

基于 AHP-PSO 法的沱江流域农村人居环境研究

李华东¹, 奉凯文¹, 姜影^{2*}, 吴玥³ (1. 西华大学建筑与土木工程学院, 四川成都 610036; 2. 成都建工工业设备安装有限公司, 四川成都 610042; 3. 四川师范大学工学院, 四川成都 610101)

摘要 从自然生态环境、农村基础设施、建筑质量与设计、社会关系及服务 4 个维度构建农村人居环境满意度评价指标体系, 基于森林覆盖率、工业化率、城镇化率、空气质量指数、水质监测和声环境达标率的综合评定选定研究区域, 运用层次分析法(AHP 法)对沱江流域农村人居环境交互性治理进行层次分解, 粒子群优化算法(PSO 法)辅助修正打分矩阵, 确定指标权重, 探究影响农村人居环境质量的因素。结果表明, 人居环境是乡村振兴的短板, 总体水平较低, 提升空间较大。社会主义政策体制下的社会关系及服务得到了民生的肯定。农户对农村自然生态环境不满意程度最高, 综合不满意率达 47.7%。当前农户建筑质量和设计较满意。稳步改善生态环境的基础上, 落实所需政策、技术、资金等, 加强农村人居环境整治效果评价方法。

关键词 农村人居环境; 评价指标体系; 层次分析法; 粒子群优化算法

中图分类号 D 422.6 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)03-0057-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.03.013



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research on Rural Human Settlement Environment in Tuojiang River Basin Based on AHP-PSO Method

LI Hua-dong¹, FENG Kai-wen¹, JIANG Ying² et al (1. School of Architecture and Civil Engineering, Xihua University, Chengdu, Sichuan 610036; 2. Chengdu Construction Engineering Industrial Equipment Installation Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610042)

Abstract The evaluation index system of satisfaction degree of rural human settlements was constructed from four dimensions of natural ecological environment, rural infrastructure, building quality and design, social relations and services. The research area was selected based on the comprehensive evaluation of forest coverage, industrialization rate, urbanization rate, air quality index, water quality monitoring and acoustic environment compliance rate. Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to hierarchically decompose the interactive governance of rural human settlements in the Tuojiang River basin. Particle Swarm Optimization (PSO) was used to assist in revising the scoring matrix, determining the index weight, and exploring the factors affecting the quality of rural human settlements. The results showed that the human settlement environment was the weak point of rural revitalization, the overall level was low, and there was much room for improvement. Social relations and services under the socialist policy system had been affirmed by the people's livelihood. Farmers were the most dissatisfied with the rural natural ecological environment, with a comprehensive dissatisfaction rate of 47.7%. At present, the construction quality and design of farmers were relatively satisfactory. On the basis of steadily improving the ecological environment, implement the required policies, technologies, funds, etc., and strengthen the evaluation method of rural human settlements improvement effect.

Key words Rural residential environment; Evaluation index system; Analytic hierarchy process; Particle swarm optimization algorithm

人居环境是由人居环境主体(人和社会)与人居环境客体(自然、居住、支撑条件)相互作用共同形成的以人居活动为特征的综合地域系统。李陈等^[1]利用变异、基尼和泰尔系数、收敛和发散分析, 得出影响农村人居环境的因素; 彭超等^[2]利用熵权法从多个维度建立人居环境质量指标体系; 闵师等^[3]采用代理变量计量经济模型 Logit 研究农户参与农村人居环境整治的影响因素; 谭少华等^[4]采用质性研究方法结合行动者网络模型对农村人居环境进行了研究。目前, 有关农村人居环境的状态理论与实践研究成果甚少, 多偏于乡村规划、环境治理、乡村转型的研究, 忽略了研究主体——农户, 更缺乏对农村人居环境整治多个影响因子的交互分析。农村人居环境整治是 2020 年全面建成小康战略目标的社会短板, 是实现乡村振兴战略目标的必然要求, 是破解新时代社会主要矛盾的有效途径, 是建设生态宜居美丽乡村的重要内容^[5]。

