

# 基于大模型与多源数据融合的景区导览优化策略研究

## ——以蜀南竹海为例

陈仕涵<sup>1,2</sup>, 覃艳<sup>1,2\*</sup>, 杨黄浩<sup>1,2</sup>, 唐佳睿<sup>2,3</sup>, 刘璿豪<sup>1,2</sup>, 奉玮<sup>1,2</sup>, 郭锦泽<sup>2,4</sup>, 吴奇峰<sup>1,2</sup>,  
王鑫<sup>1,2</sup>, 肖國行<sup>1,2</sup>, 杨雅婷<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>成都大学计算机学院, 四川 成都

<sup>2</sup>天府文化数字化创新四川省文化和旅游厅重点实验室, 四川 成都

<sup>3</sup>成都大学商学院, 四川 成都

<sup>4</sup>成都大学机械工程学院, 四川 成都

收稿日期: 2025年7月6日; 录用日期: 2025年8月8日; 发布日期: 2025年8月14日

### 摘要

本文以生态旅游典范蜀南竹海为研究对象, 探索大语言模型(LLM)与多源数据融合背景下的智能导览优化策略。通过对景区门票与客流、交通路径、游客行为等多维数据的分析, 结合大模型在语义理解与交互方面的优势, 构建一套集游客画像建模、路径偏好推荐、拥堵预测引导与语音交互讲解于一体的导览策略体系。论文提出了面向个性化游览需求与实时感知的智能决策机制, 对比其在游客满意度、游览效率、拥堵缓解等方面的改进效果。研究表明, 大模型驱动的智能导览策略具备较高的智能化与适应性, 可为智慧景区建设提供理论支持与决策参考。

### 关键词

智能导览, 大语言模型, 多源数据融合, 景区导览策略, 蜀南竹海

# Research on Optimization Strategy of Scenic Area Guidance Based on Large Model and Multi-Source Data Fusion

## —A Case Study of Shunan Bamboo Sea

Shihan Chen<sup>1,2</sup>, Yan Qin<sup>1,2\*</sup>, Huanghao Yang<sup>1,2</sup>, Jiarui Tang<sup>2,3</sup>, Yinghao Liu<sup>1,2</sup>, Wei Feng<sup>1,2</sup>,  
Jinze Guo<sup>2,4</sup>, Qifeng Wu<sup>1,2</sup>, Xin Wang<sup>1,2</sup>, Guohang Xiao<sup>1,2</sup>, Yating Yang<sup>1,2</sup>

\*通讯作者。

文章引用: 陈仕涵, 覃艳, 杨黄浩, 唐佳睿, 刘璿豪, 奉玮, 郭锦泽, 吴奇峰, 王鑫, 肖國行, 杨雅婷. 基于大模型与多源数据融合的景区导览优化策略研究[J]. 计算机科学与应用, 2025, 15(8): 104-118. DOI: 10.12677/csa.2025.158201

<sup>1</sup>College of Computer Science, Chengdu University, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Key Laboratory of Digital Innovation of Tianfu Culture, Sichuan Provincial Department of Culture and Tourism, Chengdu Sichuan

<sup>3</sup>Business School, Chengdu University, Chengdu Sichuan

<sup>4</sup>School of Mechanical Engineering, Chengdu University, Chengdu Sichuan

Received: Jul. 6<sup>th</sup>, 2025; accepted: Aug. 8<sup>th</sup>, 2025; published: Aug. 14<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

This paper takes Shunan Bamboo Sea, a model of eco-tourism, as the research object to explore intelligent tour guidance optimization strategies under the background of large language model (LLM) and multi-source data fusion. Through the analysis of multi-dimensional data such as scenic spot tickets and passenger flows, traffic routes, and tourist behaviors, and combining the advantages of large models in semantic understanding and interaction, a set of tour guidance strategy system integrating tourist portrait modeling, path preference recommendation, congestion prediction guidance, and voice interaction explanation is constructed. The paper proposes an intelligent decision-making mechanism oriented towards personalized sightseeing demands and real-time perception, and compares its improvement effects in terms of tourist satisfaction, sightseeing efficiency, and congestion relief. The research results show that the large model-driven tour guidance optimization strategy has high intelligence and adaptability, which can provide theoretical support and decision-making reference for the construction of smart scenic spots.

## Keywords

Intelligent Guide, Large Language Model, Multi-Source Data Fusion, Scenic Spot Guide Strategy, Shunan Bamboo Sea

Copyright © 2025 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

随着全球旅游业加快数字化转型，人工智能、大数据、物联网等新技术，正在不断改变传统的旅游服务方式。智慧旅游就是其中一个代表，它正逐渐成为提高旅游服务质量和效率的重要手段[1]。

蜀南竹海景区是我国西部一个颇有特色的生态旅游地，以独特的自然风光、丰富的人文资源吸引了大量游客。由于游客种类多、出行时间和地点分布不均、个人游览兴趣偏好不同等问题，景区对更加智能、个性化的导览服务的需求越来越明显。在这样的背景下，研究如何利用多种数据的整合和大语言模型技术来优化智慧导览服务，具有较高的实际意义。通过深入分析游客的行为特点、游览兴趣与偏好，再结合智能交互和个性化推荐的方式，可为景区提供更精准、灵活的导览方案，帮助景区在保护生态的同时，实现服务水平的智能化升级。

## 2. 相关研究

景区智能导览研究具有显著的复杂性与综合性特征，需从路线规划、算法优化、行为模拟及大语言模型技术等多维度展开系统探究。现有研究虽已在各细分领域形成探索成果，但仍存在系统性缺口。

在路线规划方面, Chunqiao Song 引入自适应多路线特征提取技术, 通过机器学习捕捉游客的个性化需求, 并利用超网络模型生成最优路径, 但其过度依赖历史数据, 难以实时响应景区突发拥堵[2]。其次, Feiran Huang 采用异构图嵌入技术建模用户与景点的交互关系, 并通过注意力机制动态聚焦关键游览点, 解决了传统方法无法同时处理多任务和动态约束的问题, 但仅针对用户与景点的静态交互关系, 未纳入交通方式、实时客流等动态变量, 削弱了多场景下的鲁棒性[3]。

