

基于游客收益的极高峰期间景区游线优化

丁子航, 董洁霜

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年6月26日; 录用日期: 2024年7月23日; 发布日期: 2024年7月30日

摘要

为提升游客在极高峰期间景区旅游体验、提高景区服务水平, 探讨了基于游客异质性, 游客对景区内选择景点的偏好不同、景点间路程时间敏感度的不同。以游客收益最大、景点饱和度一致为优化目标, 考虑游客效用、游客广义成本等约束条件, 建立双目标优化模型, 并利用粒子群算法进行线路优度评价。最后, 以浙江某景区为例, 进行极高峰期间游线优化, 结果表明: 模型可以在极高峰期间针对游客偏好进行游线设计。同时, 景区在极高峰期间应针对不同的游客进行交通设施的供给, 以减少景区拥堵, 并让游客有更好的游览体验。

关键词

游客收益, 景点饱和度, 游线优化

Optimization of Tourist Routes in Scenic Spots during Peak Seasons Based on Tourists' Benefits

Zihang Ding, Jieshuang Dong

School of Business, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Jun. 26th, 2024; accepted: Jul. 23rd, 2024; published: Jul. 30th, 2024

Abstract

To enhance tourists' travel experience and improve service levels during peak seasons in scenic areas, this study explores the heterogeneity of tourists' preferences for selecting attractions within the scenic area and their varying sensitivity to travel time between attractions. With the optimization objectives of maximizing tourists' benefits and achieving consistent attraction saturation,

tion, a bi-objective optimization model is established, considering constraints such as tourist utility and generalized cost. The particle swarm optimization (PSO) algorithm is utilized to evaluate the optimality of the tour routes. Finally, taking a scenic area in Zhejiang as an example, the optimization of tour routes during peak seasons is conducted. The results indicate that the model can effectively design tour routes tailored to tourists' preferences during peak seasons. Meanwhile, scenic areas should provide transportation facilities tailored to different types of tourists during peak seasons to reduce congestion and enhance tourists' travel experience.

Keywords

Visitor Revenue, Tourist Attraction Saturation, Tour Route Optimization

Copyright © 2024 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

近年来,随着人们生活水平的提升和休闲时间的增加,旅游活动呈现出蓬勃发展的态势。其中,春节、五一、十一期间游客量最多,为旅游的极高峰期,导致了很多景区出现人流过度密集的情况。这种人流密集并不均衡分布在景区内,会有部分景点过饱和,部分景点远未饱和。一方面,这种现象可能会导致景区出现安全事故,对游客的生命安全构成潜在威胁;另一方面,游客可能会产生负面情绪,降低对景区的评价甚至选择替换行为[1]。随着互联网的普及与发展,游客在出行前往往倾向于借助网络平台进行景区信息的搜集与筛选,互联网上的评价会对景区形象产生影响[2]。游客从进入景区到离开景区,对景区的评价是不断变化的[3]。因此,急需对极高峰期期间景区游线优化进行研究。

目前,国内外学者对景区游线设计已经有了大量研究。牛海燕[4]等以提升游客的体验为目的,提出了一种基于景点定位与推荐的智能导游系统,为游客提供适合需求的旅游解决方案。罗永龙[5]等根据游客是否有必去景点,提出了无必去景点用户的变邻域贪婪游览推荐算法和有必去景点用户的单-多兴趣点两阶段贪婪游览路线推荐算法,为游客推荐个性化的游线方案。Leila Pasandi [6]等以参观景点可能通过较短的路线为目的,同时也满足不同偏好的个人的独特需求,为一日游的步行游客构建了最优化路径模型。毛晨希[7]等基于蚁群算法提出了长三角地区的旅游规划路径。韩艳[8]等以游客拥挤度最小为主要目标,构建了多目标优化模型,对景区线路进行优化。郑伟民[9]等考虑了景点异质性,根据景点出入口不同,将景区内景点分3类并进行游线设计。金茂竹[10]等以高峰期景区内游客均衡为目标,建立仿真模型,并以九寨沟风景名胜区为例,验证模型有效性。

以上文献在景区游线设计方面主要考虑游客体验、偏好、拥挤、景点异质性等角度。因此,本文在考虑游客收益和景点饱和度的基础上,综合考虑极高峰期期间的游客需求和景区需求,可为游客提供个性化游线,为景区的交通设施服务提出建议,对于极高峰期期间景区的游线优化具有重要的理论意义和实用价值。