沱江为长江上游支流, 当前四川污染最严重的的河流。沱江流经成都、自贡、泸州、德阳、绵阳、内江、乐山、眉山、宜

宾、资阳 10 地市。近年来, 随着我国现代化的快速发展, 已由原来追求“经济型”发展转变为“绿水青山就是金山银山”的发展模式。沱江流域地区的环境整治, 前期成立流域水污染防治专家团、省政府治理研讨及立法调研^[6], 出台《沱江流域“一河一策”保护方案》, 同时坚持系统治水的高规格落实河长制、高水平规划引领、高起点流域补偿机制和高要求立法保障来确保打好沱江攻坚战^[7]。推行《沱江流域水污染防治整体规划(2017—2020 年)》《沱江流域水质达标三年行动方案(2018—2020 年)》。十九大提出乡村振兴战略, 相继推出《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》《农村人居环境整治三年行动方案》《中共中央国务院关于坚持农业农村优先发展 做好“三农”工作的若干意见》等, 把相关政府和研究人员的眼光, 从改善环境、治理污染的怎么治理吸引到了为什么而治、为谁治的新空间。随着川渝地区城镇化的加快发展, 沱江流域地区农村人居环境问题裸露严重。因此, 非常有必要对沱江流域农村人居环境问题进行综合评估, 为制定可持续发展策略提供科学依据。

1 研究对象和案例区域的选取

1.1 研究对象 该研究以沱江流域地区农村人居环境问题为研究对象。基于已有研究基础上, 降低人居环境客体对最终研究目的的影响, 减小调研结果的误差, 统计了沱江流域包含了成都^[8]、自贡^[9]、泸州、德阳^[10]、绵阳^[11]、内江^[12]、乐

基金项目 四川省社会科学重点研究基地沱江流域高质量发展研究中心项目(TJGZL2019-13)。

作者简介 李华东(1976—), 男, 四川彭州人, 副教授, 博士, 从事技术经济及管理、环境科学及管理等方面的研究。* 通信作者, 硕士研究生, 研究方向: 资源环境科学及管理。

收稿日期 2022-03-27

山、眉山^[13]、宜宾、资阳共 10 地市,根据对环境整治数理统计和调研的合理应用,针对森林覆盖、城镇化进度、工业改进、空气质量、声环境质量和流域水质质量等进行了分析。

1.2 案例区域的选取 根据沱江流域地市区域的数理统计,森林面积为 47.92 万 hm^2 ,森林覆盖率为 44.52%,城镇化率为 50.59%,工业化率为 41.44%;空气质量指数(AQI)变化趋势几个环保重点城市变化趋势基本一致,成都、自贡、宜宾、泸州等市 AQI 出现过较高水平现象,受冬季静稳天气影响,多地 $\text{PM}_{2.5}$ 为首要污染物。根据综合流域水质监测信息和声环境达标率情况,将数据统计分析与实地调研相结合,选定地处四川盆地南部、沱江下游,东邻内江市隆昌县,西靠自贡市沿滩区,南接泸州市,距省会成都约 250 km 的自贡市富顺县(图 1)作为研究对象。

