

# 基于参数化平台的城市特色旅游路线规划方法研究——以徐州市为例

廖攀<sup>1</sup>, 李继龙<sup>2</sup>, 姚刚<sup>3</sup>, 向立群<sup>4</sup>, 姚天宁<sup>5</sup>

**摘要:** 文旅融合作为国家战略对城市旅游业态升级和可持续发展具有重大指导意义。然而, 近年来, 在城市存量更新建设中, “千城一面、风貌趋同”问题日益突出, 旅游路线规划良莠不齐且没有形成体系使得城市旅游异化为主题公园式的文化符号消费。本研究以徐州市为研究对象, 基于参数化平台及多目标遗传算法构建城市特色旅游路线规划方法模型, 降低游客游玩景点的通勤时间并提升其文化收益。本研究有利于进一步推动城市文化与旅游深度融合发展, 增强游客的文化认同与重游意愿, 传承和弘扬城市优秀历史文化。

**关键词:** 城市网络分析; 旅行商问题; 层次分析法; 旅游路线规划; 多目标优化

**Keywords:** Urban Network Analysis (UNA); Traveling Salesman Problem (TSP); Analytic Hierarchy Process (AHP); Tour Route Planning; Multi-objective Optimization

**资助项目情况:** 本论文由中央高校基本科研业务费专项资金资助, 项目批准号: 2024QN11058。

## 引言

“历史文化是城市的灵魂”<sup>[1]</sup>, 在城市中开展旅游离不开对其优秀历史文化的保护传承弘扬。然而, 近年来, 在城市存量更新建设中, “千城一面、风貌趋同”问题日益突出, 导致具有历史文化底蕴的城市逐渐失去了其独特性, 而异化为主题公园式的文化符号<sup>[2]</sup>。以“网红”流量为代表的旅游营销策略使得旅游产品趋于同质化与高档绅士化, 难以为游客提供个性化与多元化的游览体验<sup>[3]</sup>。同时, 城市的旅游路线规划良莠不齐且没有形成体系, 导致游客密度分布不均而局部过重, 往往集中于网红打卡地点及商业游憩设施, 难以为其带来特色的文化之旅<sup>[4]</sup>。因此, 如何提高游客游览城市的在地体验性、提升其文化体验度, 从而促进城市特色文化和旅游产业深度融合发展, 是当前推动城市旅游业高质量发展的关键性问题。本研究以徐州市为研究对象, 基于参数化平台从体现城市本土特色的角度出发, 提出了满足个性化需求的城市旅游路线规划方法。首先, 选取徐州市代表性特色景点 40 处, 结合专家法与层次分析法确定每个景点的相关权重作为文化收益值, 从景点之间通勤花费值和获取文化收益值两个目标出发构建旅游路线规划算法模型, 降低游客游玩景点的通勤时间并为其提供独具徐州特色的旅游体验。通过对徐州市文旅资源的空间节点优化配置组合,

<sup>1</sup> 廖攀, 中国矿业大学建筑与设计学院, 讲师

<sup>2</sup> 李继龙, 中国矿业大学建筑与设计学院, 硕士研究生

<sup>3</sup> 姚刚, 中国矿业大学建筑与设计学院, 副教授

<sup>4</sup> 向立群(✉), 厦门大学建筑与土木工程学院, 闽南非遗文化数字化保护与智能处理文化和旅游部重点实验室, 助理教授, xiangliqun07@xmu.edu.cn

