

# 基于GIS的重庆市巫山县乡村物流共同配送中心选址优化

覃佳, 陈垚钰, 唐茜羽, 彭丽

重庆工商大学公共管理学院, 重庆

收稿日期: 2025年11月23日; 录用日期: 2025年12月14日; 发布日期: 2025年12月25日

## 摘要

乡村振兴背景下, 针对巫山县乡村物流网点分布不均、可达性差等问题, 研究通过空间与网络分析提出优化方案: 划分一级中心2个、二级点7个、三级网点87个, 并建议加强合作配送、基础设施投入及人才培养, 以提升物流效率, 促进农村发展。成果对类似地区具有借鉴意义。

## 关键词

乡村物流, 共同配送中心, GIS, 选址优化

# Location Optimization of Rural Logistics Joint Distribution Centers in Wushan County, Chongqing Based on GIS

Jia Qin, Yuyao Chen, Xiyu Tang, Li Peng

School of Social and Public Management, Chongqing Technology and Business University, Chongqing

Received: November 23, 2025; accepted: December 14, 2025; published: December 25, 2025

## Abstract

Under the background of rural revitalization, in response to the problems of uneven distribution and poor accessibility of rural logistics networks in Wushan County, this study proposes an optimization plan through spatial and network analysis: dividing into 2 first-level centers, 7 second-level points, and 87 third-level networks. It also suggests strengthening cooperative distribution, infrastructure investment, and talent cultivation to enhance logistics efficiency and promote rural development. The results have reference significance for similar regions.

文章引用: 覃佳, 陈垚钰, 唐茜羽, 彭丽. 基于GIS的重庆市巫山县乡村物流共同配送中心选址优化[J]. 管理科学与工程, 2026, 15(1): 10-22. DOI: 10.12677/mse.2026.151002

## Keywords

Rural Logistics, Common Distribution Center, GIS, Location Optimization

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在乡村振兴战略推动下，国家持续优化县乡村物流网络，农村电商与冷链物流需求增长迅速。截至2024年，全国已建成超过33.78万个村级寄递服务站，物联网、大数据等技术正推动乡村物流智能化发展。然而，中西部山区受制于地形复杂、村落分散，仍面临配送成本高、时效差等问题。

巫山县以山地为主，村落分散，物流难度大、成本高，且易受自然灾害影响。当地特色农产品资源丰富，亟需构建高效物流体系以打通外销通道。为此，本文选取巫山县作为研究对象，结合实地调研与ArcGIS技术，探索乡村物流共同配送中心的优化路径，以助力区域发展，并为类似地区提供参考。

## 2. 文献回顾与研究设计

### 2.1. 文献综述

随着电商发展与城乡物流需求增长，乡村物流配送已成为重要研究课题，实现高效、低成本配送是当前关键挑战。

国外研究起步较早，侧重于模式创新与技术应用。如Li等[1]提出“联合配送+众包”模式，结合遗传算法优化选址，有效降低成本、提升资源利用率；Lorenzo-Espejo等[2]发现快递员工作量与未完成率正相关，建议通过合理派单与路线优化提升效率。此外，智能算法如机器学习在AGV调度[3]中的应用，也为乡村物流自动化提供了技术支持。

国内研究在设施选址方面形成了特色方法体系。早期研究已关注地形对设施布局的影响，如阙泽胜等[4]强调需结合三维地形修正通行成本；谢小华等[5]利用GIS优化医疗设施布局，提升服务效率。近年来，马宇等[6]通过随机森林实现人口空间化，评估教育资源可达性；王丽娟等[7]构建AHP-GIS评价体系用于山地光伏选址；徐苗等[8]改进高斯两步移动搜索法，指出供需匹配比交通条件更重要。这些研究为山地乡村物流的节点协作与路径规划提供了重要参考。

### 2.2. 研究方法

#### 2.2.1. 问卷调查法

问卷是指为统计和调查所用的、以设问的方式表述问题的表格。问卷法就是研究者用这种控制式的测量对所研究的问题进行度量，从而搜集到可靠的资料的一种方法。

#### 2.2.2. 空间分析法

1、最邻近指数：通过计算实际最邻近距离与理论最邻近距离的比值来判断点要素的空间分布模式。当 $R=1$ 时为随机分布， $R>1$ 为均匀分布， $R<1$ 为集聚分布。

$$\overline{r_E} = \frac{1}{2\sqrt{n/A}} = \frac{1}{2\sqrt{D}} \quad (1)$$

式中,  $A$  代表区域的面积,  $n$  代表点数,  $D$  代表点密度。最后, 计算最邻近指数, 公式为:

$$R = \frac{\bar{r}_1}{r_E} = 2\sqrt{D\bar{r}_1} \quad (2)$$

式中,  $\bar{r}_1$  代表最邻近点之间的距离  $r_1$  的平均值,  $r_E$  代表随机分布模式中最邻近的点的平均距离,  $D$  代表点密度。当  $R=1$  时, 说明现有快递点状要素分布为随机型; 当  $R>1$  时, 说明现有快递点状要素趋于均匀分布; 当  $R<1$  时, 说明现有快递点状要素趋于集聚分布。

2、核密度估计法: 利用核函数计算空间中点要素的密度分布, 通过评估每个网格单元内点的聚集程度来识别高密度区域。

$$f(x, y) = \frac{1}{nh^2} \sum_i^n k\left\{\frac{d_i(x, y)}{h}\right\} \quad (3)$$