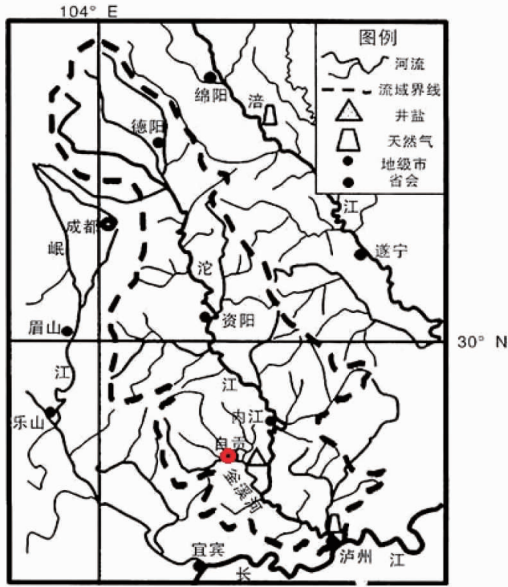


图 1 四川省自贡市富顺县地理位置

Fig. 1 Location of Fushun County, Zigong City, Sichuan Province

2 评价体系

2.1 评价对象 实施乡村振兴战略,将其作为新时代决胜全面建成小康社会实施的七大战略之一^[14],人居环境的主体是人,农村想要持续发展,究其根本还要依托环境。基于 2016 年住房和城乡建设部公布的新版中国人居环境评价指标体系,笔者认为农村人居环境质量问题可以用农村人居环境满意度评价体系呈现,将农村人居环境分为自然生态环境、农村基础设施、住房质量与设计、社会关系及服务 4 个维度,结合公共物品理论和数学方法理论,通过数据搜索和实地问卷调查的形式,对农村人居环境中农民满意度的评价进行深入研究。从农户的视角探寻农村人居环境整治中存在的主要问题,明确后期沱江流域地区环境治理的重点领域,选定自贡市富顺县作为研究对象,在 2019 年 12 月 12 日对该县 65 家农户进行走访式的问卷调查,有效问卷 62 份,失效 3 份,回收率 95%,问卷中各项指标满意程度均分为 9 个等级,即同样重要、稍微重要、比较重要、非常重要、绝对重要、稍微不重要、比较不重要、非常不重要和绝对不重要。

2.2 评价指标

2.2.1 自然生态环境。自然生态环境是指存在于人类社会周围并对人类的生存和发展产生直接或间接影响的各种天然形成的物质和能量的总体。自然环境和生态环境是聚居产生并发挥其功能的基础,人类安身立命之所。就当前研究的区域,通过交互分析,对农村环境而言,饮用水质量、生活污水处理、化肥农药污染处理、河流污染处理是生态治理的体现。环境的好坏又因生物多样性保护、土地资源保护与利用来回馈,其还包括人禽粪便处理等。

2.2.2 农村基础设施。农村基础设施是提升农户幸福感和满足感的重要物质基础,是带动农户积极参与环境治理和环境建设的保障。水是文明之源、文化之源,其不仅是资源要素,更是文化元素^[15]。沱江流域地区水资源前期污染严重,相比于城市,农村发展较为缓慢,更应重视自来水入户的情况。浙江获得联合国最高环保荣誉“地球卫士奖”,参照其相关基础设施研究还包含垃圾回收站、道路交通网络、网电通信系统、清洁能源推广和公厕数量与质量等。

2.2.3 建筑质量与设计。建筑质量与设计涉及的因素有农户居住密度、房屋周围景观设计、通风采光性能、保温隔热隔音和住房人居公摊面积。

2.2.4 社会关系及服务。社会关系及服务主要指公共管理与法律、社会关系、文化特征、经济发展和健康与福利等,涉及由人群组成的社会团体相互交流的体系,对于农村而言具体指代周边商业网电、学校数量与质量、农村医疗保障、农业技术推广、村治安形势和邻里关系等。

综合以上自然生态环境、基础设施、建筑质量与设计、社会关系及服务方面的指标,构建出了农村人居环境满意度评价指标体系,如图 2 所示。该指标体系充分反映了人居环境主体与人居环境客体间相互影响而作用于农村人居环境整治的主要因素。

3 评价模型与数据计算

3.1 指标数据来源 《中国统计年鉴》、四川生态环境厅公示信息和四川生态农业网等。

3.2 权重计算 在现实生活中所呈现的问题往往都是由多类影响因素聚合而成的综合问题,综合指标便是由各类指标聚合而成用来反映目标层的现状程度的方式^[16]。层次分析法提供了一个指标聚合层次框架,可将难以量化且复杂的决策系统层次化,通过逐层多因素之间比较,利用各种关联因素的重要性为分析、决策提供定量的依据。粒子群优化算法规避 AHP 常出现的不一致或漏缺、较小主观影响和知识水平等无关影响因子。

3.2.1 层次分析法。层次分析法(AHP)是 20 世纪 70 年代由美国运筹学家萨迪教授提出的一种多准则决策方法。它把一个复杂问题分解成组成因素,并按支配关系形成层次结构,然后用两两比较方式确定决策方案的相对重要性^[17]。该研究以 $B_1 \sim B_4$ 、 $C_1 \sim C_7$ 、 $C_8 \sim C_{13}$ 、 $C_{14} \sim C_{18}$ 、 $C_{19} \sim C_{24}$ 为对象进行偏好评估。

