

引用格式: 吴吉香, 闵婕, 翁才银. 典型山区乡村路网通达性时空演变及分区优化——以重庆市秀山土家族苗族自治县为例[J]. 山地学报, 2024, 42(5): 698-711.

WU Jixiang, MIN Jie, WEN Caiyin. Spatiotemporal evolution and zoning optimization of road network accessibility in typical mountainous villages: A case study of Xiushan Tujia and Miao Autonomous County in Chongqing, China [J]. Mountain Research, 2024, 42(5): 698-711.

典型山区乡村路网通达性时空演变及分区优化 ——以重庆市秀山土家族苗族自治县为例

吴吉香^a, 闵婕^{a,b,c*}, 翁才银^{a,b,c}

(重庆师范大学 a. 地理与旅游学院; b. GIS 应用研究重庆市高校重点实验室;

c. 三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室, 重庆 401331)

摘要: 乡村路网是山区重要基础设施。乡村路网的合理规划与建设对乡村可持续发展具有重要意义。前期研究多集中于单一时间段, 以乡镇为研究单元来探讨山区乡村路网通达性; 缺乏以行政村为研究单元, 居民点为节点对乡村路网多时段的研究, 难以揭示山区村级水平路网的时空变化规律。本文以位于武陵山区的秀山县为例, 基于 2000 年、2010 年和 2020 年 3 期乡村路网数据, 运用网络分析法、SOM 聚类和地理探测器方法分析乡村路网通达性时空特征, 划分通达性分区并提出分区优化策略。结果表明: (1) 秀山县乡村路网复杂性以及区域内连通性增强, 初步形成网状交通网络。(2) 2000—2020 年秀山县乡村路网通达性呈上升趋势, 行政村路网通达性得到改善, 典型山区乡村路网通达水平逐步提升。(3) 秀山县乡村路网通达性空间分异受自然和人文因素共同影响。坡度、高度、人口密度、自然灾害点、经济水平发展均呈正相关。优化后的秀山县通达性可分为低通达区、较低通达区、较高通达区、高通达区 4 种类型。(4) 未来典型山区可通过不同分区通达水平结合自然、社会条件因地制宜提出优化策略, 有效提升山区乡村路网通达性水平。本文对典型山区乡村路网通达性时空演变特征进行研究并分区优化, 可为其他山区乡村路网发展建设和乡村振兴规划提供科学依据。

关键词: 乡村路网; 通达性; 时空演变; 分区优化; 典型山区

中图分类号: F540.32

文献标志码: A

中国的山区覆盖了约三分之二的国土总面积^[1], 其发展受地形、生态环境等自然条件的限制, 社会经济条件有限, 导致其发展步伐相对滞后^[2]。山区经济的繁荣是支撑国家经济社会可持续发展的重要基础^[3], 而道路作为山区连接外界的主要通道, 承载着推动城乡经济发展的功能^[4], 其连通性决定了城乡要素流动效率, 是乡村振兴发展的关

键^[5-6]。近年来, 中国山区交通路网建设取得了长足的进步, 区域通达性水平得到了显著提高^[7], 但建设成本高和工程技术挑战大的问题依然存在。探究山区乡村路网通达性的演变规律与区域优化策略, 对科学规划乡村路网布局, 推进乡村振兴战略的深入实施具有重要的实践意义。

关于乡村路网通达性的研究, 前期多关注区域

收稿日期 (Received date): 2024-01-30; **改回日期** (Accepted date): 2024-10-17

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (42071277); 重庆市教委科学技术研究项目 (KJQN201800519)。[National Natural Science Foundation of China (42071277); Science and Technology Project Affiliated to the Education Department of Chongqing Municipality (KJQN201800519)]

作者简介 (Biography): 吴吉香 (1999 -), 女, 贵州镇远人, 硕士研究生, 主要研究方向: 地理信息系统应用与乡村地理。[WU Jixiang (1999 -), female, born in Zhenyuan, Guizhou Province, M. Sc. candidate, research on geographic information system applications and rural geography] E-mail: 2022110514088@stu.cqnu.edu.cn

*** 通讯作者** (Corresponding author): 闵婕 (1978 -), 女, 博士, 教授, 主要研究方向: 土地利用与地理信息系统应用。[MIN Jie (1978 -), female, Ph. D., professor, research on land use and application of geographic information system] E-mail: tmtminjie@cqnu.edu.cn

间连通性水平的差异^[8-10],以及通达性差异对区域经济发展、人口分布和社会公平的影响^[11-14]。在研究尺度上,多以乡镇为研究对象、行政村为节点来评估其通达性水平^[15-17],并探究通达性与其他要素间的相互作用^[18-19]。然而,上述研究大多聚焦于单一行政区或连片山区,且采用单一时段的数据进行通达性评价,但对经济落后且地形极为复杂的典型山区,这些评估模型忽略了这些地区独有的地形复杂性、居民点的高度分散性以及村内居民点道路蜿蜒曲折等关键要素,从而难以全面准确地反映乡村路网的通达现状,更缺乏对通达性时空演变特征的深入探讨。

重庆市秀山土家族苗族自治县(简称秀山县)位于湖南、贵州、重庆三省交界处,地处武陵山区腹地,是典型的贫困山区。秀山县是成渝双城经济圈连接珠三角和长三角经济圈的重要通道,在中国山区经济发展与区域联系格局中占有重要的战略地位^[20],探究其山区乡村路网通达性水平发展具有重要现实意义。

本文以重庆市秀山县为例,基于2000年、2010年和2020年秀山县乡村路网数据,将行政村作为研究的基本单元,居民点作为研究的关键节点,构建山区乡村路网通达性评价模型,旨在精确评价其乡村路网通达性空间演化特征;结合SOM聚类模型和地理探测器,对路网进行分区优化研究。本研究有助于揭示典型山区乡村路网空间格局差异以及演化趋势,可为山区乡村路网的规划与建设提供参考,对促进乡村振兴战略的实施以及城乡融合发展具有重要的现实意义。

1 研究概况与数据来源

1.1 研究区域概况

秀山县(28°9′43″N~28°53′5″N, 108°43′6″E~109°18′58″E)地处重庆东南部、武陵山区腹地,与湖南、贵州相邻(图1)。辖区面积2462 km²。2020年底,全县下辖5个街道、18个镇、4个乡,共268个村,截至2020年底总人口达67.21万人。县内地貌类型以平坝、丘陵、低山、中山相互交错为主,地势中间低、四周高,地表起伏大。县域海拔500~800 m,山地丘陵占辖区面积的69.05%。县内公路通车里程从2000年的1608 km增长至2010年

的2156 km,2020年底达4715 km,近20年增长3107 km。截至2020年底,境内有渝怀铁路、S63高速贯穿南北方向;G65高速、国道319线、326线横穿东西方向。