<sup>5</sup> 姚天宁, 中国矿业大学建筑与设计学院, 硕士研究生

形成凸显徐州文化脉络的个性化、智能化旅游路线，本研究有利于进一步推动城市文化与旅游深度融合发展，增强游客的文化认同与重游意愿，传承和弘扬城市优秀历史文化。

## 1 研究背景

随着全域旅游和文旅融合等国家战略的提出，对于城市优秀文化的深入挖掘并为游客提供独具特色的旅游体验是其中一项关键性内容<sup>[5]</sup>。个性化旅游路线推荐是信息时代背景下旅游领域的研究前沿，其本质在于解决带约束条件的组合优化问题<sup>[6]</sup>，以数据获取、算法逻辑构建以及评价目标设置展开。旅游路线的规划求解可分为两种方法：一种是对精确数学建模的求解，如采用各种计算机算法；另一种则是基于信息时代背景下对用户生成内容的求解，形成通过融合群体智慧(Swarm intelligence)和用户特征的个性化路径推荐<sup>[7]</sup>，其中带有地理标签的 GPS 数据、签到数据、打卡数据等群体智慧数据成为制定个性化旅游路线并满足不同游客需求的数据支撑。例如，Cui, Luo and Wang<sup>[8]</sup>基于历史 GPS 数据挖掘用户旅行习惯，从而实现游客的个性化游览路径推荐。陈雄等为了解决旅游路线规划中的时间背景限制和游客旅行偏好问题，构建了一个考虑时间背景和游客旅行偏好的旅游路线规划数学模型，并提出了一种改进的 MMAS 算法来解决这一问题<sup>[6]</sup>。李渊等<sup>[9]</sup>基于 GPS 数据和社会网络模型分析旅游者对景点的选择特征，并提出考虑旅游者时间约束和空间行为特征的旅游路线设计方法。马子钦，陈崇成和黄正睿<sup>[10]</sup>融合用户特征与群体智慧数据，基于多目标优化遗传算法(NSGA-II)求解多元旅游路线。然而，仅仅将群体智慧数据用于城市文化游览路径规划并不理想，其原因之一在于从大数据角度出发获得的宏观数据较难考虑到游客作为主体的个性化需求，且该数据与本地居民的认知具有差异性，使得城市旅游异化为主题公园式的文化符号消费<sup>[11]</sup>。因此，从体现城市本土特色的角度出发，通过挖掘城市深层次文化特征并进行合理的空间布局优化和要素配置，以此为基础的个性化旅游路线推荐是当前研究的一个重点。

作为历史文化名城，徐州市具有丰富的文化要素，形成了以“一城青山半城湖”的山水文化为底层，两汉文化为标志，运河文化、红色文化、彭祖文化等为特色的多元文化体系(徐州市国土空间总体规划，2021-2035年)。然而，除了徐州市老城区有集中式的汉文化景区，大多数优秀文旅资源规模小且分布不均，缺少系统性和整体性，影响了徐州市整体文化特色的表达<sup>[12]</sup>。基于此，本研究以徐州市作为切入点，基于参数化平台提出挖掘城市本土特色的旅游路线规划方法模型，从而进一步推动城市文化与旅游融合发展。

## 2 研究方法

本研究以开源数据为主要来源，通过城市网络分析(UNA)求解景点之间的最短距离，以旅行商问题(TSP)算法求解景点之间的最短通勤路径及时间，采取专家法和层次分析法(AHP)综合确定景点的文化收益权重，最后基于遗传算法(NSGA-II)求解多元旅游路线，降低游客游玩景点的通勤时间并提升其文化收益。研究框架如图1所示。

### 2.1 数据获取及处理

以开源地图 Open Street Maps (OSM) 为底图获取徐州市中心城区的道路路网，通过网络问卷和社会问卷的形式收集来自不同年龄段人群推荐的徐州市代表性景点，并将收集到的景点信息与大众点评、美团和携程等平台的网络数据进行匹配和筛选，最终由徐州市文化研究专家选取该范围内徐州市代表性景点40处，分为5大类：文化、山水、游憩、美食、其他，通过序号0-39依次表示各个景点，便于之后的矩阵建立及索引(表1)。其中，文化景点是代表徐州市特色的独特

景点，如狮子山楚王陵和龟山汉墓；山水景点由体现徐州市“一城青山半城湖”的特色景点组成，包括云龙湖和云龙山等；游憩景点则是体现城市通用娱乐的主题式公园，以商业中心为代表；美食景点我们选取了徐州市极具代表性的美食街区，均来自于本地居民推荐，与互联网的“网红打卡”景点相补充，避免同质化的美食一条街推荐系统；其他景点主要由徐州市三所公立高校组成，表征“大学校园游”，其他类别景点可以根据研究需求进一步拓展,例如加入图书馆等公共设施建筑。将上述 40 处景点置于空间地图中，如图 2 所示。