首先,构建判断矩阵 P (正交矩阵),用 p_{ij} 表示第 i 个因

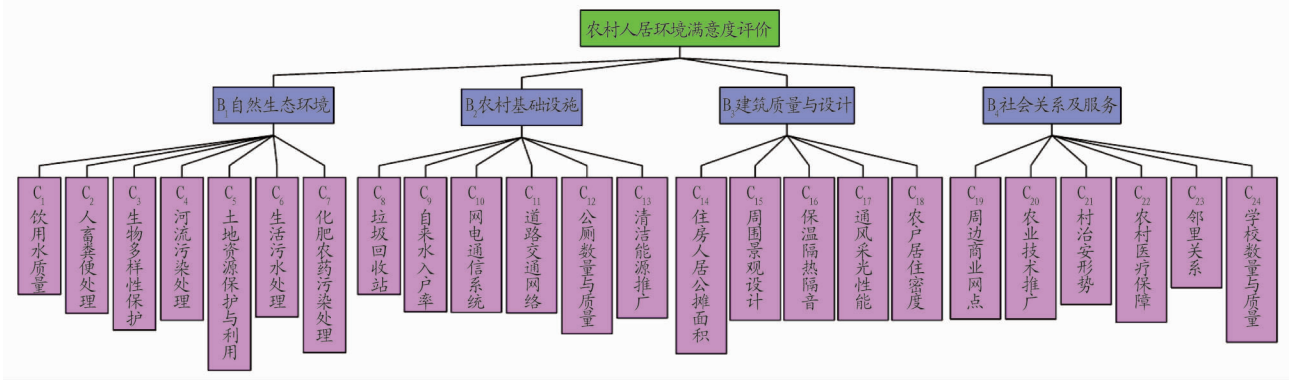


图 2 农村人居环境满意度评价指标体系

Fig. 2 Evaluation index system of satisfaction degree of rural human settlement environment

素相对于第 j 个因素的比较结果。

$$P=\begin{bmatrix}u_{11}&\cdots&u_{1n}\\\vdots&&\vdots\\u_{n1}&\cdots&u_{nn}\end{bmatrix}\tag{1}$$

根据判断矩阵,求出其最大特征根 $\lambda_{\max}$ 所对应的特征向量 w :

$$P_{re}=\lambda_{\max}\times w\tag{2}$$

其次,计算一致性指标 CI、随机一致性指标 RI 和一致性比例 CR。当 $CR<0.1$ 时,即认为矩阵具有满意的一致性,否则需要对判断矩阵进行调整。

$$CI=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1}\tag{3}$$

$$CR=\frac{CI}{RI}\tag{4}$$

再次,根据公式(5)计算第 i 位调查对象的第 j 个指标的权重:

$$\alpha_{ij}=C_{ij}\times B_{ij}\tag{5}$$

式中, C_{ij} 指第 i 位调查对象评估的第 j 个指标对应的 C 级权重, B_{ij} 是第 i 位调查对象评估的第 j 个指标对应的 B 级权重。

最后,计算评价指标的平均权重:

$$\alpha_j=\frac{\sum_{i=1}^{24}\alpha_{ij}}{24}\tag{6}$$

3.2.2 粒子群优化算法。粒子群优化算法 (particle swarm optimization, PSO) 是指利用群体中的个体对信息的共享从而使得整个群体的运动在问题求解空间中产生从无序到有序的演化过程,从而获得问题的最优解。将对象抽象成没有质量和体积的一群随机粒子 (随机解),延伸到 N 维空间中,粒子 I 在 N 维空间的位置表示为矢量 $X_i=(x_1,x_2,\cdots,x_N)$,运动速度表示为矢量 $V_i=(v_1,v_2,\cdots,v_N)$,然后通过迭代找到最优解。在每一次的迭代中,粒子通过跟踪 2 个“极值”(pbest, gbest)来更新自己。在找到这 2 个最优值后,粒子通过下面公式来进行更新。