在优化算法应用方面, 钟仪华等的研究采用分块分层优化策略, 通过一维装箱模型求解自驾最优路线[4]。熊鹏等虽通过离散粒子群优化实现了时间效率导向的路径推荐, 但忽略了亲子游、摄影等群体的差异化需求[5]。刘成汉等的改进黑猩猩优化算法(ChOA)虽平衡了时间与景点覆盖度, 却未整合用户实时反馈, 导致个性化推荐的动态性不足[6]。上述研究共同暴露了单一算法在复杂场景中的适应性局限, 尤其缺乏与语义理解技术的融合, 难以精准匹配游客需求。

在游客行为模拟方面, 由于计算机技术的发展, 新的模拟系统开始出现[7]。如 B. Wang 和 R. Manning 采用的基于动力学模型的阿卡迪亚国家公园马道的游客旅游行为模拟系统, 实现了游客承载能力的预估, 但仅聚焦在空间拥挤的数量特征, 忽略了游客的多元属性[8]。而张仁军提出的基于 GIS 与 Multi-Agent System 的景区游客空间行为模拟系统(TSBS)突破了当时宏观静态分析的局限, 构建了微观个体与空间环境交互的量化框架, 但受技术限制, Agent 决策依赖预设规则, 缺乏实时动态数据整合能力, 在大规模模拟效率上存在不足[9]。

在大语言模型方面, 李文祥等首次将 BERT 用于感知个性化旅游出行情景, 拓展了大语言模型的应用场景, 为后续就旅游景区的研究提供实践参考[10]。在旅游领域, 构建知识图谱以整合分散信息是促进智能问答、推荐等下游任务的关键。徐春等提了 PLGG 实体关系联合抽取模型, 该模型以大语言模型 GLM-4-9 为编码器, 结合特定领域知识提示学习方法 Prompt-SDK, 为 GLM 补充旅游领域语义信息, 但提示模板缺乏自动化机制, 对人工资源需求较大[11]。高原等的研究通过大预言模型结合社会网络分析方法探索城市旅游流网络结构特征, 克服现有基于游记文本的游客行程重构方法中存在的景点识别不准确、景点游览顺序失真的问题, 但并融合实时天气、交通等数据, 且缺乏自动化优化机制[12]。

现有研究在景区智能导览领域的相关研究较少, 而基于现有研究存在多方面缺口, 表现为动态数据整合与实时响应能力的不足, 且未纳入多元实时动态变量, 导致鲁棒性受限; 且从景区运营角度来看, 缺乏对多样游客群体的差异化的考虑, 在面临突发拥堵或安全事件时的应急响应缺失等。本文的智能导览策略将进一步完善这一领域的研究, 旨在为旅游景区的运营提供更加完善的智能导览建设参考, 优化景区运营管理与提升游客体验。

### 3. 蜀南竹海景区游客与交通分析

#### 3.1. 客流与门票分析

##### 3.1.1. 客流量与门票收入对比分析

表 1 列举出 2019 年[13]、2024 年[14]、2025 年[15]蜀南竹海“五一”假期游客接待量与门票收入的对比分析。

Table 1. Comparison of passenger flow and ticket revenue

表 1. 客流量与门票收入对比

年份	五一接待游客量(万人次)	同比增长率	五一门票收(万元)	同比增长率
2019	4.49	46.88%	394.66	22.89%
2024	7.44	13.67%	585.85	9.16%
2025	8.00	7.67%	622.75	6.30%

如图 1 为各五一假期的客流量与门票收入对比图，可以看出，2019 年蜀南竹海景区正处在旅游快速发展的阶段，游客数量和收入都在明显上涨。而到了 2024 到 2025 年，虽然游客和收入还在增长，但速度放慢了不少，进入一个比较平稳的发展阶段。但增速有所下降，这提醒景区，未来的导览策略需要更多关注讲解服务、个性化路线、餐饮住宿和文化产品等体验，从而改善整体的收益结构。

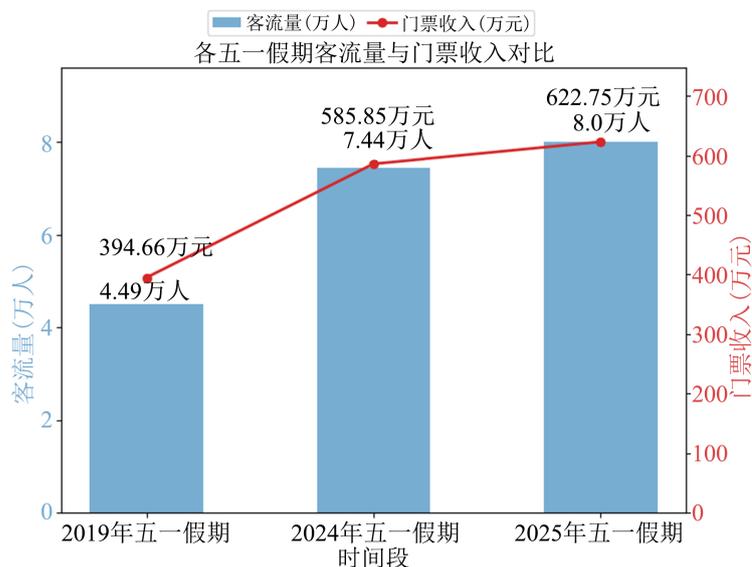


Figure 1. Comparison of the number of visitors and ticket revenue during each May Day holiday

图 1. 各五一假期客流量与门票收入对比

较 2023 年数据[16]，2024 年蜀南竹海全年共接待了 107.78 万人次游客，综合旅游收入超过 6000 万元[17]，如图 2 所示，数据上涨明显，也间接说明了游客的消费行为变得多样化，景区的客流已经进入“高峰期 + 常态期”并重的新阶段。这要求导览系统不仅要在节假日等高峰时段起到分流疏导的作用，更要在平时注重服务质量和游客体验，才能满足景区转型的需要。

