治分区研究 ——以左云县南辛窑村为例

南国新, 吕春娟*

(山西农业大学资源环境学院, 山西 太谷 030801)

摘要:为因地制宜进行土地整治,实现土地空间布局优化,本研究以山西省左云县南辛窑村为例,从全域土地整治视角,运用 MCR 模型和 GIS 软件结合的方法分析村域土地资源利用功能适宜性,依此划定土地整治分区,结合村庄规划定位提出相应的土地整治发展策略。结果表明:MCR 差值 ≤ 0 表示生态适宜性较强,差值 > 0 表示建设适宜性强,按照 MCR 差值由高到低的顺序依次确定土地利用适宜性方向;在国土空间规划“三线”约束下,将研究区划分为小杂粮生产示范区、林草生态保护区、工业生产开发区、宜居核心整治区 4 类整治区,面积分别为 232.02、529.14、5.85、5.88 hm^2 。整治分区后的土地资源分布格局呈现圈层夹散点的布局结构,具有明显的空间差异性,生态适宜性由中心向四周逐渐增强,与当地生态环境本底相吻合。研究表明,应用 MCR 模型实施土地整治分区,符合集聚提升型村庄发展要求,实现了耕地集中连片、居住用地集约高效、生态环境充分保护、产业发展有保障的目标,为村庄规划的科学编制和分区土地整治策略提供理论参考。

关键词:土地整治分区;空间适宜性;最小累积阻力模型(MCR);南辛窑村;山西省

中图分类号:P208;F321.1 文献标志码:A 文章编号:2095-6819(2024)02-0266-14 doi: 10.13254/j.jare.2023.0259

Research on village land consolidation zoning based on an MCR model: a case study of Nanxinyao Village, Zuoyun County

NAN Guoxin, LÜ Chunjuan*

(College of Resources and Environment, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract: The aim of this study was to carry out land improvement according to local conditions, optimize the spatial layout of land, and promote rural revitalization. Using Nanxinyao Village as an example and by considering global village land renovation, a minimum cumulative resistance (MCR) model and GIS software analysis were used to assess the village domain, including the functional suitability of land resources. According to the optimum appropriate sex results, the partitioning of land control was delimited, and corresponding land management strategies were put forward accordingly. Nanxinyao Village, Zuoyun County, Shanxi Province, was taken as an example from the perspective of comprehensive land consolidation. The method of combining MCR modeling and GIS software analysis was used to investigate the functional suitability of land resource utilization in the village. Based on these results, land consolidation zoning was determined and corresponding land consolidation development strategies were proposed in combination with village planning positioning. An MCR difference of ≤ 0 indicated strong ecological suitability, and that of > 0 indicated a strong construction suitability. The direction of land use suitability was determined based on the order of MCR difference from high to low. Under the constraints of the “three lines” in national spatial planning, the research area was divided into four types of consolidation zones: an agricultural production and construction zone, forest and grass ecological protection zone, industrial production and development zone, and livable core remediation zone, with areas

收稿日期: 2023-04-23 录用日期: 2023-06-27

作者简介: 南国新(1997—),男,内蒙古赤峰人,硕士研究生,从事国土空间规划及土地整治研究。E-mail: ngxsxnd@163.com

*通信作者: 吕春娟 E-mail: lcjcw@126.com

基金项目: 山西省自然科学基金项目(202103021224143);山西省高等学校教学改革创新项目(J20220224)

Project supported: The Natural Science Foundation of Shanxi Province, China(202103021224143); Teaching Reform Innovation Project of Higher Education Institutions in Shanxi Province, China (J20220224)

of 232.02, 529.14, 5.85 hm², and 5.88 hm², respectively. The distribution pattern of land resources presented a structure of circles with scattered points after land consolidation zoning, with obvious spatial differences. The ecological suitability gradually increased from the center to the surrounding areas, which was in line with the local ecological environment. The implementation of land consolidation zoning based on an MCR model meets the requirements of the agglomeration and promotion of village development. It achieves the goals of concentrated and contiguous arable land, intensive and efficient residential land, full protection of the ecological environment, and guaranteed industrial development. The results of this study provide a theoretical reference for evidence-based village planning and zoning land consolidation strategies.

Keywords: land consolidation zoning; spatial suitability; minimum cumulative resistance(MCR) model; Nanxinyao Village; Shanxi Province

自2017年乡村振兴战略提出以来,有关集聚提升型村庄的土地整治工作关注度逐渐提升。作为调节人地关系的措施,土地整治的功能主要是防止国土空间的功能失调或退化,其本质是提高国土空间规划的科学性,指引当地经济环境和生态环境向好发展。因地制宜进行土地整治分区、充分发挥各整治区主体功能,对于当地的生态可持续、经济稳增长、人居环境提升具有重要意义。

土地整治是为满足人类生产、生活和生态的功能需要而实行的重要举措,它可以体现空间差异性,从而更好地弥补土地利用与自然资源条件的不足。国外对土地整治的研究最早可追溯至18世纪,由德国、荷兰、俄罗斯、加拿大、日本、韩国等国家相继开展^[1-2],主要关注土地整治模型研究^[3-5]、土地整治对生态环境的影响^[6]、土地整治效益研究^[7]。我国的土地整治开始于20世纪末,近年来学者们使用不同方法对不同类型的土地整治分区进行探索,研究尺度覆盖“国家-省区-市县”。在国家整体政治区划方面,封志明等^[8]采取“自上而下”区域划分和“自下而上”区域合并相结合的方法确立了国土综合整治区划的初步框架。在区域土地整治分区方面,吕雪娇等^[9]从自然条件、区位优势、社会经济和土地利用4个方面,运用灰色星座聚类法将安徽省中部地区划分为4种整治类型区,有效地进行土地资源管理。在市县方面,张天中等^[10]运用ArcGIS叠加分析功能,选取地形地貌、降雨、土壤类型、植被类型、水土流失、土地利用等5方面构建分区指标体系,形成了兰州市以“方位+地貌+土地利用类型”命名的土地整治两级分区体系。王祯等^[11]运用景观指数、地理探测器等方法评价了吴起县的耕地细碎化程度,并划分了土地整治工程分区。上述研究中,针对不同尺度的土地整治分区,学者们大多关注大尺度内整体的土地整治潜力、整治工程措施、空间分异程度方面,缺少全域整治理念下的村庄尺度土地整治分区研究。村庄是国土空间规

划的最小单元,结合国家乡村振兴战略和集聚提升型村庄发展要求,村域土地整治应选取科学方法,开展切实可行的整治措施。

现有的土地整治研究方法主要包括多因素叠置法^[12]、综合分析法^[13]、聚类分析法^[12,14]、主成分分析法^[15]等,这些方法对生态因素的考虑较少。最小累积阻力模型(Minimum Cumulative Resistance, MCR)是1992年由荷兰生态学家Knaapen提出的,表达的是生物物种由“源”点抵达“目标”所在地需克服的阻力的最小值^[16]。此模型具有良好的适应性与可扩展性,可将生态因素纳入评价体系中,因地制宜选取指标参数,以达到较为精确的用地扩张模拟效果^[17]。Adriaensen等^[18]进一步论述了MCR模型的基本功能与应用,并与其他模型进行了对比分析。Vogt等^[19]基于数学形态学指标分析景观功能结构连接特征,为景观生态格局构建奠定重要基础。近年来国内学者将此模型进一步优化,并应用于土地利用领域,主要体现在两方面:其一,由模型最初景观廊道和生态安全格局构建方面延伸至土地利用等方面。叶玉瑶等^[20]将MCR模型进行创新,构建适合于城市扩展模拟的生态阻力面模型(UER),相关结果在广州市生态政策评估与规划辅助决策中发挥了重要作用。其二,将此模型不断优化,以研究县域土地扩张阻力。匡丽花等^[21]基于MCR模型对鄱阳县的土地生态适宜性进行评价,分析土地分别用于生态保护用地扩张和建设用地扩张的阻力,为鄱阳县土地合理利用提供了理论依据。

大同市上位规划文件中将南辛窑村列为“集聚提升型村庄”,旨在综合提升该村生产力、生态服务效益、人居环境等。南辛窑村土地利用格局不尽合理,社会经济水平较低。为解决当前制约地区发展的相关问题,避免盲目追求经济效益而对土地造成不可逆的破坏,本研究以南辛窑村为研究对象,从土地整治视角出发,选取MCR模型构建南辛窑村生活阻力面

