

引文格式:郝天昊,高晨舸,王金平. 基于MCR和重力模型的传统村落自然-文化生态网络识别与保护策略研究[J]. 太原理工大学学报, 2026, 57(4): 749-757.

HAO Tianhao, GAO Cheng, WANG Jinping. Identifying and optimizing the ecological network of traditional villages based on MCR and gravity models: a case study of xiaoyi city, Shanxi province[J]. Journal of Taiyuan University of Technology, 2026, 57(4): 749-757.

基于MCR和重力模型的传统村落自然—文化生态 网络识别与保护策略研究

——以山西省孝义市为例

郝天昊^{1,2}, 高晨舸^{1,2}, 王金平^{1,2}

(1. 太原理工大学 建筑与艺术学院, 山西 太原; 2. 流域地方性建成环境山西省重点实验室, 山西 太原)

摘要:【目的】在生态文明建设与传统村落集中连片保护双重背景下, 针对传统村落景观连续性受损与生态功能协同不足的现状, 以山西省孝义市为例, 系统探索传统村落生态网络的保护策略。【方法】首先运用综合评价法对传统村落节点自然-文化生态价值进行评价; 其次从自然环境、社会经济与服务设施三个维度选取14项关键因子, 借助层次分析法确定权重并构建综合阻力面; 继而运用最小累积阻力模型(MCR)对生态廊道进行识别并借助重力模型对其进行等级划分; 最终识别出“三级节点-三级廊道”的传统村落生态网络。【结果】研究区域生态阻力呈现“西北高、东南低”的格局; 传统村落多位于有利于构建低生态流动成本网络结构的中低阻力区; 核心节点及廊道集中于胜溪湖北侧, 其余节点与廊道则均匀分布并广泛连接形成次级网络。通过对传统村落生态网络的识别与优化, 为传统村落集中连片保护与生态可持续发展提供科学依据。

关键词:最小累积阻力模型; 重力模型; 传统村落; 生态网络

中图分类号:TU98 **文献标识码:**A

DOI: 10.16355/j.tyut.1007-9432.20250458

文章编号:1007-9432(2026)04-0749-09

Identifying and Optimizing the Ecological Network of Traditional Villages Based on MCR and Gravity Models: A Case Study of Xiaoyi City, Shanxi Province

HAO Tianhao^{1,2}, GAO Cheng^{1,2}, WANG Jinping^{1,2}

(1. College of Architecture and Art, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi, China; 2. Shanxi Key Laboratory of Watershed Built Environment with Locality, Taiyuan, Shanxi, China)

Abstract: 【Purposes】 In the dual-background of ecological civilization construction and concentrated contiguous protection of traditional villages, in this study, the challenges of impaired landscape continuity and insufficient synergy of ecological functions in traditional villages are addressed by taking Xiaoyi City in Shanxi Province as a case study. 【Methods】 First, a comprehensive evaluation method

收稿日期: 2024-08-04; 修回日期: 2024-10-14

基金项目: 流域地方性建成环境山西省重点实验室开放基金资助(WaBEL-KFYB-2025-02); 国家社科基金冷门绝学研究专项“晋系古建筑匠作谱系整理与研究”(RZ2300005322); 山西省基础研究计划项目“传统村落地方性空间特征与形成机制”(202303021212064)

第一作者: 郝天昊, 硕士研究生, (E-mail) 2024511396@link.tyut.edu.cn

通信作者: 高晨舸, 博士, 副教授, 主要从事流域人居系统与聚落遗产保护, (E-mail) gaocheng@tyut.edu.cn

was employed to assess the natural-cultural ecological value of traditional village nodes. Subsequently, fourteen key factors were selected from the three dimensions of natural environment, socioeconomic conditions, and service facilities, and the analytic hierarchy process was applied to determine their weights and construct an integrated composite resistance surface. The minimum cumulative resistance model was then used to identify ecological corridors, and the gravity model was further applied to classify these corridors into hierarchical levels. Finally, a traditional village ecological network characterized by a “three-level node and three-level corridor” structure was identified. **【Results】** The results show that ecological resistance in the study area exhibits a pattern of being high in the northwest and low in the southeast. Traditional villages are predominantly located in medium- to low-resistance areas, which are conducive to constructing a low-cost ecological flow network structure. Core nodes and corridors are mainly concentrated on the northern side of Shengxi Lake, while the remaining nodes and corridors are evenly distributed and extensively connected, forming a secondary network. Through the identification and optimization of the traditional village ecological network, this study provides a scientific basis for the contiguous conservation and sustainable ecological development of traditional villages.