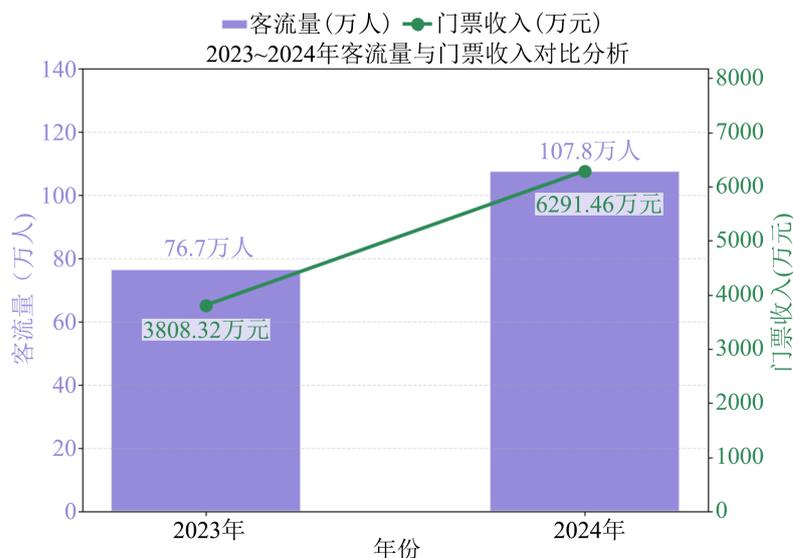


Figure 2. Comparison of passenger flow and ticket revenue in 2023~2024

图 2. 2023~2024 年客流量与门票收入对比

### 3.1.2. 周边游与带动旅游消费分析

蜀南竹海是宜宾市重要的生态旅游景区之一，与兴文石海共同构建起“两海联动”的区域旅游格局。2023年1月到7月，这两个景区一共接待了103.82万人次游客，同比增长2.09%，门票收入达到6018.98万元，同比增长3.93%，游客在两个景区之间流动的情况明显增多[18]。未来的导览系统如果能结合多个景区的信息平台，就能为游客提供更顺畅、更完整的区域游体验。

蜀南竹海导览系统可以考虑嵌入“城市旅游联动”功能，探索与兴文石海乃至宜宾全域文旅联动，促进游客“停留转化率”。

### 3.2. 交通方式及到达路径分析

游客前往蜀南竹海的交通方式主要有三大类：飞机、高铁、汽车自驾，游客可根据距离的远近、出行的便利程度和舒适程度进行选择。

宜宾五粮液机场位于中国四川省宜宾市翠屏区宗场镇，距离市区中心直线距离为11千米，为4C级军民合用运输机场，是川南重要的航空港。目前国内各大主要城市(上海、北京、广州等)均已开通直飞宜宾的航线。

成贵高铁途经“两海”示范区并在蜀南竹海区域设长宁站，高铁站距离景区约25分钟车程，自此蜀南竹海融入全国高铁网，长宁站每日多趟高铁往返宜宾、成都、贵阳等地，最远开通了前往上海、厦门、广州等地直通高铁，随后开通成宜高铁及渝昆高铁宜渝段，途经宜宾，蜀南竹海的交通便捷度获得大大的提升，如图3所示为乘坐高铁的推荐路线图。

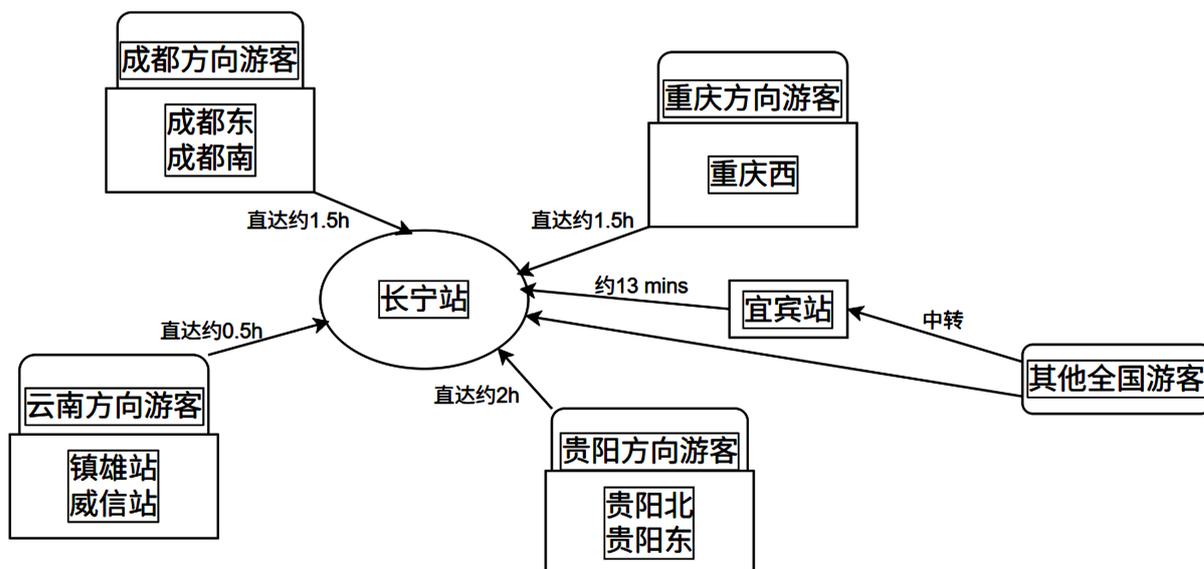


Figure 3. Recommendations for high-speed rail routes

图3. 乘坐高铁的推荐路线

蜀南竹海融入全国高速公路网，大大提升了蜀南竹海的自驾旅游便捷度。宜叙高速穿境而过设置竹海互通及长宁互通，并设“竹海服务区”，景区西大门有快速通道与竹海互通高速出口相连。这大大节约了游客的时间。