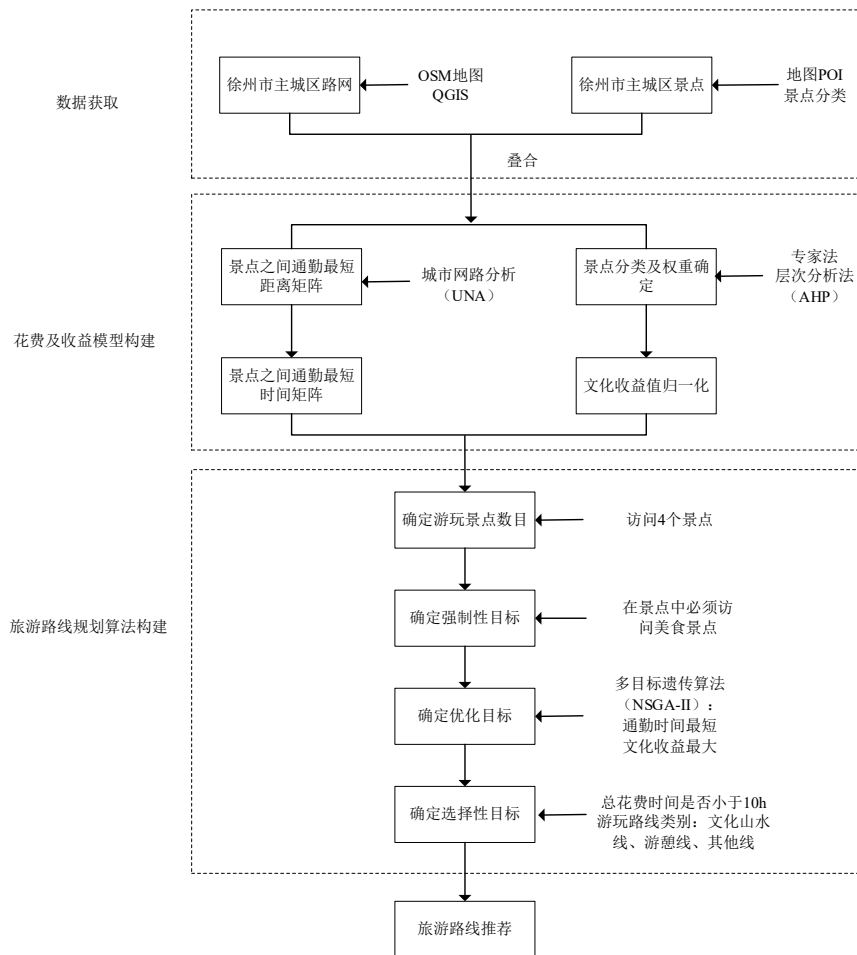


图 1 研究框架 (图片来源: 作者自绘)

表 1 徐州市特色景点及分类 (来源: 作者自绘)

分类	景点	索引	归一化文化收益值
文化	徐州博物馆、狮子山楚王陵、龟山汉墓、淮海战役纪念馆、户部山和回龙窝、汉画像艺术馆、蟠桃山佛教文化景区、城墙博物馆、黄楼公园、李可染艺术馆、千佛寺	0-10	80, 52, 69, 55, 49, 29, 5, 20, 6, 8, 8
山水	云龙湖、大龙湖、彭祖园、黄河故道、云龙山、九里湖国家湿地公园、植物园、金龙湖、娇山湖	11-19	100, 31, 29, 36, 81, 20, 5, 12, 3
游憩	苏宁广场、铜山万达、云龙万达、徐州乐园、欧乐堡海洋极地世界、奥体中心、动物园	20-26	55, 9, 6, 23, 16, 7, 2
美食	文亨街、夹河西街、富国街、煤建一街、湖滨新村、永安街、丰储街、中樞南街、黄河新村菜市场、七岔路口	27-36	12, 10, 32, 12, 16, 2, 30, 6, 11, 0
其他	中国矿业大学、江苏师范大学、徐州医科大学	37-39	66, 7, 5

