

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2026.02.012

<https://xuebao.xaut.edu.cn>

引文格式:李远利,田述军,曹玉红.人口承载力视角下岷江上游宜居性评价与调整研究[J].西安理工大学学报,2026,42(2):271-280.

Li Yuanli, Tian Shujun, Cao Yuhong. Evaluation of the livability of the upper Minjiang River from the perspective of population carrying capacity[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2026, 42(2): 271-280.

人口承载力视角下岷江上游宜居性评价与调整研究

李远利, 田述军, 曹玉红

(西南科技大学 土木工程与建筑学院, 四川 绵阳 621010)

摘要: 乡村宜居性及承载力提升是乡村振兴战略的重要内容, 本文以岷江上游小流域为研究对象, 构建宜居性评价模型, 分析其宜居性及承载力分布特征, 提出人口承载力视角下的宜居性调整策略。结果表明: ①松潘县、黑水县以及汶川县的小流域宜居性等级较高, 而人口过载的小流域主要位于汶川县和茂县境内。②过载类的汶川县和欠载类的松潘县宜居性整体相对较好, 较高和高宜居性等级人口比例分别为 79.1% 和 40.6%, 且汶川县人口净过载情况相较于茂县高 0.7%。③县域人口调整后, 过载类的汶川县和茂县过载人口比例分别降低了 11.2% 和 36.6%, 欠载类县域较高和高宜居性等级人口比例均有所上升, 且调节后其人口均为净欠载。④汶川县可利用区位优势调整产业结构以及进行土地改良, 增加居民经济收入和粮食产量, 提升其人口承载力; 茂县、黑水县和理县应加强泥石流灾害防治与基础设施建设, 提升其整体宜居性; 松潘县可通过村落规划布局引导人口向高宜居性小流域迁移。

关键词: 宜居性; 人口承载力; 小流域; 泥石流; 岷江上游

中图分类号: TU982

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2026)02-0271-10

Evaluation of the livability of the upper Minjiang River from the perspective of population carrying capacity

Li Yuanli, Tian Shujun, Cao Yuhong

(School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: Enhancing rural livability and carrying capacity is of importance in the rural revitalization strategy; this paper takes the upper Minjiang River small watersheds as the research object, constructs a livability evaluation model, analyses its livability and carrying capacity distribution characteristics, and proposes a livability adjustment strategy from the perspective of population carrying capacity. The results show that: ①The livability of small watersheds in Songpan, Heishui and Wenchuan counties is high, while the overpopulated small watersheds are mainly located in Wenchuan and Maoxian. ②The overall livability of Wenchuan with overload and Songpan with under load is relatively good, and the proportion of the population with high and high livability levels is 79.1% and 40.6% respectively, and the net population density in Wenchuan is 0.7% higher than that in Maoxian. ③After the county population adjustment, the proportion of overloaded population in the overload category is reduced by 11.2% in Wenchuan and 36.6% in

收稿日期: 2024-09-25; 网络首发日期: 2025-06-06

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/61.1294.N.20250605.1631.002>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41971214, 41411195)

第一作者: 李远利, 男, 硕士生, 研究方向为城乡规划学。E-mail: 2509667307@qq.com

通信作者: 田述军, 男, 教授, 研究方向为地质灾害危险评价与预测。E-mail: tsj19800702@163.com

Maoxian, the proportion of population in both the high and higher livability classes increases in counties in the underload category, and all of their populations are net underloaded after the adjustment. ④ Wenchuan can take advantage of its geographical location to adjust its industrial structure and improve the land, increase the economic income of residents and grain output, and enhance its population carrying capacity; Maoxian, Heishui and Lixian should strengthen the prevention and control of debris flow disasters and infrastructure construction to improve their overall livability; Songpan can guide the population to migrate to small watersheds with the high livability through village planning and layout.

Key words: liveability; population carrying capacity; small watersheds; mudslides; upper Minjiang River

随着工业发展,我国的城镇化率不断提高,但山区出现宜居性水平低、人力资本流失、基础设施建设不完善等问题,严重影响了山区宜居性水平和城镇一体化发展目标的实现^[1]。宜居性是居住环境对于满足居民不同需求的能力,主要表现为人们在日常生活中体验到的生活质量^[2]。宜居性研究起源于城市规划先驱霍华德^[3]、盖迪斯^[4]等,直到 20 世纪 50 年代,希腊学者 Doxiadis 提出了“人类聚居学”后,研究逐渐系统化^[5]。之后国外对宜居性的研究主要聚焦于环境与土地利用、城市规划与建设及可持续发展等方面^[6]。我国宜居性研究起步较晚。吴良镛院士基于 Doxiadis 的理论,结合城乡建设实际,提出了人居环境科学理论,推动了人居环境系统的跨越式发展^[7]。后续相关研究中,国内学者构建了宜居性指标体系^[8],针对省域、市域、县域、和乡域^[9]等宏观尺度,从自然和人文层面,采用层次分析法^[10]、典型相关性分析^[11]熵权法^[12]分析城乡宜居性的分布格局及影响因素,GIS 空间分析法^[13]分析城乡宜居性程度的空间差异、通过问卷调查法基于居民的意愿探讨宜居性建设条件等^[14]。此外,随着研究视角的深入,定性定量相结合的宜居性评价方法、更全面评估山区可持续发展状况、多功能视角出发,综合评价山区空间宜居性等^[15],为建设美丽宜居的山区提出优化策略。

宜居性建设对于推动山区经济的持续发展至关重要,它是增进居民生活质量和幸福感的关键因素,当前的山区发展研究中,越来越多学者逐渐开始关注其宜居性评价,山区作为一个复合系统,也是居民社会生产、生活保障等综合功能的承载体,其承载能力与山区宜居性的建设密切相关。随着生活水平提升与人口数量变化,导致人地关系矛盾日益加重,因此对于不同省、市、县^[16-17]范围内的人口分布^[18]、土地资源以及人粮关系^[19]等方面的人口承载力的研