Keywords: minimum cumulative resistance model; gravity model; traditional villages; ecological network

中国传统村落兼具历史遗产价值与文化延续功能,是人类活动与自然生态协同演化的活态缩影。从2012年公布第一批国家级传统村落名录至今,中国已有6批共8 155个列入名录的传统村落。自2020年住建部、财政部联合启动“传统村落集中连片保护利用示范”以来,学界迅速聚焦于传统村落集群和集中连片保护等前沿议题展开研究。通过剖析传统村落集中连片保护利用的核心内涵和对策而提出保护利用模式^[1],通过对传统村落景观破碎化测度分析提出保护与发展的模式^[2]。研究视角上,从精明收缩^[3]、关联性^[4]、“流域-社会”^[5]、景观集群^[6]等视角对传统村落集中连片保护利用研究进行了探索。传统村落集群保护发展路径上,已从文化遗产资源^[7,8]、基础设施^[9]、空间结构^[10]、产业结构^[11]等方面着手展开。针对传统村落集群的现实困境,提出集中连片保护利用格局构建方法^[12,13]。

随着“社会-生态系统”研究范式的兴起,“节点”的概念已由传统生态学中的自然斑块扩展为承载“资源系统”与“行动者”交互功能的关键空间单元^[14]。传统村落作为长期人地互动的产物,其空间格局与自然环境承载着特定的生态功能,本质上可视为一种文化与生态复合的节点。当前,村落之间生态连通性逐渐减弱、生态板块趋于割裂、文化连续性遭受冲击等问题日益凸显。然而,既有研究仍较多集中于社会文化系统与静态空间布局的探讨,较少引入定量模型测度其生态连通性。因此,亟须从生态网络视角重新审视其集群保护逻辑,通过整

合自然环境、社会经济、服务设施三个维度构建阻力面,也正是将村落作为生态与文化功能并重的空间节点进行量化分析的核心体现。

鉴于此,以山西省孝义市10个国家级传统村落为样本,尝试引入最小累积阻力模型(Minimal Cumulative Resistance, MCR)与重力模型,在县域尺度下构建传统村落生态网络,为集中连片保护新路径探索提供参考。

1 研究区域与研究数据

1.1 研究区域及样本

孝义市地处山西省中部,位于吕梁山脉东麓与汾河平原西缘的交界处。区域地势西北高、东南低,地形呈自西向东逐级递减的三级阶梯状,塑造出梯度差异明显的生态基底;水系以孝河为主干东西流贯、支流呈网状汇聚,汾河、文峪河、磁窑河沿东南边界分布。孝义市作为典型的资源型城市,区域内生态敏感性较高。本研究选取孝义市前六批国家级传统村落作为节点样本,共计10处,见表1。南部平原因煤炭开采与焦化厂扩张,研究区域内传统村落呈现显著偏北集聚态势,其地形以山地谷地为主,在孝河—曹溪河流域的水文单元内尤为集中,同时涵盖了山地、丘陵、河谷三类地貌。

1.2 研究数据

1.2.1 数据来源

本文所用数据主要包括山西省行政区划边界数据、中国传统村落名录、土地覆被数据、高程数

表 1 孝义市传统村落入选批次及数量
Table 1 Designation batches and amounts of traditional villages in Xiaoyi City

村落名称	入选批次	数量
新义街道贾庄村、崇文街道宋庄村、高阳镇白壁关村	第三批	3
高阳镇临水村、下堡镇昔颜堡村、下堡镇官窑村	第四批	3
高阳镇高阳村、高阳镇小垣村	第五批	2
大孝堡乡大孝堡村、振兴街道司马村	第六批	2

据、坡度数据、归一化植被指数数据、净初级生产量数据以及道路数据、河流数据矢量数据、POI数据。其中,行政区划数据(2024)来源于国家地理信息公共服务平台;传统村落样本库数据来源于住建部发布的国家级名录(2025);土地覆被数据(2024)来源于ESRI官方网站;高程数据(2022)来源于NASA地球科学数据网站;坡度数据基于高程数据处理而成;归一化植被指数数据(2024)来源于国家青藏高原科学数据中心;净初级生产量数据(2024)来源于NCEI国家环境信息中心;道路数据、河流数据矢量数据(2024)均取自OpenStreetMap开源地理数据库;POI数据(2023)来自百度地图、高德地图。

1.2.2 数据处理

为保证不同量纲指标的可比性并消除方向性差异对综合评价结果的影响,对所有指标进行归一化处理。根据对阻力的影响作用,将指标分为正向与负向两类,当指标数值增大对应阻力值更高时,称为正向指标,反之为负向指标。采用极差归一化方法,将指标映射于[0,1]区间。

正向指标:

表 2 传统村落自然-文化生态价值评价指标体系
Table 2 Index system for assessing the natural-cultural ecology values of traditional villages