与生态阻力面,根据生态与生活扩张阻力差值的适宜性,划定土地整治分区,因地制宜制定各整治区土地利用策略,构建当地产业用地合理布局,以期为村庄详细规划提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

1.1.1 自然概况

南辛窑村位于山西省大同市左云县马道头乡中心地区,在大同市上位规划中被列为“集聚提升型村庄”。村庄紧邻S210省道,距离左云县政府21 km,地理位置优越,交通便利(图1);村庄三面环山,地形西高东低,整体海拔在1 400~1 700 m之间,大峪河横穿村庄中部,呈西北-东南走向;年平均降雨量550 mm,年平均气温为10.7℃,四季分明,环境宜人,夏季较热多雨,冬季寒冷少雪,为温带半干旱大陆性气候;村域总面积772.89 hm²,植被覆盖度高达76.09%,主要包括林业生态用地和其他生态用地,生态本底良好,水源涵养程度较高,但是生态用地与耕地利用不充分的问题日益显著。

1.1.2 经济社会概况

村庄有较好的劳动力资源和良好的耕作传统,耕地面积为151.87 hm²(2 278.05 亩),人均耕地面积为

0.32 hm²(4.87 亩),主要农作物有小麦、胡麻、玉米、大豆等,从小范围看耕地资源充足,但是主要为旱作农业,散户种植,经济效益不高,且集中连片的耕地资源和村庄适宜建设的土地资源有限;养殖种类包括牛、羊、猪、鸡,以家庭为单位,规模较小;村民主要收入来源为种植业和劳务输出,无村办企业与集体收入分配,《左云县2020年国民经济和社会发展的统计公报》显示2020年农民人均收入约为15 000元;在籍人口468人,常住人口421人,其中30余户院落无人居住,经实地调研确定废弃宅基地面积为1.46 hm²;人均建设用地上为198.29 m²,严重超过《山西省土地利用总体规划(2006—2020年)调整方案》规定的141 m²控制线,人均收入较低加之土地利用方式粗放的现状,已严重制约产业发展,亟需进行土地整治。

1.2 数据来源

本研究所需要的主要数据来源如下:研究区“三调”的土地利用现状数据来源于左云县自然资源和规划局(图2);依据“三调”得到的土地利用规划数据提取出研究所需的南辛窑村地类图斑,结合实地调查确认地块状态,将土地利用变更数据库按照《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(以下简称《用地用海分类》)进行地类转换,导出矢量数据,作为本次整治的基础数据;人口、社会经济数据等来源于

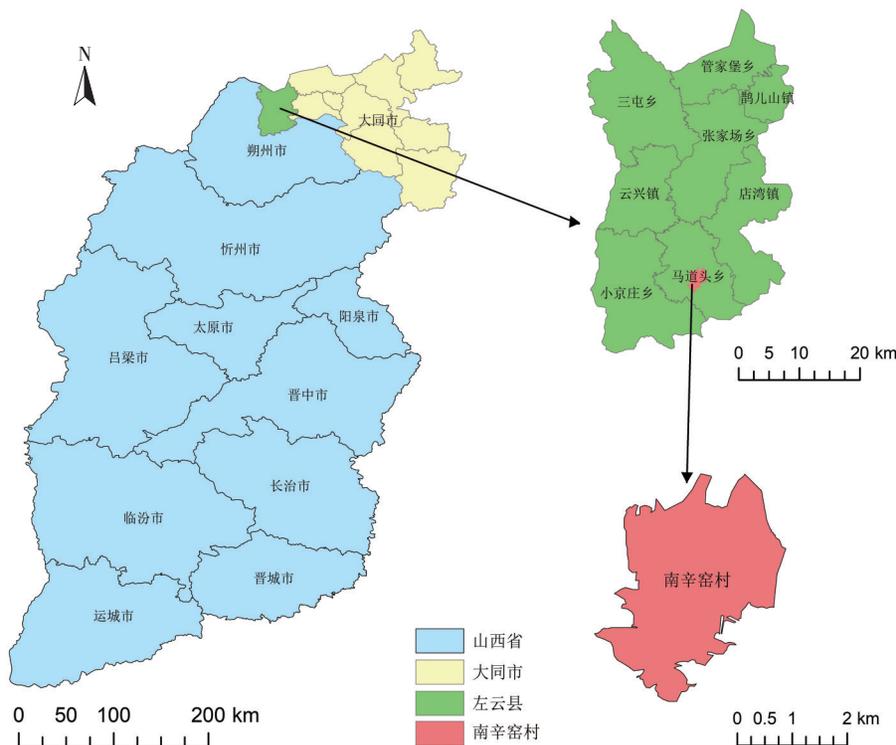


图1 南辛窑村区位图

Figure 1 Location map of Nanxinyao Village

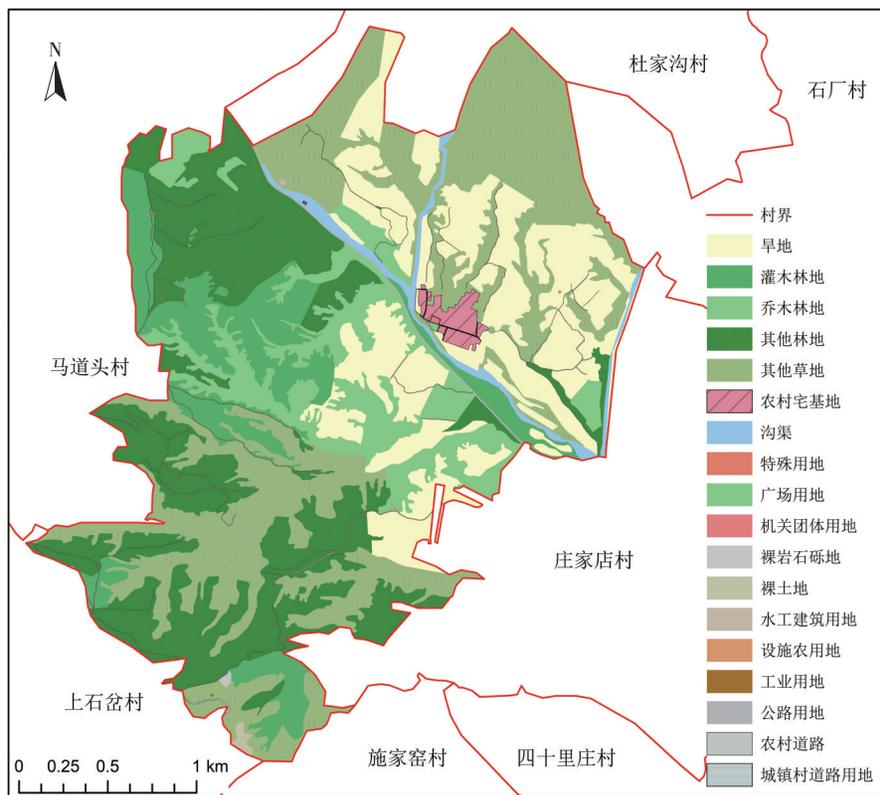


图2 土地利用现状图

Figure 2 Land use status of the Third Territorial Space Survey

实地调研、上位规划文件和左云县各项统计年鉴;归一化植被指数(NDVI)从中国科学院资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn/>)网站下载,用于植被覆盖度分析;DEM数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>),分辨率30 m。

1.3 研究思路

“集聚提升型”村庄的土地整治工作主要着眼于推进居住环境改造,激活产业发展、美化环境、建设宜居宜业的美丽村庄。遵循当前时代要求,结合村庄发展潜力,本研究为解决当前土地利用粗放制约村庄发展的问题,从产业、生态、人居环境等方面探索村庄土地整治分区新模式。

首先,划分研究区“三生空间”,明确村庄“三线”管控范围;其次,以“集聚提升型”村庄发展目标为导向,考虑当地的整治潜力,分析村庄现状土地利用的主要问题;再次,运用MCR模型与GIS空间分析技术,通过构建阻力评价体系,模拟各类空间扩张过程中的“阻力”情况,比较不同类型空间扩张“阻力”大小,根据MCR差值,结合实际划分不同的土地整治区;最后,分析村庄未来发展趋势,提出各分区整治策略,为未来国土空间规划提供现实可行的理论参考。研究技术路线见图3。