2. 基于游客收益和景点饱和度的景区游线优化模型

2.1. 问题描述

游客的异质性显著影响了他们对不同景点的偏好选择,由于每位游客具有独特的兴趣、背景、需求和动机,他们在游览过程中倾向于选择那些符合个人偏好的景点。景区为吸引更多游客,景点往往

包含多种类型, 主要分为自然生态类景点, 历史文化类景点, 现代游乐类景点。通过成功地游览到这些偏好的景点, 游客能够获取更为满足的旅游体验, 这一过程中, 游客的满意度质量成为衡量旅游活动成功与否的重要指标。同时, 不同游客对于景点间路程时间的敏感度呈现出显著的差异性, 这种敏感度受到游客个人偏好、行程安排以及时间充裕度等多种因素的影响。因此, 根据游客的偏好设计游线, 可以使游客有更好的游览体验; 同时景区可以在极高峰期间, 提供相应的交通服务, 使景区的拥挤问题得到改善。

2.2. 模型建立

极高峰期间景区的游线设计需要从游客和景区两个角度考虑。从游客角度, 游客希望在本次旅游中获得的收益最大, 既希望可以游览景区内个人偏好的景点, 从而获得更大的满意度; 又希望在景点间的路程时间尽可能短。从景区角度, 若景区内部分景点超过饱和, 会造成安全隐患, 并降低游客的游玩体验, 对景区的评价会降低; 若部分景点远低于饱和, 会导致景区内景点利用率不高, 因此景区希望各个景点的饱和度一致。由于游客会按照景区的建议游览路线进行游玩, 因此, 在极高峰期间针对不同需求的游客进行不同的游线优化, 会提高游客的游玩体验, 提升景区的知名度。

景区交通组织优化为双目标优化过程, 过程中考虑了游客收益和景点饱和度两个指标, 优化目标函数描述如下:

$$\max \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n E_{ji}$$

$$\min \sum_{i=1}^n \left| \frac{g_i}{g_{i0}} - 1 \right|$$

式中: m 为游客类型数, n 为景区景点数量; E_{ji} 为第 j 类游客在 i 景点的收益; g_{i0} 为 i 景点的日承载量的 80% [11]; g_i 为 i 景点的日实际游客量。

景区是为游客提供服务的, 在旅游期间, 游客的收益应排在第一位。因此, 将游客的收益最大设为第一优化目标, 将景区内各个景点的饱和度一致设为第二优化目标。双目标优化模型如下:

$$\min z = P_1(d_1^-) + P_2(d_2^+)$$

$$\text{s.t. } E_{ji} = \gamma_{ji} U_{ji} - \theta_{ji} [W_{ji}(T_i - T_{ji}^{\min}) + U_{ji}^{\min}]$$

$$W_{ji} = \frac{U_{ji}^{\max} - U_{ji}^{\min}}{T_{ji}^{\max} - T_{ji}^{\min}}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n E_{ji} + d_1^- - d_1^+ = E_{\max 1}$$

$$\sum_{i=1}^n \left| \frac{g_i}{g_{i0}} - 1 \right| + d_2^- - d_2^+ = E_{\max 2}$$

$$d_k^-, d_k^+ \geq 0, k = 1, 2$$

式中: P_1 、 P_2 为目标优先因子, P_1 为第一优先因子, 表示游客的收益最大, P_2 为第二优先因子, 表示景区内景点的饱和度均衡; γ_{ji} 为第 j 类游客对 i 景点的偏好程度, U_{ji} 为第 j 类游客在 i 景点的效用; θ_{ji} 为第 j 类游客对从第 $i-1$ 个景点到第 i 个景点的路程时间敏感度, T_i 为游客从第 $i-1$ 个景点到第 i 个景点的广义成本, 即路程时间, W_{ji} 为游客在景点间的路程时间与效用的转换系数, $U_{ji}^{\max}$ 为第 j 类游客对 i 景点