究逐渐受到学术界的关注,而相关研究主要面向大尺度地区,同时多侧重于平原地区和丘陵地区,较少关注高原山区这一生态环境脆弱地区的宜居性和承载力相结合的评价,且忽略了承载力是山区宜居性建设的基础^[15]。

岷江上游是中国西南山区地形最为复杂的区域之一,地质构造复杂,地震泥石流等灾害频发,严重影响了居民的生活质量和宜居环境,这一多民族聚居区的宜居性是城乡可持续发展的重要指标^[20]。本文以岷江上游小流域为研究单元,构建宜居性评价体系,对其宜居性及承载力分布特征进行评价与分析,提出人口承载力视角下的宜居性调整策略,为乡村振兴和社会经济可持续发展提供科学指导。

1 研究区概况与数据

1.1 研究区概况

岷江上游位于青藏高原向四川盆地的过渡地带(见图 1),区域地形复杂,以陡峭的山势、深谷、陡坡和急流为特征,属于典型的高山峡谷区,是汉、藏、回、羌等多民族聚居区^[21],包括茂县、理县、汶川县、黑水县和松潘县 5 个县及其部分地区^[22]。其中,汶川县的产业结构以工业、旅游及种植业为主,随着海拔、地形与气候的变化,松潘县、黑水县主要依赖于畜牧业和农业作为其经济发展支柱产业。然而,由于地处中国南北向地震构造带中的龙门山地震带,地震活动频繁,尤其是汶川大地震震后形成了大量泥石流灾害,严重影响了研究区域宜居性^[23]。此外,海拔、温度等自然条件也限制了该地区的生态环境,使得本已脆弱的居住环境进一步恶化,成为居住环境问题突出的典型地区^[24]。

1.2 研究区数据

宜居性和人口承载力研究数据主要包括数字高程模型(DEM)、气温、土地利用等,其来源详见表 1。

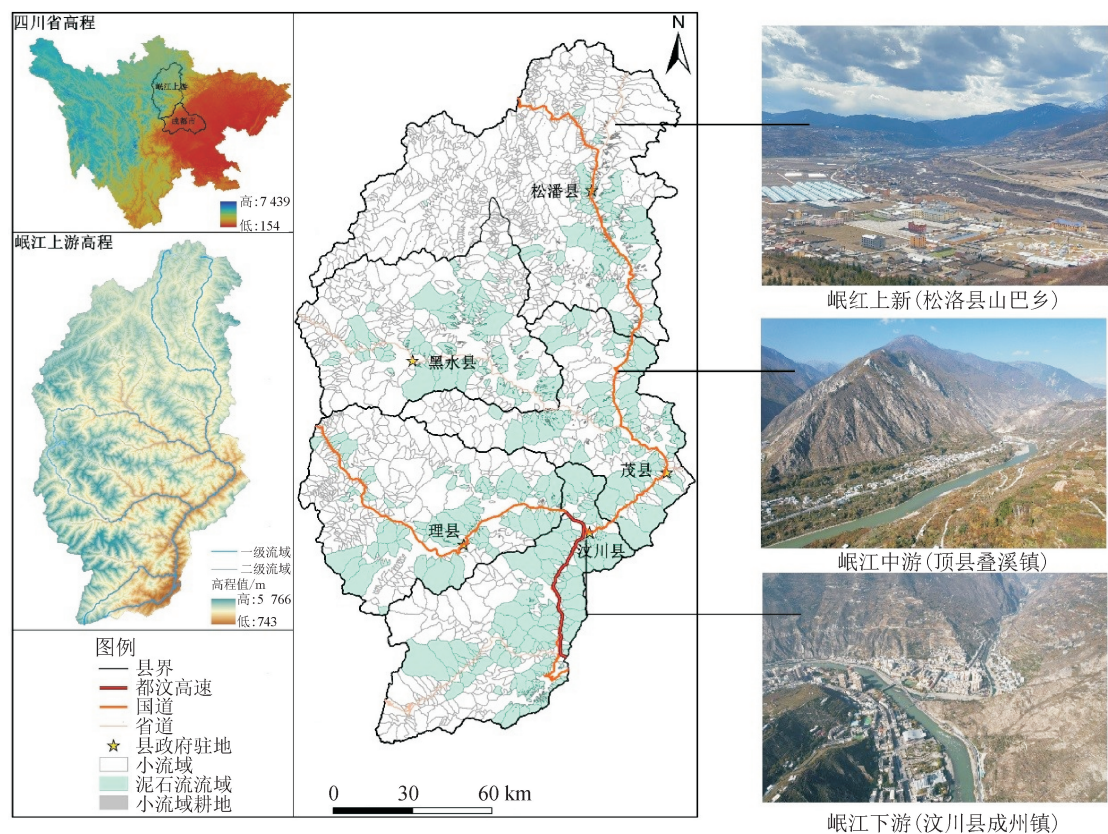


图 1 岷江上游概况图

Fig. 1 Upper Minjiang river location map

注:此图基于自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2022)3995 号的标准地图制作,底图无修改。

表 1 数据来源

Tab. 1 Source of data

数据	分辨率	数据来源
DEM	12.5 m	ALOS(advanced land observing satellite). 2006 年发射
气温	1 km	中国科学院资源环境科学与数据中心 ^[25]
NDVI	1 km	中国科学院资源环境科学与数据中心 ^[26]
人口密度	1 km	中国科学院资源环境科学与数据中心
相对湿度	—	中国气象数据网(http://data.cma.cn/)
泥石流灾害	—	国土局(https://www.mnr.gov.cn/)
土地利用	—	国土局(https://www.mnr.gov.cn/)
降水量均值	—	四川省年均降水等高线图
地质数据	—	水经微图
地震烈度	—	中国地震局(https://www.cea.gov.cn/)