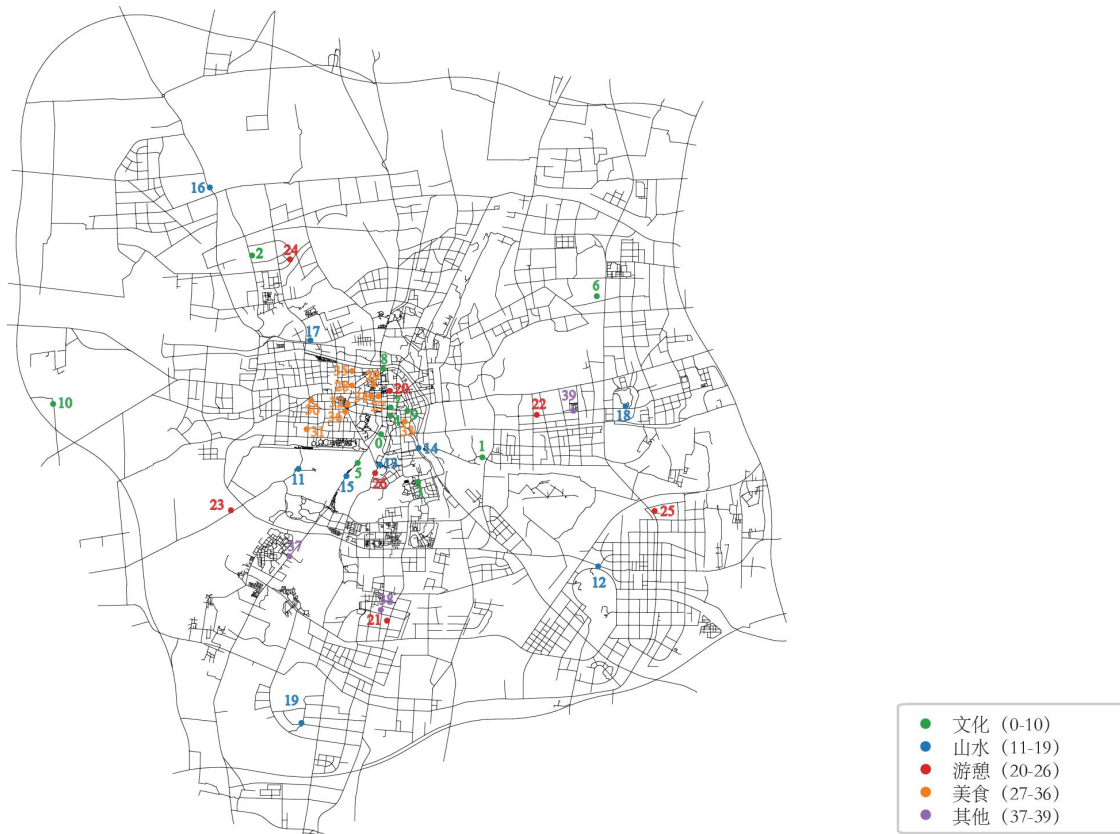


图2 徐州市主城区范围内不同类别景点分布（图片来源：作者自绘）

## 2.2 花费及收益模型构建

本研究采取花费及收益均衡双目标优化的策略构建徐州市旅游路线规划模型。首先通过城市网络分析（UNA）的冗余路径（Redundant Paths）功能获得40个景点两两之间的最短路径。基于本地可视化需求考虑，本研究未接入网络地图（如百度地图）API获得它们之间的最短路径。接着，构建景点两两之间的通勤时间矩阵。如果两点之间最短路径小于1km，我们认为该距离较适用于步行通勤，将该距离除以步行速度5km/h得到其时间；当距离介于1km-10km之间，其属于市区通勤距离，将该距离除以30km/h得到大致通勤时间。当距离大于10km时，快速路成为主要通勤手段，将该距离除以35km/h得到大致通勤时间。在40个景点的文化收益模型构建上，我们采取了专家法和层次分析法相结合的方式求得各个景点的文化收益值，即哪个景点更具代表性且值得游玩。具体而言，我们采访了4位徐州市相关研究学者，每位专家首先针对5个大类以1-9的量表进行两两比较赋予权重；接着针对每个大类下的景点两两比较赋予各景点权重。通过几何平均（Geometric mean）整合每位专家的权重评价算出40个景点的综合平均权重。最后，对40个景点的综合平均权重进行归一化，得到由0-100分布的文化收益值（表1）。