评价的最大值, $U_{ji}^{\min}$ 为第 j 类游客对 i 景点评价的最小值, $T_{ji}^{\max}$ 为第 j 类游客可接受从第 $i-1$ 个景点到第 i 个景点路程时间的最大值, $T_{ji}^{\min}$ 为第 j 类游客可接受从第 $i-1$ 个景点到第 i 个景点路程时间的最小值; $E_{\max 1}$ 为游客的收益最大值; d_1^- 为负偏差变量, 表示决策值未达到收益最大值的部分, d_1^+ 为正偏差变量, 表示决策值超过收益最大值的部分; $E_{\max 2}$ 为景区的收益最大值; d_2^- 为负偏差变量, 表示决策值未达到景区饱和度一致的部分, d_2^+ 为正偏差变量, 表示决策值超过景区饱和度一致的部分。

2.3. 模型求解

采用目标规划序贯算法求解双目标优化模型的思路是, 在刚性约束必须严格满足的条件下, 依据实际要求, 目标约束允许出现偏差, 依据目标约束的优先级逐层优化。

第一步: 对目标函数中的 P_1 层进行优化。

$$\min Z_1 = d_1^-$$

第二步: 对目标函数中的 P_2 层进行优化。

$$\min Z_2 = d_2^-$$

定义和计算第 j 类游客第 l 条旅游线路的收益偏差指数 η_{Ej}^l , 景区饱和度偏差指数 η_{gj}^l , 比较 2 个偏差指数与相应偏差值的标准偏差, 筛选出旅游线路的初步可接受解。以游客收益偏差指数为例, 有:

$$\eta_{Ej}^l = \frac{d_1^-}{E_{\max 1}}$$

$$\delta_{Ej} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^N (\eta_{Ej}^l - \bar{\eta}_{Ej}^l)^2}{N}}$$

当 $\eta_{Ej}^l = 0$ 时, 游客收益达到预期最大值, 为理想值。

当 $0 \leq \eta_{Ej}^l \leq \eta_{Ej}^l + \delta_{Ej}$ 时, 游客收益为可接受解, δ_e 为游客收益偏差值的标准偏差, N 为线路条数。

当 $\eta_{Ej}^l > \eta_{Ej}^l + \delta_{Ej}$ 时, 游客认为景区游览的收益较低, 需要重新进行游线设计。

第三步: 线路优度评价。

在利用双目标优化模型求解出的可接受解集的基础上, 对解集中包含的线路进行优度评价和排序。粒子群算法具有简单易实现、参数调节较少、全局寻优能力强、群体智能、适应性强等优点。在粒子群优化算法(Particle Swarm Optimization, PSO)的初始阶段, 一个群体由随机生成的粒子组成, 其中每个粒子代表一个潜在的解。随着算法的进行, 这些粒子通过迭代过程不断更新自己的位置, 以寻找适应度值更低的解, 即优化问题的目标函数值更小。在这个过程中, 粒子根据个体历史最佳位置和群体历史最佳位置来调整其搜索轨迹, 从而逐步逼近全局最优解, 因此本文采用粒子群优化算法寻找最优解。

$$\theta_j^l = 100 \times \left\{ 1 - \left[w_E \left(\frac{E_j^{\max} - E_j^l}{E_j^{\max} - E_j^{\min}} \right) + w_g \left(\frac{g_j^l - g_j^{\min}}{g_j^{\max} - g_j^{\min}} \right) \right] \right\}$$

式中: w_E 、 w_g 分别为游客收益和景点饱和度的惯性权重; $E_j^{\max}$ 、 $E_j^{\min}$ 分别为第 j 类游客所有线路游客收益的最大值和最小值; $g_j^{\max}$ 、 $g_j^{\min}$ 分别为所有线路景点饱和度最大值和最小值; E_j^l 、 g_j^l 分别为第 j 类游客第 l 条旅游线路的游客收益和饱和度; θ_j^l 为第 j 类游客第 l 条旅游线路的优度值, 值越大, 优度越高。根据计算出的优度值对各种路线方案进行评估和排列, 优度值的高低直接反映了路线接近最优解决方案的程度。优度值越高, 表明相应的路线方案更接近于理想中的最优解。

3. 案例计算

3.1. 景区概况

浙江省某景区有 20 个景点, 极高峰期间游客在各景点间选择的交通工具均为景交车。基于历史数据将游客群体分为 3 类: 中老年游客, 家庭亲子游客, 其他游客。3 类游客对每个景点的偏好程度、效用不同, 3 类游客在游览期间对每两个景点间的路程时间敏感度不同。