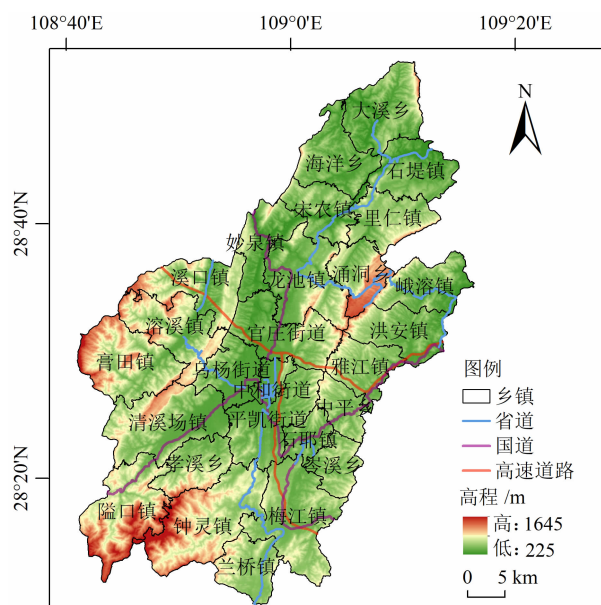


图1 研究区示意图

Fig. 1 Diagram of the study area

1.2 数据来源

本研究数据主要来源于以下5个方面:(1)行政区划数据和土地利用数据来源于秀山县第二次和第三次全国国土调查数据库,以土地利用分类属性为对象提取秀山县2010年和2020年的居民点;2000年居民点利用2000年30 m土地利用数据以第二次、第三次土地利用数据作为参照,在2000年谷歌遥感图像数据基础上进行居民斑块的补充矢量化;(2)秀山县行政村、交通站点等POI数据利用Python语言从百度地图开放平台(<https://lbsyun.baidu.com>)获取,再对获取到的数据进行清洗、筛选获得相应位置;(3)秀山县乡村路网数据是将来自谷歌地图(<https://earth.google.com/>)2000年、2010年、2020年遥感影像与OpenStreetMap(<https://www.openstreetmap.org/>)官网路网数据、秀山县交通规划图进行筛选、识别叠加,运用ArcGIS 10.4平台矢量化得出;(4)道路30 m间隔平均坡度及行政村平均高程利用地理空间数据云GDEM V2 30 m分辨率数字高程数据提取得出;(5)人口及经济数据通过2020年秀山县各村的农经报表整理得出。

2 研究方法

2.1 乡村路网通达性评价指标体系构建及赋权

2.1.1 评价指标体系构建

乡村路网通达性水平演变是多维度评价过程,也是乡村发展研究的重要内容。在中国脱贫攻坚和乡村振兴背景下,乡村路网通达性得到极大改善。秀山县位于武陵山区连片特困区腹地,受复杂地形影响,乡村路网发展不完善,县域内村域之间通达性发展水平差异较大。为了更加全面、准确地反映山区乡村路网通达性演变规律并考虑县域内外路网连通水平需求,本文将乡村路网通达性分为道路临近性、等效道路密度、内部通达性、外部通达性 4 个分项评价,基于山区的实际情况和相关研究^[9,21],遴选 9 项指标(表 1)构建山区乡村路网通达性评价体系,对秀山县乡村路网通达性水平演变进行测度。

(1)在山区,道路临近性是评估乡村路网通达

性的重要指标之一,它对居民生产生活的便利性和出行效率有着直接影响。测算各村域内居民点到最近道路的直线距离的平均值来反映道路临近性水平。道路临近值越大,表明其距离道路越远,临近性水平越差;反之,道路临近值越小,距离道路越近,临近性水平越好。(2)等效道路密度为各村道路的总等效长度(表 2)与行政村面积之比,用以反映区域内路网密度以及各级道路建设程度^[9,22]。等效道路密度值越大,意味着区域内道路建设越完善,对农业发展以及连接市场越有利。(3)内部通达性用以表征各村域内居民之间交流的便利性,通过分析村内节点间的连接状况来加以评估。这部分主要通过计算村域内居民点至居民点、居民点到行政村质心的最短行车时间平均值进行评价,可以客观反映村域内道路建设情况。(4)外部通达性决定行政村对外流通、集散水平以及各村与外部的衔接水平^[23]。考虑到山区地形的复杂性以及区位的特殊性^[24],以行政村至镇政府、县政府,至最近干道,至最近交通站点以及至重庆主城以及周边临近重要城市最短行车

表 1 秀山县乡村通达性评价指标及计算方法

Tab. 1 Evaluation indicators and calculation methods for rural accessibility in Xiushan County

分项评价	计算方法	计算公式	指标正负	权重
道路临近性	村域内各居民点至最近道路距离的平均值	$D_1 = \sum d_i / n$, D_1 为道路临近平均值, d_i 为居民点到最近道路直线距离, n 为居民点个数。	-	0.139
等效道路密度	各行政村等效道路长度与其面积之比	$D_2 = d / s$, D_2 为等效道路密度值, d 为等效道路长度总和, s 为行政村面积。	+	0.114
内部通达性	村域内居民点之间平均最短行车时间	$T_1 = \sum t_1 / n$, t_1 为居民点之间的最短行车时间, n 为村域内居民点个数。	-	0.111
	村域内居民点至行政村质心平均最短行车时间	$T_2 = \sum t_2 / n$, t_2 为居民点至行政村的最短行车时间, n 为村域内居民点个数。	-	0.111
	镇域内行政村之间平均最短行车时间	$T_3 = \sum t_3 / n - 1$, t_3 为居民点至行政村的最短行车时间, n 为镇域内行政村个数。	-	0.082
外部通达性	行政村至镇政府、县政府最短行车时间	$T_4 = (t_4 + t_5) / 2$, t_4 、 t_5 分别为行政村至镇政府、县政府最短行车时间。	-	0.096
	行政村至最近干道最短行车时间	$T_5 = t_6$, t_6 为行政村至最近干道最短行车时间。	-	0.162
	行政村至最近火车站、高速路出入口、机场平均最短行车时间	$T_6 = (t_7 + t_8 + t_9) / 2$, t_7 、 t_8 、 t_9 分别为行政村至最近火车站、高速路出入口及机场最短行车时间。	-	0.092
	行政村至重庆主城区及临近省份重要城市平均最短行车时间	$T_7 = \sum t_{ij} / n$, t_{ij} 为行政村至各城市最短行车时间, n 为到达城市个数。	-	0.093

注: - 为负向指标,指标值越大,其负向影响越大; + 为正向指标,指标值越大,其正向影响越大。

表2 道路等级的等效道路长度换算

Tab. 2 Equivalent road length conversion of road grades

道路等级	实际长度/km	等效道路长度/km
国道	1	1
省道	1	0.750
县道	1	0.625
乡村道路	1	0.500

时间平均值来表征外部通达性,均为负向指标,值越小,外部通达性水平越高。

2.1.2 评价指标权重确定

由于乡村路网通达性指标数量多、维度广,考虑到指标原始数据间的性质差异和单位数量的影响,采用极差标准化进行数据标准化处理。同时,为做到主客观权重统一,本文采用熵值法和层次分析2种方法共同确定指标权重^[25]。

(1) 指标标准化

正向指标化:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (1)$$

负向指标化:

$$Y_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (2)$$

式中, Y_{ij} 为第 j 个对象的第 i 项指标标准化值; X_{ij} 为第 j 个对象第 i 项指标初始值。

(2) 指标权重确定

$$W_j = \sigma I_j + (1 - \sigma) Q_j \quad (3)$$

式中, W_j 为最终权重; j 为第 j 项指标权重; σ 为偏好系数,等于0.5; Q_j 和 I_j 分别为层次分析法和熵值法所得的第 j 项指标权重。

2.2 研究方法

2.2.1 网络分析法

网络分析法是基于构建道路的拓扑结构,通过网络分析算法测度节点间的最短旅行时间。具体步骤为:(1)根据《公路工程技术标准(JTG B01-2014)》规定的公路设计速度并参考已有研究^[26-27],结合研究区内山区地形特征,将该区域不同年份的等级道路赋予相应速度值(表3),以测度时间距离;(2)在ArcGIS10.4版本软件中创建网络数据集,建立网络分析;(3)添加网络分析对象以及起始点和终点,设置网络分析属性,以每30 m道路长度的平均坡度添加坡度成本因子 q ($q = \text{长度} \times \text{坡}$

表3 秀山县不同等级道路行车速度

Tab. 3 Driving speed of different grades of roads in Xiushan County

年份	行车速度/(km · h ⁻¹)				
	高速公路	国道	省道	县道	乡村道路
2000	90	60	45	20	15
2010	100	70	50	30	20
2020	100	80	60	40	20