1.4 最小累积阻力模型(MCR)

MCR模型属于景观格局优化模型的范畴,源于物种扩散过程研究。物种在穿越异质景观时必须克服一定的景观阻力,其中累积阻力最小的通道即为最适宜的通道^[22]。计算公式为:

$$MCR = f_{\min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m D_{ij} \times R_i \quad (1)$$

式中: MCR 为最小累积阻力值; D_{ij} 表示物种从源地 j 到土地景观单元 i 的空间距离; m ; R_i 表示土地景观单元 i 对某种运动的阻力系数; f 表示最小累积阻力与生态过程的正相关关系; $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m D_{ij} \times R_i$ 表示源地 j 与 i 单元之间穿越所有单元的距离和阻力的累积; \min 表示单元 i 对于不同源均取累积阻力的最小值^[23-25]。

“源”(Source)是事物或事件向外扩散的起点和基地,具有向四周扩张或吸引的能力,在土地利用格局构建中,可将土地利用方式典型且相对稳定的土地单元作为“源”^[26],本研究将林地作为生态功能的“源”,建设用地作为村民生活功能的“源”,构建村域土地整治分区阻力面模型。以林地和建设用地2个扩张过程的MCR差值作为整治依据,具体公式如下:

$$MCR_{\text{差值}} = MCR_{\text{生态}} - MCR_{\text{生活}} \quad (2)$$

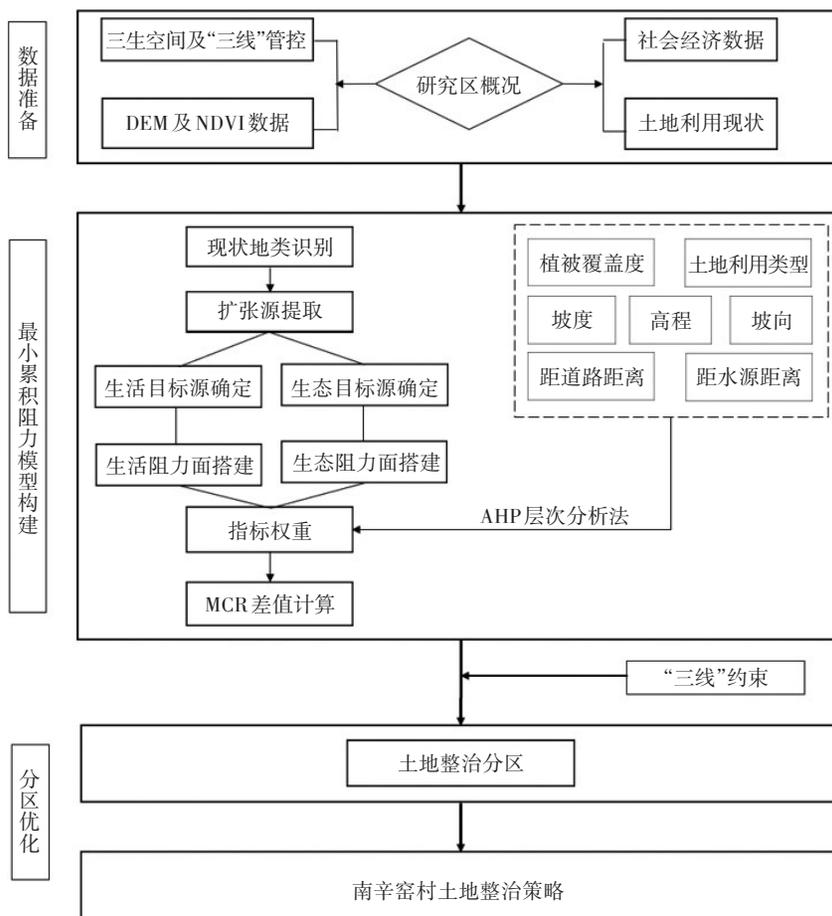


图3 技术路线图

Figure 3 Technology roadmap

式中： $MCR_{生态}$ 为生态扩张最小累积阻力值； $MCR_{生活}$ 为建设扩张最小累积阻力值； $MCR_{差值}$ 为生态扩张最小累积阻力与建设扩张最小累积阻力的差值^[27]。基于土地具有多宜性的特点，根据 $MCR_{差值}$ 的值，用ArcGIS 10.8中Cost Distance实现模型运算，可将土地整治区划分为不同分区。总体利用方向为：差值越大越适合进行生态保护，差值越小越适合进行生产建设开发。

2 结果与分析

2.1 土地整治分区体系构建

2.1.1 现状地类识别

基于村域土地资源利用功能的定义和研究区域土地利用现状，以《用地用海分类》的24个一级地类和106个二级地类为依据，根据各地类主体功能，识别村域范围内耕地、林地、草地、住宅用地、工矿用地等13种土地利用类型，构建研究区土地资源利用类型与空间识别体系(表1)。

南辛窑村生态空间面积为588.08 hm²，占比

表1 土地资源利用类型与空间识别

Table 1 Land resource use types and spatial identification

空间识别 Spatial identification	现状用地分类 Current land use classification		面积 Area/hm ²
	一级 First-level	二级 Secondary level	
生态空间	草地	其他草地	235.75
	林地	灌木林地、乔木林地、 其他林地	352.33
生产空间	耕地	旱地	151.87
	陆地水域	沟渠	12.85
	农业设施建设用地	乡村道路用地、种植 设施建设用地	8.78
	工矿用地	工业用地	0.07
生活空间	交通运输用地	公路用地	2.23
	特殊用地	其他特殊用地	0.03
	其他土地	裸土地、裸岩石砾地	1.52
	公用设施用地	水工设施用地	0.12
	农户住宅用地	农村宅基地	7.01
	绿地与开敞空间用地	广场用地	0.17
	公共管理与公共服务用地	机关团体用地	0.16
合计			772.89

76.09%,其中林地分布于村庄边缘地势较高的区域,草地分布于地势较平整的中海拔区域;生产空间面积为173.57 hm²,占比22.46%,紧邻村庄建设区,其中极少量工矿业生产用地分布在村域外围区域,与生活用地相距较远,互不交集;生活用地面积为11.24 hm²,占比1.45%,位于地势较平缓地带,主要分布于村域中心地区(图4)。

2.1.2 扩张源的提取

根据MCR模型中“源”的概念,由于各空间单元对土地资源利用的适宜性程度不同,因此不同用地空间在扩张过程中受到的“阻力”也存在差异,适宜性越好,则“阻力”越小,反之“阻力”就越大。实地调研确定该村未涉及生态保护红线,结合研究区土地利用现状,以研究区住宅用地(包括农村宅基地、广场用地、机关团体用地)作为“生活用地扩张源”(简称生活源),面积为7.34 hm²;选取林地作为“生态用地扩张源”(简称生态源),面积为352.33 hm²,如图5所示。结合GIS聚合工具及相关数据通过生活用地和生态用地之间的扩张与压缩关系来研究村域土地整治分区。

2.1.3 阻力面的搭建

综合当地实际情况和当前可获数据,参照相关文

献资料^[28-29]确定各阻力因子的分级及分值,从自然环境、地理空间差异以及土地资源类型等方面,最终选取了坡向、坡度、距水源距离、距道路距离、高程、土地利用类型、植被覆盖度等7个阻力指标用于构建阻力面(图6)。对生态用地和生活用地的扩张与压缩过程赋予相反的分值。

各阻力指标的权重系数为所有求得权重系数的几何平均数,依据各单因子对村庄建设用地扩展的影响程度,共分为5个阻力分值(最低分为1,最高分为5),采用AHP决策分析法计算各阻力因子权重,建立层次架构模型后,根据专家经验判断,在同一层次的每个阻力指标对比后选取相对可靠的判断值(1~5及其倒数)^[28],得到生活扩张阻力因子和生态扩张阻力因子及权重。经过此过程,所有扩张阻力因子都处于一致的评价体系中(表2)。

将研究区域划分为10 m×10 m栅格单元,运用ArcGIS 10.8中叠加分析工具得出生活用地综合扩张阻力面和生态用地综合扩张阻力面,并通过成本距离构建生活、生态扩张过程的最小累积阻力面(图7)。