目标层	准则层	方案层	含义	权重
传统村落自然-文化生态价值评价	水源安全	距河流距离	传统村落实体边界到河流的最短距离	0.115 9
		水体覆盖率	传统村落实体边界内水体覆盖比率	0.038 6
	地形稳定性	平均海拔	传统村落实体边界内平均海拔值	0.056 4
		平均坡度	传统村落实体边界内平均坡度值	0.028 2
	生境质量	绿地覆盖率	传统村落实体边界内绿地覆盖比率	0.230 8
		景观多样性指数	传统村落实体边界各类景观面积占比与其自然对数的乘积之和,量化村落内景观类型的混杂程度	0.076 9
		选址格局	年代久远度	0.108 5
	传统建筑	价值密度	传统村落内所有文保建筑的保护等级总价值与村落实体边界面积比值	0.191 8
	非物质文化遗产	稀缺丰富度	传统村落非物质文化遗产按级别累加得分	0.152 8

2.2 阻力因子选取与阻力面构建

阻力面是廊道模拟的核心,直接影响最小成本路径的空间走向与连通性。参考既有研究^[15,16]从自

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

负向指标:

$$X'_{ij} = \frac{X_{\max} - X_{ij}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

式中, X_{ij} 为第*i*个样本第*j*项指标的原始值, $X_{\min}$ 、 $X_{\max}$ 分别为该指标样本中的最小、最大值, X'_{ij} 为经极差归一化后的无量纲值。

2 研究方法

2.1 节点选取与评价体系构建

在研究中节点被定义为在长期人地互动过程中形成,并承载了特定地域生态与文化功能的村落实体。水源是传统村落存续的根本,能决定其生计、生态与防灾基础;地形是村落自然环境基底的构成要素,其稳定性关乎地灾风险、建设安全与人居韧性;生境质量则表征维持生物多样性与提供生态服务的能力,是村落生态功能完整与可持续的核心。村落选址与格局揭示了村落起源的环境与空间特征;传统建筑是衡量建筑遗产富集程度与保存状态的关键;非物质文化遗产则是村落文化价值的重要表现形式。基于此,对节点从水源安全、地形稳定性、生境质量、选址格局、传统建筑、非物质文化遗产6个维度进行自然-文化生态价值分析并形成级别分类,为后续生态网络构建提供依据。运用层次分析法对距河流距离、水体覆盖率、平均海拔等9项评价指标进行赋权(经计算通过一致性检验),得到各项指标权重(见表2)。

然环境、社会经济、服务设施3个方面选取14个关键阻力因子(见表3)构成综合阻力面,采用层次分析法为土地覆被、高程、坡度等14项阻力因子赋权

(经计算通过一致性检验)。结合研究区域实际情况并参考相关文献^[17]确定各类土地覆被类型的阻力值;采用赋值法^[18]与模糊隶属度法对土地覆被阻力数据进行标准化处理,其余指标则根据其方向性采用极差标准化方法进行处理。

自然环境表征自然生态系统的基础约束作用,社会经济和服务设施是经济发展水平、社会服务水平的体现,影响着传统村落文化传播和社会交往。最终,通过地理信息系统将各标准化指标与其相应权重进行空间叠加与加权计算,生成综合阻力面。

表 3 阻力因子、方向性及权重分配
Table 3 Resistance factors, directionalities, and weight allocations

类别	阻力因子	赋值与归一化					方向性	权重
	土地覆被	林地	草地、水域	耕地	裸地	建设用地	赋值	0.175 0
		1	2	3	4	5		
自然环境	植被净初级生产力			公式: $X'_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$			-	0.047 1
	归一化植被指数						-	0.046 1
	高程						+	0.115 0
	坡度						+	0.123 0
	河流临近度						+	0.073 1
社会经济	公司企业临近度						+	0.061 8
	道路临近度						+	0.070 7
	A 级景区临近度			公式: $X'_{ij} = \frac{X_{\max} - X_{ij}}{X_{\max} - X_{\min}}$			+	0.054 0
服务设施	餐饮服务设施邻近度						+	0.059 8
	交通设施服务邻近度						+	0.060 4
	科教文化服务设施邻近度						+	0.041 2
	体育休闲服务设施邻近度						+	0.024 7
	医疗保健服务设施邻近度						+	0.048 1

2.3 生态廊道识别与分级

首先将选定为节点的传统村落逐一设置为“源”并同步构建其对应的“目标”集合,以综合阻力面为成本栅格,使用成本距离与成本回溯工具进行运算,逐一识别各源与目标之间潜在的最低耗散路径。在此基础上,引入重力模型,依据各节点的规模与空间阻抗计算两两节点之间的相互作用关系,以此量化不同节点在区域生态网络中的关联强度。计算结果作为生态廊道分级的核心依据。