## 2.3 旅游路线规划算法构建

游客在景点的路线规划本质上是求解访问各个景点的最佳顺序，属于旅行商问题（Traveling Salesman Problem, TSP），本研究未考虑游客起始点的空间位置。尽管游客希望一天内能游玩尽可能多的景点，其在一天内访问的景点并非无限制。因此，以每日访问4个景点为例构建旅游路线规划算法模型，即从40×40的景点矩阵中提取所有的4×4矩阵（共 $C(40,4)=91,390$ ），针对每个

分矩阵利用穷举法（Brute Force）算法求得最短路径，记录最短通勤时间；同时记录在游玩这 4 个景点所获得的总文化收益值。为模拟游客在路线规划时的实际选择，限定在 4 个景点中必须索引 1 个或者 2 个美食景点（即路径之中必须有序号 27-36 的景点），最后索引的总矩阵数目为 60175。游客在每个景点的游玩时间由互联网平台大众点评网确定，游客一天的总花费时间是通勤时间和游玩时间的总和，记录其时长是否超过 10h。最后，在所有的景点序列中，以文化和山水景点或者游憩景点是否占比超过 50%来命名其路线类型，分为文化山水线、游憩线，否则为其他线；如果文化山水景点和游憩景点数目一致，则仍以文化山水线为主导命名。

基于 Grasshopper 的 Wallacei 插件进行多目标求解，其优化目标是游客希望在游玩 4 个景点并访问 1-2 个美食景点的前提下，能够尽可能的减少通勤时间、获得最佳的游玩路径，并能够获得尽可能大的文化收益值、游玩该城市的特色景点，从而增强文化认同与重游意愿。同时，游客旅游路线的总花费时间以及旅游路线类型可以作为个性化需求供游客自行选择。

### 3 结果

#### 3.1 模拟总体样本结果

本研究的多目标遗传算法模拟参数设置为代数 20 代、每代个体 20 个，共计 400 个路线样本。为保证实验的可重复性，在 Wallacei 界面中模拟的随机种子（Random Seed）数值设置为 1。20 代模拟结果如图 3 所示，目标适宜值（Fitness value）以越小越好，即排名更靠前为佳（文化收益值的适宜值做倒数处理，同样值以越小为宜）。在路线通勤时间目标计算上，其代数的标准差分布较广，表明各个路线样本的通勤时间相差较大，在迭代后目标适宜值得到降低；文化收益目标适宜值在迭代后标准差（Standard Deviation）分布形成收束，这表明各个路线样本文化收益值的浮动较少。图 4 显示了 400 个路线样本中所有独特路线对于 40 个景点的访问情况。综合来看，徐州博物馆（0 号）被选择的频次最高，其主要原因一方面在于访问徐州博物馆的文化收益值较高（表 1），另一方面，因其位于路网的 NACH 核心处（图 5），在规划路线时其较易被访问而降低总通勤时间。在总体游玩时间超过 10h 的路线中，山水景点中的云龙山（15 号）是其中重要节点。最后，在文化山水线中，户部山和回龙窝（4 号）、云龙山（15 号）、丰储街（33 号）被多个路线样本中所选择。