3.2. 案例分析

游客景点偏好、游客效用、景点饱和度属性如图 1 所示, 节点 1 和节点 22 分别为景区进出口。游客对每个景点的偏好分为 5 级, 5 代表一定要去游览, 1 代表一定不去游览; 游客在每个景点的效用分为 5 级, 5 代表体验非常好, 1 代表体验非常差。

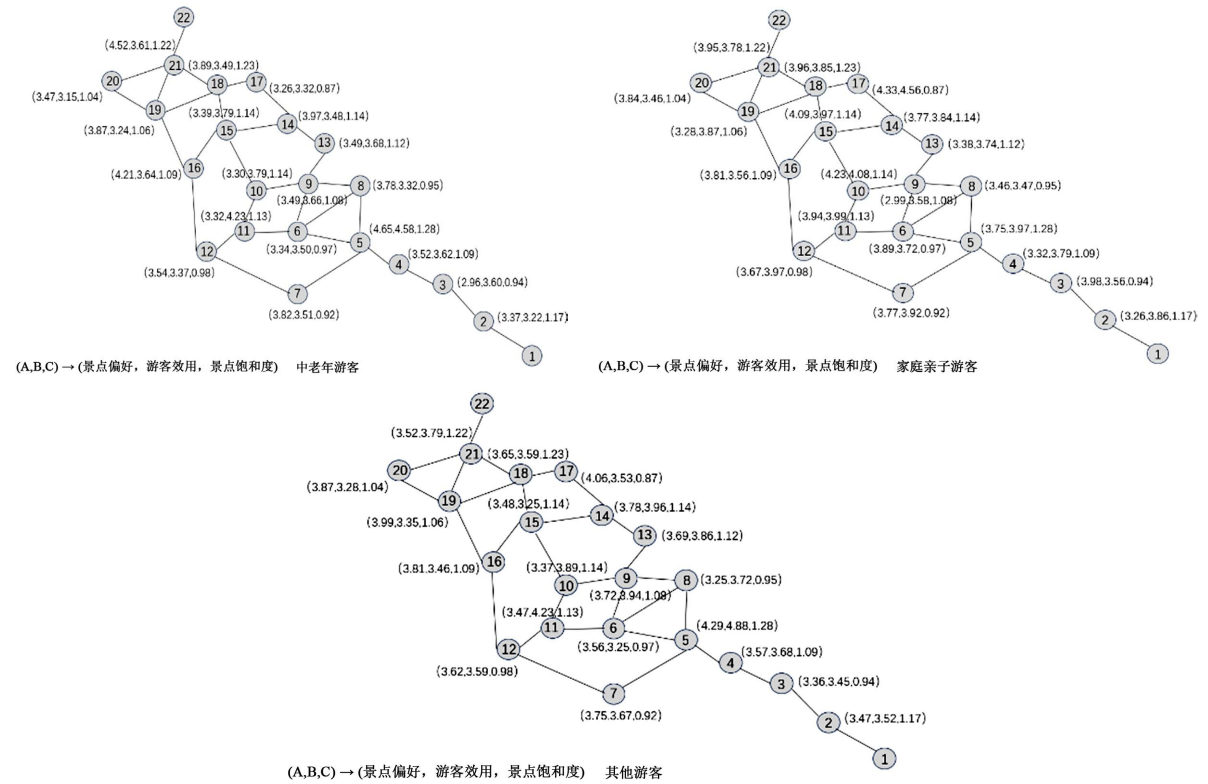


Figure 1. Preferences of tourists for attractions, tourist utility, and saturation attribute graph of attractions
图 1. 游客景点偏好、游客效用、景点饱和度属性图

游客在景点间的路程时间和游客对路程时间的敏感度如图 2 所示。游客对每两个景点间的路程时间敏感度会随着旅游的过程发生变化, 分为 5 级, 5 代表对路程时间非常敏感, 1 代表对路程时间完全不敏感。

计算 3 类游客(中老年游客、家庭亲子游客, 其他游客)所有游线各项优化指标(游客收益、景点饱和度和)的偏差值和相应偏差值的标准偏差, 标准偏差结果如表 1 所示。对于所有游客, $0 \leq \eta_{g_j} \leq 0.8728$ 为可接受解, 中老年游客而言, $0 \leq \eta_{E_j} \leq 0.5493$ 时, 才为可接受解; 对于家庭亲子游客而言, $0 \leq \eta_{E_j} \leq 0.5798$ 时, 才为可接受解; 对于其他游客而言, $0 \leq \eta_{E_j} \leq 0.5602$ 时, 才为可接受解。设置游客收益与景点饱和度的权重分别为 $w_E = 0.6$, $w_g = 0.4$, 将符合条件的游线作为初选可接受解, 对初选可接受解进行优度排序, 选取每类游客游线优度值前 3 的游线结果如表 2 所示。