式中,  $f(x, y)$  为位于  $(x, y)$  位置的密度估计;  $n$  为观测数值;  $h$  为带宽或平滑指数; 核函数  $k$  是一个权函数;  $d_i(x, y)$  为  $(x, y)$  位置第  $i$  个观测位置的距离。

3、不均衡指数: 用于量化样本在空间分布的集中程度, 其值域为 0 到 1。数值越接近 1 表明分布越不均衡, 越集中分布于特定区域。

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - 50(n+1)}{100n - 50(n+1)} \quad (4)$$

式(4)中:  $n$  为巫山县物流网点的个数;  $Y_i$  为各物流网点数量在巫山县物流网点总数中所占比重从大到小排序后第  $i$  位的累计百分比;  $S$  为不均衡指数,  $S$  在 0~1 之间, 如果  $S=0$ , 表明物流网点在空间上均匀分布, 如果  $S=1$ , 表明物流网点集中分布在某个区域。

4、缓冲区分析法: 通过在地理要素周围建立一定宽度的多边形区域, 来分析和展示这些要素的空间影响范围或服务覆盖区域。

### 2.3. 研究思路与技术路线

本次研究的技术路线如图 1, 首先通过实地调研与问卷, 获取微观“点”尺度现状; 进而运用空间分析方法, 揭示宏观“面”尺度下的空间分布格局及影响因素; 随后采用网络分析法, 评估供需匹配与网点可达性; 最终, 综合上述结果构建布局优化模型, 生成网点布局优化方案。

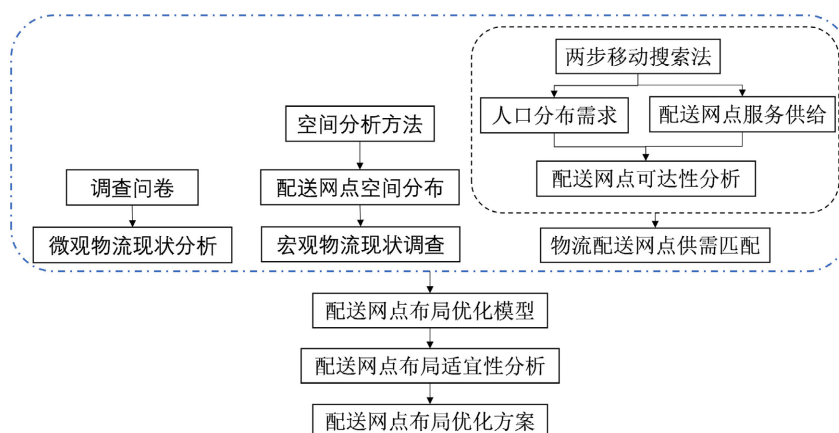


Figure 1. Technical route  
图 1. 技术路线

### 3. 微观“点”尺度的巫山县乡村物流现状调查

#### 3.1. 研究区概况

巫山县位于重庆东部、三峡库区腹地，总面积 2958 平方公里，山地占比超 97%，立体气候明显。2023 年常住人口约 46.25 万，城镇化率 43.39%，地区生产总值 243.34 亿元，农村居民收入增长较快。图 2 是该研究区的区位图。

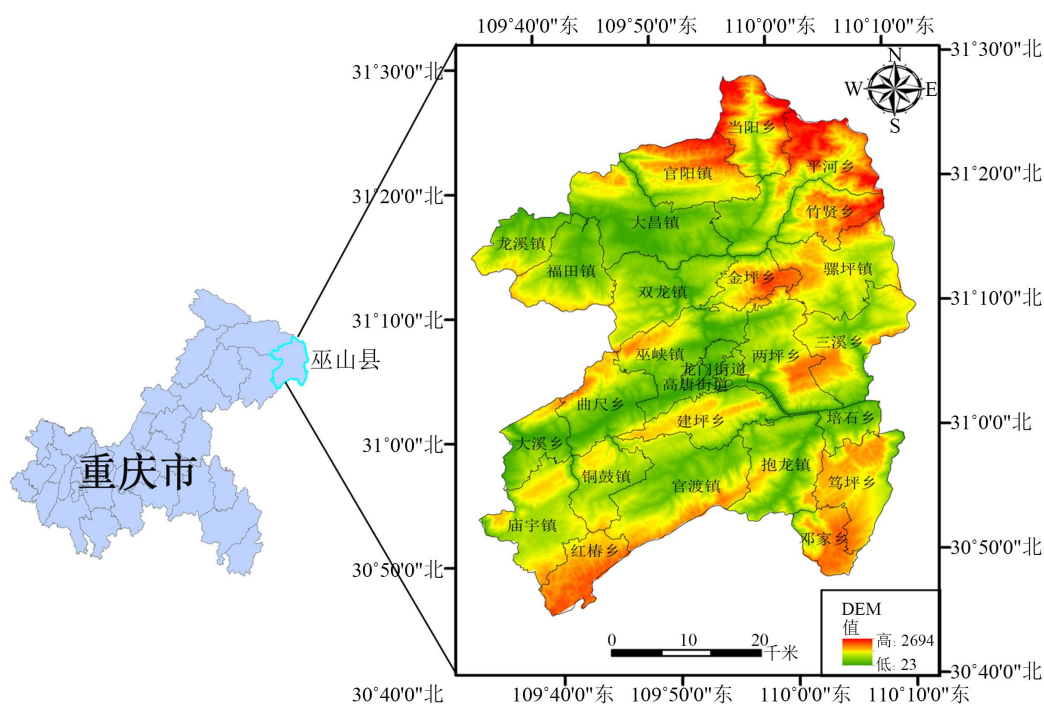


Figure 2. Location map

图 2. 区位图

#### 3.2. 问卷数据分析

实地调研收集的 309 份有效问卷显示，当地居民物流使用频率较低，近四成网点距离居民点超过 3 公里，配送时间普遍较长，70%受访者反映从县级中心到末端网点需 10 小时以上。居民普遍偏好近距离自取快递，尤其关注网点位于居民点中心、临近主干道及公交站点等交通便利位置。当前物流服务主要问题集中在信息更新不及时，其背后与地理环境复杂及资源分散密切相关。这一微观层面的调查数据为后续优化物流网点布局提供了重要的现实依据。