2.3.1 最小累积阻力模型

最小累积阻力模型^[19]作为生态网络研究中的经典方法,以景观阻力为量化指标,模拟物种穿越异质生境斑块时所克服的累积阻力。使用阻力面评估传统村落节点之间潜在生态流动性与连接度,从而识别跨村域的自然-文化生态廊道。其基本公式如下:

$$MCR = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i). \quad (3)$$

式中,MCR为最小累计阻力值, f 为累积阻力与运动过程的正相关关系, D_{ij} 为源 j 到目标 i 的路径长度, R_i 为第 i 个像元的阻力值。

2.3.2 重力模型

运用重力模型量化斑块间的相互作用强度,反

映其生态连接度^[20]。模型中,传统村落被抽象为“源”节点,以节点规模与空间距离的幂函数表示节点之间的相互作用强度。引力值越高,对应廊道的功能连通性越强。据此可将村落间的生态廊道依其相互作用强度划分为不同等级,实现对传统村落集群内部生态廊道的定量分级与保护次序识别。其基本公式如下:

$$G_{ab} = \frac{L_{\max}^2 \ln(S_a) \ln(S_b)}{L_{ab}^2 P_a P_b}. \quad (4)$$

式中 G_{ab} 为节点 a 与 b 之间的相互作用强度, $L_{\max}$ 为研究区域内最大生态阻力值, L_{ab} 为节点 a 与 b 的实际生态阻力值, S_a 、 S_b 为村落 a 、 b 的面积, P_a 、 P_b 分别表示村落 a 、 b 村界范围内的平均阻力值。

3 结果分析

3.1 节点评价与分类

首先依据量化指标与分级标准,对传统村落节点在水源安全、地形稳定性、生境质量、选址格局、传统建筑、非物质文化遗产6个维度下的各项指标进行逐一评分与判定;随后将各指标数值与综合权重进行加权计算,得到传统村落自然-文化生态价值,见图1。在此基础上,使用自然断点法对各村落的评价值进行分级,分别得到Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级传统村落

节点,数量分别为 2 个、3 个、5 个。其中,Ⅰ级包括贾家庄村和临水村;Ⅱ级包括大孝堡村、官窑村及小垣村;Ⅲ级包括高阳村、白壁关村、昔颢堡村、司马村及宋家庄村。

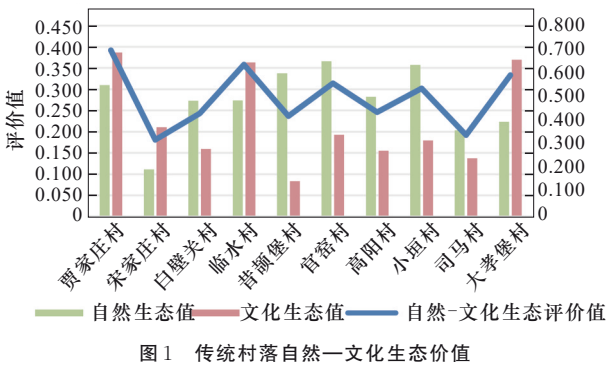


图 1 传统村落自然-文化生态价值

其中,Ⅰ级村落节点平均自然生态值与平均文化生态值,分别比整体平均值高出 6.6%与 67.6%。两村凭借其优越的水源条件与平坦地形,获得了显著的自然区位优势,社会文化资源积淀深厚。其自春秋时期便已形成,成功将有利的生态条件持续转化并积累为高价值的建筑遗存与高等级、多样的非物质文化遗产。Ⅱ级村落节点间自然-文化生态价值差异显著。大孝堡村文化生态值接近Ⅰ级村落,但自然生态值明显偏低,反映其发展主要依托文化资源;官窑村、小垣村两村自然生态值均高于Ⅰ级村落均值,但文化生态值不足贾家庄村的一半,说明其当前优势仍高度依赖自然生境质量。Ⅲ级村落节点平均自然生态值与平均文化生态值分别低于整体平均水平的 16.1%和 19.0%,该类村落因其固有的生态区位优势和历史发展起点滞后,普遍表现出生态资源匮乏与文化资源薄弱的特征。

3.2 阻力面空间分布特征

依据阻力面构建结果,见图 2,孝义市域范围内的阻力值整体呈现西北高、东南低的空间分布特征。

自然环境方面,孝义市高阻力区集中分布于西北部,主要覆盖吕梁山陡坡地带以及植被覆盖度较低区域;低阻力区则分布于东南部,以汾河平原及孝河沿岸的平缓地带为主。西北部海拔较高、坡度

较陡,净初级生产量较低;东南部平原地势平坦、水系发达,且分布有大量耕地、林地和草地,自然条件优越。

社会经济方面,孝义市呈现出从中心城区向外围递增的圈层式扩散特征。中心城区作为经济与交通枢纽,其路网密集、企业集中、经济活动集聚的特征,为社会经济发展提供了基础条件。根据相关研究,旅游地邻近能够促进企业履行环境责任^[21],有助于强化企业与周边村落的社会联结,提升邻近区域的环境治理水平,为传统村落之间的文化传播与社会交往提供了便捷条件。向外围延伸过程中,交通可达性与经济活力递减,阻力值上升。

服务设施方面,孝义市东南部城区及周边阻力较低,设施分布密集;西北部阻力普遍偏高,设施数量匮乏。餐饮、交通设施、科教文化、体育休闲及医疗保健等服务设施分布不均,对阻力值影响显著。