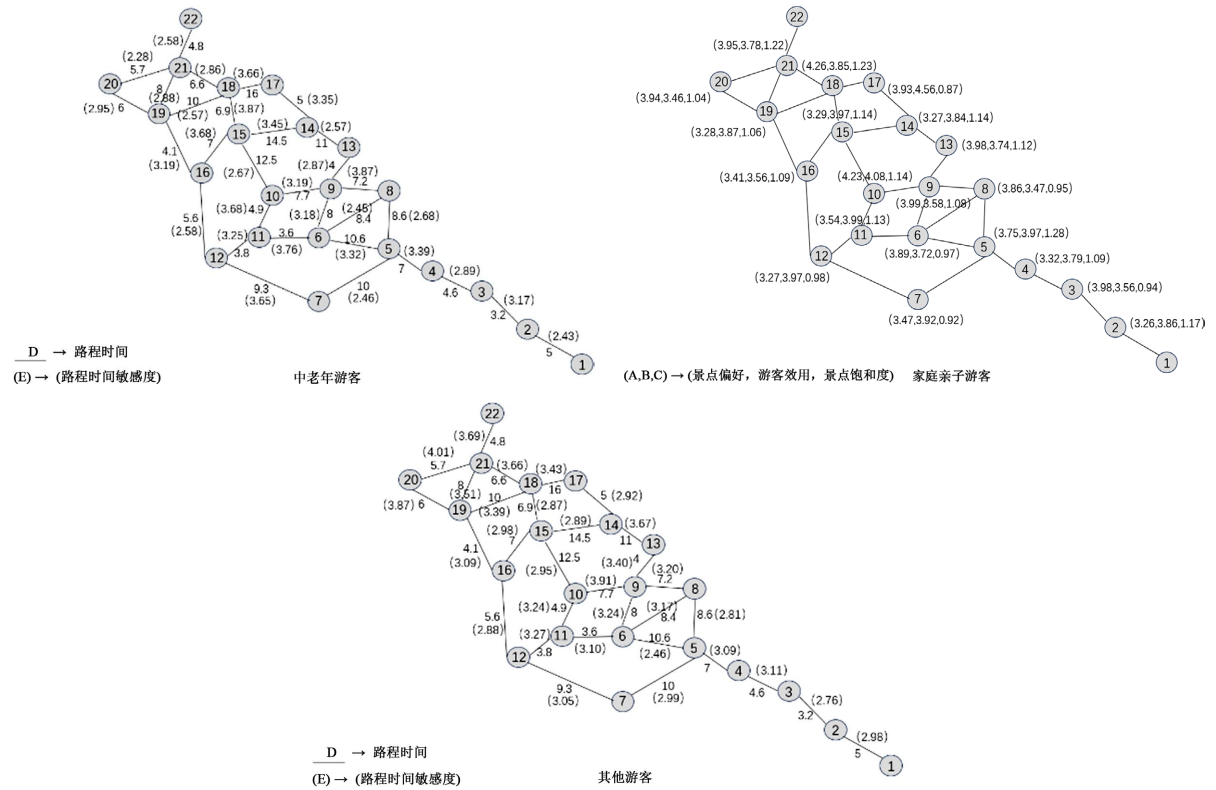


Figure 2. Ravel time between attractions, and sensitivity attribute graph of tourists towards travel time

图 2. 景点间路程时间、游客对路程时间敏感度属性图

Table 1. Standard deviation

表 1. 标准偏差值

	δ_E	δ_g
中老年游客	家庭亲子游客	其他游客
0.1819	0.2058	0.1890
		0.2244

Table 2. Middle-aged and elderly tourists, family and child tourists, and other tourists optimization of travel itineraries