度 $\times 0.01/\text{速度}$);(4)求解,计算通达时间。

2.2.2 乡村路网通达性水平综合评价方法

综合评价结果为分项评价集成的结果,运用熵值法和层次分析法对通达性指标进行权重确定,再以得到的结果进行集成,用以评价秀山县乡村路网通达性水平。其公式如下:

$$ALI = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

式中, ALI 为乡村路网通达性水平指数; w_{ij} 和 x_{ij} 分别为各指标的权重和标准化值; n 为各指标数量。

2.2.3 SOM 聚类分区

基于乡村路网综合通达性评价结果,采用SOM聚类方法对通达性分区。SOM在1982年由芬兰学者Kohonen提出,是一种聚类和无监督学习算法^[28]。该算法将输入的高维间数据经过非线性映射,转换到低维平面阵列(常用六边形网格表示)。其中,Kohonen六边形网格的个数由公式 $N = 5M$ (M 为样本个数)确定。本文选用无分层的K-means对通达性分区,用R语言中Kohonen包计算,迭代次数3000次,以获得稳定的分区结果。

2.2.4 地理探测器

地理探测器是揭示地理事物空间分异及驱动力的常用方法,本文选取该方法探究秀山县乡村路网通达性空间分布格局影响因子探测,其公式如下:

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^m n_i \sigma_i^2 \quad (5)$$

式中, q 为解释力($0 < q < 1$), q 越大表示数据的空间分异性越明显; n 和 σ^2 分别为样本总量和总方差; n_i 和 σ_i^2 分别为 i 的层样本量和方差。

2.3 乡村路网通达性评价及优化

通过对基础数据的处理,计算出各分项指标的值,再确定各指标的权重,计算出乡村路网综合评价指数值,利用ArcGIS10.4平台对数据进行空间处理,利用自然断点法,得到乡村路网通达性综合评价

结果。基于该结果,利用 SOM 聚类分析方法对乡村路网通达性进行分区,再结合地理探测器方法对各分区提出优化建议,具体流程如图 2 所示。

3 结果与分析

3.1 分项评价结果

采用自然断点法对 2000 年、2010 年、2020 年各

项结果进行分级,等级越高对应的分项评价结果越好。具体村域数量与增长率见表 4。

3.1.1 道路临近性时空特征

乡村路网道路临近性显著改善,交通便捷度有所提高。由图 3a ~ 3c 的结果显示:2000—2020 年道路临近性大幅度提升,道路临近性水平为四级与五级的行政村增长率为 70.15%,山区交通条件得到极大改善。2000—2010 年,道路临近性变化不明

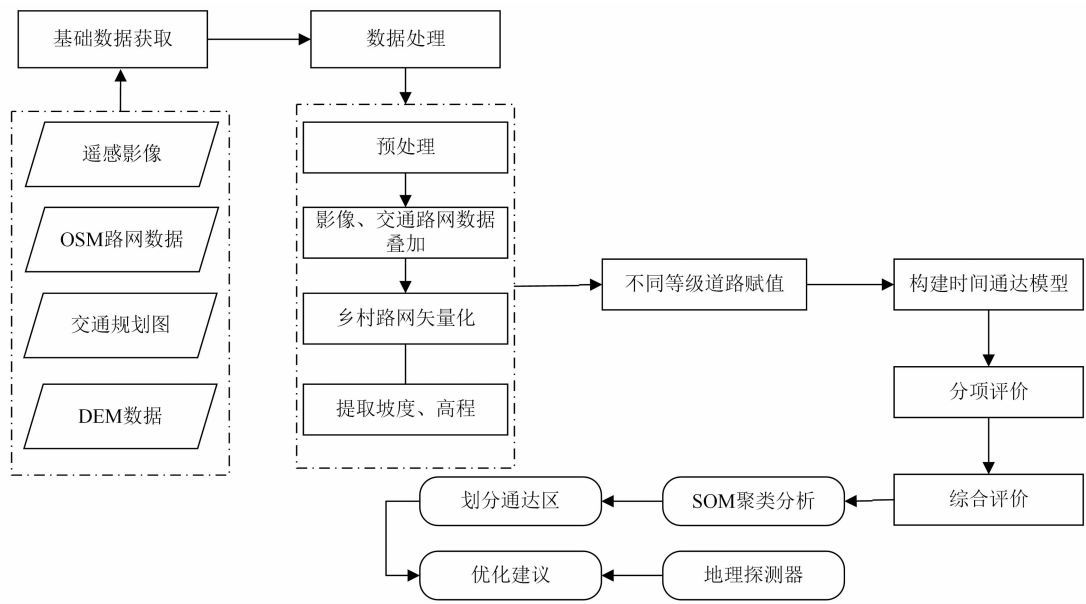


图 2 乡村路网通达性评价及优化流程

Fig. 2 Rural road network accessibility evaluation and optimization process

表 4 分项评价各等级行政村数量及增长率

Tab. 4 Subitem evaluation of the number and growth rate of the administrative villages at each level

分项	年份	一级		二级		三级		四级		五级	
		等级	增长率/%	等级	增长率%	等级	增长率%	等级	增长率%	等级	增长率%
道路临近性	2000 年	96	0	137	0	35	0	0	0	0	0
	2010 年	51	-16.79	126	-4.19	85	18.66	6	2.24	0	0
	2020 年	3	-17.91	19	39.93	58	-10.08	88	32.84	100	37.31
等效道路密度	2000 年	191	0	52	0	15	0	7	0	3	0
	2010 年	161	11.2	69	6.35	24	3.36	11	1.49	3	0
	2020 年	75	-32.08	112	16.04	34	3.37	27	5.97	20	6.34
内部通达性	2000 年	54	0	99	0	77	0	27	0	11	0
	2010 年	38	-5.97	44	-20.52	55	-8.21	77	18.66	54	16.05
	2020 年	4	-12.69	21	-8.58	36	-7.09	65	-4.48	142	32.84
外部通达性	2000 年	268	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2010 年	29	-89.18	62	23.13	81	30.22	70	26.20	26	9.70
	2020 年	4	-9.33	11	-19.03	39	-15.67	90	7.46	124	36.57