2 研究方法

2.1 宜居性评价指标与模型

借鉴国内外学者的相关研究^[27],选取气候、水

文、出行等因子,并针对岷江上游区域特点,引入灾害因子,构建了一套适用于研究区的宜居性评价体系,具体评价指标见表 2。

表 2 评价指标构成表
Tab. 2 Composition of evaluation indicators

指标层	准则层	次准则层	指标层	单位
小流域宜居性	灾害因子	泥石流易发性	距断层距离	km
			岩性坚硬系数	无量纲
			面积高程积分	无量纲
			面积坡度积分	无量纲
			主沟纵比降	%
			24 h 最大降雨量	mm
			形状系数	无量纲
			土地利用程度	%
			NDVI	无量纲
			地震烈度	度
	气候因子	温湿指数	气温	℃
			相对湿度	%
	水文因子	水文指数	年降水量	mm
			水域面积	km ²
	出行因子	出行便捷度	距公路干线距离	km
			距医院距离	km
			距学校距离	km

1) 泥石流易发性评价

采用信息量模型对泥石流易发性进行评价^[28], 其模型为:

$$I_i = \sum_{i=1}^m I(X_i, A) = \sum_{i=1}^m \ln \frac{N_i/N}{S_i/S} \quad (1)$$

式中: I_i 表示总信息量; m 表示小流域数; N_i 表示含有指标 X_i 的评价单元数; N 表示评价单元总数; S_i 表示含有指标 X_i 的评价单元总数; S 表示评价单元总数。

2) 温湿指数评价

温湿指数 (temperature humidity index, THI) 是综合反映温度和湿度对人体热感受影响的一个指标, 其物理意义是指对温度进行湿度订正后得到的温度值^[29]。其模型为:

$$I_T = T - 0.55(1 - H) \quad (2)$$

式中: I_T 表示温湿指数; T 表示华氏温度 (°F), $T = 1.8t + 32$, 这里 t 表示摄氏温度 (°C); H 表示相对湿度 (%)。

3) 水文指数评价

采用年降水量和水域面积的加权结果评价水文指数 (water resources index, WRI), 水文指数表征区域内水资源的丰缺程度, 其模型为:

$$I_w = \alpha P + \beta W_a \quad (3)$$

式中: I_w 表示水文指数; P 表示年降水量; W_a 表示水域面积; α 、 β 分别表示归一化后的各指标权重, 分别取 0.8 和 0.2^[30]。

4) 出行便捷度评价

采用熵权法对出行便捷度进行评价^[31]。基于指标数据构建判断矩阵 $\mathbf{X}$, 设有 m 个评价指标和 n 个评价对象, 对矩阵 $\mathbf{X}$ 进行归一化处理, 得到:

$$\mathbf{R} = (r_{ij})_{m \times n} \quad (4)$$

式中: r_{ij} 表示第 j 个评价对象在第 i 个评价指标上的标准值, $r_{ij} \in [0, 1]$ 。利用归一化的数值计算各指标信息熵, 确定信息熵后可计算第 i 个指标的熵权 w_i , 其计算公式为:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (5)$$

利用熵权法, 基于距公路、医院和学校的距离数据, 计算出各指标权重分别为 0.48、0.27 和 0.25, 经加权计算得出小流域出行便捷度。

5) 宜居性评价模型

参照封志明等^[32]研究成果, 基于评价指标数据, 构建小流域宜居性评价模型, 加权计算小流域宜

居性指数。考虑到我国自然条件区域显著,对各自然地理区域各指标因子与人口数据相关性进行了分析,基于单项指标与人口的相关性系数,以其平均值占相关性系数平均值的比重来代表各因子的权重,见表3。

表3 宜居性评价因子权重
Tab.3 Livability evaluation factor weights

评价因子	震前相关性系数	震后相关性系数	权重
灾害因子	0.240 37	0.276 45	0.34
气候因子	0.226 81	0.210 29	0.28
水文因子	0.087 19	0.083 45	0.11
出行因子	0.186 81	0.227 70	0.27

2.2 小流域耕地人口承载力评价

根据统计年鉴得知,该区域居民经济活动主要集中于第一产业,本文将耕地资源作为评价各小流域人口承载能力的核心指标,依托土地利用调查数

据,统计了每条小流域内的耕地面积,并遵循联合国粮食及农业组织所确立的人均耕地警戒线 0.795 亩(折 0.053 hm²)^[33],来估算各小流域耕地可承载的人口数。其计算公式为:

$$P = G/k \tag{6}$$

式中: P 表示耕地可承载人口数(人); G 表示耕地面积(hm²); k 表示人均耕地警戒线(人/hm²)。

3 结果与讨论

3.1 小流域宜居性与人口承载力分布特征

基于岷江上游灾害、气候、水文和出行数据,运用宜居性评价模型计算不同小流域的宜居性指数,并采用自然断点法划分其宜居性等级,结果见图2。同时,根据小流域耕地面积和式(6)计算出小流域可承载的人口数量,与实际人口密度分布栅格数据进行对比计算(可承载人口大于实际人口为欠载,反之为过载),可计算出小流域欠载和过载人口数,见图3。