$$V_{i+1}=V_i+c_1\times\text{rand}(0-1)\times(\text{pbest}_i-X_i)+c_2\times\text{rand}(0-1)\times(\text{gbest}_i-X_i)\tag{7}$$

$$X_{i+1}=X_i+V_i\tag{8}$$

式中, $i=1,2,\cdots,M$; M 是该群体中粒子的总数; V_i 是粒子的速度;pbest 为个体最优值;gbest 为全局最优值;rand(0-1)为介于(0,1)的随机数; X_i 是粒子的当前位置。 c_1 和 c_2 是学习因子,通常取 $c_1=c_2=2$ 。每一维粒子不能超过最大速度 $V_{\max}$,如果某一维的速度超过设定的 $V_{\max}$,那么这一维的速度就被限定为 $V_{\max}$ 。

3.3 计算结果 运用层次分析法计算相对权重,采用 PSO 对打分矩阵进行修正,得出各指标权重,分别是自然生态环境 0.359 5、农村基础设施 0.223 6、建筑质量与设计 0.159 0、社会关系及服务 0.257 9。由表 1 可知,指标层的 24 项影响因子中,按照每项的幂从大到小排列依次是饮

表 1 指标层 C 中要素对决策目标的权重

Table 1 Weights of elements in index level C to decision objectives

指标 Index	综合权重 Comprehensive weight	权重排序 Weight sorting
C ₁	0.104 7	1
C ₂	0.069 3	4
C ₃	0.044 1	9
C ₄	0.051 7	7
C ₅	0.039 0	11
C ₆	0.018 2	22
C ₇	0.032 5	15
C ₈	0.035 5	13
C ₉	0.055 8	6
C ₁₀	0.048 4	8
C ₁₁	0.037 1	12
C ₁₂	0.023 7	19
C ₁₃	0.023 1	20
C ₁₄	0.060 5	5
C ₁₅	0.013 9	23
C ₁₆	0.032 7	14
C ₁₇	0.031 0	16
C ₁₈	0.020 9	21
C ₁₉	0.039 9	10
C ₂₀	0.028 9	17
C ₂₁	0.026 2	18
C ₂₂	0.075 6	2
C ₂₃	0.013 9	24
C ₂₄	0.073 4	3

用水质量(C_1)、农村医疗保障(C_{22})、学校数量与质量(C_{24})、人禽粪便处理(C_2)、住房人居公摊面积(C_{14})、自来水入户率(C_9)、河流污染处理(C_4)、网电通信系统(C_{10})、生物多样性保护(C_3)、周边商业网点(C_{19})、土地资源保护与利用(C_5)、道路交通网络(C_{11})、垃圾回收站(C_8)、保温隔热隔音(C_{16})、化肥农药污染处理(C_7)、通风采光性能(C_{17})、农业技术推广(C_{20})、村治安形势(C_{21})、公厕数量与质量(C_{12})、清洁能源推广(C_{13})、农户居住密度(C_{18})、生活污水处理(C_6)、周围景观

设计(C_{15})、邻里关系(C_{23})。

通过计算,可得目标层 A、指标层 B 的权重向量集 $W_A = (0.411\ 8, 0.261\ 5, 0.137\ 5, 0.189\ 2)$ 、 $W_{B1} = (0.262\ 8, 0.168\ 2, 0.086\ 4, 0.183\ 5, 0.125\ 5, 0.078\ 9, 0.094\ 7)$ 、 $W_{B2} = (0.141\ 8, 0.280\ 8, 0.213\ 5, 0.185\ 2, 0.090\ 6, 0.088\ 1)$ 、 $W_{B3} = (0.319\ 9, 0.233\ 1, 0.172\ 9, 0.163\ 7, 0.110\ 4)$ 、 $W_{B4} = (0.190\ 4, 0.132\ 6, 0.101\ 1, 0.290\ 2, 0.075\ 5, 0.210\ 2)$,各指标权重占比具体如图 3 所示。