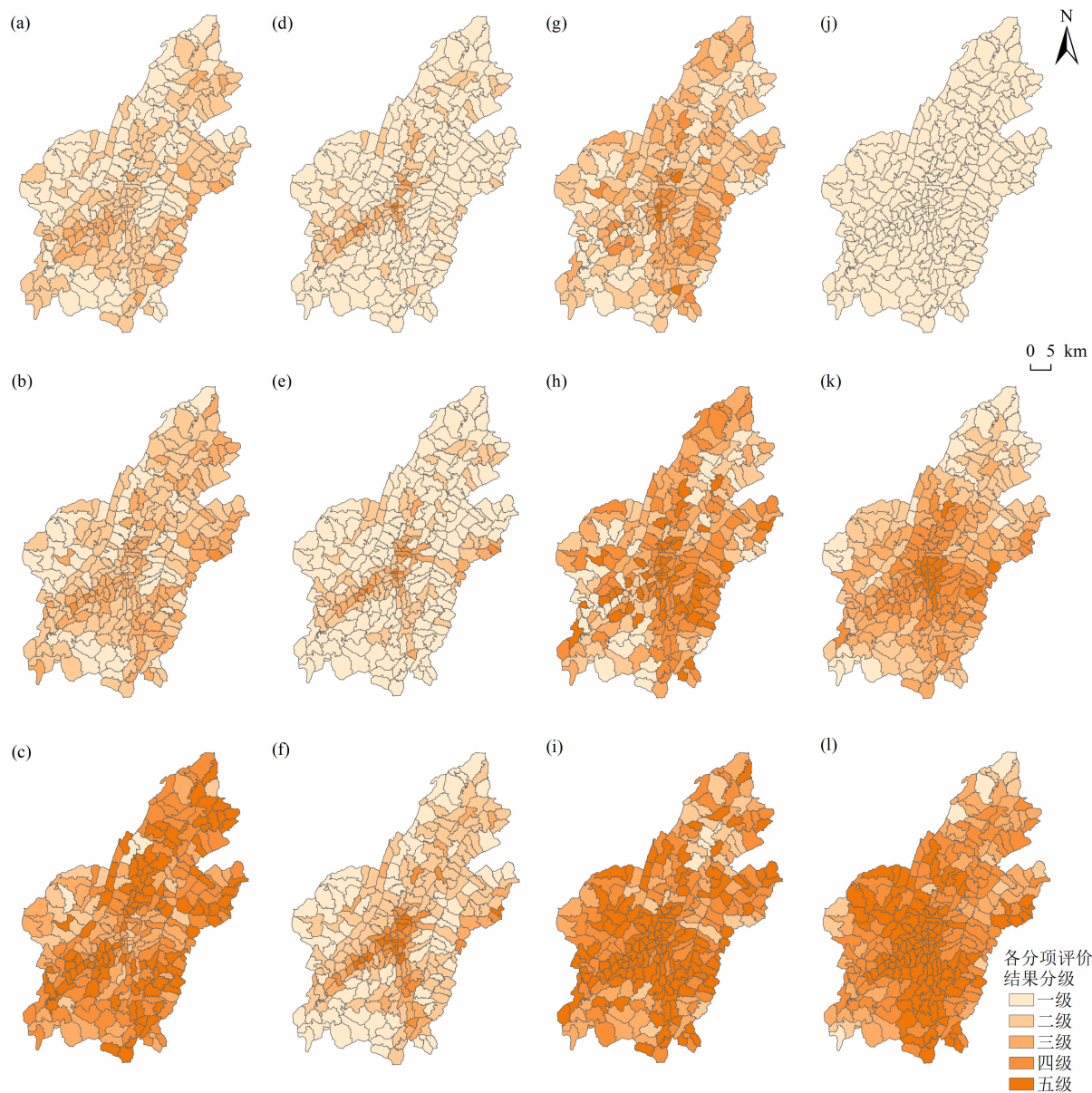


图3 各分项评价结果示意图:(a)2000年道路临近性;(b)2010年道路临近性;(c)2020年道路临近性;
(d)2000年等效道路密度;(e)2010年等效道路密度;(f)2020年等效道路密度;(g)2000年内部通达性;
(h)2010年内部通达性;(i)2020年内部通达性;(j)2000年外部通达性;(k)2010年外部通达性;(l)2020年外部通达性

Fig. 3 Schematic diagram of the results of each sub-evaluation; (a) road proximity in 2000; (b) road proximity in 2010;
(c) road proximity in 2020; (d) equivalent road density in 2000; (e) equivalent road density in 2010;

(f) equivalent road density in 2020; (g) internal accessibility in 2000; (h) internal accessibility in 2010;

(i) internal accessibility in 2020; (j) external accessibility in 2000; (k) external accessibility in 2010; (l) external accessibility in 2020

显,除中心城区周围地区道路临近水平略有提高,其余边缘地区临近性处于较差水平。2000年农村经济发展缓慢,政府对乡村公路建设投资有限,加上山区地形复杂,受自然条件以及经济水平的双重限制,乡村道路建设受阻,致使较多居民点离通行道路较远。2010年道路临近性有小幅提升但仍呈现落

后的状态,政府投入有限,村民自筹资金建设道路存在难度,道路状况未得到改善。至2020年,道路临近性整体改善,97.01%的行政村道路临近性处于较好水平;边缘地区临近性仍处于较差水平,主要因其海拔高、地势崎岖不平致使建设难度大、临近性较差。山区乡村道路的提升得益于脱贫攻坚和乡村振

兴的实施,政府大力建设乡村道路,交通网络不断完善,形成完整的路网体系,通达水平显著提高,提升了出行的便捷度。

3.1.2 等效道路密度时空特征

等效道路密度由外围向中心呈上升趋势,整体提升不明显;2000—2020年在空间上较为一致(图3d~3f),呈现以中间为核心、向外逐渐降低的分布格局。2000年秀山县整体上等效道路密度偏低,国道、省道修建不完善,乡村道路建设较为破碎,整体上处于低值状态。2010年较2000年有所增长,一级行政村占比减少11.20%,等效道路密度好的区域四级和五级行政村占比仅增加1.49%,凸显出这十年乡村路网建设进程缓慢。在山区,地形复杂、地质条件多变以及施工成本较高等因素,道路建设与维护面临着更为艰巨的挑战,这些因素共同导致了山区道路网络扩展和升级的步伐远远落后于平原地区,进而降低了当地居民的出行效率和生产生活便捷性。2020年,国道省道扩建,乡村道路基本实现网状分布,等效道路密度整体提升,一级、二级村域占比较2010年下降16.04%,等效道路密度好的区域四级与五级的行政村增长率为12.03%。等效道路密度较好区域分布于中和街道以及周围,形成了与国道走向相一致的“人”字形分布。这些区域地形平坦,多条主干道交会,等级道路分布密集。山区交通路网发展,通常先考虑建设发展地势平坦、经济较好、人口密集的区域。此区域建设难度小,道路网络建成有利于经济发展和人口,却忽略了地势高及偏远地区的乡村道路建设发展,导致这些区域道路发展滞后,通达性水平长期处于欠发达状态。

3.1.3 内部通达性时空特征

2000—2020年山区乡村路网内部通达性呈增长趋势且空间格局有所改变。具体来看,内部通达性四级和五级的行政村占比由2000年14.17%增长至2020年77.61%,增长率超过50%,反映出乡村路网内部通达性水平极大改善。从空间格局来看(图3g~3i),2000年的内部通达性呈现出中部和东部高、四周逐渐降低的空间分布格局;到2020年,形成整体高、北部低的空间分布格局,表明秀山县在过去20年里,逐步完善了乡村内部道路网络,极大地提升了村域间的通达水平。2000年和2010年秀山县内部通达性较差的区域大致分布一致,均分布在秀山县西南部和北部的一些乡镇。这些乡镇位于县

域内海拔较高区域,居民多分布于山间且较为零散,乡村多以泥巴路及自建道路为主,难以通行车辆,不利于居民出行,增加了居民之间的通达时间。至2020年,山区内部通达性有了显著提升,整体上通达性水平良好,除位于北部宋农镇的大土村、龙凤社区以及龙池镇的洞坪村处于内部通达性较差水平外,其余地区内部通达性处于较好水平。乡村内部通达性的提升得益于道路“组组通、户户通”政策的实施,该政策推动了农村道路修建工作的落实和完善,缩短了居民之间的出行时间。

3.1.4 外部通达性时空特征

由图3j~3l可知,乡村路网对外连接水平提高且空间分布发生改变;外部通达性由2000年全域低转变为2020年整体高的分布格局,反映了秀山县在过去20年对外连接能力增强。具体来看,2000年秀山县外部通达性均处于低值状态,主要受限于当时的发展水平,铁路和高速公路尚未修建,与外界联系极为困难。同时,国道、省道修建较为普通,质量与路面宽度均不理想,限制了行车速度和对外交通的便利性。到2010年,对外通达性水平提高,得益于渝怀铁路和包茂高速的建成通车,这些重大基础项目建设极大提升了秀山县对外交通水平。2020年,秀山县经过改造升级国道、省道提升道路质量,扩建的S63高速正式通车后,建成了成渝经济圈与黔东北的快速通道,对推动武陵山片区三省市交界经济融合发展具有重要作用。然而,外部通达性水平较差的区域仍然存在,主要位于北部大溪乡的下大溪村、河西村,海洋乡的岩院村以及隘口镇的富裕村。这些地区海拔高、地形起伏大,石漠化严重,道路建设难度高。此外,域内居民点分散,乡村道路距离主要干线较远,与高等级道路连接水平较差,对外连接水平差。

3.2 秀山县路网通达性综合评价结果

综合评价结果显示(图4a~4c),山区乡村路网通达性水平明显提高。秀山县通达性由2000年的中部和东南部地区高、北部、西部、西南部低演变为2020年的整体高、边缘低的分布格局。具体来看,2000年、2010年通达性水平空间分布较为一致,均为中部和东部通达性水平较高,在北部、西部和西北部边缘形成低通达性连片区;到2020年通达性水平整体提高,空间分布差异不明显。除大溪乡、膏田镇、隘口镇处于低通达性水平,其余行政村形成由中