### 4. 宏观“面”尺度的巫山县乡村物流现状调查

#### 4.1. 现状调查

本研究整合行政边界、地形、道路、土地利用、人口分布与现有物流网点 POI 等多源数据，运用最邻近指数、核密度估计、不均衡指数等空间分析方法，系统分析了巫山县乡村物流网点的空间分布格局。结果表明，全县 141 个物流网点呈显著集聚型分布(最邻近指数  $R = 0.39$ )，空间格局极不均衡(不均衡指数  $S = 0.75$ )，呈现“大聚集、小分散”特征。网点高度集中于高唐、龙门等少数街道，而竹贤乡、曲尺乡等 6 个偏远乡镇则全无覆盖，形成明显的服务盲区。



## 4.2. 现有物流配送网点空间分布分析

现有物流网点空间分布分析显示如图 3, 巫山县 141 个网点呈显著集聚型分布, 最近邻指数  $R$  为 0.39 ( $<1$ )。空间格局极不均衡, 不均衡指数达 0.75, 呈现“大聚集、小分散”特征。具体来看, 高唐街道(54 个)和龙门街道(12 个)形成核心集聚区, 而竹贤乡等 6 个乡镇则完全缺乏网点覆盖。核密度分析进一步证实, 服务资源高度集中在少数街道, 大部分乡镇处于服务盲区, 居民获取物流服务极为不便。



Figure 3. Existing logistics network distribution  
图 3. 现有物流网点分布

## 4.3. 乡村物流配送网点空间分布的影响因素

巫山县乡村物流网点的空间分布受到自然与社会因素的综合影响。在自然因素方面, 地形坡度是重要约束条件, 全县大部分区域坡度小于  $15^\circ$ , 现有网点集中分布于高唐街道、龙门街道等坡度较缓地区。长江水系为物流提供低成本运输通道, 促使网点沿水域布局, 但复杂水域环境也限制了选址范围。同时, 土地利用规划直接决定网点布局, 现有网点主要分布在建设用地区域, 而耕地和生态保护区则被规避。

在社会因素层面, 居民点密度与网点分布高度相关, 巫峡镇、高唐街道等高密度居民区成为网点集中区域。道路交通条件显著影响布局, 主干道和交通枢纽附近网点密集, 而庙宇镇、铜鼓镇等远离主干道的乡镇网点稀少。人口分布更是基础性因素, 高唐街道、龙门街道等人口核密度高的区域吸引了大量网点聚集, 形成明显的“中心 - 边缘”分布格局。这些因素共同作用, 塑造了巫山县乡村物流网点“大聚集、小分散”的空间特征。

# 5. 巫山县乡村物流配送网点的供需匹配

## 5.1. 乡村物流配送网点可达性分析

巫山县乡村物流配送网点的可达性分析采用基于矢量路网的服务区生成模型与 OD 矩阵相结合的方

法, 综合考虑交通条件与距离因素, 对物流服务覆盖状况进行系统评估, 结果如表 1 所示。通过设置 100 米至 2500 米多级服务半径的分析显示, 庙宇镇、铜鼓镇等中心镇物流服务范围较广, 服务能力较强; 而竹贤乡、龙溪镇等偏远乡镇服务覆盖明显不足。进一步基于 OD 成本矩阵的步行可达性分析表明, 巫峡镇、龙门街道、高唐街道等区域可达性较好, 居民获取物流服务相对便捷; 而平河乡、竹贤乡等偏远乡镇受地理位置和道路条件限制, 步行可达性较差, 居民获取物流服务面临较大困难。这一分析结果为后续物流网络优化提供了重要依据。

**Table 1.** Distance reduction rule table  
**表 1.** 距离衰减规律表

时间	到达范围	距离衰减规律	备注
5 min	400 m	不发生距离衰减, $y = 1$	
20 min	1600 m	快速衰减, 当位于 1600 m 时, 衰减率 $> 1$ $y = -153.6558x^3 + 419.4504x^2 - 395.9706x + 201.1086$	
30 min	2400 m	衰减减慢, 当距离大于 2400 m 时, 衰减率 $> 1$ $y = -92.8x^3 + 566.6x^2 - 1153.1x + 786.6$	2400 m 以外的网点对出发点的步行指数无影响

注: 式中,  $y$  为衰减率, 单位为%;  $x$  为居民点到物流网点的距离, 单位为 km。表格来源: 翁敏, 李霖, 苏世亮著, 空间数据分析案例式实验教程 IM1. 科学出版社. 2019。