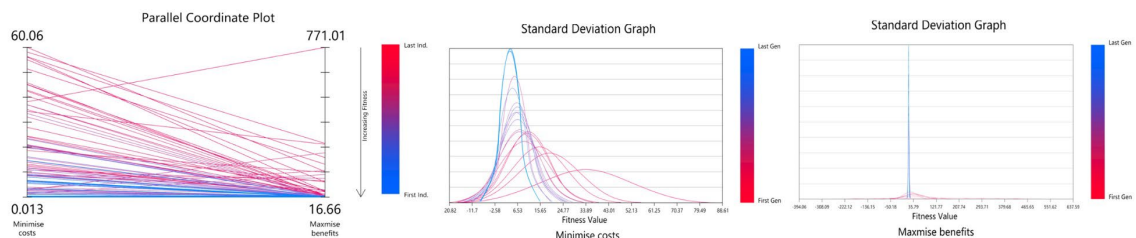


图 3 左：双目标适宜值（Fitness value）迭代分布；中：通勤时间标准差迭代分布；右：文化收益值标准差迭代分布（图片来源：作者自绘）

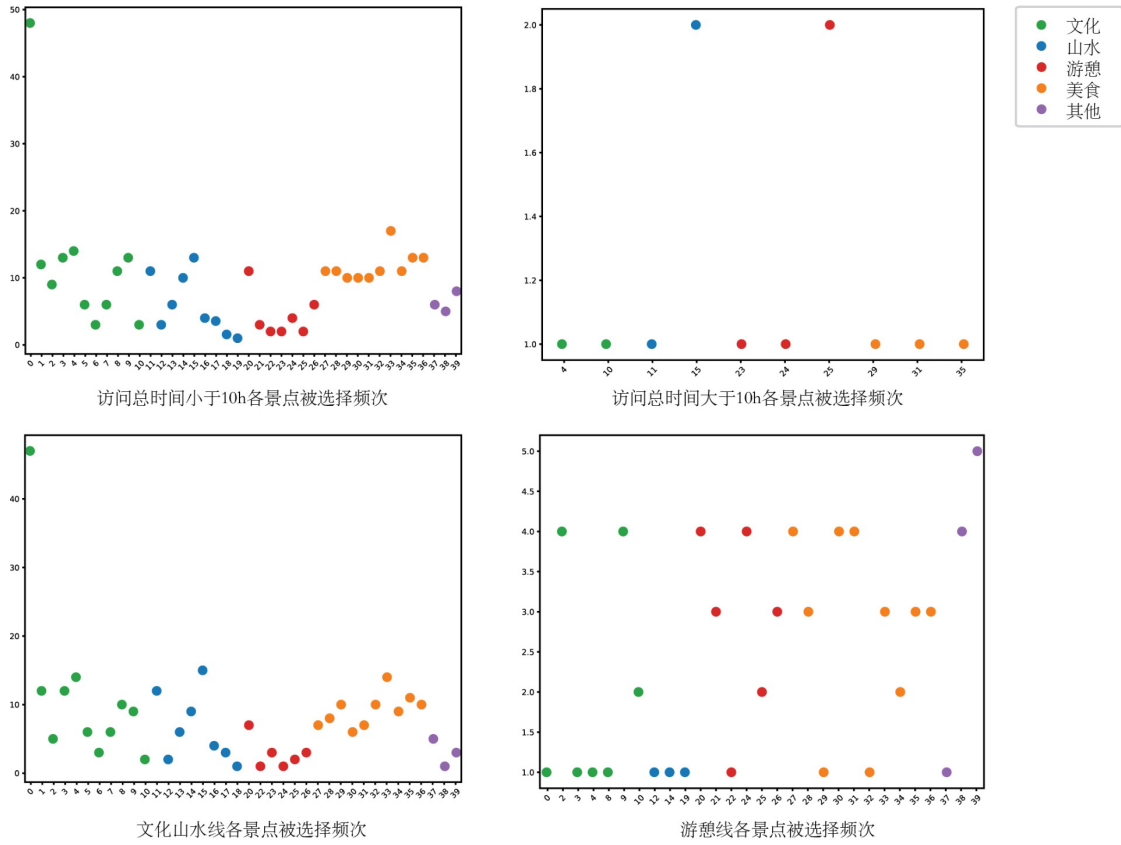


图4 左上：总花费时间小于10h的独特路线样本中各景点被选择频次；右上：总花费时间大于10h的独特路线样本中各景点被选择频次；左下：文化山水线中各景点被选择频次；右下：游憩线中各景点被选择频次（图片来源：作者自绘）