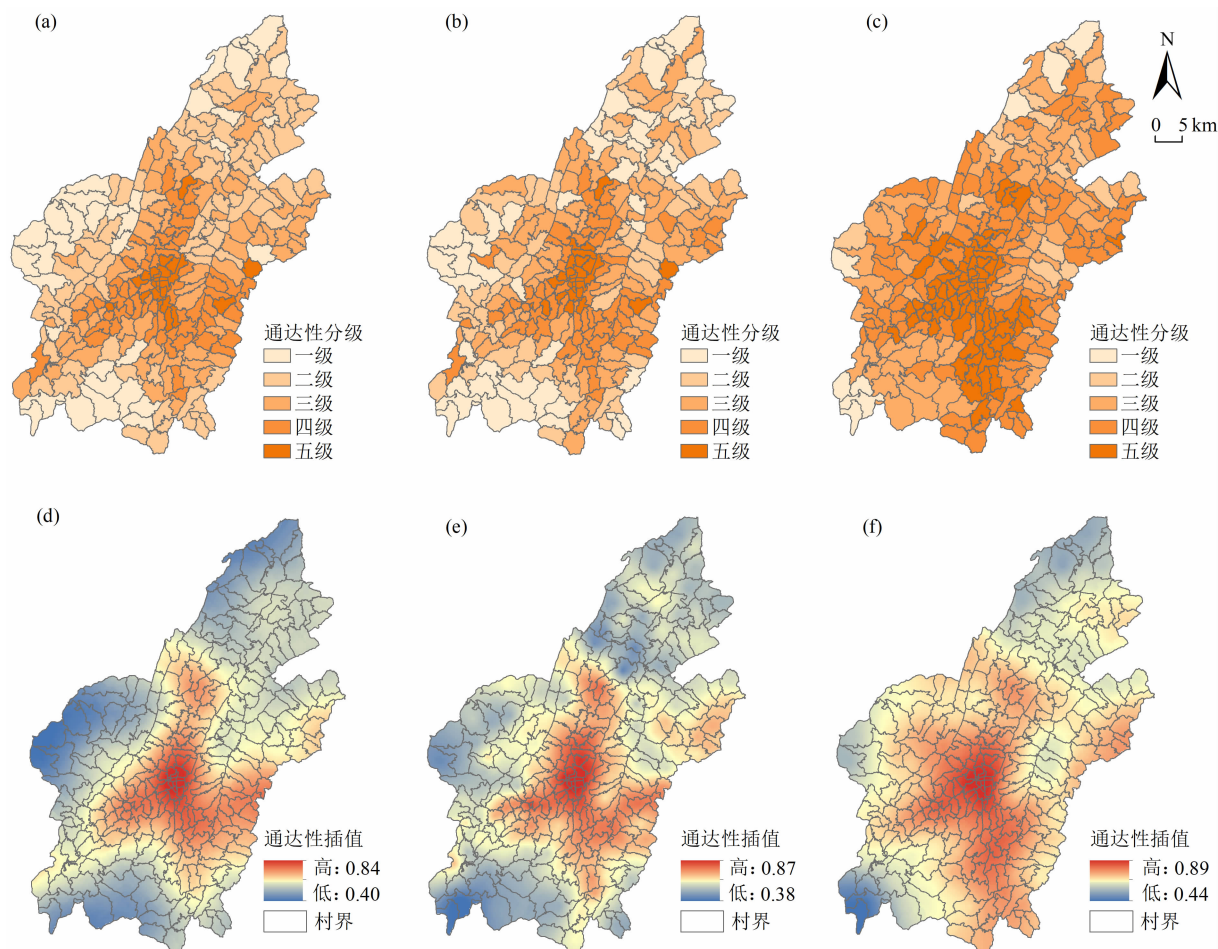


图4 乡村路网通达性综合评价及冷热点及空间插值结果:

(a)2000 年综合评价结果;(b)2010 年综合评价结果;(c)2020 年综合评价结果;

(d)2000 年克里金插值;(e)2010 年克里金插值;(f)2020 年克里金插值

Fig. 4 Comprehensive evaluation of rural road network accessibility and results of cold and hot spots and spatial interpolation:

(a) comprehensive evaluation results in 2000; (b) comprehensive evaluation results in 2010; (c) comprehensive evaluation results in 2020;

(d) Kriging interpolation in 2000; (e) Kriging interpolation in 2010; (f) Kriging interpolation in 2020

部为核心的连片高值区。同时,各行政村间通达性水平相差较大,2000 年、2010 年、2020 年最低值分别为 0.41、0.35、0.40,均位于低通达性连片区域内;最高值 2000 年、2010 年位于东风社区,2020 年位于解放社区,其综合值都超过 0.90。秀山县近 20 年通达性空间演变格局显示出最高值始终在中和街道,并以此为中心向周围辐射。此片区域是秀山县的政治经济文化中心,地势平坦,G65、S63 高速、G242、G326 国道以及多条县道汇聚在此,同时分布着多个重要交通站点,交通布局较为完善,从而带动周围乡村道路发展。近 20 年低值区分布随着乡村路网建设发展,范围逐渐缩小,到 2020 年低通达性位于西南边陲的隘口镇内。该地区受石漠化影响严

重,距离主干道较远,地势复杂且海拔高,不利于道路建设。此外,居民点分散也增加了通达时间,导致区域内通达性水平较低。

为了更直观地识别秀山县村域通达性空间分异特征,对路网通达性综合评价结果进行普通克里金插值。结果显示(图 4d~4f),2000 年、2010 年高低通达地区分布较为一致,高值核心区以中间为核心向东部地区扩散;低值区分布在秀山县边缘,形成连片低值核心区。同时,由 2000 年、2010 年 3 个低值核心区、1 个高值核心区发展为 2020 年 1 个低值核心区 and 1 个高值核心区。2000 年、2010 年以龙池镇、官庄街道、乌阳街道、中和街道、平凯街道形成高值核心区;低值核心区主要集中在大溪乡、海洋乡、

宋农镇、膏田镇、隘口镇和兰桥镇边缘外围区,这些核心区域越向内聚拢,区域通达水平越好。2020 年高值核心区向南扩散,石耶镇、梅江镇、洪安镇等加入高值核心区范围。从地形上看,高值核心区位于城中心以及周围,围绕高等级道路分布;低值核心区均分布在海拔较高的低中山地区,特别是位于西部地区的膏田镇和西南部的隘口镇,镇内地形起伏大、地势崎岖复杂、高等级道路较少、连通性较差,故形成低值核心区域。从乡村路网通达性的演变规律来看,高等级道路的建设是提升区域连通性和带动周边乡村道路发展的关键因素;近 20 年山区乡村道路的完善,不仅加速了山区交通潜力的发挥,还促进了山区全面发展。

4 秀山县路网通达性分区及优化建议

根据 SOM 聚类方法,将代码写入 R 语言运行,根据 2000—2020 年通达性综合评价结果将秀山县通达性水平分为低通达区、较低通达区、较高通达区和高通达区 4 个分区,并统计各个分区行政村数量,如图 5、图 6 所示。同时,结合地理探测器探测其相关影响因素对乡村路网通达性的影响程度提出适宜性建议。地理探测器分析山区乡村路网通达性空间分布的影响结果如表 5 所示。由结果看出,秀山县乡村路网通达性空间分布格局的形成是该区域自然和人文因素综合作用的结果,各影响因子均呈显著。具体来看,各影响因子对山区乡村路网通达性空间分布影响解释力从大到小依次为 X_2 、 X_5 、 X_1 、 X_3 、 X_4 。这表明,由海拔、坡度、地质灾害点组成的自然条件是影响乡村路网通达性空间分布的关键因素;人口