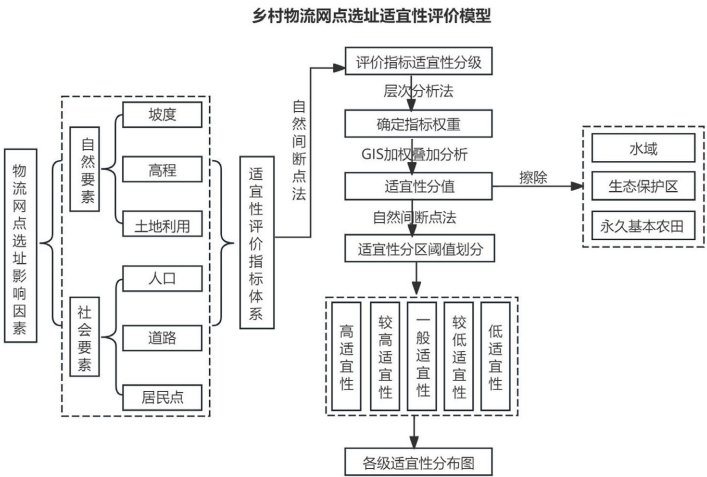
5.2. 乡村物流配送网点供需匹配评价

巫山县乡村物流配送网点供需匹配分析显示, 快递点集中分布于中北部人口密集区, 与人口密度分布存在一定重合, 反映出人口因素对网点布局的重要影响。然而, 区域差异显著: 中北部网点过密可能导致资源浪费, 而南部和西部地区网点稀少, 竹贤乡、曲尺乡等乡镇甚至全无覆盖, 形成服务盲区。这种空间分布的不均衡导致部分地区服务供给过剩与需求无法满足并存, 凸显出当前物流资源配置与区域需求匹配度不足, 亟需优化布局以实现更均衡的供需平衡。

6. 巫山县乡村物流配送网点的供需匹配

6.1. 乡村物流配送网点布局优化模型

巫山县物流配送网点选址适宜性评价技术流程图如图 4:



**Figure 4.** Site suitability evaluation model  
**图 4.** 选址适宜性评价模型

6.1.1. 评价指标体系构建

本研究采用层次分析法构建物流网点选址评价体系，将影响因素划分为目标层、准则层和指标层三个层次。准则层包含自然因素和社会因素两大类，其中自然因素选取坡度、高程和土地利用 3 个指标，社会因素选取人口、居民点和道路 3 个指标。

坡度影响建设成本和交通便利性，坡度越高越不利于网点设置；高程关系到运输效率，较低高程更利于车辆通行；土地利用类型直接决定业务需求，商业和居住用地更适合设点。社会因素中，人口密度决定业务规模，居民点分布影响服务覆盖效率，道路条件则关系到运输时效和辐射范围。通过构建判断矩阵和权重计算，形成了一套完整的选址评价方法体系。

6.1.2. 指标权重的确定

Table 2. Determination of weight indicators  
表 2. 权重指标确定

目标层	准则层	准则层权重	指标层	指标层权重	指标层相对目标层权重
快递点选址适宜性评价	自然因素	0.3333	坡度	0.3325	0.1108
			高程	0.1396	0.0465
			土地利用	0.5278	0.1759
	社会因素	0.6667	人口	0.3874	0.2582
			居民点	0.1692	0.1128
			道路	0.4434	0.2956

6.1.3. 适宜性评价分值的计算

Table 3. Suitability score calculation  
表 3. 适宜性分值计算

适宜性分数		9	7	5	3	1
自然因素	坡度(°)	<2	2~6	6~15	15~25	>25
	高程	<535	535~899	899~1266	1266~1693	>1693
	土地利用	建设用地	未利用地	草地、耕地	林地	水域
社会因素	人口密度(人/km <sup>2</sup> )	<14	14~83	83~217	217~406	>406
	居民点密度(个/km <sup>2</sup> )	>40	30~40	20~30	10~20	<10
	距道路距离(m)	<500	500~1000	1000~2500	2500~5000	>5000

利用 ArcGIS 中的加权叠加分析方法，通过将多个影响因素图层叠加到一起，并为各图层给予适当的权重，进而进行综合评价或分析。该研究分别将 6 个影响因素划分为 5 个适宜性等级，并赋予{9, 7, 5, 3, 1}分值，分值越高说明适宜性越好；根据表 2 中的权重系数和表 3 的适宜性分级，通过 ArcGIS 10.7 软件进行加权叠加分析，计算出巫山县物流网点选址适宜性得分，其中适宜性得分适宜性权重系数与适宜性等级得分。

6.2. 乡村物流配送网点布局适宜性分析

通过 GIS 与 AHP 的综合分析，巫山县快递网点选址适宜性呈现明显空间分异。高适宜区域主要集中在

在巫峡镇等主要乡镇中心，这些区域具备交通便利、人口密集等优势，总面积约 236.22 平方公里，是网点布局的首选区域。较适宜区域分布于乡镇中心及交通干道周边，具有一定的建设潜力。而低适宜区域面积占比最大，多位于边缘地带，因业务量有限、配送成本较高等因素，不宜作为网点选址重点。这一评价结果(图 5)为优化物流网络布局提供了科学依据。