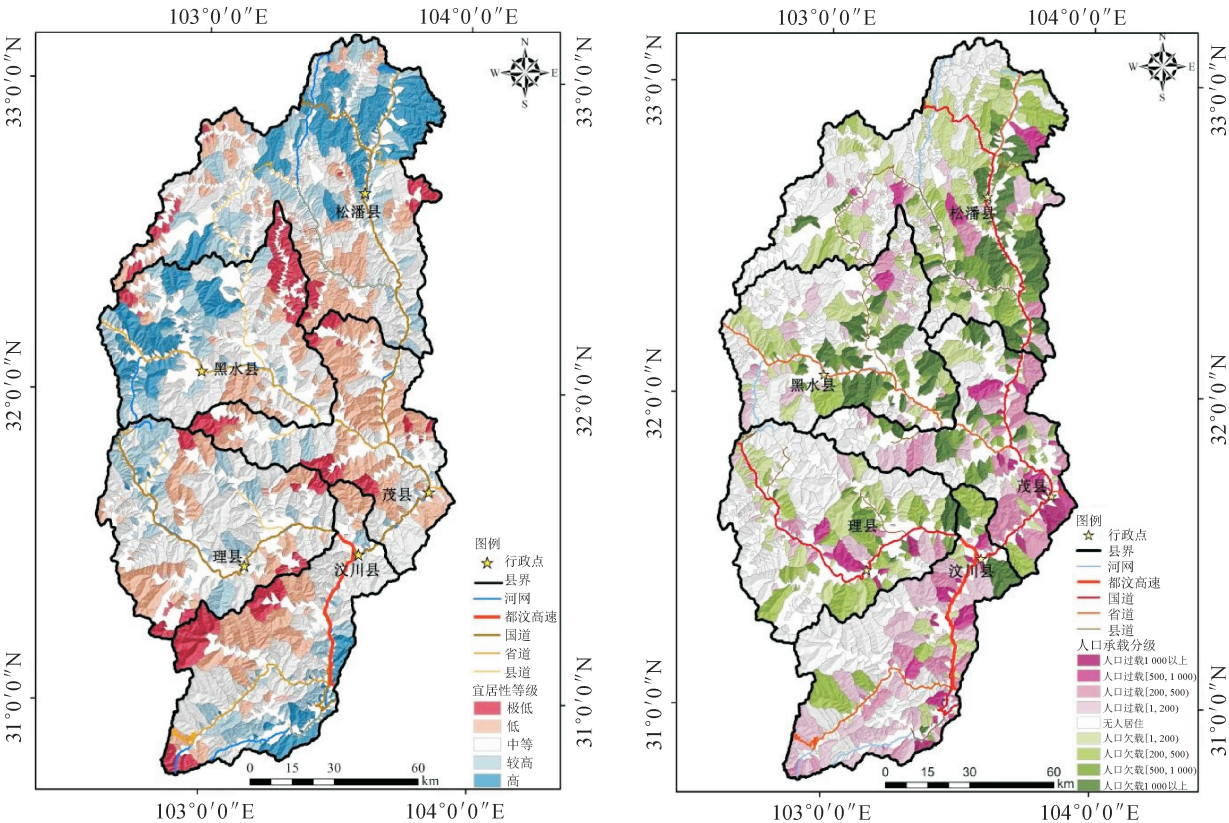


图2 小流域不同宜居性等级与耕地人口承载力分布图
Fig.2 Distribution of different livability classes and population carrying capacity of arable land in sub-watersheds
注:此图基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2022)3995号的标准地图制作,底图无修改。

宜居性较高和高等级的小流域主要分布在汶川县南部、黑水县北部与西部以及松潘县北部。前两个区域远离汶川大地震震中,震后泥石流发育程度低。汶川县南部虽然泥石流发育,但其邻近成都平

原且地势平坦、路网发达和气候条件好,使得三个区域宜居性指数相对较大,这一分布特征与宜居性实际情况相符。

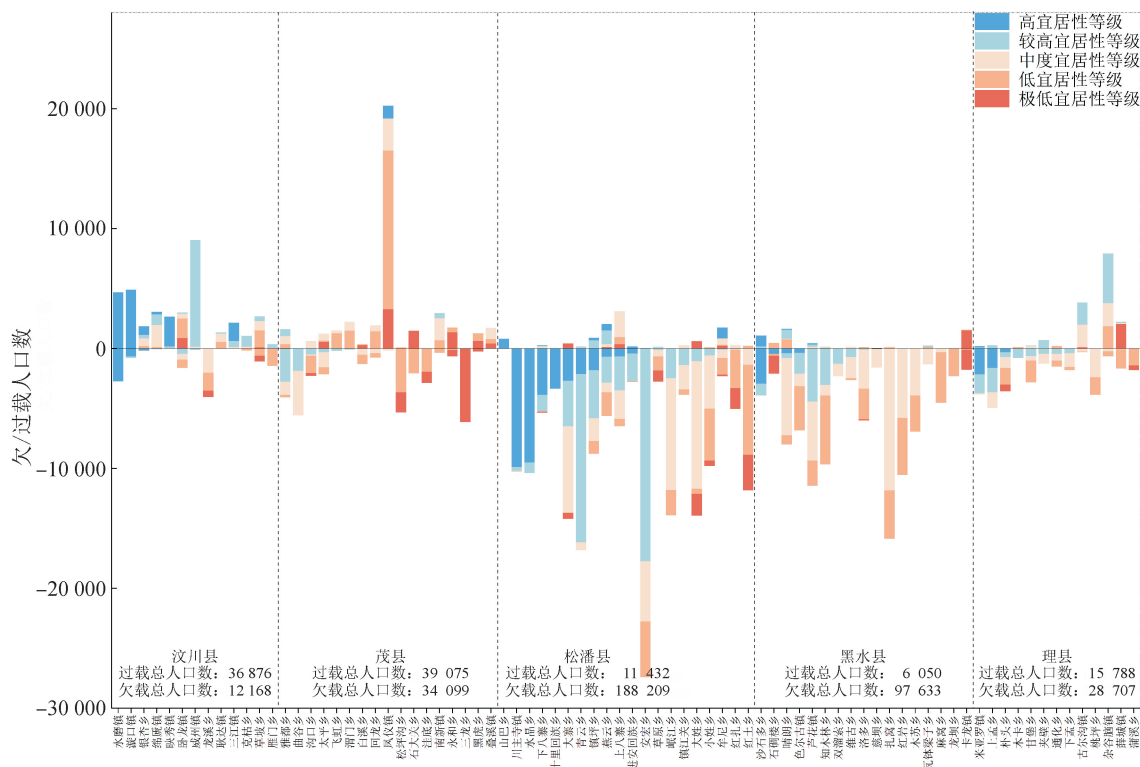


图 3 乡镇不同宜居性等级欠/过载人口数量图

Fig. 3 Map for the number of under/overcrowded people in townships with different livability classes