不论是飞机、高铁，还是自驾的方式，得益于交通的完善发达，抵达景区都非常的方便，如图4所示为抵达景区的推荐路线图。

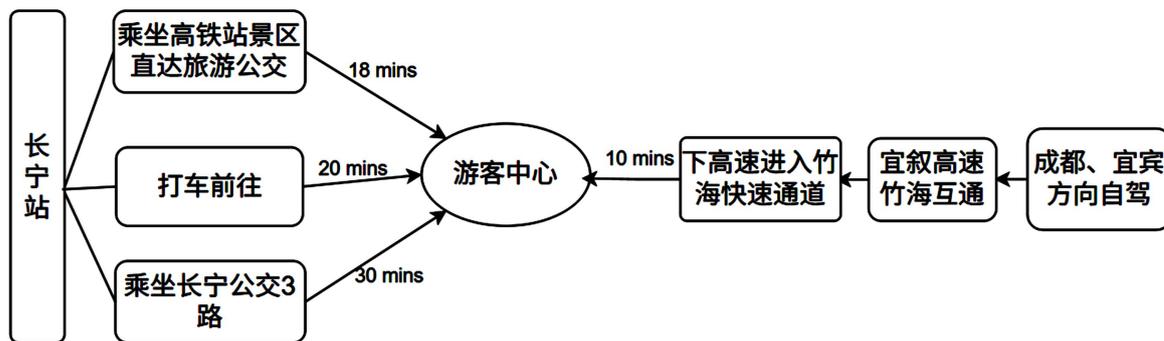


Figure 4. Recommended route to the scenic spot

图 4. 抵达景区的推荐路线

## 4. 景区游览推荐与体验优化

### 4.1. 游览路线偏好推荐

#### 4.1.1. 游览路径多因素推荐模型设计

为实现个性化游览推荐路径, 本策略基于多源数据(包括天气、景点评分、地理位置、游客偏好等), 构建了一个多因素综合推荐模型。

##### 1) 模型变量定义

设游客从起始点  $S$  出发, 目标是推荐一条最优游览路径  $R = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ , 其中每个景点  $P_i$  的推荐指数  $RI(P_i)$  定义如式(1)所示。

$$RI(P_i) = \alpha_1 \cdot S_i + \alpha_2 \cdot (1 - CI_i(t)) + \alpha_3 \cdot W_i + \alpha_4 \cdot \left(1 - \frac{T_i}{T_{\max}}\right) + \alpha_5 \cdot \left(1 - \frac{D_i}{D_{\max}}\right) \quad (1)$$

其中,  $S_i$  为景点评分(标准化处理为[0, 1]),  $CI_i(t)$  为当前时刻  $t$  的景点拥堵指数, 后会介绍拥堵指数的计算,  $W_i$  为天气适宜度评分, 通过调用高德 API 实时获取天气信息,  $T_i$  为游览该景点所需时间,  $D_i$  为与上一景点的距离,  $\alpha_1, \dots, \alpha_5$  为权重系数, 根据用户出游类型进行调整, 其中  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 1$ 。

再根据景区的导览图, 构建景点图结构, 遍历每一条可能的路径并且计算其推荐指数, 推荐指数的计算为该路径上的所有景点的推荐指数求和再除以景点数, 即  $\sum RI(P_i)/n$  ( $n$  为该路径上的景点数), 并且每一种游览偏好都有不同的侧重点, 即  $\alpha$  的比重不同,  $\alpha$  的具体确定方法下文会提到。

##### 2) 模型分析

① 复杂度分析: 假设景区内共有  $N$  个景点, 采用 python 中 `networkx.all_simple_paths()` 遍历图中起点到终点的所有简单路径, 且限制路径最大长度为  $L$ , 则路径搜索复杂度为  $O(N^L)$ , 若搜索出路径数量为  $K$ , 则计算推荐指数复杂度为  $O(K \cdot n)$ , 所以总体复杂度为  $O(N^L + K \cdot n)$ 。经实地调研, 景区内的景点数在 25 个左右, 属于可接受范围内。

② 可扩展性分析: python 中 `networkx.all_simple_paths()` 适合小规模图, 在大图或多并发请求时可能会影响反应时长, 并且实时调用高德天气 API 会拖慢响应, 实现模型时可采用异步调用 API 与缓存机制缓解此问题, 并且后端使用异步框架等可以解决多用户并发导致响应慢的情况。

③ 模型的选择与设计分析: 本模型是一个加权评分模型, 选择此模型是因为该模型轻量, 实现简单; 并且每个  $\alpha$  代表一个维度的重要程度, 易于解释; 并且可灵活接入外部的实时数据, 如天气, 景点评分等; 并且可以自定义添加维度, 扩展性强。但该评分机制为静态线性组合, 缺乏学习能力; 并且各因子之间相互独立, 忽略了交互作用。

#### 4.1.2. 游客画像构建与出游类型定制推荐

游客可在导览系统中选择游览偏好，如表 2 所示，系统根据不同游览偏好的游客调整推荐模型中的权重参数  $\alpha$ ，形成个性化推荐。

**Table 2.** The degree of influence of  $\alpha$  in the recommendation strategy for common tourist preferences

**表 2.** 常见游客游览偏好推荐策略中  $\alpha$  的影响程度

游客 偏好类型	$\alpha_1$ 景点评分	$\alpha_2$ 拥堵影响	$\alpha_3$ 天气影响	$\alpha_4$ 游览时间	$\alpha_5$ 距离代价	备注
亲子出游	中	中	高	高	高	设施完善、天气与舒适度
摄影爱好	高	低	高	低	低	景点评分高、视野开阔
徒步挑战	中	低	高	中	低	距离较长、气候舒适
休闲散步	中	高	高	中	高	距离短、路况平缓清净
打卡游览	高	低	低	中	高	高人气高评分、用时短
自然生态	中	中	中	中	中	原始生态自然性
文化历史	高	低	低	中	低	博物馆等文化底蕴深厚的地方
养生静心	中	中	高	高	中	安静舒适，林荫地带
探索冒险	低	低	中	中	低	偏远、冷门、有索道或漂流等项目的景点
文创体验	中	中	中	中	中	有文创体验项目或文创产品售卖的景点

其中， $\alpha$  的具体数值确定方法如下：

① 不同影响程度对应的数值：高：0.35，中：0.2，低：0.1；选用以上数值，是考虑到目前没有历史数据可以用来拟合，并且这一组数值易于理解与实现，可控性好，支持后续快速迭代调整，能清晰划分重要、中等、不重要因素。

② 将以上数值填入表格后，再进行归一化，得到不同游客游览偏好的具体  $\alpha$  的数值，如表 3 所示。

**Table 3.** Specific values  $\alpha$  in the visitor preferences recommendation strategy

**表 3.** 游客游览偏好推荐策略中  $\alpha$  的具体数值

游客偏好类型	$\alpha_1$ 景点评分	$\alpha_2$ 拥堵影响	$\alpha_3$ 天气影响	$\alpha_4$ 游览时间	$\alpha_5$ 距离代价
亲子出游	0.138	0.138	0.241	0.241	0.241
摄影爱好	0.35	0.1	0.35	0.1	0.1
徒步挑战	0.211	0.105	0.368	0.211	0.105
休闲散步	0.138	0.241	0.241	0.138	0.241
打卡游览	0.318	0.091	0.091	0.182	0.318
自然生态	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
文化历史	0.412	0.118	0.118	0.235	0.118
养生静心	0.154	0.154	0.269	0.269	0.154
探索冒险	0.143	0.143	0.286	0.286	0.143
文创体验	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