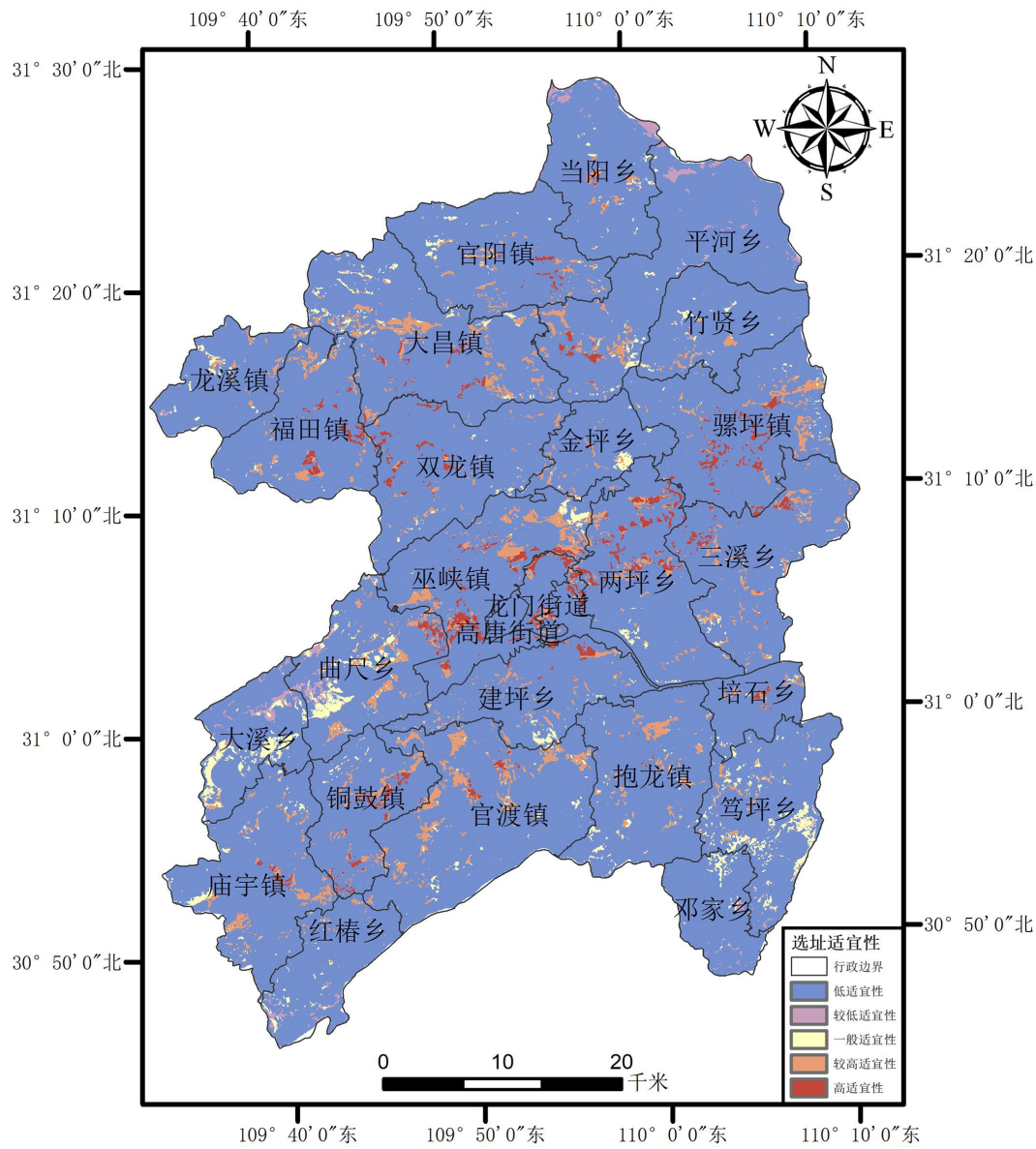


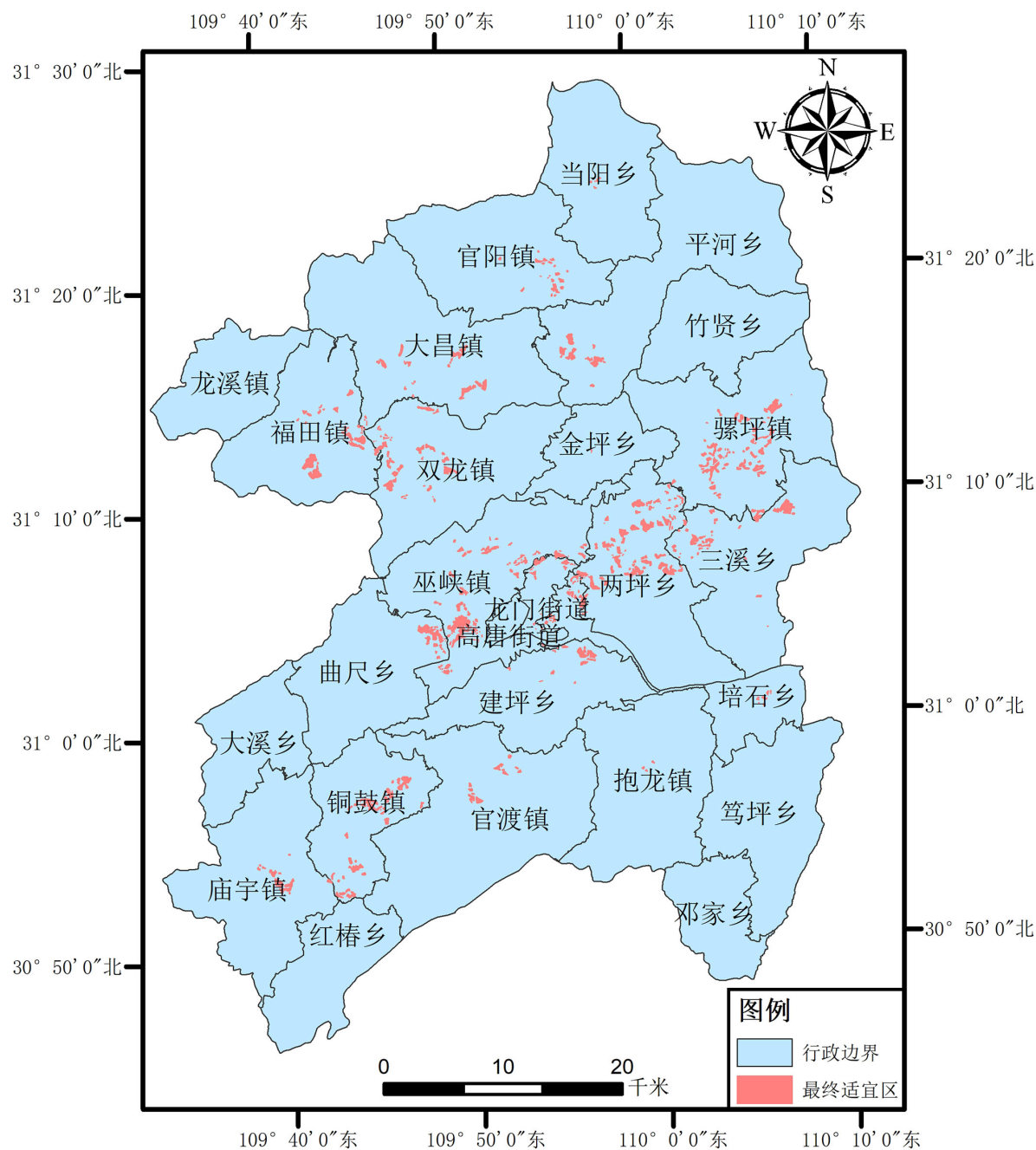
Figure 5. Site suitability  
图 5. 选址适宜性

### 6.3. 乡村物流配送网点布局优化方案

#### 6.3.1. 最佳建设区域选取

在之前对巫山县各区域进行的物流网点适宜性评估中，已经得出了不同等级的适宜性结果，如图 6 所示。