人口过载的小流域主要位于汶川县和茂县境内,人口过载小流域数量大于欠载,汶川过载小流域数量为 168,茂县为 146,而松潘县、黑水县和理县则相反。汶川县和茂县靠近成都平原,受成都平原影响,经济相对发达,人口密集,而其它三个县主要位于研究区上游,以农业、畜牧业为主,人口分布较为分散。

3.2 不同乡镇宜居性和承载力空间分布情况

在小流域评价基础上,统计不同乡镇人口承载力和宜居性情况(图 3),并统计不同乡镇净过载或净欠载人口分布(每个乡镇内部各小流域过载人口与欠载人口之差大于 0 为净过载,小于 0 位净欠载),如图 4 所示。汶川县和茂县的净过载乡镇均为 8 个,县域过载人口数量显著高于其它三个县,分别为 36 876 人和 39 075 人,同时,结合各自欠载人口数,通过县域内部调节后这两个县的人口仍过载,与 3.1 节人口过载小流域的统计情况相符,将其定义为过载类县域。根据乡镇净欠/过载人口数量分布情况(图 4),汶川县人口可调入的乡镇只有龙溪乡和雁门乡,人口调节难度大,而茂县相对较小。松潘县、黑水县和理县虽然县域人口也过载,但大部分过载人口在乡镇内部即可完成调节,通过县域内部调节人口均为净欠载,将其定义为欠载类县域。

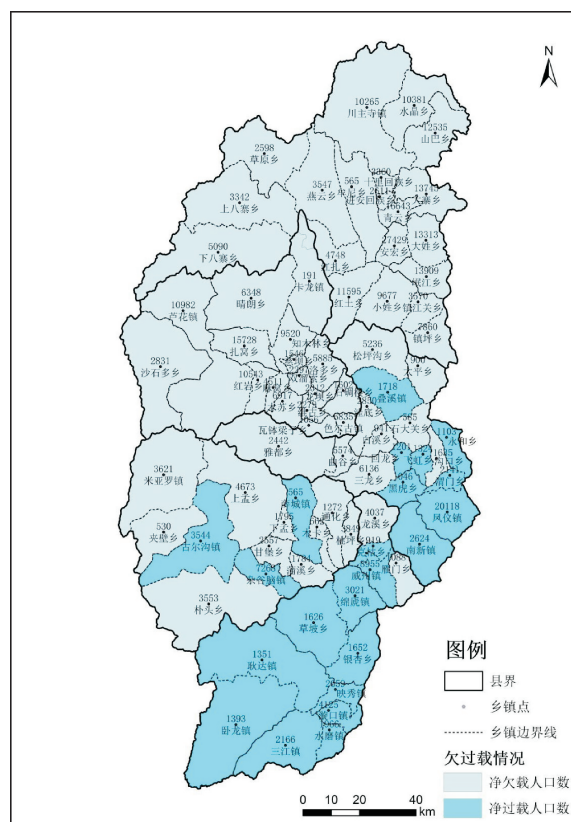


图 4 调整后乡镇净欠/过载人口数量图

Fig. 4 Map for adjusted net arrears/overload population in communes

注:此图基于自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2022)3995 号的标准地图制作,底图无修改。

3.3 人口调整对县域宜居性及承载力的影响

在乡镇统计基础上,分别统计调整前的县域人口宜居性等级分布和不同宜居性等级欠载与过载人口占比,见图 5(a)和图 6(a)。以低宜居性等级的超

载人口调整到其相邻欠载高宜居性等级为原则,分别统计调整后县域人口宜居性等级分布和不同宜居性等级欠/过载人口占比,见图 5(b)和图 6(b)。

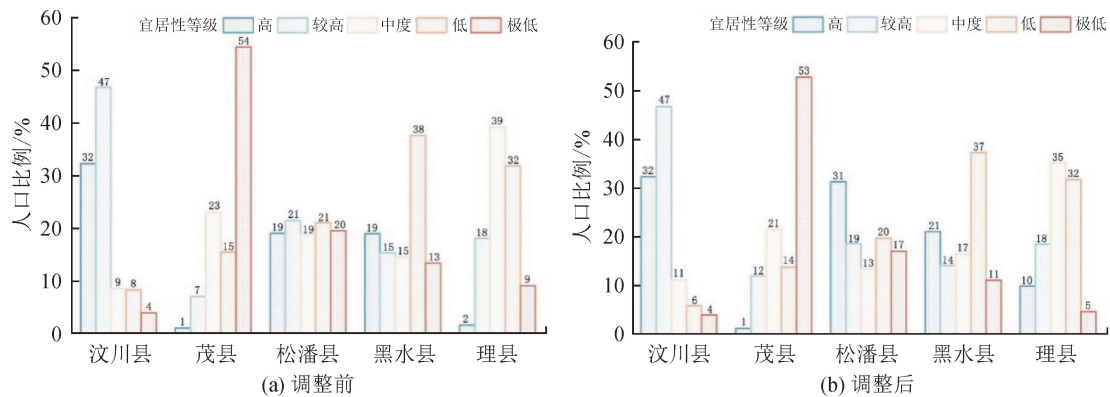


图 5 调整前、后县域不同宜居性等级人口占比图

Fig. 5 Pre- and post-adjustment distribution of the population across different livability categories in counties