采用自然断点法将综合阻力面分为 5 个等级,结果见表 4。统计结果显示,低阻力区和中低阻力区合计面积占比超过 60%,表明研究区具备较好的连通潜力。结合图 3 空间分布图分析可知,低阻力区和中低阻力区呈现集中分布特征,相对集中于东部和中部;高阻力区和中高阻力区表现出集中分布态势,主要分布于西部;中阻力区在空间上呈较为分散的分布特征,未形成明显集聚区。传统村落主要位于生态流动成本相对较低的低阻力区与中阻力区,村落之间容易建立生态功能联系。

3.3 生态廊道识别与提取

基于综合阻力面与传统村落节点,通过成本距离与成本回溯分析,累计识别出 45 条生态廊道。在此基础上,运用重力模型计算各传统村落节点间的相互作用引力,形成引力矩阵见表 5,以量化其空间关联强度。为进一步区分廊道的重要性等级,以引力值分位数的临近值 50 和 250 作为阈值,对廊道进行重要性划分。单因素方差分析结果显示,不同等级廊道之间的引力值存在显著差异($F(2,42)=7.75, p=0.001$,效应量 $\eta^2=0.27$)。最终,将廊道划分为核心廊道、一般廊道和潜在廊道,具体结果如表 6 所示。

表 4 阻力面等级及其所占比例									
低阻力区		中低阻力区		中阻力区		中高阻力区		高阻力区	
区间	占比	区间	占比	区间	占比	区间	占比	区间	占比
0.027-0.234	26.14%	0.234-0.304	40.92%	0.304-0.383	20.65%	0.383-0.496	8.98%	0.496-0.773	3.32%