这些等级包括了高适宜性、中适宜性、低适宜性等多个层次。而当前的任务是从这些纷繁复杂的

评估结果中，精准地单独提取出最适宜区域的数据。



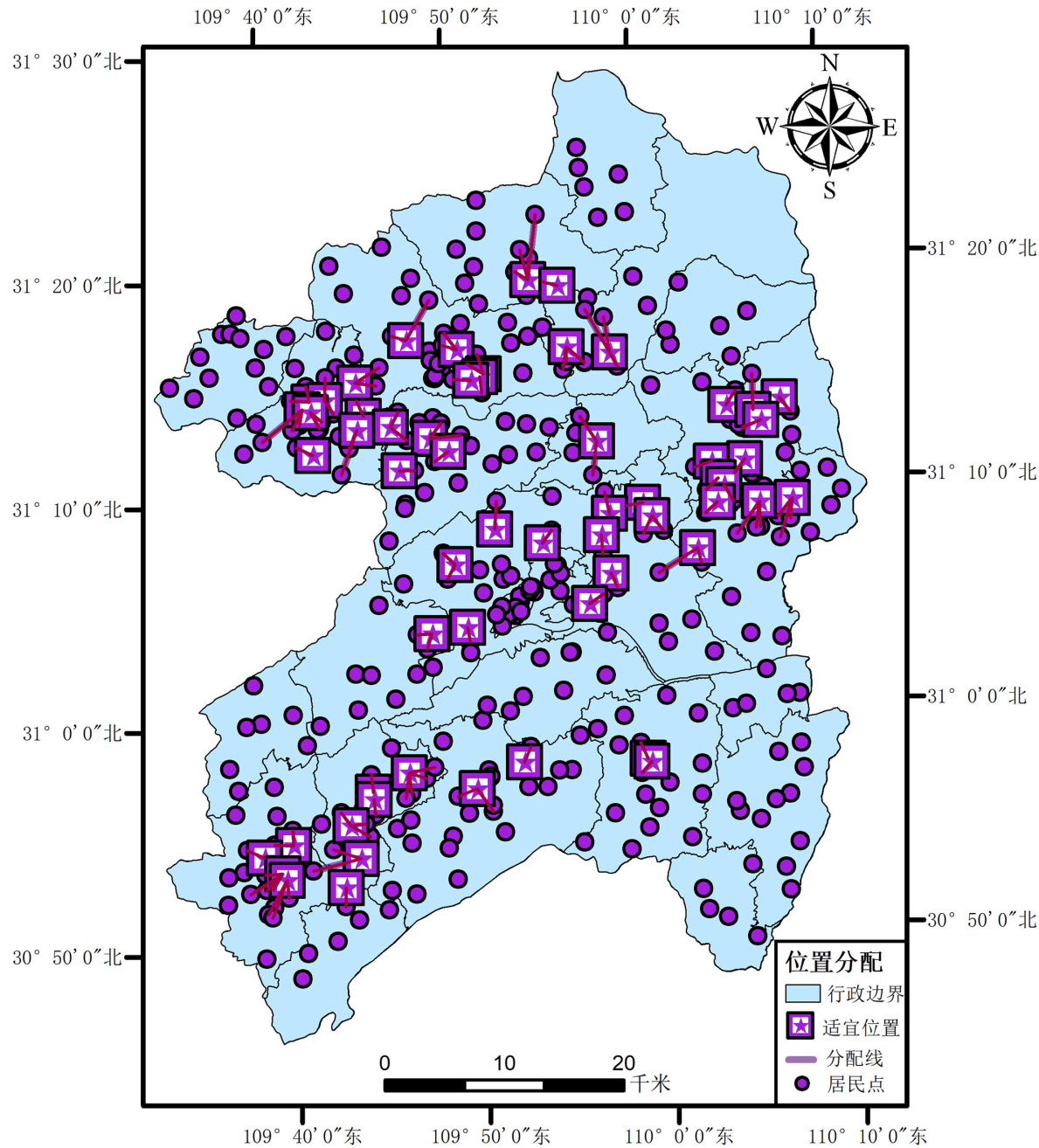
**Figure 6.** Final suitable site area  
**图 6.** 最终选址适宜区