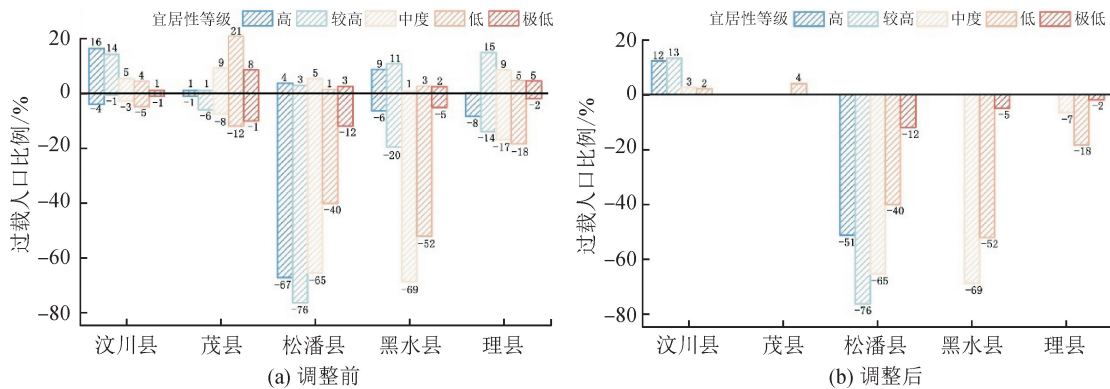


图 6 调整前、后县域不同宜居性等级欠/过载人口占比图

Fig. 6 Pre- and post-adjustment distribution of under-and over-populated areas across different livability categories in counties

人口调整前,过载类县域中汶川县有 79.1% 的人口位于较高和高宜居性等级,茂县这一比例为 8.2%。欠载类县域中松潘较高与高宜居性等级比例为 40.6%,汶川县总体上宜居性情况最好,但结合图 5(a),过载类县域中汶川县和茂县过载人口占总人口百分比分别为 41.4% 和 40.7%,两者虽然过载人口占比相当,但茂县欠载人口占比也较高,为 73.3%,因此,汶川县人口净过载情况显著高于茂县。欠载类县域虽然也有不同程度的过载人口,但欠载人口比例显著高于过载,松潘县和黑水县尤为突出。

人口调整后,过载类县域中汶川县较高和高宜居性等级的人口比例仍保持在 79.1%,人口宜居性等级分布变化不大,过载人口比例降至 30.2%;而茂县较高和高宜居性等级的人口比例由 8.2% 提升至 13.1%,过载人口比例降至 4.1%,其人口主要调入三龙和白溪等净欠载乡镇。欠载类县域调整后其较高和高宜居性等级人口比例均有所上升,其

中松潘县比例最高,由 40.6% 提升至 49.9%,同时,黑水县、理县和松潘县大部分过载人口在乡镇内部即可完成调节,通过县域调节后其人口均为净欠载。

3.4 宜居性与承载力提升措施建议

采用本文方法进行人口调整后,对过载类的汶川县较高和高宜居性人口比例变化不大,茂县人口比例提升 4.9%,但其过载人口百分比汶川县由 41.4% 降至 30.2%,而茂县由 40.7% 降至 4.1%。欠载类的三个县调整后较高和高宜居性等级人口比例整体均有所上升,且都实现了县域净欠载。同时,欠载类县域特别是松潘县高和较高宜居性欠载人口比例分别为 51% 和 67%,即其宜居性尚有提升的空间。

综上所述,汶川县宜居性整体较好但人口过载问题突出,可充分发挥其靠近成都平原的区位优势调整产业结构,大力发展生态文化旅游提升居民经

济收入,合理规划用地布局,通过土壤改良,提升粮食单位面积产量,提升其人口承载力。茂县经过人口调整后虽然人口过载情况大幅降低,但宜居性等整体较差,可通过加强泥石流灾害防治提升其小流域的宜居性,同时需严守耕地红线,推进土地规模化经营,整合土地存量,保障粮食安全和承载力不下降。黑水县和理县除气候条件和出行条件限制了其宜居性整体提升外,其较多的泥石流灾害也是重要限制因素(黑水县和理县泥石流数量分别为 110 条和 96 条),因此,通过加强泥石流治理以及避难场所和道路等基础设施建设提升宜居性是较优的措施。松潘县在本文人口调整方法基础上,通过村落规划布局引导人口向高宜居且欠载的小流域迁移可更好的提升其县域宜居性。

4 结 论

本文以小流域为研究单元,对岷江上游小流域、乡镇和县域的宜居性和人口承载力进行评价,提出了以低宜居性等级向其相邻欠载高宜居性等级为原则的超载人口调整方法,统计和分析了这种调整方法对县域宜居性和承载力的影响,并根据不同县域宜居性和承载力变化情况提出相应的建议和措施,主要得出以下结论。

1) 以小流域为基本单元,建立了宜居性和承载力评价方法,结果显示,松潘县、黑水县以及汶川县的小流域宜居性等级较高,而人口过载的小流域主要位于汶川县和茂县境内,人口欠载小流域则位于松潘县、黑水县以及理县。

2) 过载类的汶川县和欠载类的松潘县宜居性整体相对较好,其较高和高宜居性等级人口比例分别为 79.1% 和 40.6%。但过载类县域中汶川县和茂县过载人口比例分别为 41.4% 和 40.7%,且汶川县人口净过载情况显著高于茂县。欠载类县域虽然也有一定的过载人口,但欠载人口比例显著高于过载。