2.2 土地整治分区

将村域土地整治按照土地资源利用类型功能划

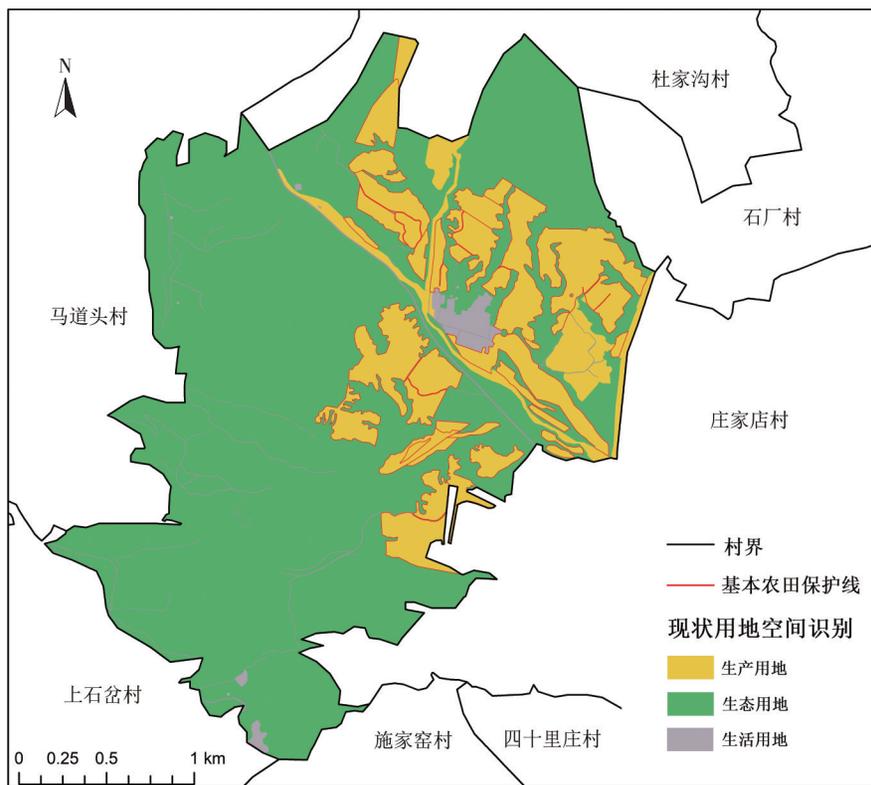


图4 南辛窑村现状用地空间识别

Figure 4 Spatial identification of the current land use of Nanxinyao Village

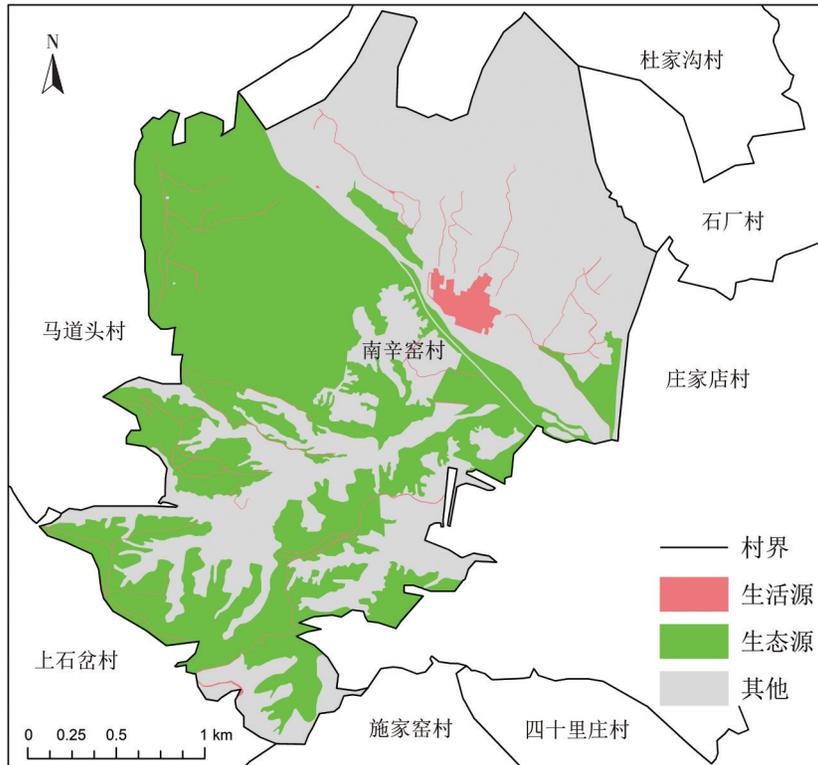


图5 生活源地与生态源地分布

Figure 5 Distribution of living source and ecological source

表2 扩张阻力因子及权重

Table 2 Expansion resistance factor and weight

生活源扩张阻力值 Life source expansion resistance value	生态源扩张阻力值 Ecological source expansion resistance value	阻力因子 The resistance factor							
		坡度 Slope/(°)	距道路距离 Distance from road/m	距水源距离 Distance from water source/m	坡向 Slope direction	土地利用类型 Land use type	高程 Elevation/m	植被覆盖度 Vegetation coverage	
1	5	0~5	0~50	0~50	平面	农村宅基地	1 401~1 450	0~0.2	
2	4	>5~10	>50~100	>50~100	阴坡	工业用地	>1 450~1 485	>0.2~0.4	
3	3	>10~15	>100~200	>100~200	阴坡	裸土地、裸岩石砾地	>1 485~1 525	>0.4~0.6	
4	2	>15~20	>200~300	>200~500	半阳坡	耕地	>1 525~1 575	>0.6~0.8	
5	1	>20~40	>300	>500	阴坡、阳坡	林地、草地	>1 575~1 654	>0.8~1.0	
权重		0.124 7	0.102 4	0.144 5	0.142 6	0.112 8	0.109 1	0.263 9	

分为6个类别,结合搭建的生活阻力面与生态阻力面,利用ArcGIS 10.8中的Cost Distance模块,计算得到研究区的MCR差值,差值 ≤ 0 表示生态适宜性较强,差值 > 0 表示建设适宜性强,根据村庄整治区评价单元的MCR差值由高到低排列,提出其适宜利用方向,将村域划分为林草生态保护区、小杂粮产业示范区、工业生产开发区和宜居核心整治区四类整治区(表3)。

林草生态保护区阻力值最高(-2.774~-0.906),此区域MCR差值均小于0,现状用地均为生态型林地

和其他草地,按照生态优先原则,延续对生态环境有益的保护措施,加强防火防洪治理,依据资源环境承载力在保护中开发,但禁止村民放牧活动。

小杂粮产业示范区阻力值较低($> -0.906 \sim 0.041$),此类区域阻力差值在0左右,因此该区域在生产开发与生态保护间存在多宜性,应依据农用地整理规程,在一般农业空间内进行整治,对村北地势平缓的草地统筹管理用于农业生产,以增加耕地面积。

工业生产开发区阻力值适中($> 0.041 \sim 1.090$),此类区域远离村庄居民点,不影响村民日常生活,因此

适宜发展村庄工业建设。可通过用地结构优化开展工业生产活动,如建设农产品加工厂等。

宜居核心整治区阻力值最小(>1.090~3.751),规模偏小且阻力差值区间均为正值,区域内地势平坦,

表3 土地整治区空间适宜性特征

Table 3 Spatial suitability characteristics of land consolidation area

MCR 差值 Difference of MCR	土地整治适宜性 Suitability of land consolidation	土地整治分区 Land use regionalization	分区说明 Partition description
-2.774~-0.906	生态保护	林草生态保护区	生态环境良好,禁止大面积布局工业用地
>-0.906~0.041	农业耕作	小杂粮产业示范区	归并闲散地块,同时增加农业生产用地
>0.041~1.090	工业开发	工业生产开发区	以工业生产为主,可适当增加工业生产用地
>1.090~3.751	建设用地整合	宜居核心整治区	居民点核心区,可适当布局农业生产用地