### 6.3.2. 位置分配优化模型

本文采用 GIS 位置分配模型中的最小化设施点数方法进行物流网点布局优化，在控制建设成本的前提下实现服务范围最大化。通过将适宜建设区域的面数据转化为点数据，分析得出 59 个适宜网点位置(图 7)。这些点位在巫山县呈现“相对集中但不均匀”的分布特征，主要集聚在西北部、中部和西南部区域。



该优化结果为网点布局提供了科学依据，既有利于提高物流效率，又能有效节约建设成本。

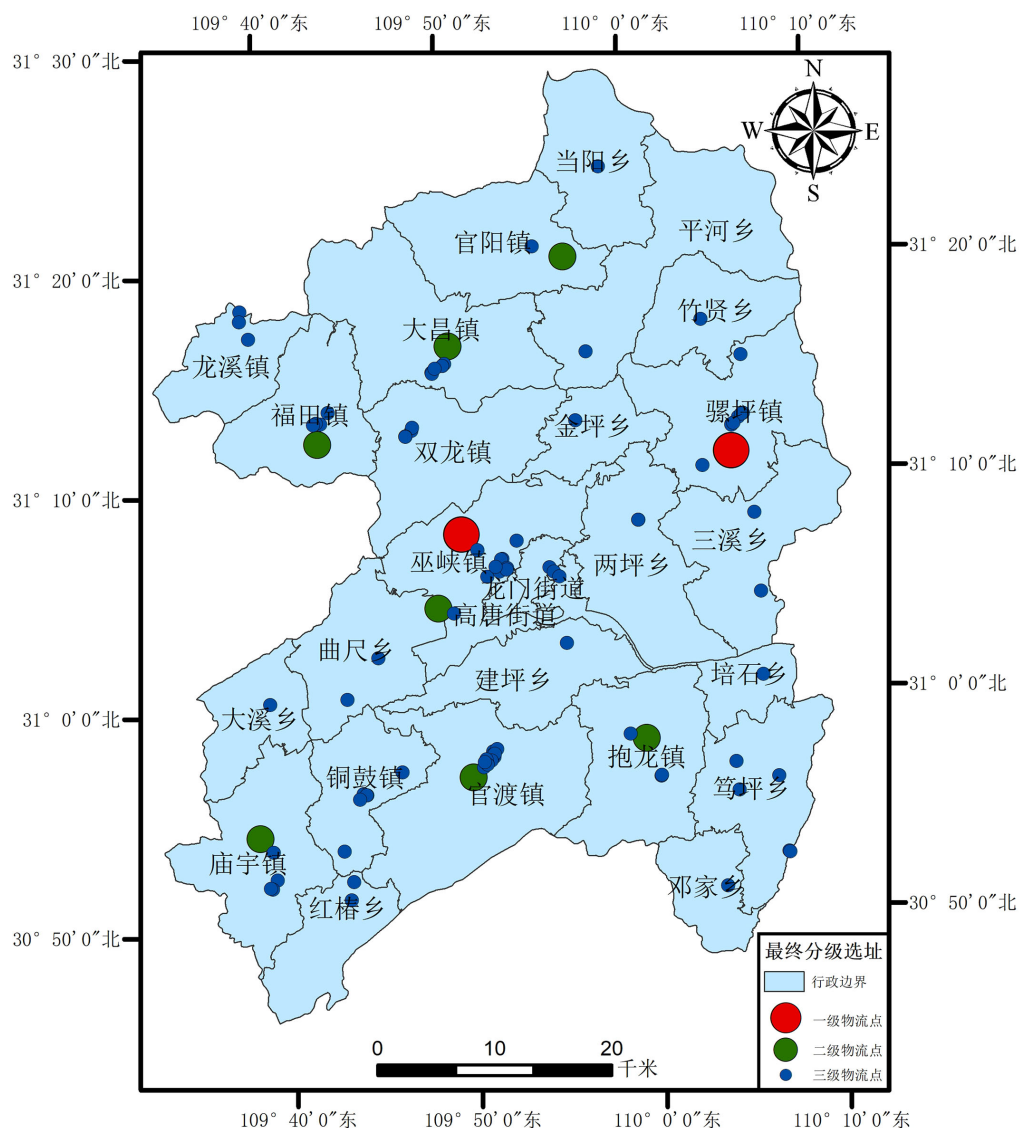


**Figure 7.** Position assignment  
**图 7.** 位置分配

### 6.3.3. 选址优化结果分析

根据优化分析结果(图 8)，巫山县乡村物流网点最终形成三级体系：一级配送中心 2 个(巫峡镇、骡坪镇)，承担核心集散功能；二级配送点 7 个(官阳镇、大昌镇等)，作为区域中转节点；三级末端网点 87 个，实现全域覆盖。该分级布局在保障服务覆盖的同时优化了网络结构，为构建高效物流体系奠定了基础。





**Figure 8.** Final graded site selection  
**图 8.** 最终分级选址

## 7. 结论与讨论

### 7.1. 结论

本研究以巫山县为例，在乡村振兴战略背景下，通过宏观与微观相结合的视角，对乡村物流配送体系进行了系统研究。主要研究结论如下：

第一，巫山县乡村物流服务时效性有待提升。实地调研数据显示，超过七成受访者反映从县级物流中心到末端网点的配送时间超过 10 小时，同时 72.49% 的居民需要前往 1 公里以外的网点收取快递，物流服务的及时性和便利性均有待提高。