3) 县域人口调整后,过载类的汶川县和茂县过载人口比例分别降低了 11.2% 和 36.6%,汶川县宜居性等级分布变化不大,茂县较高和高宜居性等级人口比例提升了 4.9%。欠载类县域调整后其较高和高宜居性等级人口比例均有所上升,通过县域调节后其人口均为净欠载。

4) 对宜居性整体较好但人口过载问题突出的汶川县,可利用区位优势调整产业结构以及进行土壤改良,增加居民经济收入和粮食单位面积产量,提升其人口承载力。茂县、黑水县和理县应加强泥石

流灾害防治与基础设施建设,提升其整体宜居性,同时,茂县还应严守耕地红线,整合土地存量,保障粮食安全以保障其人口承载力。松潘县可通过村落规划布局引导人口向高宜居性小流域迁移。

参考文献:

- [1] 夏敏,刘岩,邹伟. “三生空间”相互作用视域下的南京市溧水区乡村宜居性评价[J]. 农业工程学报, 2023, 39(16): 245-255.
Xia Min, Liu Yan, Zou Wei. Evaluating rural livability in Lishui District of Nanjing under the interaction of “Production-Living-Ecological Space” [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, 39(16): 245-255.
- [2] 尹春,孙斌栋,姚夏劫. 人口密度与城市宜居性关系的一般性规律探索[J]. 地理科学, 2024, 44(2): 179-191.
Yin Chun, Sun Bindong, Yao Xiajie. Exploring the association of population density with urban livability [J]. Geographica Sinica, 2024, 44(2): 179-191.
- [3] Howard E. Garden cities of tomorrow[M]. London: Faber & Faber, 1946.
- [4] Geddes P. Cities in evolution: an introduction to the town planning movement and to the study of civics [M]. Abingdon-on-Thames: Routledge/Thoemmes Press, 1915..
- [5] Doxiadis C A. Action for Human Settlements[M]. Athens: Athens Publishing Center, 1975.
- [6] 袁子峰,周亮,黄春林,等. 欠发达山地城市人居环境适宜性综合评价——以云南省临沧市为例[J]. 地球科学进展, 2022, 37(10): 1079-1087.
Yuan Zifeng, Zhou Liang, Huang Chunlin, et al. Comprehensive evaluation of the suitability of a human settlement environment in a less-developed mountain city: a case study of Lincang, Yunnan Province[J]. Advances in Earth Science, 2022, 37 (10): 1079-1087.
- [7] 吴良镛. 人居环境科学导论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [8] 宁越敏,查志强. 大都市人居环境评价和优化研究——以上海市为例[J]. 城市规划, 1999(6): 15-20.
Ning Yuemin, Zha Zhiqiang. The study of evaluation and optimization for human settlement in the metropolitan areas take Shanghai as an example[J]. City Planning Review, 1999(6): 15-20.
- [9] 关莹莹,李雪铭,杨俊,等. 基于地理加权回归模型的辽宁省城市人居环境综合适宜性评价[J]. 地理科学, 2022, 42(12): 2097-2108.
Guan Yingying, Li Xueming, Yang Jun, et al. Comprehensive suitability evaluation of urban human settle-

- ments based on GWR: a case study of Liaoning Province [J]. *Geographical Science*, 2022, 42 (12): 2097-2108.
- [10] 刘宁,田力威,赵宏伟. 基于层次分析法的徒骇河适宜性评价[J]. *环境工程*, 2016, 34(4): 142-145, 115.
- Liu Ning, Tian Liwei, Zhao Hongwei. Suitability evaluation of Tuhai river based on AHP[J]. *Environmental Engineering*, 2016, 34(4): 142-145, 115.
- [11] 杨兴柱,王群. 皖南旅游区乡村人居环境质量评价及影响分析[J]. *地理学报*, 2013, 68(6): 851-867.
- Yang Xingzhu, Wang Qun. Evaluation of rural human settlement quality difference and its driving factors in tourism area of southern Anhui Province [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(6): 851-867.
- [12] 王艳飞,李婷婷,孟祥涛. 2010—2020 年中国乡村人居环境质量评价及其演变特征[J]. *地理研究*, 2022, 41 (12): 3245-3258.
- Wang Yanfei, Li Tingting, Meng Xiangtao. Evaluation of China's rural human settlements quality and its spatiotemporal change characteristics from 2010 to 2020 [J]. *Geographical Research*, 2022, 41 (12): 3245-3258.
- [13] 李威,赵卫权,苏维词. 基于 GIS 技术的黔中地区人居环境自然适宜性评价[J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(5): 1082-1091.
- Li Wei, Zhao Weiquan, Su Weici. Nature suitability evaluation of human settlement environment based on GIS technique in central Guizhou province [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2018, 27(5): 1082-1091.
- [14] 潘娟,邱道持,尹娟. 基于农户意愿的农村居民点宜居性调查研究——以重庆潼南县桂林街道八角村为例[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(23): 189-192.
- Pan Juan, Qiu Daochi, Yin Juan. Investigation of livability of rural residential areas based on households' willingness-A case study of Bajiao village, Guilin Town, Tongnan Country, Chongqing City [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(23): 189-192.
- [15] 何建华,闫成,李亚静,等. 基于宜居性和承载力提升视角的高原过渡地带村庄布局优化——以青海省大通县为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2023, 44(5): 25-36.
- He Jianhua, Yan Cheng, Li Yajing, et al. Optimization of village layout in plateau transition zone from the perspective of livability and carrying capacity improvement—taking Datong County in Qinghai province as an example [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2023, 44(5): 25-36.
- [16] 张翠娟. 基于生态足迹模型的河南省农业生态承载力动态评价[J]. *中国农业资源与区划*, 2020, 41 (2): 246-251.
- Zhang Cuijuan. Dynamic evaluation of agricultural ecological carrying capacity in Henan Province based on ecological footprint model [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2020, 41 (2): 246-251.
- [17] 吴浩,江志猛,林安琪,等. 基于隐性—韧性—显性的武汉城市资源环境承载力空间特征[J]. *地理学报*, 2021, 76(10): 2439-2457.
- Wu Hao, Jiang Zhimeng, Lin Anqi, et al. Analyzing spatial characteristics of urban resource and environment carrying capacity based on Covert-Resilient-Overt: a case study of Wuhan City [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(10): 2439-2457.
- [18] 何仁伟,谢磊,李立娜. 基于人粮关系的土地资源承载力分析——以丹江口库区河南辖区为例[J]. *生态经济*, 2020, 36(9): 142-150.
- He Renwei, Xie Lei, Li Lina. Analysis of land resource carrying capacity based on human-food relationship: taking Danjiangkou Reservoir Area in Henan Province as an Example [J]. *Ecological Economy*, 2020, 36(9): 142-150.
- [19] 孙秀锋,秦建,刁承泰,等. 基于人粮关系的重庆市土地资源承载力水平时空差异研究[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2014, 36(11): 175-182.
- Sun Xiufeng, Qing Jian, Diao Chengtai, et al. Spatial-temporal difference analysis of land carrying capacity based on man-grain relationship in Chongqing Municipality [J]. 2014, 36(11): 175-182.
- [20] 刘艳玲,王小兰. “三生”功能视角下山区聚落宜居性演化研究——以岷江上游地区为例[J]. *西安理工大学学报*, 2025, 41(1): 68-78.
- Liu Yanling, Wang Xiaolan. Study on the evolution of settlement livability from the perspective of “Sansheng” function [J]. *Journal of Xi'an University of Technology*, 2025, 41(1): 68-78.
- [21] 樊敏,郭亚琳,李富程,等. 岷江上游山区聚落生态位地理特征与驱动因子间关系研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2016, 25 (11): 1687-1696.
- Fan Min, Guo Yalin, Li Fucheng, et al. Study on relationships between geographical features of mountainous settlement ecological niche and driving factors in the upper reaches of Min River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016, 25 (11): 1687-1696.
- [22] 樊敏,郭亚琳,李富程,等. 岷江上游山区聚落生态位空间分布特征研究[J]. *地理科学*, 2017, 37 (3): 464-472.