密度与经济水平发展社会影响因素同样对山区路网通达性水平空间分布产生了重要影响。

4.1 低通达区

2000 年、2010 年低通达区连片分布在秀山县北部、西部和西南部,2020 年则分布在秀山县边缘地区。2000 年、2010 年低通达区分布在全县高程、坡度较大的区域,且西南部的隘口镇、西部膏田镇、北部海洋乡、大溪乡以及东边地区处于生态脆弱区,石漠化严重,自然灾害点较多,使得该区通达性水平低。到 2020 年,低通达区行政村数量大幅度减少,只有少部分行政村处于低通达区。目前,盲目建设乡村道路可能会导致资源过度消耗和土地破坏,应根据当地人口分布、经济水平、产业发展等方面的需求以及结合自然条件对区域道路进行规划和完善,缩短边缘地区到主干道的通达时间。对于区域内居民点较为集中的区域,应优化等级道路,进行有序延伸规划,增强乡村路网与干线路网之间的衔接建设,强化片区对外交流。同时,对居民点分散的地区,以村庄规划为依据,适应现阶段村庄发展需求,在已经满足农村居民出行的情况下,对公路进行维护,并且对居住在地形条件恶劣地区的居民进行移民搬迁。

4.2 较低通达区

较低通达区由 2000 年的 71 个行政村增加到 2020 年的 88 个行政村,2000 年、2010 年低通达区部分行政村在 2020 年转变为较低通达区。2020 年较低通达区主要分布在膏田镇、溪口镇、龙池镇、洪安镇等 23 个乡镇 88 个行政村,紧邻低通达性区域往中间靠拢分布,占比 32.84%,是研究区内最大的一个分区。该分区海拔较高、路网坡度大、居民点分

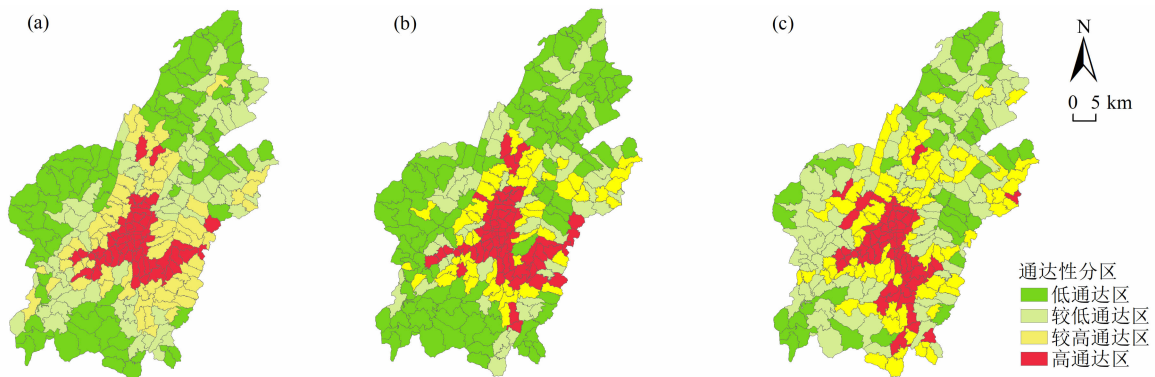


图 5 路网通达性空间分区:(a)2000 年;(b)2010 年;(c)2020 年

Fig. 5 Spatial zoning of the road network accessibility: (a) 2000; (b) 2010; (c) 2020

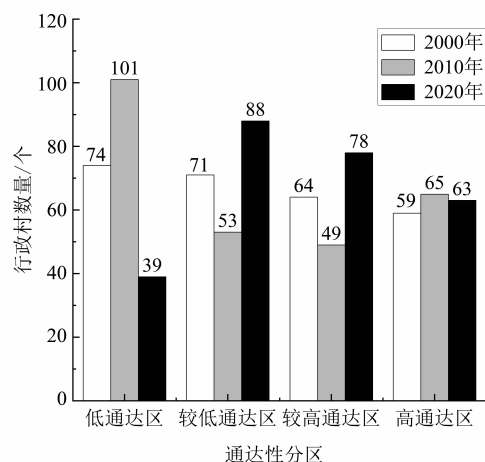


图6 通达性分区村域数量统计

Fig. 6 Statistics on the number of accessible sub-districts

表5 不同要素单影响因子的解释力 q 值Tab 5 Explanatory power q value of the single influencing factor of different elements

影响因子	解释力(q)	p 值
平均高程 X_1	0.23	0
平均坡度 X_2	0.50	0
人口密度 X_3	0.13	0
地质灾害点 X_4	0.13	0
经济发展水平 X_5	0.24	0

散且多位于山腰之上,道路多沿地形而建,崎岖陡峭,延长了居民出行时间。对于该区而言,应在满足人口出行的条件下,加强乡村道路与主干道的联系,进一步完善乡村道路的建设,优化布局结构,使该区域的行政村通达性提升,缩短出行时间。该区域主要以农业发展为主,应当深入发掘地方农产品特色以及根据产业布局,完善村域、镇域的道路建设,实现小范围内交通出行便捷化。同时,通过政府合理指导,根据发展需要推动村庄转型升级,优化村镇之间的交通条件。

4.3 较高通达区

较高通达区在2000—2020年均分布在中部地区周围,2020年扩大了辐射范围,占比由2000年的23.8%上升至2020年的30.47%。较高通达性分布在官庄街道、龙池镇、乌杨街道等20个乡镇,主要以中部为核心向北部和南部分布。该区处于低海拔区域,坡度低、地质灾害点少、人口分布较为集中,居民基本沿路居住,距离主干道与交通站点较近。该

区未来交通规模有巨大潜力,应适当在区内增加交通站点数量,并加强主要道路铺设和交通基础设施建设;对规划路网进行合理改造及扩建以满足发展需求,同时可考虑采用多轴-组团模式来有效解决区域内交通运输问题。此外,应综合考虑洪安边城、川河盖风景区等重点旅游景点发展前景,合理规划该区域内道路及交通站点布局,加强区域内外联系,强化道路建设,以便更好地服务于旅游发展,提升整体区域的交通连通性。

4.4 高通达区

2000—2020年高通达区均以城区为中心,向周围辐射分布。高通达区由2000年、2010年的环中心呈半圆状演变为2020年向南呈直线分布。其主要原因是南下的S63高速在2016年通车、周边道路配套完善以及乡村道路修建,提升了该区的通达性水平。对该类地区的建议是应发挥路网通达性的核心辐射作用,作为交通汇集及枢纽地区,实施“中心-外围”的空间布局策略,强化对外交通建设和其他乡镇之间的联系,形成道路网状化,建立快速通道,进一步优化交通运输资源配置,增强中心区域道路服务能力。同时,发挥经济中心能力,吸引外来投资,发展特色优势产业,并支持产业多元化发展,带动周边地区的产业发展,推动周边经济增长。

5 结论与展望

(1)分项结果显示,2000—2020年秀山县道路临近性、内部通达性和外部通达性水平呈增长趋势,四级和五级的行政村增长率之和分别为70.15%、63.07%、90.46%;等效道路密度除一级增长率为负值,其余等级增长率之和达到43.28%。山区道路经过20年的发展,通达性水平逐步提升,居民出行更为便捷,县域内外的联系不断增强。

(2)综合评价结果显示,秀山县近20年通达性经历了显著的空间重构。由2000年的中间和东南部地区高、北部、西部、西南部地区低演变为2020年通达性水平分布均匀的整体高、边缘低的空间分布格局。从核心区的演变来看,低值核心区由2000年的3个减少至2020年的1个,覆盖范围大幅缩减,最终集中于隘口镇一带。高值核心区始终为1个,以县城为中心向周围扩散,所覆盖

范围逐渐增大。

(3)使用地理探测器探测秀山县乡村路网通达性的影响因子,得出乡村路网通达性水平发展受到自然和人文因素共同影响。其影响程度由大到小分别为坡度、地质灾害点、经济发展水平、高程、人口分布。此外秀山县通达性分区是一个由外向内逐渐增强的过程,呈现中心-外围结构。从结果反映出秀山县的通达性是以行政中心为核心,逐渐向外减弱,越向中心靠拢,通达性水平越好;远离中心,通达性水平越差,呈现不均衡发展现象。通达性差的地区位于自然条件恶劣和经济发展水平较差的区域,未来应按照实际情况对各区域进行评估,合理规划道路建设。