表 2. 中老年游客、家庭亲子游客, 其他游客游线优化

游客类型	游线编号	游览顺序	游客收益	景点饱和度一致性	游线优度值
中老年游客	250	1- > 2- > 3- > 4- > 5- > 8- > 9- > 6- > 11- > 10- > 15- > 16- > 19- > 21- > 22	87.31	1.54	71.82
	249	1- > 2- > 3- > 4- > 5- > 8- > 9- > 6- > 11- > 10- > 15- > 16- > 19- > 20- > 21- > 22	87.77	1.58	70.79
	87	1- > 2- > 3- > 4- > 5- > 6- > 11- > 10- > 15- > 18- > 19- > 21- > 22	85.70	1.55	70.60
家庭亲子游客	278	1- > 2- > 3- > 4- > 5- > 8- > 9- > 10- > 15- > 18- > 19- > 20- > 21- > 22	85.40	1.56	72.72
	50	1- > 2- > 3- > 4- > 5- > 6- > 9- > 10- > 15- > 18- > 19- > 20- > 21- > 22	82.89	1.54	72.12

续表

家庭亲子游客	296	1->2->3->4->5->8->9->13->14->17->18->21->22	83.88	1.57	71.64
	87	1->2->3->4->5->6->11->10->15->18->19->21->22	85.08	1.55	73.12
其他游客	296	1->2->3->4->5->8->9->13->14->17->18->21->22	86.20	1.57	73.06
	249	1->2->3->4->5->8->9->6->11->10->15->16->19->20->21->22	84.90	1.58	72.05

对游线优化结果进行分析可发现：在中老年游客与其他游客的游线优化中，游线优度值最高的选项并不对应着游客收益的最大值，主要因为我们在优化模型中综合考虑了景点饱和度的一致性，验证了模型的可行性。对于家庭亲子游客群体，游线优度值最高的游线表现出了明显的优势。对于这条游线，游客收益远超其他游线，这主要得益于游客收益在优化模型中被赋予了更高的优先级，相较于景点饱和度一致性而言，它对于游线优度的影响更为显著。将3类游客所有游线中优度值最高的游线如图3所示。

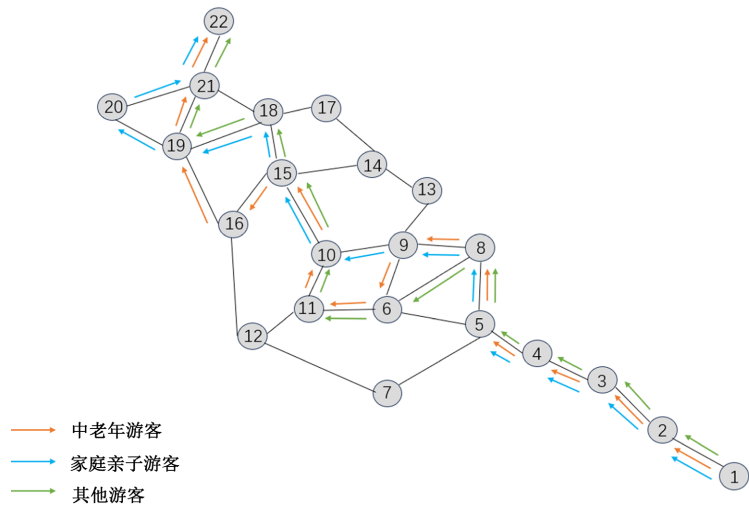


Figure 3. Middle-aged and elderly tourists, family and child tourists, and other tourists optimized travel itineraries
图 3. 中老年游客、家庭亲子游客、其他游客优化游线

尽管中老年游客、家庭亲子游客以及其他类型的游客在景点的最终选择上展现出一定的共性，但在确定游览线路的顺序时，他们之间的差异性却显得尤为显著。这种差异主要源于不同游客群体对游览过程中的路程时间敏感度和景点偏好的不同。家庭亲子游客，在规划游览线路时，更多地考虑到孩子的兴趣和体力状况，往往倾向于选择那些富有娱乐性、互动性和教育意义的景点。然而，对于其他类型的游客，他们对景点间路程时间的敏感度通常较高。这类游客往往希望能够在有限的时间内尽可能多地游览景点，因此他们更倾向于节省在路上的时间。针对这些差异，景区在极高峰期间应采取有针对性的措施，以满足不同游客群体的需求。首先，对于大量游客经过的景点，应布设更多的景交车和工作人员，并部署客流的引导和疏导，保证景点不会造成游客的大量滞留。其次，各景点可以设置排队栏杆，动态调整排队方式、排队路线等。最后，景区可采取提前开园、延后闭园等措施，增加游客游览时间。