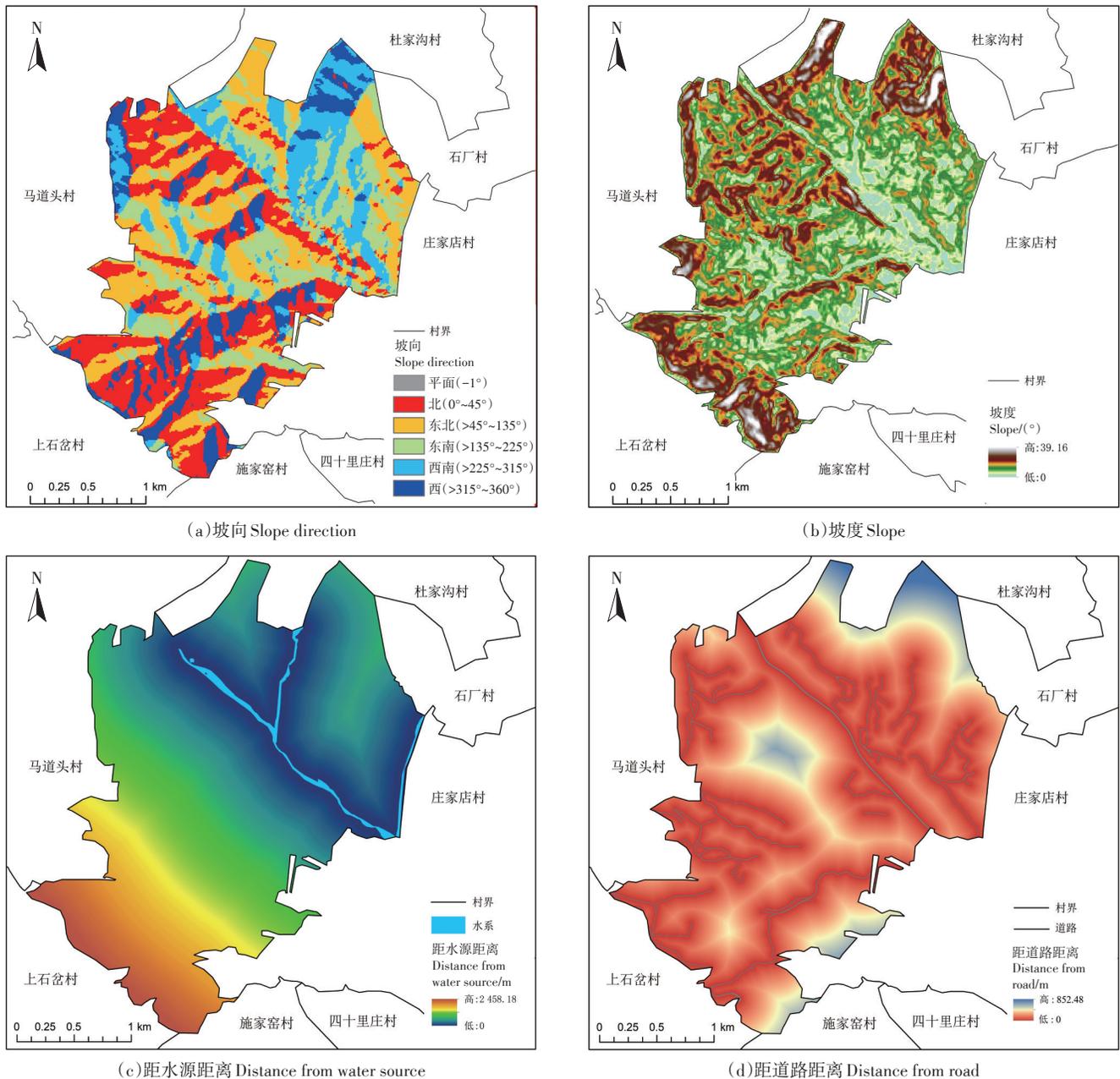
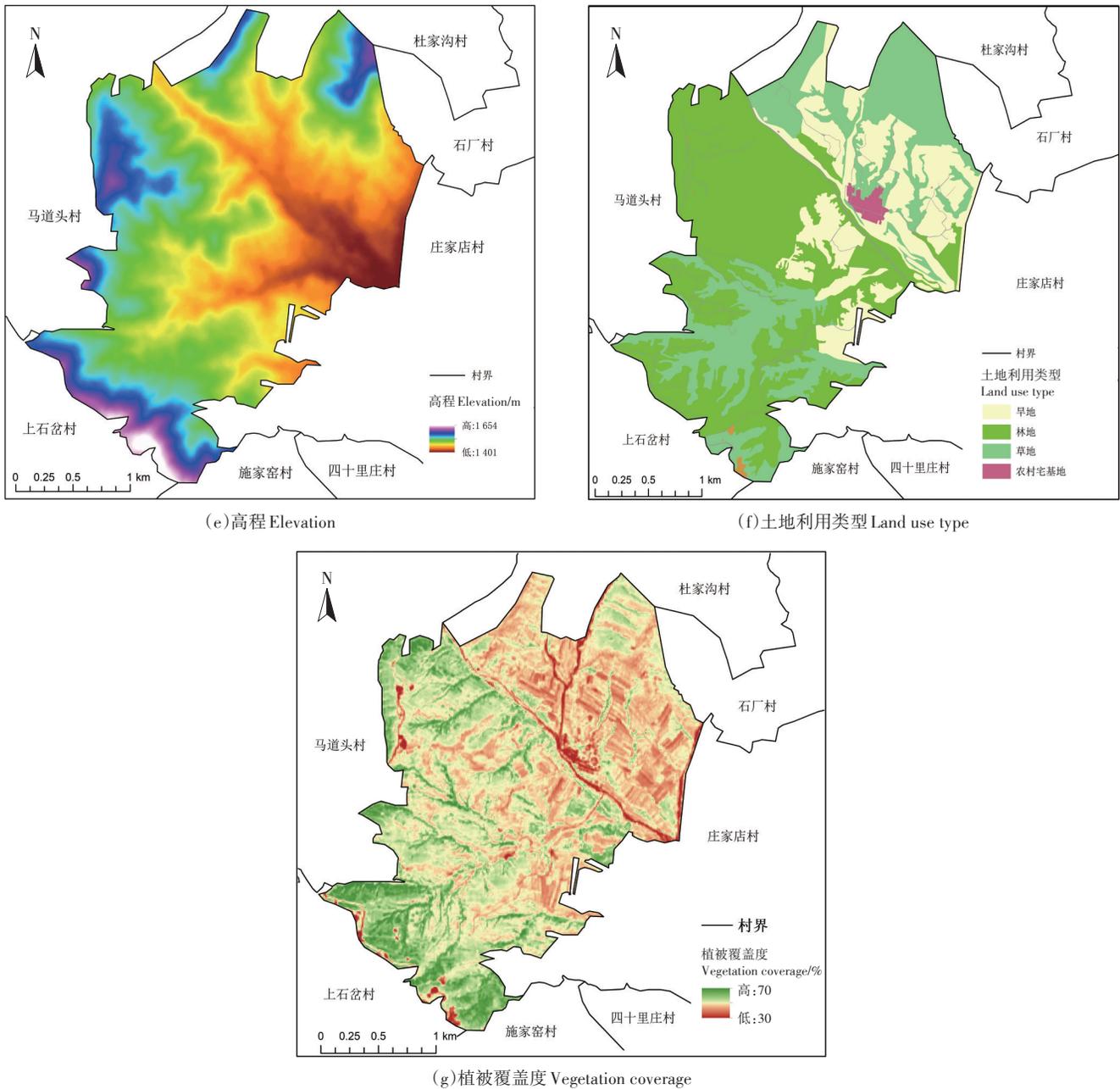


图6 阻力指标示意图

Figure 6 Resistance index diagram



续图6 阻力指标示意图

Continued figure 6 Resistance index diagram

距离对外沟通道路较近,进行村庄内部整治适宜性较好。整治期间应协调好生产与生活用地间的关系,不进行建设用地扩展,只在原有基础上整治废弃宅基地,提升村庄宜居环境。

根据土地整治分区适宜性特征可以看出,划定的土地整治区域在保护当地生态的基础上对闲散地块进行归并,同时提升村内工业生产与农业生产发展水平(图8)。

进行整治分区后的研究区内4类整治区呈圈层

分布(图9),整体布局以宜居核心整治区为中心向外呈“圈层夹散点”扩展。其中林草生态保护区位于村域最外层,植被覆盖率最高,区域内林草资源丰富,面积占比最大;小杂粮生产示范区位于第二圈层,分布于坡度较缓地区,紧邻生活空间和生态空间,便于村民进行农事活动;宜居核心区位于中心圈层,沿大峪河及省道S210分布,地势平坦,建设用地集中连片,空间布局规整有序;工业生产开发区以散点形式点缀于村域南部,远离居民点并与邻村相接,带动周