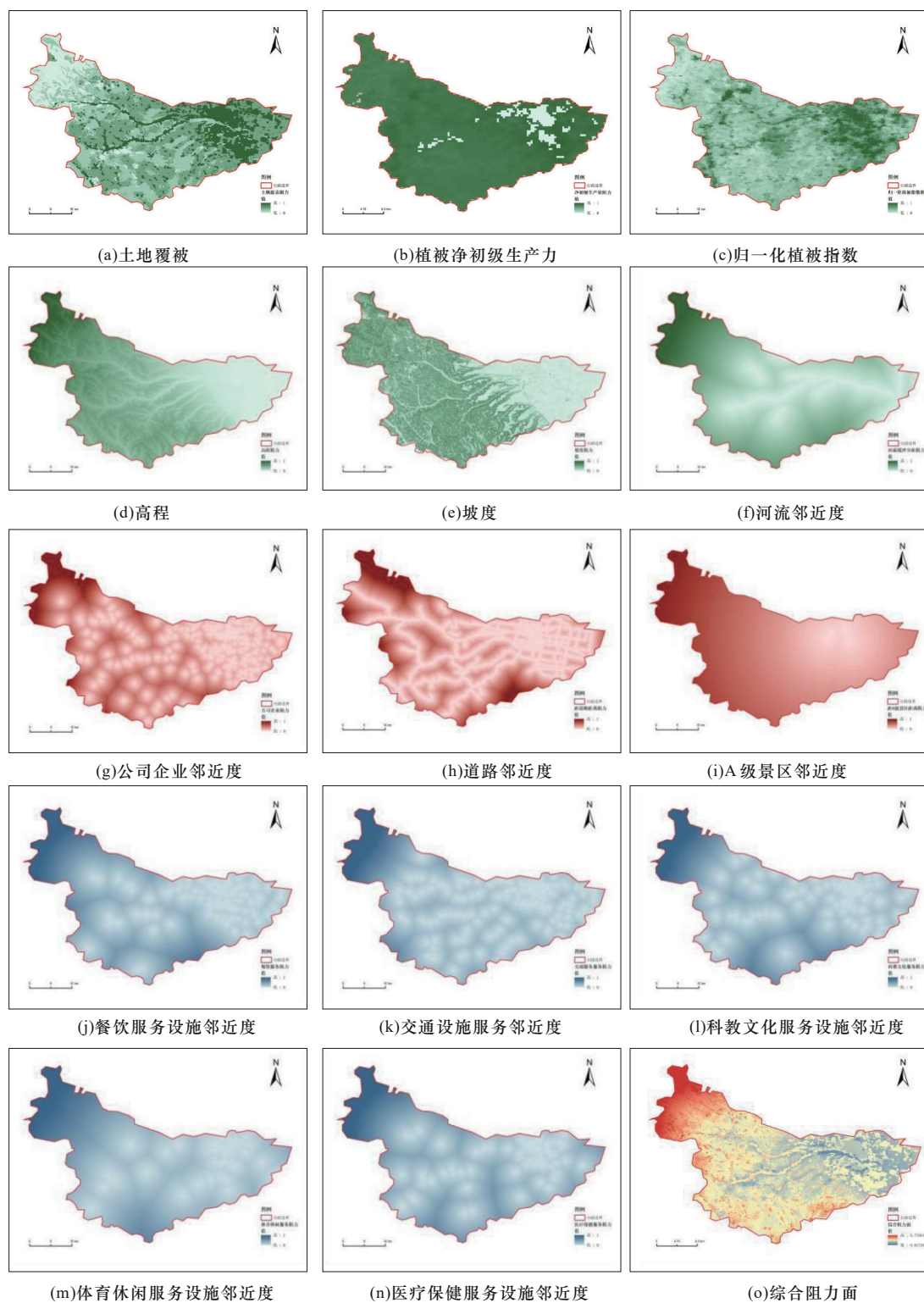


图 2 孝义市单因子阻力面与综合阻力面

Fig. 2 Single-factor and integrated resistance surfaces of Xiaoyi City

3.4 生态网络构建与分级

通过自然-文化生态价值评价、最小累积阻力模拟与重力模型评估分析,识别出传统村落的分级节点与廊道,构建“三级节点-三级廊道”生态网络见图4。其中,依据自然-文化生态价值划分的Ⅰ级

节点2处、Ⅱ级节点3处、Ⅲ级节点5处;根据相互作用强度划分为核心廊道9条、一般廊道15条、潜在廊道21条。Ⅰ级节点及核心廊道主要集中在市中心西侧的胜溪湖以北区域,Ⅱ级、Ⅲ级节点以及一般、潜在廊道在空间上呈均匀分布。

表 5 节点引力矩阵
Table 5 Node gravity matrix

村落名称	高阳村	大孝堡村	司马村	临水村	官窑村	宋家庄村	贾家庄村	白壁关村	小垣村	昔颢堡村
高阳村		26.23	225.37	5754.45	117.91	449.44	148.65	48.70	17.21	79.07
大孝堡村			256.10	54.00	35.12	115.68	43.85	68.89	5.49	16.96
司马村				72.97	28.36	73.53	31.79	44.77	5.56	16.89
临水村					135.71	172.26	460.93	208.20	22.58	71.57
官窑村						18.65	13.81	21.90	10.96	601.33
宋家庄村							254.17	268.41	192.08	26.49
贾家庄村								212.51	529.52	17.45
白壁关村									422.92	31.29
小垣村										12.08

表 6 廊道等级与路线
Table 6 Corridor grades and routes

廊道等级	廊道路线
核心廊道	①高阳村—临水村;②高阳村—宋家庄村;③官窑村—昔颢堡村;④贾家庄村—小垣村;⑤临水村—贾家庄村;⑥白壁关村—小垣村;⑦宋家庄村—白壁关村;⑧大孝堡村—司马村;⑨宋家庄村—贾家庄村
一般廊道	①高阳村—司马村;②贾家庄村—白壁关村;③临水村—白壁关村;④宋家庄村—小垣村;⑤临水村—宋家庄村;⑥高阳村—贾家庄村;⑦临水村—官窑村;⑧高阳村—官窑村;⑨大孝堡村—宋家庄村;⑩高阳村—昔颢堡村;⑪司马村—宋家庄村;⑫司马村—临水村;⑬临水村—昔颢堡村;⑭大孝堡村—白壁关村;⑮大孝堡村—临水村
潜在廊道	①高阳村—白壁关村;②司马村—白壁关村;③大孝堡村—贾家庄村;④大孝堡村—官窑村;⑤司马村—贾家庄村;⑥白壁关村—昔颢堡村;⑦司马村—官窑村;⑧宋家庄村—昔颢堡村;⑨高阳村—大孝堡村;⑩临水村—小垣村;⑪官窑村—白壁关村;⑫官窑村—宋家庄村;⑬贾家庄村—昔颢堡村;⑭高阳村—小垣村;⑮大孝堡村—昔颢堡村;⑯司马村—昔颢堡村;⑰官窑村—贾家庄村;⑱小垣村—昔颢堡村;⑲官窑村—小垣村;⑳司马村—小垣村;㉑大孝堡村—小垣村

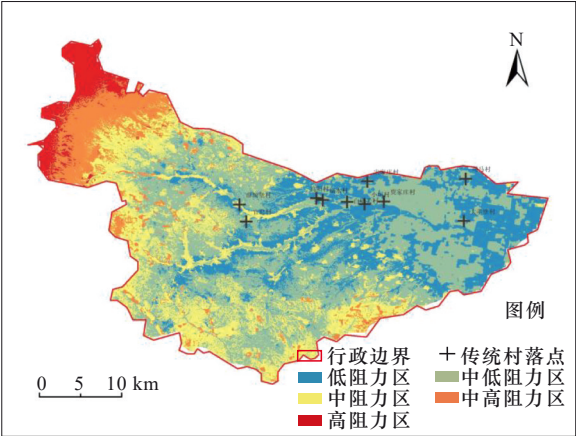


图 3 孝义市综合阻力分区图
Fig. 3 Zonation map of integrated resistance in Xiaoyi City



图 4 孝义市传统村落生态网络
Fig. 4 Ecological network of traditional villages in Xiaoyi City

4 讨论

4.1 实施节点分级保护,巩固生态源头

I 级节点具有显著的自然区位优势与文化价值,作为区域生态网络中不可替代的“生态源”,以自然恢复为主,辅以人工促进恢复,保护其生态完整性;保护其传统格局与建筑风貌,开展非遗传习活动,维系文化生态的可持续性。重点规划和建设从 I 级节点向外辐射的核心生态廊道,以促进自然生态服务功能扩散与历史文化传播。