- Fan Min, Guo Yalin, Li Fucheng, et al. Spatial distribution characteristics of mountainous settlement ecological niche in the upper reaches of the Minjiang River [J]. *Geographical Science*, 2017, 37(3): 464-472.
- [23] 李炫, 杨本勇, 范建容, 等. 基于流域单元的岷江上游泥石流危险性评价[J]. *水土保持研究*, 2015, 22(6): 335-339.
- Li Xuan, Yang Benyong, Fan Jianrong, et al. Assessment on the hazard of debris flows in the Upper Min River based on the watershed catchment-unit[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2015, 22(6): 335-339.
- [24] 李铭杨. 泥石流胁迫下岷江上游小流域宜居性研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2022.
- Li Mingyang. Study on livability of small watershed in the upper reaches of Minjiang River under debris flow stress[D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2022.
- [25] 徐新良. 中国气象要素年度空间插值数据集[EB/OL]. 中国科学院资源环境科学数据中心数据注册与出版系统, 2010. <http://www.resdc.cn/>.
- [26] 徐新良. 中国植被指数遥感反演数据集[EB/OL]. 中国科学院资源环境科学数据中心数据注册与出版系统, 2010. <http://www.resdc.cn/>.
- [27] 刘建国, 张文忠. 人居环境评价方法研究综述[J]. *城市发展研究*, 2014, 21(6): 46-52.
- Liu Jiangguo, Zhang Wenzhong. Review of habitat environment assessment method[J]. *Urban Development Studies*, 2014, 21(6): 46-52.
- [28] 阮沈勇, 黄润秋. 基于 GIS 的信息量法模型在地质灾害危险性区划中的应用[J]. *成都理工学院学报*, 2001, 28(1): 89-92.
- Ruan Shenyong, Huang Ruiqiu. Application of GIS-based information model on assessment of geological hazards risk [J]. *Journal of Chengdu University of Technology*, 2001, 28(1): 89-92.
- [29] 唐焰, 封志明, 杨艳昭. 基于栅格尺度的中国人居环境气候适宜性评价[J]. *资源科学*, 2008(5): 648-653.
- Tang Yan, Feng Zhiming, Yang Yanzhao. Evaluation of climate suitability for human settlement in China [J]. *Resources Science*, 2008(5): 648-653.
- [30] 郝慧梅, 任志远. 基于栅格数据的陕西省人居环境自然适宜性测评[J]. *地理学报*, 2009, 64(4): 498-506.
- Hao Huimei, Ren Zhiyuan. Evaluation of nature suitability for human settlement in Shanxi Province based on grid data[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(4): 498-506.
- [31] 林传红, 张胜武. 安徽省乡村人居环境评价及空间格局分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2022, 43(3): 198-205.
- Lin Chuanhong, Zhang Shengwu. Evaluation of rural human settlement environment and analysis of spatial pattern in Anhui province[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(3): 198-205.
- [32] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 基于 GIS 的中国人居环境指数模型的建立与应用[J]. *地理学报*, 2008, 63(12): 1327-1336.
- Feng Zhiming, Tang Yan, Yang Yanzhao, et al. Establishment and application of human settlements environment index model (HEI) based on GIS[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(12): 1327-1336.
- [33] 俞勇军, 陆玉麒. 江西省耕地变化及保护策略[J]. *长江流域资源与环境*, 2004(3): 234-239.
- Yu Yongjun, Lu Yuqi. Changing tendency and protection strategy for cultivated land in Jiangxi Province[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2004(3): 234-239.

(责任编辑 王绪迪)