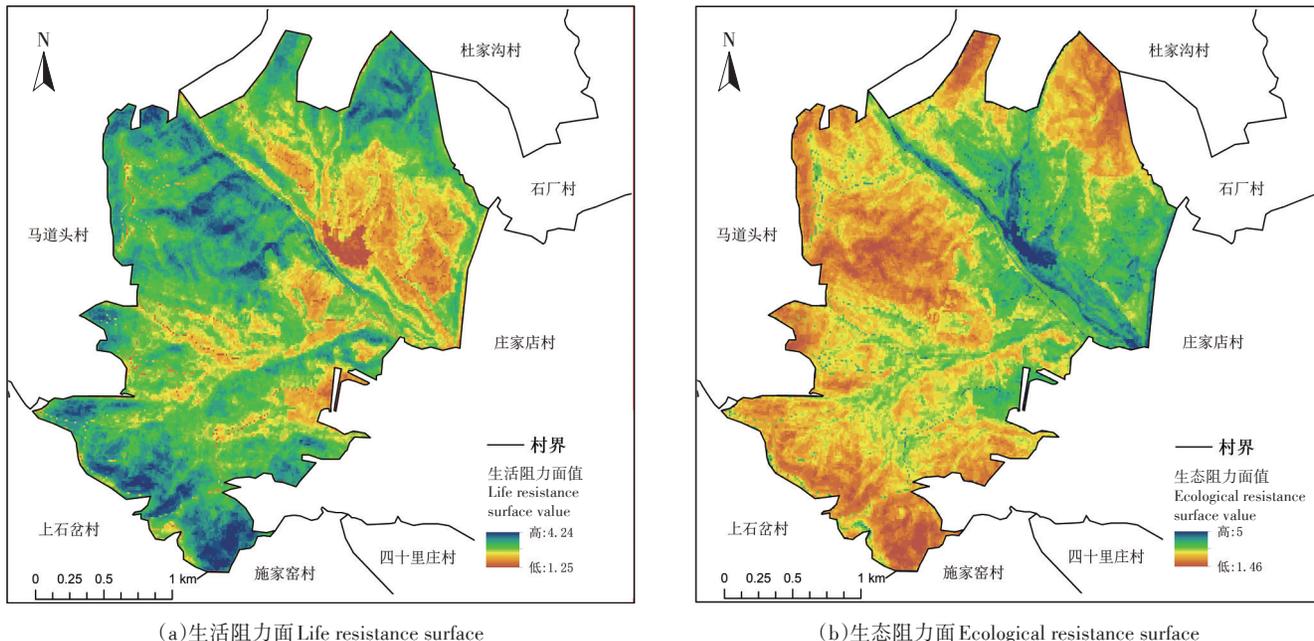


图7 生活与生态源地扩张最小累积阻力面空间分布

Figure 7 Spatial distribution of minimum cumulative resistance surface of life and ecological source areas

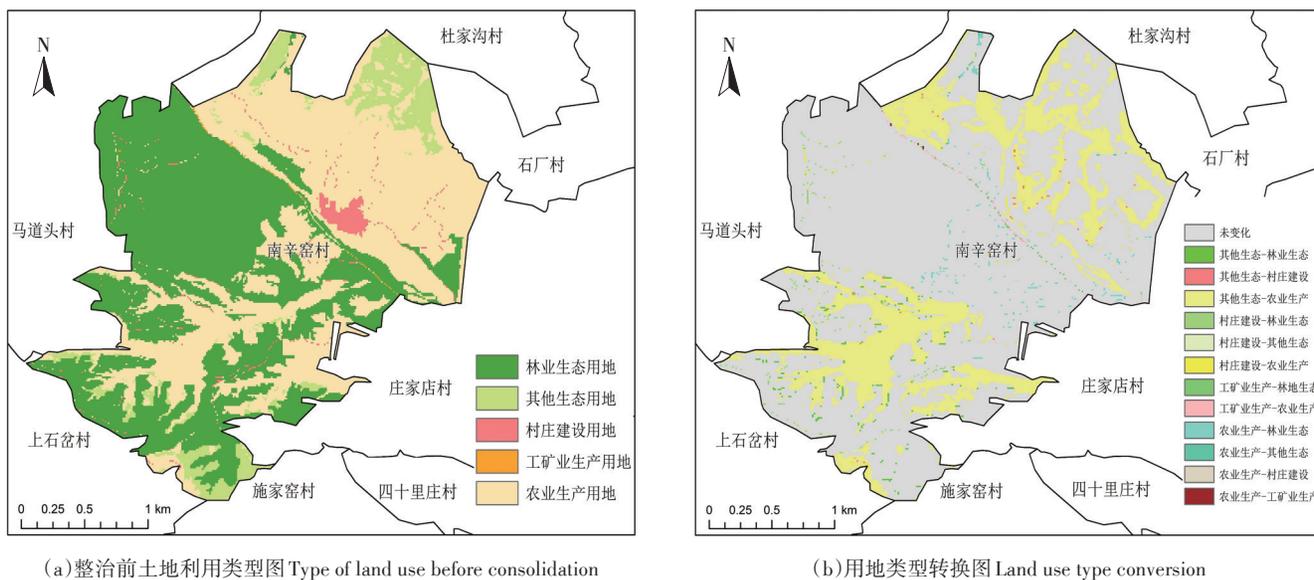


图8 整治前后用地类型转换对比图

Figure 8 Comparison of land use type conversion before and after consolidation

围村庄发展生产的同时不影响本村居民生活。

2.3 整治区土地利用结构布局分析

将土地整治分区结果与土地利用现状进行叠加(表4)可以看出,林草生态保护区土地共减少58.94 hm²,分别补给耕地58.81 hm²及工业用地0.13 hm²;核心宜居整治区住宅用地减少1.46 hm²,用于建设村内养殖场。由表5可知,小杂粮生产示范区面积增加了33.95%,工业生产开发区增加了37.32%,实现了产业

用地增加和废弃宅基地再利用的目标。与现状土地资源利用格局相比,整治分区后的其他草地复垦为耕地,此整治方式可提高农业用地布局的联通性和农村宅基地集约性,同时优化了生态空间格局,有利于村域土地资源的高效利用。

南辛窑村现有生态基础良好,农业生产与养殖业发展潜力较大,为营造生态宜居、配套齐全的集聚提升型村庄,依据各整治分区土地利用的适宜性,对南

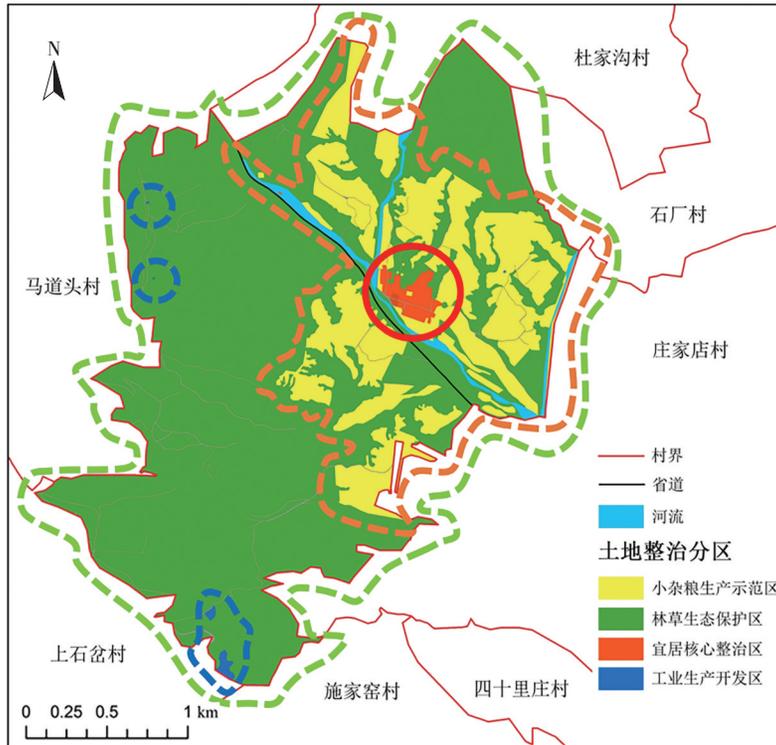


图9 土地整治分区图

Figure 9 Zoning for land consolidation

表4 土地整治区用地类型转换

Table 4 Optimization table of land use type in land consolidation area

土地整治分区 Land consolidation zoning	地类分布 Distribution of land types	用地类型转换 Land use type conversion	地类转换面积 Conversion area of the land type/hm ²
小杂粮生产示范区	旱地、沟渠、村道用地、种植设施建设用地	—	—
林草生态保护区	乔木林地、灌木林地、其他林地、其他草地	其他草地转变为耕地 其他草地转变为工业用地	58.81 0.13
工业生产开发区	裸土地、裸岩石砾地、工业用地、其他特殊用地、 水工设施用地、公路用地、村庄内部道路用地	—	—
宜居核心整治区	农村宅基地、广场用地、机关团体用地	农村宅基地转变为农业设施 建设用地	1.46