每类游客推荐的路径不仅考虑最短路径或最美风景，还将情境感知与用户偏好深度融合，提供差异化、个性化的游览体验。

#### 4.1.3. 饮食酒店民宿推荐策略

在完成游览路线规划后，系统进一步结合游客定位与住宿需求，提供本地特色住宿和餐饮推荐。主要实现策略如下：

1) **民宿/酒店推荐**：调用美团、携程、飞猪等平台接口获取酒店评分、位置、空房率等数据，结合游客路线及当前位置推荐住在：

- ① 景区内(景色好，方便早起游览)
- ② 镇区(价格相对较低，生活便利)
- ③ 市区/县区(配套设施齐全，交通便利)

2) **餐厅推荐**：系统按用户选择餐饮类型(地道美食、农家乐、网红打卡美食等)以及当前地理位置，推荐如下：

- ① 地方特色餐饮(如竹笋宴、川味特色)
- ② 高分餐厅(用户评价分数高、好评率高)
- ③ 农家乐推荐(适合亲子/团体用户)

## 4.2. 景点语音智能讲解

游客可以根据系统提示，扫描景点二维码或者点击系统的景点语音讲解功能按钮，可以对景点有更详细的了解并且以此来决定更想要去的景点。其讲解内容可以以文字和语音播报的形式来呈现。系统讲解内容丰富，力求最大程度上描述景区的优美风貌。

## 4.3. 景区内拥堵预测与引导

### 4.3.1. 景点拥堵预测与引导

在高客流量环境下，科学、高效的人流管控已成为智慧景区导览优化的重要环节。本系统通过对景点及设施(如厕所)出入口安装热成像、监控设备，结合动态人数统计与密度感知模型，对拥堵指数进行建模计算，并基于此进行动态路径推荐与游客引导，有效缓解景点拥堵、提升游客游览效率与体验。

#### 1) 景点实时人数估计模型

假设某景点  $S$  设有两个主要出入口  $E_1$ 、 $E_2$ ，系统通过在这两个位置部署热成像与监控分析设备，对每一时刻的进出人数进行计数：设在时刻  $t$ ，从任意入口进入的人数为  $I(\tau)$ ，从任意出口离开的人数为  $O(\tau)$ ，初始时刻景点内人数为  $N_0$ ，则景点在时刻  $t$  的实时人数如式(2)所示。

$$N_S(t) = N_0 + \int_0^t [I(\tau) - O(\tau)] d\tau \quad (2)$$

其中，积分可离散为分钟级间隔进行实时累加，系统采用滑动窗口更新  $N_S(t)$ 。此模型时间复杂度为  $O(1)$ ，若有  $N$  个景点，则每分钟处理量为  $O(N)$ ，每个景点单独存储数据，天然并行，实现高效读写，高并发情况下仍然可用。本模型是标准的人流累积模型，符合“进-出”动态平衡原理，可以通过摄像头或传感器直接驱动，可行性强。

#### 2) 拥堵指数 CI (Congestion Index) 建模

定义“景点拥堵指数”如式(3)所示， $C_S$  表示当前景点拥堵程度，取值范围为  $[0, 1]$ ，值越接近 1 表示越拥堵。

$$CI_S(t) = \alpha \cdot \frac{N_S(t)}{C_S} + \beta \cdot \frac{D_S(t)}{D_{\max}} \quad (3)$$

其中  $N_S(t)$  是景点当前实时人数,  $C_S$  是景点设计人数容纳上限,  $D_S(t)$  出入口单位面积的人流密度,  $D_{\max}$  是拥堵密度阈值,  $\alpha$ ,  $\beta$  为权重系数, 满足  $\alpha + \beta = 1$ 。

取  $\alpha = 0.6$ ,  $\beta = 0.4$  (视具体情况而定或根据历史数据拟合), 以人数占比为主, 入口密度为辅。当  $CI_S(t) > 0.7$  时视为“中度拥堵”,  $CI_S(t) > 0.85$  时视为“严重拥堵”。此模型的时间复杂度与空间复杂度均为  $O(1)$ , 所有参数本地已有或已缓存, 计算速度快, 并且每个景点相互独立, 每人请求一次路径推荐时只需读取对应景点的  $CI_S(t)$ 。该模型融合了“相对人数占比 + 出入口密度”的拥堵双因子, 衡量拥堵指数更科学, 且权重  $\alpha$ ,  $\beta$  可根据历史回归分析确定, 也支持动态调整。

### 3) 排队时长估计模型

引入排队等候时间模型用于估算游客因拥堵可能面临的等待时间, 如式(4)所示。

$$T_{\text{wait}}(t) = \gamma \cdot \left( \frac{N_S(t) - C_S}{Q(t)} \right), \text{当 } N_S(t) > C_S \quad (4)$$

其中  $Q(t)$  为单位时间内游客流出的能力(人/分钟), 可通过历史数据拟合得出;  $\gamma$  为调节系数, 考虑游客滞留时间、行动速度等经验因素, 需根据景点实际情况而定, 若预计等待时间  $T_{\text{wait}}(t)$  超过预设容忍阈值, 系统将启动“替代景点推荐”机制, 自动推荐周边更空闲景点作为备选路线。此模型的时间复杂度与空间复杂度均为  $O(1)$ , 该模型也可异步执行或周期性更新,  $\gamma$  作为经验调节因子, 可建模游客行动意愿或二次行为反应(如“看到排队就离开”), 对于动态流量预测非常有效。

## 4.3.2. 景区内厕所拥堵预测与推荐策略

### 1) 厕所实时人数与拥堵状态判断

对景区内每个厕所设置热成像摄像头或出入口人流监测装置, 统计单位时间内进入人数  $I_T(t)$ , 当前厕所区域内滞留人数  $N_T(t)$ , 如式(5)所示。

$$CI_T(t) = \frac{N_T(t)}{C_T} \quad (5)$$

其中  $C_T$  表示该厕所的设计使用上限(例如同时容纳 10 人使用的厕所, 设定上限为 20 人)。

- ① 若  $CI_T(t) < 0.6$ , 则厕所空闲;
- ② 若  $0.6 \leq CI_T(t) \leq 0.9$ , 可使用但存在排队;
- ③ 若  $CI_T(t) > 0.9$ , 拥堵, 建议更换厕所。