这种针对不同游客群体进行差异化管理和服务的策略，不仅有助于提升游客的满意度，还有助于实现景区的可持续发展。因此，景区管理者应充分重视游客的差异性需求，不断探索和创新服务模式，以提供更加优质、个性化的旅游产品和服务。

4. 结论

本文考虑了游客的异质性, 包括不同游客对景点的偏好不同、不同游客对景点的体验评价不同, 不同游客对景点间路程时间的敏感度不同。同时满足游客和景区管理者的需求, 建立了基于游客收益与景点饱和度的双目标优化模型, 使游客收益最大、景点饱和度一致为目标, 并采用粒子群算法寻找线路最优解。以浙江某景区为案例, 找出满足游客偏好的优度值最高线路, 验证了模型的可行性。并针对游客的不同偏好进行极高峰期间景区的游线优化设计, 同时对景区管理者提出了极高峰期间交通管理建议。具体结论如下:

(1) 建立的基于游客收益和景点饱和度的景区游线优化模型能够有效地对不同类型的游客进行极高峰期间的游线规划, 可以帮助景区解决极高峰期间的拥堵问题。

(2) 传统的游线规划, 没有考虑极高峰期间的拥堵情况, 本文考虑了游客的异质性, 根据不同类型的游客推荐不同的游线, 可以减少景区的拥堵, 并使游客的游览体验更好。

本文研究内容没有考虑在景区内, 极高峰期间游客对于不同交通方式的选择, 因此, 在后续研究中有必要考虑多种交通方式对景区游线优化的影响。

参考文献

- [1] Yin, J., Cheng, Y. and Ni, Y.S. (2013) Staging a Comeback? The Influencing Mechanism of Tourist Crowding Perception on Adaptive Behavior. *Tourism Management*, **100**, Article ID: 104827.
- [2] Pan, X., Rasouli, S. and Timmermans, H. (2021) Investigating Tourist Destination Choice: Effect of Destination Image from Social Network Members. *Tourism Management*, **83**, Article ID: 104217. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104217>
- [3] Hu, H. and Lu, H. (2024) Revisiting Tourism in the Post-Pandemic Era: An Evaluation Study of China's 5a-Class Scenic Spots. *Heliyon*, **10**, e25411. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25411>
- [4] Niu, H. (2023) The Effect of Intelligent Tour Guide System Based on Attraction Positioning and Recommendation to Improve the Experience of Tourists Visiting Scenic Spots. *Intelligent Systems with Applications*, **19**, Article ID: 200263. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200263>
- [5] Zheng, X., You, H., Huang, H., Sun, L., Yu, Q. and Luo, Y. (2024) Two-Stage Greedy Algorithm Based on Crowd Sensing for Tour Route Recommendation. *Applied Soft Computing*, **153**, Article ID: 111260. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.111260>
- [6] Pasandi, L., Hooshmand, M. and Rahbar, M. (2021) Modified A* Algorithm Integrated with Ant Colony Optimization for Multi-Objective Route-Finding; Case Study: Yazd. *Applied Soft Computing*, **113**, Article ID: 107877. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107877>
- [7] 毛晨希, 高成栋, 宋瑾钰. 基于蚁群算法的多约束动态旅游路线规划[J]. 运筹与模糊学, 2023, 13(2): 1082-1093.
- [8] 韩艳, 杨光, 武鑫森, 等. 考虑游客拥挤感知的旅游线路优化设计[J]. 北京工业大学学报, 2018, 44(12): 1537-1546.
- [9] Ji, H., Zheng, W., Zhuang, X. and Lin, Z. (2021) Explore for a Day? Generating Personalized Itineraries That Fit Spatial Heterogeneity of Tourist Attractions. *Information & Management*, **58**, Article ID: 103557. <https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103557>
- [10] Yao, L., Ma, R., Liao, Z., Du, S., Jin, M. and Ren, P. (2016) Optimization and Simulation of Tourist Shunt Scheme: A Case of Jiuzhai Valley. *Chaos, Solitons & Fractals*, **89**, 455-464. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2016.02.018>
- [11] 中华人民共和国国家旅游局. LB/T034-2014 景区最大承载量核定导则[S]. 北京: 中华人民共和国国家旅游局, 2014.