II 级节点作为网络中的“次级源”,注重功能提

升与特色彰显。局部采取乡土物种补植、生态沟渠建设等精准化的生态修复,逐步提升生境质量与生态系统稳定性。重点保护并修复文保建筑,对街巷等公共空间进行风貌整治,活态利用非遗文化资源,形成次级枢纽。

III 级节点村落生态基础和文化资源相对薄弱。对受城镇扩张影响而收缩的村落如宋家庄村、司马村等,加强防护林、缓冲绿地等生态隔离带建设控制城镇扩张的进一步侵蚀;重点修复村落内部的退化生境并通过廊道将其与自然基质相连接,逐步恢复并提升村落的生态稳定性和服务功能;对于文化

资源匮乏且文化价值稀缺的昔颢堡村、高阳村,需提升与高等级节点和廊道之间的连通性,以强化对Ⅲ级节点的文化定向辐射作用。

4.2 构建廊道分级体系,保障生态过程

针对三级廊道提出相应的保护策略。1)核心廊道虽分布在生态环境条件较好的中部台塬区,但受到区域内建成区等生态高阻力空间阻隔。对于“高阳村—临水村”“临水村—贾家庄村”等核心廊道,在规划路网时建议尽量避让生态廊道,或通过建设生态基础设施,以提升或保障其连通性。2)对于连接核心村落的一般廊道,建议在巩固现阶段生态功能的基础上,通过提升文化交流与传播、整合村落及沿线历史资源,强化其文化纽带作用,如“白壁关村—贾家庄村”“贾家庄村—高阳村”。3)潜在廊道建议采取差异化保护。对于“临水村—小垣村”等沿自然河道分布的潜在廊道,建议以自然恢复为主要策略;对于“司马村—白壁关村”等高度城

镇化区域周边的潜在廊道,建议实施刚性管控与柔性引导,严守开发底线。

4.3 统筹区域资源禀赋,优化网络格局

从整体性视角出发,统筹区域资源禀赋与“节点—廊道”生态网络格局,在研究区域内构建“西屏东承、中核驱动、多点成网”的空间格局,见表7。1)西部丘陵区自然生态条件优越,是多条河流的河源区,具备重要的水源涵养与基础生态服务功能,建议巩固其作为区域生态安全屏障的核心作用。2)东部平川区邻近建成区,建议充分利用生态调节功能,缓解城镇发展等人为干扰因素对生态网络格局与连通性的消极影响。3)中部台塬区毗邻孝河国家湿地公园、金龙山景区与胜溪湖森林公园等重要生态核心区,Ⅰ级村落节点分布密集,多条核心廊道在此相互贯通,建议作为生态网络的结构性核心区重点保护,依托生态网络建构东西部传统村落之间的生态联系。

表 7 孝义市传统村落生态网络空间格局解析
Table 7 Spatial pattern analyses of ecological network of traditional villages in Xiaoyi City

格局要素	指代区域	核心功能	涵盖的核心村落和廊道
“西屏”	吕梁山东麓生态屏障区	西部生态安全屏障	昔颢堡村、官窑村
“东承”	东部河谷平川区	生态压力承载与人地协调区	大孝堡村、司马村
“中核驱动”	丘陵向平原过渡的台塬区	中部连通的核心区	高阳村、白壁关村、临水村、小垣村、贾家庄村、宋家庄村密集节点群
“多点成网”	各级传统村落节点通过三级廊道相互连接形成覆盖全域、功能互补的网状结构		全部 10 个传统村落、45 条潜在廊道

5 结论及未来展望

本研究以山西省孝义市为例,通过“节点评价—阻力面构建—廊道识别—网络整合”,识别传统村落生态网络格局与保护路径。深化认知传统村落生态系统,形成空间保护格局与优化策略。主要研究结论包括:1)孝义市域范围生态连通潜力、生态阻力呈现“西北高、东南低”的空间分布格局;2)传统村落主要位于低阻力区与中阻力区,具备较好的生态连通潜力,有利于村落之间形成低流动成本的自然—文化生态网络;3)节点等级与廊道重要性的空间分布差异显著。Ⅰ级节点与核心廊道主要分布于市中心西侧的胜溪湖以北区域,构成区域生态网络核心,其余节点与廊道形成均匀分布且广泛连接的次级网络。