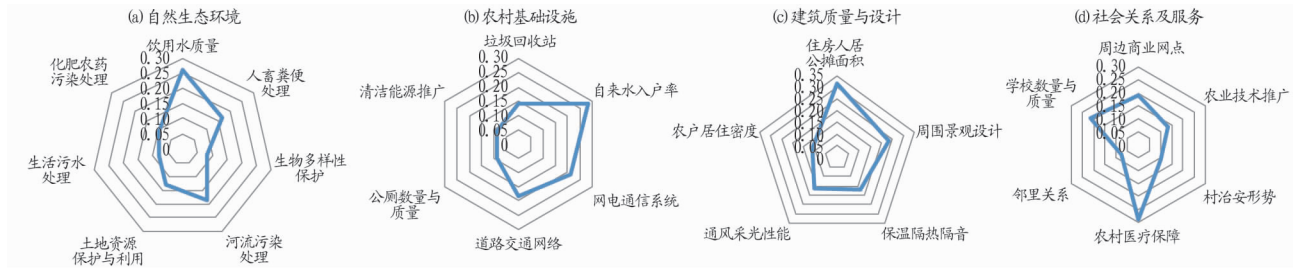


图 3 权重占比

Fig.3 Proportion of weight

3.4 综合评价 设评价矩阵 $V = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$, v_1 表示非常满意, v_2 表示比较满意, v_3 表示一般, v_4 表示不太满意, v_5 表示很不满意。令支持层评价矩阵 $R_k = (r_{ij})_{m \times n}$, $k = 1, 2, 3, 4$; m 为支持层评价指标的个数, n 为评价等级个数, 由问卷调查数据整理统计得出 r_{ij} , r_{ij} 指为支持层评价指标人数与总人数间的比值。即

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.11 & 0.27 & 0.32 & 0.30 \\ 0.20 & 0.20 & 0.20 & 0.20 & 0.20 \\ 0 & 0.11 & 0.20 & 0.17 & 0.25 \\ 0.09 & 0.32 & 0.31 & 0.14 & 0.14 \\ 0.05 & 0.33 & 0.41 & 0.18 & 0.03 \\ 0 & 0.17 & 0.20 & 0.39 & 0.24 \\ 0 & 0.17 & 0.20 & 0.32 & 0.31 \end{bmatrix}$$
$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.05 & 0.08 & 0.31 & 0.43 & 0.13 \\ 0.24 & 0.39 & 0.20 & 0.17 & 0 \\ 0.16 & 0.34 & 0.37 & 0.11 & 0.02 \\ 0.49 & 0.28 & 0.18 & 0.05 & 0 \\ 0.01 & 0.01 & 0.09 & 0.55 & 0.33 \\ 0.20 & 0.30 & 0.30 & 0.20 & 0 \end{bmatrix}$$
$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.48 & 0.29 & 0.17 & 0.06 & 0 \\ 0.06 & 0.08 & 0.27 & 0.31 & 0.28 \\ 0.01 & 0.13 & 0.49 & 0.25 & 0.12 \\ 0.28 & 0.37 & 0.29 & 0.05 & 0.01 \\ 0.29 & 0.48 & 0.17 & 0.06 & 0 \end{bmatrix}$$
$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.10 & 0.27 & 0.37 & 0.20 & 0.06 \\ 0.02 & 0.15 & 0.32 & 0.31 & 0.20 \\ 0.20 & 0.40 & 0.20 & 0.20 & 0 \\ 0.28 & 0.37 & 0.29 & 0.05 & 0.01 \\ 0.12 & 0.40 & 0.40 & 0.08 & 0 \\ 0.12 & 0.27 & 0.55 & 0.06 & 0 \end{bmatrix}$$

得到目标层指标评价矩阵

$$R = \begin{bmatrix} W_{B1}R_1 \\ W_{B2}R_2 \\ W_{B3}R_3 \\ W_{B4}R_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.056 & 0.202 & 0.265 & 0.242 & 0.235 \\ 0.218 & 0.274 & 0.247 & 0.209 & 0.053 \\ 0.247 & 0.247 & 0.268 & 0.149 & 0.088 \\ 0.157 & 0.306 & 0.363 & 0.133 & 0.041 \end{bmatrix}$$