典型山区受地形起伏度大、海拔高等影响,道路建设成本增加,导致乡村道路发展滞后,进而制约了当地社会经济发展和资源要素的有效流动。由乡村路网通达性空间布局发展规律来看,乡村交通网络的发展优先围绕县级政治、经济和文化中心展开,而较偏远的农村地区长期被忽视,导致交通发展不均衡,形成了以中心区域为高点,向四周逐渐降低的空间分布。这种忽视边缘乡村道路建设的现象,无疑会加剧地区发展的不平衡和区域社会经济发展滞后。未来的规划应更加重视欠发达地区对道路的需求,并合理布局乡村交通网络。

乡村路网通达性水平演变是一个动态过程,政府政策、自然条件、经济发展水平以及人口分布等因素都会对其产生影响。本研究将乡村路网通达性研究特征与研究区实际情况相结合,提出优化建议可为各山区地区乡村路网建设提供依据,但仍需进一步考虑其指标的适用性和可迁移性;并进一步探究各影响因子在不同通达性分区中主要驱动因子的差异。未来对山区路网通达性的研究,将更多地方实际因素纳入乡村路网通达性评价体系当中,并考虑其通达性水平的提升所带来的各方面的效益,进一步提升优化策略的可实施性,为中国山区乡村路网规划、提升、优化布局提供思路,全面助力乡村振兴。

参考文献 (References)

- [1] 侯晓静, 喻忠磊, 李雨婷, 等. 中国山区县域人口收缩的空间格局及其形成机制[J]. 地理研究, 2024, **43**(5): 1205 – 1224. [HOU Xiaojing, YU Zhonglei, LI Yuting, et al. Spatial pattern

- and mechanism of depopulation in the mountainous counties in China [J]. *Geographical Research*, 2024, **43**(5): 1205 – 1224] DOI: 10.11821/dlyj020230303
- [2] 文安邦, 汤青, 欧阳朝军, 等. 中国山地保护与山区发展: 回顾与展望[J]. 中国科学院院刊, 2023, **38**(3): 376 – 384. [WEN Anbang, TANG Qing, OUYANG Chaojun, et al. Mountain protection and mountain development in China: Review and prospect [J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2023, **38**(3): 376 – 384] DOI: 10.16418/j.issn.1000 – 3045.20230121001
- [3] 于法稳, 于贤储. 加强我国山区可持续发展的战略研究[J]. 贵州社会科学, 2015, **308**(8): 144 – 149. [YU Fawen, YU Xianchu. Strengthen strategic research on the sustainable development of mountainous areas in China [J]. *Guizhou Social Sciences*, 2015, **308**(8): 144 – 149] DOI: 10.13713/j.cnki.cssci.2015.08.024
- [4] BURGHARDT K, UHL J H, LERMAN K, et al. Road network evolution in the urban and rural United States since 1900 [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2022, **95**: 101803. DOI: 10.1016/j.compenurbsys.2022.101803
- [5] 于淼. 可达性条件下的乡村公路布局规划: 基于黄山市齐家务乡的实证研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2016: 6 – 8. [YU Miao. Rural road layout planning considering accessibility: Case study based on Qijiawu Township, Huanghua City [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2016: 6 – 8]
- [6] ZHANG Hong, DONG Wenbing, FANG Xian. Road construction and rural household income: Empirical evidence from village road paving in China [J]. *Finance Research Letters*, 2023, **51**: 103460. DOI: 10.1016/j.frl.2022.103460
- [7] 戈国莲, 刘磊. 乡村振兴背景下我国农村公共基础设施投资测算与建设研究[J]. 农业经济问题, 2022(10): 133 – 144. [GE Guolin, LIU Lei. Research on investment calculation and construction of rural public infrastructure in China under the background of rural revitalization [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2022(10): 133 – 144] DOI: 10.13246/j.cnki.iae.2022.10.010
- [8] 潘裕娟, 曹小曙. 乡村地区公路网通达性水平研究——以广东省连州市12乡镇为例[J]. 人文地理, 2010, **25**(1): 94 – 99. [PAN Yujuan, CAO Xiaoshu. Comprehensive accessibility level of rural road network: A case study of Lianzhou City, Guangdong Province [J]. *Human Geography*, 2010, **25**(1): 94 – 99] DOI: 10.13959/j.issn.1003 – 2398.2010.01.017
- [9] 罗雨, 李同昇, 王昭, 等. 乡村振兴视角下秦巴山区农村路网通达性评价与分区优化研究——以陕西省山阳县为例[J]. 人文地理, 2020, **35**(3): 104 – 114. [LUO Yu, LI Tongsheng, WANG Zhao, et al. Assessment and zone optimization research on rural road network accessibility in Qin-Ba Mountain areas from the perspective of rural revitalization: A case study of Shanyang County in Shaanxi Province [J]. *Human Geography*, 2020, **35**(3): 104 – 114] DOI: 10.13959/j.issn.1003 – 2398.2020.03.012