同时, 引入排队密度测算模块, 若厕所门口排队队伍长度转换为人均密度  $\rho_T(t)$ , 并估算排队时长, 如式(6)所示。

$$T_{\text{toilet}}(t) = \frac{\rho_T(t)}{Q_T} \quad (6)$$

其中  $Q_T$  表示厕所的单位通行能力。

### 2) 最近空闲厕所推荐机制

当前厕所预计排队时间  $T_{\text{toilet}}(t) > 10$  分钟, 系统通过以下优化策略推荐候选厕所:

按照当前位置与各厕所之间的距离排序, 在不拥堵 ( $CI_T(t) < 0.6$ ) 的前提下, 选择最近的一个厕所并通过小程序界面以“寻找最近空闲厕所”按钮形式推送给游客, 结合语音播报与地图引导, 提升响应效率与用户体验。

#### 4.4. 景区停车场智能服务

随着自驾出行比例不断提升，停车资源的合理调度与实时引导已成为提升游客整体游览体验的重要一点。针对蜀南竹海景区，本研究在系统设计中引入智能停车管理模块，综合车位数据采集、小程序引导与大屏展示机制，实现全景区车位状态的智能管理。

如图 5 所示，本系统车位监测机制以小程序扫码与实时数据同步机制为核心。每个停车场入口与出口均设有扫码点，车辆驶入时，游客通过微信小程序进行扫码登记，系统随即执行以下数据更新逻辑：

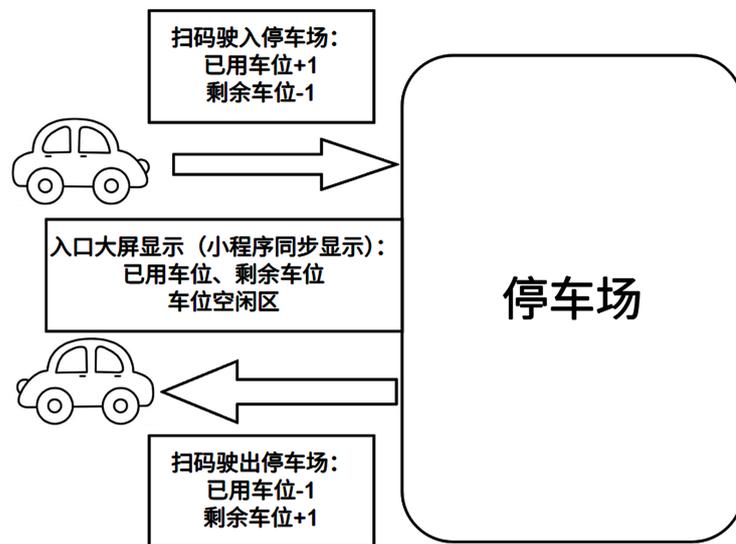


Figure 5. Parking space detection logic  
图 5. 车位检测逻辑

- ① 剩余车位数 = 剩余车位数 - 1。
- ② 已用车位数 = 已用车位数 + 1。

车辆驶出时，用户在出口扫码并完成停车费用支付，系统执行：

- ① 剩余车位数 = 剩余车位数 + 1。
- ② 已用车位数 = 已用车位数 - 1。

上述逻辑基于游客自助扫码交互，结合服务器端车位计数模块，实时更新各停车区的剩余车位、已用车位与区域空闲状态。同时，景区在主停车场入口设置数据大屏显示器，同步展示：当前停车场总容量、已用车位、剩余车位，停车场区域划分图(A/B/C区)，各分区空闲情况，并且该数据也实时回传至导览小程序“智能停车”模块，游客在途中即可实时查看各停车区情况，从而有效避开排队聚集与重复绕行问题。

#### 4.5. 应急路线与安全导引系统设计

##### 4.5.1. 模型定义

在遇到突发情况时，系统会最大程度地规划出应急路线帮助游客快速疏散。系统将基于最短逃离时间逃离路径作为目标，目标函数如式(7)所示，在紧急时刻通过定位求解出最佳应急路线。

$$\min \sum_{(i,j) \in E} t_{ij} \cdot x_{ij} \quad (7)$$

约束集合具体公式见式(8)至式(13)所示。

## 1) 流量守恒(确保路径连续性)

$$\sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij} - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji} = \begin{cases} 1 & \text{if } i = s, \\ -1 & \text{if } i \in T, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (8)$$

## 2) 人流量阻碍约束(避免拥挤)

$$\sum_{(i,j) \in E} p_{ij} \cdot x_{ij} \leq P_{\max}. \quad (9)$$

## 3) 距离约束(体力限制)

$$\sum_{(i,j) \in E} d_{ij} \cdot x_{ij} \leq P_{\max}. \quad (10)$$

## 4) 时间约束(最长允许时间)

$$\sum_{(i,j) \in E} t_{ij} \cdot x_{ij} \leq T_{\max}. \quad (11)$$

## 5) 关键节点覆盖(遍历必经点)

$$\sum_{(i,j) \in E} x_{ij} \geq 1 \quad \forall j \in V_{\text{critical}}. \quad (12)$$

## 6) 二进制约束

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in E. \quad (13)$$

变量说明:

- ①  $G=(V,E)$ : 有向图,  $V$  为节点(景点、出口),  $E$  为边(路径)。
- ②  $t_{ij}$ : 边  $(i,j)$  的时间。
- ③  $p_{ij}$ : 边  $(i,j)$  的人流量阻碍(1~5, 5 为最拥堵)。
- ④  $d_{ij}$ : 边  $(i,j)$  的距离(公里)。
- ⑤  $x_{ij} \in \{0,1\}$ : 决策变量,  $x_{ij}=1$  表示选择路径  $(i,j)$ 。
- ⑥  $s$ : 起点(游客所在位置)。
- ⑦  $T$ : 终点集合(所有出口)。
- ⑧  $V_{\text{critical}}$ : 必须经过的关键节点(如应急集合点)

#### 4.5.2. 模型求解方法(改进 Dijkstra 算法)

改进 Dijkstra 算法求解步骤:

## 1) 状态初始化

① 为起点  $s$  初始化状态: 累积时间  $t=0$ 、距离  $d=0$ 、人流  $p=0$ , 关键节点集合  $S$  (含  $s$  若其为关键节点)。

② 优先队列(最小堆)按  $t+\alpha \cdot p$  排序, 优先探索“快且堵”的路径。

## 2) 状态扩展与剪枝

① 从队列取出当前最优状态, 遍历其邻接边;