则目标层的模糊综合矩阵

$$WR = [0.144 \quad 0.247 \quad 0.279 \quad 0.200 \quad 0.130]$$

通过表 2 的统计描述评价可见,第一,农户对农村的总体满意度评价中自然生态环境、建筑质量与设计、社会关系及服务表现为一般,农村基础设施总体比较满意,总体处于较低水平,提升空间较大。农村人居环境仍是乡村发展不充分的表象,是乡村振兴的短板。第二,农户对社会关系及服务在 AHP 模型权重占比排第 3 位,最终统计对比满意度较高,且总体不满意意见较小。国家较快较好的发展,社会主义政策体制下的社会关系及服务得到了民生的肯定。第三,农户对农村自然生态环境不满意程度最高,综合不满意率达 54.7%。其主要影响来自饮用水质量、农村人禽粪便处理和河流污染没有得到有效治理。第四,农户对农村建筑质量与设计满意度最高。特别是住房人居公摊面积满意度较高,高达 77%。但周围景观设计、保温隔热隔音相对较低,追求生活最佳舒适质量有待提高。

4 结论

从全局元素来看,农村人居环境问题是乡村振兴的突出短板。一方面评价矩阵统计数据可能看出,当前农户对河流污染处理自来水入户率、道路交通网络、住房人居公摊面积和农村医疗保障满意度评分较高。另一方面,问卷调查回收反映的农村人居环境满意指标权重排序中饮用水质量、农村医疗保障、学校数量与质量、人禽粪便处理和住房人居公摊面积排前 5 位,作为农户评价人居环境满意度较为关心的指标。对比两者,可看出提高自来水入户率以此提高饮用水质量得到有利回馈,当前农户对自家人居公摊面积和农村医疗保障普及也较为满意。相比可折射出沱江流域地区农户们

比较关注学校数量与质量,人禽粪便处理也还未推广和有待提高。

表 2 农村人居环境评价指标统计性描述

Table 2 Statistical description of assessment indicators of rural human settlements

评价对象 Evaluation object	非常满意 Very satisfied %	比较满意 More satisfactory %	一般 Generally %	不太满意 Not very satisfied/%%	不满意 Dissatisfied %	总体满意度评价 Overall satisfaction rating
自然生态环境 Natural ecological environment	5.6	20.2	26.5	24.2	23.5	一般
农村基础设施 Rural infrastructure	21.8	27.4	24.7	20.9	5.3	比较满意
建筑质量与设计 Building quality and design	24.7	24.7	26.8	14.9	8.8	一般
社会关系及服务 Social relations and services	15.7	30.6	36.3	13.3	4.1	一般
农村人居环境 Rural residential environment	14.4	24.7	27.9	20.0	13.0	一般

沱江流域农村人居环境整治过程中,第一,应明确其主体国家、基层政府、农户和企业扮演的角色,其功能和作用的不同,提倡主体博弈行为研究,推动可持续发展。第二,以村庄规划为导向,推进农村环境整治。人居环境整治实践层面来看,明确具体目标及重点任务,地域环境、社会条件、风土人情以及民族特色差异,提出整治内容的优先序,避开“千篇一律”,专区专项专治的针对性整治方案。第三,提高农村人居环境整治保障,落实所需政策、技术、资金等。经济是发展的基础,政策是建设的依托,技术是实践的手段,持续推进强村富民。第四,加强农村人居环境整治效果评价方法,正确、精准地评价整治效果,及时纠偏补救。

参考文献

[1] 李陈,赵锐,汤庆园. 基于分省数据的中国农村人居环境时空差异[J]. 生态学杂志,2019,38(5):1472-1481.

[2] 彭超,张琛. 农村人居环境质量及其影响因素研究[J]. 宏观质量研究,2019,7(3):66-78.

[3] 闵师,王晓兵,侯玲玲,等. 农户参与人居环境整治的影响因素:基于西南山区的调查数据[J]. 中国农村观察,2019(4):94-110.

[4] 谭少华,高银宝,杨林川,等. 基于行动者网络的农村人居环境综合整治研究:以重庆市垫江县毕桥片区为例[J]. 规划师,2019,35(19):54-61.