- [10] 徐州, 林孝松, 朱荣, 等. 巫山县乡村地区公路网通达性空间格局研究[J]. 浙江大学学报(理学版), 2019, **46**(4): 511 – 520. [XU Zhou, LIN Xiaosong, ZHU Rong, et al. Research on the spatial structure of rural highway accessibility in Wushan County [J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2019, **46**(4): 511 – 520] DOI: 10.3785/j.issn.1008-9497.2019.04.018
- [11] JAARSMA C F. Approaches for the planning of rural road networks according to sustainable land use planning [J]. Landscape and Urban Planning, 1997, **39**(1): 47 – 54. DOI: 10.1016/S0169-2046(97)00067-4
- [12] JOSHI Y, SUMAN S, BHARTI H. Planning of rural road network using sustainable practices to maximize the accessibility to health and education facilities using ant colony optimization [J]. Materials Today: Proceedings, 2023; S2214785323039652. DOI: 10.1016/j.matpr.2023.07.096
- [13] SHRESTHA J K, BENTA A, LOPES R B, et al. A multi-objective analysis of a rural road network problem in the hilly regions of Nepal [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2014, **64**: 43 – 53. DOI: 10.1016/j.tra.2014.03.005
- [14] AHMED R, HOSSAIN M. Developmental impact of rural infrastructure in Bangladesh [M]. Washington DC: International Food Policy Research Institute, 1990: 13 – 18.
- [15] 刘承良, 薛帅君, 段德忠. 乡镇综合通达性时空格局及其与 SERE 系统的耦合机理——以湖北省荆州市为例[J]. 世界地理研究, 2017, **26**(6): 49 – 60. [LIU Chengliang, XUE Shuaijun, DUAN Dezhong. Spatio-temporal evolution of township comprehensive accessibility and its coupling mechanism with SERE system: Evidence from Jingzhou City in Hubei Province [J]. World Regional Studies, 2017, **26**(6): 49 – 60] DOI: 10.3969/j.issn.1004-9479.2017.06.006
- [16] 刘承良, 段德忠, 余瑞林. 武汉城市圈城乡道路网通达性的空间演化[J]. 经济地理, 2013, **33**(9): 43 – 50 + 64. [LIU Chengliang, DUAN Dezhong, YU Ruilin. Spatial evolution of space-time distance accessibility of urban-rural road network in Wuhan metropolitan area [J]. Economic Geography, 2013, **33**(9): 43 – 50 + 64] DOI: 10.3969/j.issn.1000-8462.2013.09.008
- [17] 查凯丽, 刘艳芳, 孔雪松, 等. 村镇路网通达性与空间出行研究——以武汉市李集镇为例[J]. 长江流域资源与环境, 2018, **27**(12): 2663 – 2672. [ZHA Kaili, LIU Yanfang, KONG Xuesong, et al. Road network accessibility and spatial travel in rural areas: A case study of Liji Town in Wuhan City [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, **27**(12): 2663 – 2672] DOI: 10.11870/cjlyzyhj201812003
- [18] 戴特奇, 郭凯菲, 吴俊强, 等. 西藏自治区公路建设对空间可达性和沿线景观破碎度的影响[J]. 地理科学进展, 2023, **42**(10): 1882 – 1890. [DAI Teqi, GUO Kaifei, WU Junqiang, et al. Accessibility improvement and landscape ecological effect of highway development in Tibet [J]. Progress in Geography, 2023, **42**(10): 1882 – 1890] DOI: 10.18306/dlkxjz.2023.10.002
- [19] 李元芳, 乔伟峰, 杨春花, 等. 基于公共服务设施可达性的村镇建设格局评价及优化策略研究——以常州市金坛区为例[J]. 地理与地理信息科学, 2024, **40**(1): 106 – 113. [LI Yuanfang, QIAO Weifeng, YANG Chunhua, et al. Evaluation and optimization strategy of village and town construction pattern based on the accessibility of public service facilities: A case study of Jintan District, Changzhou City [J]. Geography and Geo-Information Science, 2024, **40**(1): 106 – 113] DOI: 10.3969/j.issn.1672-0504.2024.01.013
- [20] 岳海凤, 翁才银, 闵婕, 等. 重庆市秀山县乡村地域多功能评价及振兴路径研究[J]. 中国农业资源与区划, 2024, **45**(8): 216 – 228. [YUE Haifeng, WENG Caiyin, MIN Jie, et al. Study on the multifunctional evaluation and revitalization path of rural areas in Xiushan County, Chongqing City [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024, **45**(8): 216 – 228] DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20240819
- [21] 李生梅, 侯光良, 金孙梅. 拉萨市农村路网通达性评价与分区优化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2023, **32**(8): 1608 – 1619. [LI Shengmei, HOU Guangliang, JIN Sunmei. Study on access evaluation and zoning optimization of rural road network in Lhasa City [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2023, **32**(8): 1608 – 1619] DOI: 10.11870/cjlyzyhj202308005
- [22] 马雪莹, 邵景安, 徐新良. 基于熵权-TOPSIS 的山区乡镇通达性研究——以重庆市石柱县为例[J]. 地理科学进展, 2016, **35**(9): 1144 – 1154. [MA Xueying, SHAO Jing'an, XU Xinliang. Rural transportation accessibility in mountainous areas based on the entropy-weight TOPSIS method: A case study of Shizhu County, Chongqing Municipality [J]. Progress in Geography, 2016, **35**(9): 1144 – 1154] DOI: 10.18306/dlkxjz.2016.09.009
- [23] 张明磊. 拜泉县乡村道路现状分析及优化对策[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2022: 14 – 20 [ZHANG Minglei. Current situation analysis and optimization countermeasures of rural roads in Baiquan County [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2022: 14 – 20]
- [24] 祝汉收. 基于 GIS 和多源数据的山地城市人口空间化模拟[D]. 重庆: 重庆师范大学, 2018: 2 – 11 [ZHU Hanshou. Spatial Simulation of Population in Mountain Cities Based on GIS and Multi-source Data [D]. Chongqing: Chongqing Normal University, 2022: 2 – 11]
- [25] 吴成凤, 闵婕, 翁才银, 等. 生态脆弱山区农村居民点安全韧性评价及空间优化——以重庆市秀山土家族苗族自治县隘口镇为例[J]. 山地学报, 2023, **41**(2): 266 – 279. [WU Chengfeng, MIN Jie, WENG Caiyin, et al. Safety resilience and spatial optimization of rural settlements in ecologically fragile mountainous areas: A case study of Aikou town, Xiushan Tujia and Miao autonomous County, Chongqing, China [J]. Mountain

- Research, 2023, **41**(2): 266 – 279] DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000747
- [26] 高兴川, 曹小曙, 李涛, 等. 1976 – 2016 年青藏高原地区通达性空间格局演变[J]. 地理学报, 2019, **74**(6): 1190 – 1204. [GAO Xingchuan, CAO Xiaoshu, LI Tao, et al. Evolution of accessibility spatial pattern of the Qinghai-Tibet Plateau in 1976 – 2016 [J]. Acta Geographica Sinica, 2019, **74**(6): 1190 – 1204] DOI: 10.11821/dlxb201906009
- [27] 王武林, 王妙妙, 曹小曙. 1978 – 2012 年武陵山区公路通达性演化及其对经济发展的影响[J]. 地理研究, 2015, **34**(9): 1755 – 1769. [WANG Wulin, WANG Miaomiao, CAO Xiaoshu. Evolution of road accessibility and its effects on economy development in Wuling Mountain areas from 1978 to 2012 [J]. Geographical Research, 2015, **34**(9): 1755 – 1769] DOI: 10.11821/dlyj201509013
- [28] KIHONEN T. Self-organized formation of topologically correct feature maps [J]. Biological Cybernetics, 1982, **43**(1): 59 – 69. DOI: 10.1007/BF00337288

Spatiotemporal Evolution and Zoning Optimization of Road Network Accessibility in Typical Mountainous Villages: A Case Study of Xiushan Tujia and Miao Autonomous County in Chongqing, China

WU Jixiang^a, MIN Jie^{a,b,c*}, WENG Caiyin^{a,b,c}

(a. College of Geography and Tourism; b. Key Laboratory of GIS Application Research;
c. Key Laboratory of Surface Process and Environment Remote Sensing in the Three Gorges Reservoir
Area, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: Rural road networks are essential infrastructures in mountainous areas of China. Reasonable planning and construction of rural road networks are of great significance to the sustainable development of rural areas. Previous studies explored rural road network accessibility by a single period with townships as research unit in mountainous areas; however, there were lacks of research on multi-period rural road networks with administrative villages as research unit and settlements as modelling nodes, making it difficult to reveal the spatial-temporal variation of road networks on a village level.

In this study, it took Xiushan County in the Wuling Mountains of China as case study to exemplify the spatial-temporal characteristics of rural road network accessibility on a village level. It analyzed rural road network data of 2000, 2010, and 2020 using network analysis, SOM clustering, and geographical detector methods, followed by accessibility zoning and optimizing strategies.

In the typical mountainous villages of Xiushan County, it promoted the complexity of road network and connectivity, forming a preliminary reticulate transportation network.

From 2000 to 2020, the accessibility of the rural road network showed an upward trend, with road network accessibility to be improved on a village level, accompanied by a general increase in the accessibility levels of rural road networks in the county.

There was a large spatial difference in the level of road network accessibility in the county, which was jointly influenced by natural and human factors. Slope, elevation, population density, natural disaster sites, and economic development level were positively correlated with accessibility, with a decreasing order: slope > natural hazard points > economic development level > elevation > population density. The optimized accessibility for the county

could be divided into four types: low accessibility area, lower accessibility area, higher accessibility area, and lowest accessibility area.

It could be suggested that for effective enhancement of road network accessibility in typical mountainous regions, optimization strategies should be based on the accessibility levels of different zones combined with natural and social conditions.

This research provides a scientific reference to the development and construction of road networks and rural revitalization planning in similar mountainous areas.

Key words: rural road network; accessibility; spatiotemporal evolution; partition optimization; typical mountainous area

(责任编辑 李 嵘)

中国山区现代化的范式与实践路径

(方一平,中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)

中国是山地大国。山地是中国社会经济发展的资源基地和生态屏障,中国生存与发展的未来依托于山地/山区的可持续性。加强山地学研究,与山地学科体系建设,认知山地科学规律,对服务国家可持续发展,建设 21 世纪新山区、全面实现小康社会发展目标,具有重大的科学意义和保障国家生存安全的深远意义。

中国式现代化既有各国现代化的共同特征,更有基于国情的中国特色。中国式山区现代化既符合中国式现代化演进的一般性,又呈现复杂多样的特殊性。中国山区现代化实践需要山区彰显现代化核心内涵,探索契合山区特质的现代化之路。

详见本期《中国式山区现代化的历史脉络与战略路线》一文。