第二，物流网点空间分布呈现显著不均衡特征。通过空间分析方法发现，巫山县 141 个物流网点呈集聚型分布(最邻近指数  $R=0.39$ )，不均衡指数达 0.75，形成“大聚集、小分散”的格局。具体表现为高唐街道(54 个)和龙门街道(12 个)高度集中，而竹贤乡等 6 个乡镇完全没有网点覆盖，服务盲区问题突出。

第三, 物流服务可达性存在明显区域差异。基于 OD 矩阵的分析表明, 巫峡镇、龙门街道等中心区域步行可达性相对较好, 但随着距离中心区域越远, 可达性显著降低, 偏远乡镇如平河乡、竹贤乡等地的居民获取物流服务面临较大困难。

第四, 物流供需匹配存在结构性失衡。虽然人口密集区与物流网点分布在空间上有一定重合, 但南部和西部地区网点覆盖严重不足, 竹贤乡、曲尺乡等乡镇完全缺乏服务网点, 无法满足当地居民的基本物流需求, 反映出资源配置与区域需求匹配度不足的问题。

最后, 研究提出了三级物流网络优化方案。基于 GIS 空间分析和层次分析法构建的选址适宜性评价体系, 结合位置分配优化模型, 最终确定建立 2 个一级配送中心(位于巫峡镇、骡坪镇)、7 个二级配送点和 87 个三级末端网点的分级物流体系, 为实现县域物流服务全覆盖提供了科学可行的解决方案。

## 7.2. 讨论

本研究虽运用了 GIS 技术并结合多种模型进行选址优化, 但在方法论层面仍存在进一步深化的空间。未来研究可着力推进多方法论的交叉融合, 例如将机器学习算法与 GIS 平台深度整合, 借助其强大的模式识别与预测能力, 实现对物流需求空间分布和路径优化策略的更精准刻画; 同时可引入系统动力学建模方法, 动态模拟物流系统中各要素间的反馈机制与演化规律, 从而系统评估不同选址方案对乡村物流网络的长期影响。此外, 当前研究主要依赖静态数据进行分析, 未来应构建多源数据动态更新机制, 通过跨领域数据共享与物联网传感技术, 实时获取交通流量、农产品产销动态、人口迁移等关键数据, 并依托 GIS 平台的实时空间分析能力, 推动选址模型由静态规划向动态响应与智能调优转型, 以有效适应乡村物流系统持续演变的发展特征。

此外, 乡村物流共同配送中心的选址决策需超越传统的地理与经济维度, 实现与区域政策体系和产业布局的深度融合。未来研究应系统梳理国家与地方层面关于乡村振兴与现代流通体系建设的政策框架, 将土地利用政策、财政支持措施、税收优惠机制等制度因素纳入选址评价体系, 优先选择政策集成度高、资源承载能力强的区域作为备选节点。同时, 应注重物流设施布局与地方特色产业结构之间的协同关系, 围绕农产品主产区和乡村旅游热点等关键功能区, 优化配送中心的空间配置, 强化其对“农产品上行”与“工业品下行”双向流通的支撑功能, 最终形成以物流枢纽为纽带、区域产业为依托的良性互动发展格局。

## 基金项目

2024 年重庆市大学生创新创业训练计划项目“基于 GIS 的重庆市巫山县乡村物流共同配送中心选址优化(项目编号: 202411799011)”。

## 参考文献

- [1] Li, Y.R., Su, M.Y. and Liu, H.Q. (2023) Research on Terminal Express Delivery Mode and Outlet Location under the Background of County Logistics. *International Conference on Smart Transportation and City Engineering (STCE 2023)*, Volume 13018, 130181B.
- [2] Lorenzo-Espejo, A., Muñuzuri, J., Onieva, L. and Muñoz-Díaz, M. (2024) Exploring the Correlation between Courier Workload, Service Density and Distance with the Success of Last-Mile and First-Mile Reverse Logistics. *Central European Journal of Operations Research*, **33**, 1327-1341. <https://doi.org/10.1007/s10100-024-00928-x>
- [3] Shao, Q., Miao, J., Liao, P. and Liu, T. (2024) Dynamic Scheduling Optimization of Automatic Guide Vehicle for Terminal Delivery under Uncertain Conditions. *Applied Sciences*, **14**, Article No. 8101. <https://doi.org/10.3390/app14188101>
- [4] 阙泽胜, 胡洪卫, 陈素贤. 基于 GIS 位置分配的城市消防站点优化布局探析[J]. 北京测绘, 2013(2): 19-24+18.
- [5] 谢小华, 王瑞璋, 文东宏, 张智勇. 医疗设施布局的 GIS 优化评价——以翔安区医疗设施为例[J]. 地球信息科学

学报, 2015, 17(3): 317-328.

- [6] 马宇, 李德平, 周亮, 等. 长沙市基础教育资源空间可达性和供需匹配度评价[J]. 热带地理, 2021, 41(5): 1060-1072.
- [7] 王丽娟, 王森, 骆梦贺, 等. 基于 AHP-GIS 的山地光伏项目选址适宜性评价——以云南省会泽县为例[J]. 太阳能学报, 2025, 46(11): 200-209.
- [8] 徐苗, 廖箐, 谢卓铭. 基于改进高斯两步移动搜索法的西南山地乡村居民医疗设施可达性评价——以重庆市九龙坡区为例[J]. 西部人居环境学刊, 2024, 39(5): 50-56.