本研究将自然环境、社会经济、基础设施共同纳入阻力模型,将文化保护与生态连通相结合,强

调了节点在文化遗产与生态维持中的双重功能,为传统村落集中连片保护提供理论依据。

本文局限性在于:1)当前研究阻力面的构建基于静态空间数据,对于时空演化过程中的生态网络演化与动态建构过程分析不足;2)研究使用的MCR与重力模型重点在于评估空间结构上的潜在连通性,尚未开展生态服务供给、需求与流动过程的量化分析;3)研究尺度聚焦于县域尺度,有待在省域、流域或跨地域研究区域对研究方法进行检验。

未来研究可从以下方面拓展:1)引入时序遥感数据等多源时空数据,构建动态多情景阻力模型,探索动态化、精细化的生态网络模拟方案与支持体系;2)引入生态系统服务评估模型(如InVEST),进一步揭示生态系统服务的供给、流动关系;3)开展跨尺度、跨区域的协同研究,结合社会网络分析识别生态网络的关键结构特征与驱动机制。

参考文献:

- [1] 吴邦鑫,刘萍萍,李井楠.传统村落集中连片保护利用的内涵及实践探索:以福建省龙岩市连城县和永定区为例[J].城乡规划,2024(2):21-27,36.
- [2] 曾灿,刘沛林,龚文静,等.基于景观破碎化特征的传统村落保护利用模式研究[J].地理研究,2025,44(3):770-784.
- [3] 史东霞,王金平.精明收缩视角下传统村落集中连片规划方法探索:以山西省阳泉市平定县为例[J].小城镇建设,2022,40(12):70-76.
- [4] 李和平,杨惠乔,肖文斌.关联性视角下传统村落集中连片保护利用研究[J].城市规划,2025,49(7):111-122.
- [5] 王瑶,浦欣成,王竹,等.“流域-社会”视角下山地传统村落集中连片的保护利用策略研究:以湖北恩施自治州为例[J].华中建筑,2025,43(6):104-108.
- [6] 张菁,林冰姚,陈秋渝,等.渝东南传统村落景观集群集中连片保护体系研究[J].南方建筑,2023(10):98-107.
- [7] 张文君,张润萌,张大玉.集群视角下的传统村落保护发展模式研究:以河北井陉为例[J].华中建筑,2023,41(1):142-147.
- [8] 卢佳辰,刘爱利.传统村落非物质文化遗产发展的共生模式研究:以江西省寒信村为例[J].资源科学,2023,45(7):1396-1409.
- [9] 常光宇,胡燕.探索传统村落集群式保护发展[J].城市发展研究,2020,27(12):7-11.
- [10] 高晨舸,汪芳.晋西黄河沿岸传统村落空间结构特征的句法解析[J].风景园林,2025,32(5):116-124.
- [11] 陈伟煊,储金龙,陈继腾.传统村落类型划分及活化引导策略研究:以黄山市92个国家级传统村落为例[J].小城镇建设,2018(9):10.
- [12] 薛乾明,黄跃昊.传统村落集中连片保护利用格局构建方法:以甘肃省两当县为例[J].规划师,2024,40(8):66-74.
- [13] 黄嘉颖,王念念.传统村落集中连片区保护体系构建方法:以青海省黄南藏族自治州传统村落集中连片保护利用示范区为例[J].规划师,2023,39(7):123-130.
- [14] 焦雯珺,李宇薇.社会-生态系统框架研究综述:发展动态、研究方法与应用领域[J].生态学报,2024,44(20):8968-8983.
- [15] 李和平,王卓.基于GIS空间分析的抗战遗产廊道体系探究[J].城市发展研究,2017,24(7):86-93.
- [16] 张泉,葛敬松.文化生态视角下徽州遗产廊道网络构建研究[J].工业建筑,2024,54(4):20-29.
- [17] 林一诚,周怡宁,郑景明.基于MCR模型的围场县小滦河流域生态安全格局识别[J].北京林业大学学报,2024,46(5):26-36.
- [18] 刘秀萍,李新宇,李延明,等.快速城市化地区生态网络构建与优化:以北京市大兴区为例[J].生态学报,2023,43(20):8321-8331.
- [19] Wei H, Zhu H, Chen J, et al. Construction and optimization of ecological security pattern in the Loess Plateau of China based on the minimum cumulative resistance (MCR) model[J]. Remote Sensing, 2022, 14(22):5906.
- [20] 韦宝婧,苏杰,胡希军,等.基于“HY-LM”的生态廊道与生态节点综合识别研究[J].生态学报,2022,42(7):2995-3009.
- [21] 周志方,杨卓璇,刘金豪.旅游地邻近与企业环境责任履行:基于中国旅游景区的研究[J].中国地质大学学报(社会科学版),2024,24(1):64-85.

(编辑:贾丽红)