[5] 于法稳,郝信波. 农村人居环境整治的研究现状及展望[J]. 生态经济,2019,35(10):166-170.

[6] 闫新宇,唐千惠. 沱江水污染治理的“四川行动”[J]. 经营管理者,2018(9):60-62.

[7] 于会文. 打好沱江污染治理攻坚战探索与实践[J]. 环境保护,2018,46(24):37-39.

[8] 熊勇. 森林资源规划设计调查[M]//《成都年鉴》编辑部. 2018 成都年鉴. 北京:新华出版社,2019.

[9] 肖德如. 自贡市森林资源管理暂行办法[M]//《自贡年鉴》编辑部. 2000 自贡年鉴. 成都:巴蜀书社,2001.

[10] 杨震. 森林资源保护[M]//《德阳年鉴》编辑部. 2016 德阳年鉴. 北京:新华出版社,2017.

[11] 余正道. 森林资源管护[M]//《绵阳年鉴》编辑部. 2017 绵阳年鉴. 北京:方志出版社,2018.

[12] 余崇威. 森林病虫害防治[M]//《内江年鉴》编辑部. 2017 内江年鉴. 成都:四川科学技术出版社,2018.

[13] 杨文,刘光伟. 国家森林城市创建[M]//《眉山年鉴》编辑部. 2018 眉山年鉴. 北京:新华出版社,2019.

[14] 原超,黄天梁. 使乡村运转起来:乡村振兴战略的理论内核与行动框架[J]. 中共党史研究,2019(2):15-23.

[15] 李涛,尹维杰. “五水共治”的文化内涵及其战略意义[J]. 中共浙江省委党校学报,2017,33(5):70-76.

[16] BECKER W,SAISANA M,PARUOLO P,et al. Weights and importance in composite indicators:Closing the gap[J]. Ecological indicators,2017,80:12-22.

[17] 孙宏才,田平,王莲芬. 网络层次分析法与决策科学[M]. 北京:国防工业出版社,2011.

(上接第 56 页)

[9] 赵于震. 屏东九如地区黄缘萤栖息地环境调查研究[D]. 屏东:国立屏东科技大学,2012.

[10] KAZAMA S,MATSUMOTO S,RANJAN S P,et al. Characterization of firefly habitat using a geographical information system with hydrological simulation[J]. Ecological modelling,2007,209(2/3/4):392-400.

[11] PHILLIPS S J,ANDERSON R P,SCHAPIRE R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions[J]. Ecological modelling,2006,190(3/4):231-259.

[12] WIDYASTUTI S,PERWITASARI-FARAJALLAH D,PRASETYO L B,et al. Maxent modelling of habitat suitability for the endangered javan gibbon (*Hylobates moloch*) in less-protected Dieng Mountains, Central Java [J]. IOP conference series:Earth and environmental science,2020,457:1-10.

[13] 刘振生,高惠,滕丽微,等. 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价[J]. 生态学报,2013,33(22):7243-7249.

[14] 何健容. 台湾 21 种萤科幼虫之形态及生物学[D]. 台中:国立中兴大学,2002.

[15] 罗肿,徐卫华,周志翔,等. 基于生态位模型的秦岭山林麝生境预测[J]. 生态学报,2011,31(5):1221-1229.

[16] MANEL S,WILLIAMS H C,ORMEROD S J. Evaluating presence-absence models in ecology:The need to account for prevalence [J]. Journal of applied ecology,2010,38(5):921-931.

[17] 唐书培,穆丽光,王晓玲,等. 基于 MaxEnt 模型的赛罕乌拉国家级自然保护区斑羚生境适宜性评价[J]. 北京林业大学学报,2019,41(1):102-108.

[18] 王运生,谢丙炎,万方浩,等. ROC 曲线分析在评价入侵物种分布模型中的应用[J]. 生物多样性,2007,15(4):365-372.

[19] 付新华. 中国大陆两种水栖萤火虫生物学及行为学研究[D]. 武汉:华中农业大学,2005.

[20] 付新华,OHBA NOBUYOSHI,王余勇,等. 条背萤的闪光求偶行为[J]. 昆虫学报,2005,48(2):227-231.