② 计算新状态(累加边的时间、距离、人流量, 更新关键节点集合);

③ 剪枝: 若新状态超过  $P_{\max}$  (人流量)、 $D_{\max}$  (距离)、 $T_{\max}$  (时间), 直接跳过;

④ 状态去重: 若节点已存在更优状态(时间更短、约束更松、关键节点覆盖更全), 则跳过; 否则更新新状态并加入队列。

3. 终点判断与路径回溯:

① 若扩展到终点集合  $T$ , 检查是否覆盖所有关键节点及约束满足;

② 记录最短时间路径，通过前驱指针反向回溯路径。

### 4.5.3. 模型分析

#### (一) 复杂度分析

##### 1) 时间复杂度

- ① 传统 Dijkstra:  $O(|E| + |V|\log|V|)$  (使用优先队列优化)。
- ② 改进后: 每次松弛操作需检查入流量  $p_{ij}$  和距离  $d_{ij}$  约束, 增加  $O(1)$  时间。
- ③ 最坏情况: 若所有路径均需检查约束, 复杂度仍为  $O(|E| + |V|\log|V|)$ 。
- ④ 实际优化: 通过剪枝(提前终止违反约束的路径), 可减少计算量, 但理论上不改变渐进复杂度。

##### 2) 空间复杂度: $O(|V| + |E|)$ (存储图及约束数据)

高并发场景的可扩展性: 应急系统需支持大量游客同时请求, 挑战在于单请求高复杂度与多请求并行压力。

#### (二) 模型设计的理论依据

##### 1) 问题本质

应急路径规划是带约束的最短路径问题(CSPP), 属于整数线性规划(ILP)子类, 目标函数与约束共同刻画现实需求。

##### 2) 算法适配性

改进 Dijkstra 通过状态扩展与剪枝, 天然适配单源多目标的应急场景。在理论上适配应急路径的多约束需求, 通过复杂度分析明确其工程边界: 高并发场景下需围绕预处理、并行、启发式展开, 保障系统提升其可扩展性。模型的约束设计深度贴合应急疏散的物理规律与管理需求, 具备充分的理论合理性。

## 5. 大模型赋能的导游服务系统设计

### 5.1. 大语言模型的适配能力分析

国产大模型 DeepSeek、Kimi、豆包各有优缺点, 它们在导览中的适配对比如下表 4 所示。

Table 4. Comparison of three types of models

表 4. 三类模型对比

特性\模型	DeepSeek	Kimi	豆包
原理	利用 Transformer 的双向编码器, 通过 MLM 和 NSP 任务学习语义。两个预训练任务学习上下文信息, 专注于深度语义理解。	基于 Transformer 架构, 进行大规模预训练和微调, 运用大量语料数据训练。	基于深度学习技术, 通过在特定领域的大量数据上进行预训练, 支持多模态输入输出。
优势	双向上下文理解能力强, 推理能力强, 适合复杂逻辑问题。	专为中文等特定语言优化, 对中文语义理解更准确, 长文本处理能力强。	多模态交互能力强, 支持文字、图片、音频生成。
缺点	模型规模较大, 对硬件要求高, 训练需要大量数据和计算资源。	训练和推理需要大量计算资源, 对复杂问题的处理能力有限。	逻辑分析能力较弱, 面对复杂问题容易“掉链子”。
导览场景适配	适合需要精准语义理解的导览任务, 适合需要进行复杂推理、逻辑分析的场景, 适合多轮对话。	中文导览表现出色, 适合需要处理长文本、进行文件解析和知识提取的场景。	适合创意内容生成、生活娱乐等场景, 如文案创作、图片生成、视频创作。

## 5.2. 智能语音讲解与对话交互

在讲解竹文化时，智能语音系统可根据游客的兴趣和背景，提供更贴合个人需求的内容，增强讲解的吸引力和体验感。根据系统分析结果，系统会推荐更有针对性的讲解内容，使讲解更有深度也更贴近听众兴趣。在讲解过程中，系统还可以适时与游客互动，比如询问是否感兴趣继续了解某个话题，并根据反馈实时调整讲解的方向和层次。

智能语音系统通过对上下文的理解，能在多轮交流中保持自然、连贯的对话体验。同时，结合游客信息，提供更智能的讲解和服务建议，让游客在游览过程中获得更加舒适的体验。

## 6. 系统运行优势分析与对比分析

### 6.1. 预期实现的提升

与传统的导览方式相比，在各个方面实现了诸多提升，如表 5 所示。

**Table 5.** System function improvement  
**表 5.** 系统功能提升

对比维度	传统导览 (纸质地图/人工讲解)	智能导览系统	提升效果
信息实时性	更新慢 (如地图错误需重新印刷)	实时更新 (GPS + 云端数据同步)	避免信息滞后， 提升准确性。
路径规划	固定推荐路线，无动态调整。	基于实时人流量、天气的智能路径优化 (如避开拥堵)。	减少拥堵， 提升游览效率。
交互体验	被动接收信息 (如语音讲解器)	AR 实景导航、AI 语音问答、多语言支持。	增强沉浸感， 满足个性化需求。
应急管理	依赖广播或工作人员引导	突发情况自动推送最优逃生路线 (如火灾、暴雨)	提升安全性， 缩短响应时间。
数据驱动运营	无游客行为数据分析	通过热力图、停留时长优化景区资源配置。	提升管理效率， 降低运营成本。

### 6.2. 对比官方公众号的优势

系统开发完成后对比公众号的优势体现在多个方面。其功能更加完整全面，能够解决更好地实际痛点；用户体验更加丰富，操作便捷，适合多个年龄段的群体，可用性极强；数据反馈能力更强，助力景区智慧化管理等。

### 6.3. 与其他景区案例对比分析

如表 6 所示，蜀南竹海智能导览系统与各个著名景点的智能导览系统相对比，体现出了差异化优势，也有很多可以借鉴的地方。

**Table 6.** Compared with other tour guide systems  
**表 6.** 与其他导览系统相比

景区案例	技术方案	蜀南竹海系统差异化优势	可借鉴点
杭州西湖	微信小程序 + 电子地图	深度结合竹林地形(如 3D 立体导航)	需强化地形适配

续表

故宫博物院	AR 文物讲解 + 预约系统	突出应急管理(如竹海火灾逃生路线)	增加安全模块
张家界	人脸识别闸机 + 热力图监控	更轻量化(手机端即可完成全流程)	降低硬件成本
九寨沟	车载 GPS 导览 (保护生态限制建设)	利用声波定位弥补 GPS 信号盲区	技术创新方向