表5 土地整治各区面积变化

Table 5 Change in area of land consolidation

土地整治分区 Land consolidation zoning	原有面积 Original area/ hm ²	变化面积 Change area/ hm ²	变化幅度 Rate of Change/%	现状面积 Current area/hm ²
小杂粮生产示范区	173.21	58.81	33.95	232.02
林草生态保护区	588.08	-58.94	-10.02	529.14
工业生产开发区	4.26	1.59	37.32	5.85
宜居核心整治区	7.34	-1.46	-19.89	5.88

辛窑村产业发展、生态环境保护、人居环境进行了系统布局分析。

(1)林草生态保护区。南辛窑村林草生态保护区

占村域面积的比例最大,位于最外侧圈层,生态功能显著。该区距离村庄居民点及道路较远,林地地势较高,少有人类活动。该村未涉及生态保护红线,村北部其他草地土壤0~20 cm平均含水量大于20%,经土壤含水量测算,适宜进行耕作活动,因此可将村北与小杂粮生产示范区相连的其他草地调整为农业用地类型,增加耕地连片度,地类转换面积共58.81 hm²;遵循马道头乡政府意见,西部林地内夹杂的部分其他草地可适当调整为工业用地,面积为0.13 hm²,可建设对环境影响较小的农产品加工小作坊,禁止引进大型机械,其余林草地加强保护。

(2)小杂粮产业示范区。该区围绕居民点,地势

较平坦,整治后的用地类型主要为耕地和农业设施建设用地,由草地和居住用地转换而来。依据“优化城乡用地结构、增加有效耕地面积”的原则,将村内部分草地复垦为耕地,实现耕地集中连片,在增加小杂粮产量的同时为机械化农业建设奠定基础。

(3)工业生产开发区。针对国土空间开发利用中产生的问题,遵循“构建优势互补、高质量发展的国土空间体系”的理念,工业生产远离居民点且与邻村相接,便于为周边村庄提供生产服务且不影响两村居民生活。

(4)宜居核心整治区。该区建设适宜性较好,是村民生活的主要聚集地,以农业生产与生活双重功能为主,同样也是发展养殖业的优质区域。利用村庄紧邻省道的便利交通条件,按照“因地制宜”原则,将废弃农村宅基地整治为农业设施建设用地,面积为1.46 hm²,解决了制约村民散户养殖规模较小的问题,同时人均建设用地面积降至125.64 m²,符合山西省要求的141 m²控制标准。

3 讨论

3.1 基于MCR模型的土地利用格局优化

土地整治分区实证分析结果表明,MCR模型可以考虑到不同土地类型和功能的差异,从而对未来土地利用变化进行预测,南辛窑村对于产业发展的需求较为迫切,在产业用地的划分上要合理合规进行,这也限制了MCR模型的应用范围,现有研究大多从生态廊道网络构建^[30]和县域农村居民点整治^[31]方面开展,研究尺度较大、且针对某一类型地类进行整治。村庄作为集聚生产、生态、生活功能的小尺度单元,只考虑某一类型的格局构建容易破坏整体布局的合理性与实用性。未来应着眼于基础,提出村庄土地利用格局优化措施,在整治过程中充分发挥原有地类的功能,保证土地兼具最大的经济与生态效益。

3.2 MCR模型构建与应用

西北地区的村域土地整治方案与空间规划重点较南方城郊的村庄发展模式有本质区别。在评价指标的选取方面,利用MCR模型探究土地整治分区与生态安全格局构建也存在很大差异,具体如下:

(1)MCR模型针对不同的研究方向,学者们进行指标选取时存在差异。董亚坤等^[32]选取人口密度、地形湿润指数、土壤可蚀性识别洱河流域上游面源污染高风险区。尹玉聪等^[31]选取土壤侵蚀程度和地形起伏度等进行农村居民点整治分区。MCR模型与土地

利用格局相结合时,指标选取更多侧重于自然条件因素,本研究选取土地利用类型作为评价指标之一,主要是考虑为南辛窑村地类转换提供理论参考,在地类更复杂的村庄中应适当修改评价标准。

(2)在模型构建过程中存在差异。本研究区域尺度较小,未涉及生态保护红线管控限制,在地类转换时限制因素较少,例如其他草地按照地类归并属于未利用地,可转换为农业用地、建设用地、生态景观用地,结合该村实际情况转为耕地开发。在今后研究中,应依据研究区自然条件和当地发展重点综合考虑多方面因素,进一步提高MCR模型的适用性和现实应用性,同时借鉴相关土地利用规划理论进行研究与探讨。

本研究提出的土地整治分区方法对南辛窑村生产空间的扩张和生活空间的改善具有较好的借鉴意义,但也存在一定的不足,如参数设置问题,MCR模型需要设置多个参数,如景观指数权重、阻力距离、距离加权指数等。研究方向差异、地理空间差异、经济发展程度都是影响指标选取的决定因素,要素分级赋值过程中需要考虑到研究区域的特点和数据分布情况,否则会影响模型的预测精度和可靠性。未来可以采用敏感性分析等方法构建MCR模型,对不同参数的敏感性进行测试,以确定最优参数设置,进一步提高预测精度和适用范围,结合遥感和地理信息系统等技术,在土地利用变化监测、资源环境评价和决策支持等领域发挥更加重要的作用。

4 结论

本研究以南辛窑村为研究对象,从土地整治视角出发,运用MCR模型与GIS技术,结合村庄规划编制理念,构建南辛窑村生活阻力面与生态阻力面,根据生态与生活扩张阻力差值的适宜性,划定土地整治区,因地制宜制定各整治区土地利用方向,得到如下结论:

(1)本研究将MCR模型和土地整治相结合,依据村庄的经济水平、人口规模、用地布局、资源禀赋、生态环境约束情况,通过土地利用现状与自然资源条件7个阻力因子识别各整治分区用地类型,经验证该模型对南辛窑村的土地整治分区具有很强的适宜性。整治后分区具有明显的圈层结构,不同分区的土地利用方向存在显著差异,同时模型分区结果与当地土地利用现状的契合度较高。

(2)提高生产力和生态环境保护是当前乡村振兴战略的主要侧重点,也是“集聚提升型”村庄的主要提

升方面。MCR模型可以预测未来土地利用变化对农业生产和生态环境的影响以及城乡土地利用变化趋势等,因此,本研究在土地整治分区过程中充分考虑了不同土地功能的需求和价值,在上位规划的指引下,实现土地资源的多样性和综合性利用。在保证其生态约束的前提下,科学有效识别各用地类型,分类提出整治策略。研究结果可为村庄土地利用详细规划提供支撑。

参考文献:

- [1] 徐建春. 联邦德国乡村土地整理的特点及启示[J]. 中国农村经济, 2001(6):75-80. XU J C. Characteristics and enlightenment of rural land consolidation in the Federal Republic of Germany[J]. *Chinese Rural Economy*, 2001(6):75-80.
- [2] 袁中友, 杜继丰, 王枫. 日本土地整治经验及其对中国的启示[J]. 国土资源情报, 2012(3):15-19. YUAN Z Y, DU J F, WANG F. Japan's experience of land consolidation and its implications for China [J]. *Natural Resources Information*, 2012(3):15-19.
- [3] COELHO J C, PRINTO P A, SILVA L M. A system approach for the estimation of the effects of land consolidation projects (LCPs): a model and its application[J]. *Agricultural Systems*, 2001, 68(3):179-195.
- [4] CRECENTE R, ALVAREZ C, FRA U. Economic, social and environmental impact of land consolidation in Galicia[J]. *Land Use Policy*, 2002, 19(2):135-147.
- [5] ISCAN F. The effects of different land reallocation models applied in land consolidation projects on parcel transposition: example of Karatepe Village, Turkey[J]. *Scientific Research and Essays*, 2010, 5(9):873-882.
- [6] PASAKARNIS G, MALIENE V. Towards sustainable rural development in central and eastern Europe: applying land consolidation[J]. *Land Use Policy*, 2010, 27(2):545-549.
- [7] MACHITO M. Effects of agricultural land consolidation on erosion processes in semi-mountainous paddy fields of Japan[J]. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1996, 64(3):237-247.
- [8] 封志明, 潘明麒, 张晶. 中国国土综合整治区划研究[J]. 自然资源学报, 2006, 21(1):45-54. FENG Z M, PAN M Q, ZHANG J. Study on zoning of China's integrated land consolidation[J]. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(1):45-54.
- [9] 吕雪娇, 肖武, 李素萃, 等. 基于GIS与灰色星座聚类的巢湖流域土地整治分区[J]. 农业工程学报, 2018, 34(6):253-262. LÜ X J, XIAO W, LI S C, et al. Land reclamation zoning of Chaohu Lake basin based on GIS and grey constellation clustering[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(6):253-262.
- [10] 张天中, 王雯, 刘春芳, 等. 中国西北部生态脆弱区典型区域土地综合整治分区:以甘肃省兰州市为例[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3):141-147. ZHANG T Z, WANG W, LIU C F, et al. Division on land consolidation of typical area for ecological fragile area in north-west China: a case study in Lanzhou City of Gansu Province[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2016, 36(3):141-147.
- [11] 王祯, 吴金华, 白帅, 等. 黄土丘陵沟壑区耕地细碎化评价与土地整治工程分区:以吴起县为例[J]. 水土保持研究, 2022, 29(4):300-307. WANG Z, WU J H, BAI S, et al. Evaluation of cultivated land fragmentation and land consolidation engineering zoning in the loess hilly and gully region: a case study in Wuqi County[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2022, 29(4):300-307.
- [12] 赵荣钦, 黄贤金, 钟太洋, 等. 聚类分析在江苏沿海地区土地利用分区中的应用[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6):310-314. ZHAO R Q, HUANG X J, ZHONG T Y, et al. Application of clustering analysis to land use zoning of coastal region in Jiangsu Province[J]. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(6):310-314.
- [13] 秦彦杰, 赵艳霞, 刘欣, 等. 基于GIS的土地整治综合分区研究[J]. 国土与自然资源研究, 2013(2):3-5. QIN Y J, ZHAO Y X, LIU X, et al. Research on regionalization for comprehensive land consolidation based on GIS[J]. *Territory & Natural Resources Study*, 2013(2):3-5.
- [14] 鲁红英, 肖思和, 杨尽. 模糊聚类分析方法在土地整治分区中的应用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2014, 41(1):124-128. LU H Y, XIAO S H, YANG J. Application of fuzzy cluster analysis method in making land remediation[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2014, 41(1):124-128.
- [15] 于世伟, 陈贺, 曾容, 等. 量化方法在生态分区过程中的应用及案例研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4):247-251. YU S W, CHEN H, ZENG R, et al. Eco-regionalization based on quantitative method and case study[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2010, 17(4):247-251.
- [16] 吴清, 冯嘉晓, 陈刚, 等. 山岳型乡村旅游地“三生”空间演变及优化:德庆金林水乡的案例实证[J]. 生态学报, 2020, 40(16):5560-5570. WU Q, FENG J X, CHEN G, et al. The spatial evolution and optimization of production-living-ecology space in mountainous rural tourism destinations: a case study of Jinlin watery area in Deqing County, Guangdong Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(16):5560-5570.
- [17] 韦家怡, 李铖, 吴志峰, 等. 粤港澳大湾区生态安全格局及重要生态廊道识别[J]. 生态环境学报, 2022, 31(4):652-662. WEI J Y, LI C, WU Z F, et al. Identifying ecological security patterns and prioritizing ecological corridors in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay area[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2022, 31(4):652-662.
- [18] ADRIAENSEN F, CHARDON J P, DE BLUST G, et al. The application of least-cost modelling as a functional landscape model[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2003, 64:233-247.
- [19] VOGT P, FERRARI J R, LOOKINGBILL T R, et al. Mapping functional connectivity[J]. *Ecological Indicators*, 2009, 9(1):64-71.
- [20] 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. YE Y Y, SU Y X, ZHANG H O, et al. Construction of an ecological resistance surface model and its application in urban expansion simulations[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2014, 69(4):485-496.
- [21] 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. KUANG L H, YE Y C, ZHAO X M. Evaluation of land ecological suitability based on minimum: a case study of Poyang County cumulative resistance model[J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2014, 36(4):903-910.
- [22] 俞孔坚. 景观生态战略点识别方法与理论地理学的表面模型[J]. 地理学报, 1998(增刊1):11-20. YU K J. Ecologically strategic points in landscape and surface model[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1998(Suppl 1):11-20.
- [23] 文博, 刘友兆, 夏敏. 基于景观安全格局的农村居民点用地布局优化[J]. 农业工程学报, 2014, 30(8):181-191. WEN B, LIU Y Z, XIA M. Layout optimization of rural residential land based on theory of landscape security pattern[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(8):181-191.
- [24] 李秀全. 基于MCR与CA模型的城市扩张模拟对比分析:以武汉市为例[D]. 南昌:东华理工大学, 2017:7-8. LI X Q. Comparative analysis of urban expansion based on MCR model and CA model: a case study of Wuhan[D]. Nanchang: East China University of Technology, 2017:7-8.
- [25] 许婷, 饶磊, 赵小敏, 等. 基于MCR模型和加权Voronoi图的农村居民点空间布局优化[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(6):333-337. XU T, RAO L, ZHAO X M, et al. Based on MCR models and weighted Voronoi graphs optimization of spatial layout of rural settlements[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2018, 46(6):333-337.
- [26] 李晶, 蒙古军, 毛熙彦. 基于最小累积阻力模型的农牧交错带土地利用生态安全格局构建:以鄂尔多斯市准格尔旗为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2013, 49(4):707-715. LI J, MENG J J, MAO X Y. MCR based model for developing land use ecological security pattern in farming-pastoral zone: a case study of Jungar Banner, Ordos[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2013, 49(4):707-715.
- [27] 毕庆生, 裴贝贝, 计忠飙, 等. 基于最小阻力模型的村域土地资源优化利用布局研究:以栾川县三川镇部分村庄为例[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(9):148-157. BI Q S, PEI B B, JI Z B, et al. Optimization of village land-use resources layout on the basis of MCR model: a case study of some villages in Sanchuan Town, Luanchuan County[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(9):148-157.
- [28] 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. HUANG L M, CHEN J F. Suitability evaluation of urban construction land based on features extraction of a MCR surface[J]. *Resources Science*, 2014, 36(7):1347-1355.
- [29] 杨俊, 易洁, 李争, 等. 基于MCR模型与Hydrology扩展模块的建设用地适宜扩张路径研究[J]. 国土资源科技管理, 2020, 37(4):24-36. YANG J, YI J, LI Z, et al. Research on suitable route of construction land expansion on MCR model and Hydrology extension module[J]. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*, 2020, 37(4):24-36.
- [30] 崔康成, 侯晓辉, 徐吉平. 基于MCR模型的桐柏县生态廊道网络构建[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(增刊1):217-224. CUI K C, HOU X H, XU J P. Construction of ecological corridor network in Tongbai County based on MCR model[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2022, 61(Suppl 1):217-224.
- [31] 尹玉聪, 王宏卫, 薛孟琦, 等. 基于生态约束的新疆新和县农村居民点整治分区[J]. 农业资源与环境学报, 2023, 40(5):1093-1103. YIN Y C, WANG H W, XUE M Q, et al. Regulation zoning of rural settlement based on ecological constraints in Xinhe County, Xinjiang, China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2023, 40(5):1093-1103.
- [32] 董亚坤, 王钰, 曾维军. 基于最小累积阻力模型的洱海流域上游面源污染“源-汇”风险格局研究[J]. 水土保持通报, 2022, 42(6):166-175. DONG Y K, WANG Y, ZENG W J. Analyzing “source sink” pattern of NPS pollution risks in upper reaches of Erhai Lake basin by minimum cumulative resistance model[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2022, 42(6):166-175.