## 7. 总结与展望

本研究以蜀南竹海这一具有代表性的生态旅游景区为案例，围绕如何运用大模型技术与多源数据融合来提升导览服务质量展开探索。我们从游客的多个维度进行了深入分析，结合当前主流的大语言模型技术，尝试提出一套更加智能、实用的导览优化策略。在策略设计上，我们特别注重用户体验和系统的可操作性，希望导览内容更加贴近游客需求，从而提升游客在景区的整体感受。

研究表明，这套导览系统在多个方面都有明显优势。当然，目前的系统也还存在一些需要完善的地方。首先，大模型的运行对硬件和网络环境要求较高，在网络不稳定或高并发情况下，系统的响应速度和稳定性还有待提升。其次，在游客数据采集与个人隐私保护之间，需要考虑如何找到更合适的平衡点。另外，设备成本、管理配套等现实条件也会对系统的落地推广造成一定压力。

展望未来，还有许多值得深入的方向。在技术上，可以考虑将导览系统与 AR 设备、无人机等相结合，打造更具沉浸感的游览体验；在服务内容上，探索情绪识别、行为预测等功能，将进一步增强人与系统之间的互动和理解能力。同时，推动该系统与地方文旅平台对接，构建跨景区、跨区域的服务系统，也将为智慧旅游的深化发展提供新的可能。

总体而言，这项研究是一次将先进技术应用于旅游导览的实践尝试，不仅提供了具体可行的解决方案，也为智慧景区建设积累了经验。希望未来能继续优化完善，让系统真正服务于更多景区和游客，助力文旅行业在智能化、个性化的方向上不断迈进。

## 基金项目

- 1) 天府文化数字化创新四川省文化和旅游厅重点实验室 2025 年度开放课题《景区智慧导游交互系统设计》。
- 2) 成都大学计算机学院 2025 年“启智计划”项目《“竹海智游”——景区 AI 导览交互系统》。

## 参考文献

- [1] 张凌云, 黎巛, 刘敏. 智慧旅游的基本概念与理论体系[J]. 旅游学刊, 2012, 27(5): 66-73.
- [2] Song, C. (2024) Scenic Spot Path Planning and Journey Customization Based on Multilayer Hybrid Hypernetwork Optimization. *PLOS ONE*, **19**, e0308135. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308135>
- [3] Huang, F., Xu, J. and Weng, J. (2021) Multi-Task Travel Route Planning with a Flexible Deep Learning Framework. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, **22**, 3907-3918. <https://doi.org/10.1109/tits.2020.2987645>
- [4] 钟仪华, 罗仕明. 分块分层优化的旅游路线规划问题研究[J]. 运筹与管理, 2017, 26(9): 62-67.
- [5] 熊鹏, 徐圆, 朱群雄. 面向选择性游览的景区路径推荐算法应用研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版), 2017, 44(3): 99-106.
- [6] 刘成汉, 何庆. 融合多策略的黄金正弦黑猩猩优化算法[J]. 自动化学报, 2023, 49(11): 2360-2373.
- [7] Lawson, S.R., Manning, R.E., Valliere, W.A. and Wang, B. (2003) Proactive Monitoring and Adaptive Management of Social Carrying Capacity in Arches National Park: An Application of Computer Simulation Modeling. *Journal of Environmental Management*, **68**, 305-313. [https://doi.org/10.1016/s0301-4797\(03\)00094-x](https://doi.org/10.1016/s0301-4797(03)00094-x)
- [8] Wang, B. and Manning, R.E. (1999) Computer Simulation Modeling for Recreation Management: A Study on Carriage

Road Use in Acadia National Park, Maine, Usa. *Environmental Management*, **23**, 193-203.

<https://doi.org/10.1007/s002679900179>

- [9] 张仁军. 基于 GIS 与 Multi-AgentSystem 的景区游客空间行为模拟系统[J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 2006(4): 495-498.
- [10] 李文翔, 丁龙远, 张逸文, 张行光, 刘蓓, 陈培焱. 基于大语言模型的多模式出行方案个性化推荐[J]. 交通运输工程与信息学报, 2025, 23(1): 93-103.
- [11] 徐春, 苏明钰, 马欢, 吉双焱, 王萌萌. 基于大语言模型和提示学习的旅游文本实体关系联合抽取方法[J]. 数据分析与知识发现, 2025, 9(7): 130-140.
- [12] 高原, 李重阳, 曲博婷, 焦梦云. 基于大语言模型的 UGC 文本挖掘与城市旅游流网络结构研究[J]. 数据分析与知识发现, 2025, 9(4): 158-169.
- [13] 四川省人民政府. 宜宾蜀南竹海旅游业亮点频现[EB/OL].  
<https://www.sc.gov.cn/10462/10464/10465/10595/2019/5/30/cd6538668bce47f7b5435550f70224ef.shtml>, 2025-07-18.
- [14] 腾讯网. 惠政. 再次出圈~宜宾两地入选五一全国热门景点[EB/OL].  
<https://news.qq.com/rain/a/20240509A05HGS00>, 2025-07-18.
- [15] 网易. 微宜宾. 150.36 万人次, 增长 10.81%! 这个“五一”, 宜宾交出高分答卷[EB/OL].  
<https://www.163.com/dy/article/JV033V9205149FGH.html>, 2025-07-18.
- [16] 中国经济网-《经济日报》. 蜀南竹海[EB/OL].  
[http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/202410/10/t20241010\\_39162716.shtml](http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/202410/10/t20241010_39162716.shtml), 2025-07-18.
- [17] 四川经济网. 四川长宁连续三年入选全国县域旅游综合实力百强县[EB/OL].  
<https://www.scjrb.com/2025/07/01/99438862.html>, 2025-07-18.
- [18] 宜宾市人民政府. 1 至 7 月宜宾“两海”共接待游客 103.82 万人次[EB/OL].  
[https://www.yibin.gov.cn/xxgk/qxbm/bmdt/202308/t20230814\\_1892782.html](https://www.yibin.gov.cn/xxgk/qxbm/bmdt/202308/t20230814_1892782.html), 2025-07-18.