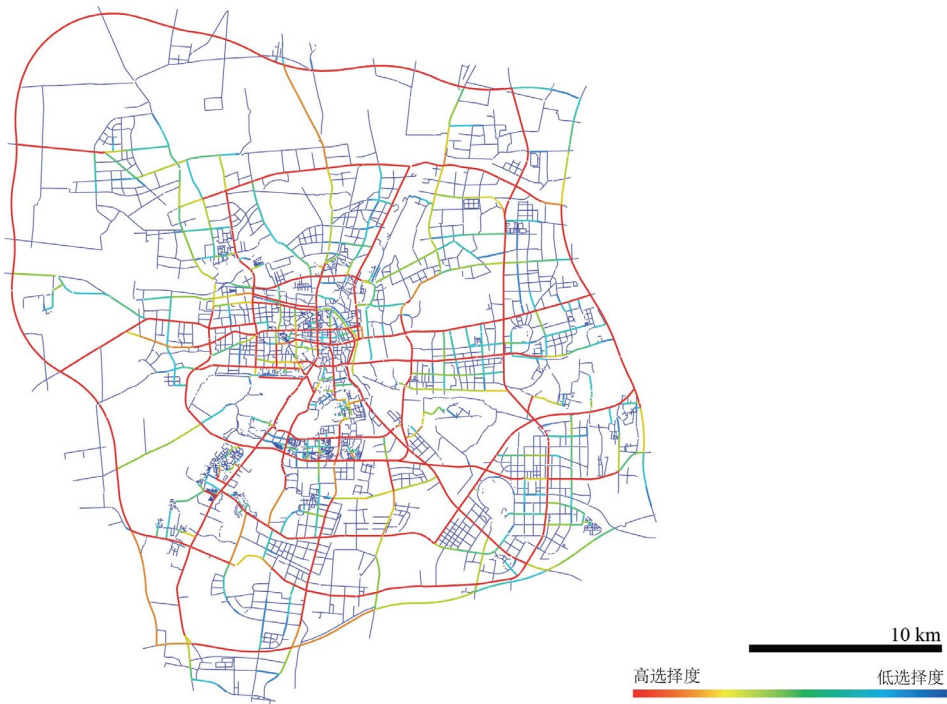


图5 徐州市主城区路网标准选择度（NACH）值分布，红色线段为NACH值前10%（图片来源：作者自绘）

### 3.2 推荐路线

在推荐路线上，我们提出了两种推荐策略。第一种是基于 20 代模拟结果产生的 400 条旅游路线，选取重复频次最高的其中 6 条旅游路线作为推荐（表 2），这些路线中涵盖了文化收益较高的徐州博物馆和云龙湖以及“网红美食街”富国街和丰储街。第二种是分别求解旅游路线的通勤时间和文化收益，得到各自目标下的最佳旅游路线（表 3）：徐州博物馆-户部山和回龙窝-苏宁广场-丰储街是所有样本路线中通勤时间最短的景点组合，其文化收益也居于前列；徐州博物馆-狮子山楚王陵-云龙湖-夹河西街是文化收益最大的景点组合，但相对而言通勤时间居于后列。图 6 给出了两条路线在徐州市路网中的最短通勤路径，游客在该路径附近的任一点出发，按照闭环路线依次访问路线中的旅游景点，则可以最大限度的节省通勤时间从而提高通勤效率。

表 2 400 个路线样本中重复路线频次（来源：作者自绘）

序号	推荐景点最短通勤游览顺序	最短通勤时间	总花费时间	文化收益	重复频次
1	4（户部山和回龙窝）-31（湖滨新村）-11（云龙湖）-37（中国矿业大学）	0.65h	8.65h	231.96	20
2	0（徐州博物馆）-4（户部山和回龙窝）-34（中枢南街）-28（夹河西街）	0.24h	8.24h	145.64	15
3	11（云龙湖）-23（徐州乐园）-15（云龙山）-31（湖滨新村）	0.55h	10.55h	219.66	15
4	34（中枢南街）-0（徐州博物馆）-15（云龙山）-37（中国矿业大学）	0.56h	9.56h	233.59	15
5	7（城墙博物馆）-0（徐州博物馆）-32（永安街）-29（富国街）	0.24h	6.74h	134.50	13
6	0（徐州博物馆）-15（云龙山）-31（湖滨新村）-33（丰储街）	0.43h	9.43h	206.92	13

表 3 最短通勤时间路线（序号 1）与最大文化收益路线（序号 2）（来源：作者自绘）

序号	推荐景点最短通勤游览顺序	最短通勤时间	总花费时间	文化收益	排名
1	0（徐州博物馆）-4（户部山和回龙窝）-20（苏宁广场）-33（丰储街）	0.19h	8.19h	214.53	0/399 94/399
2	0（徐州博物馆）-1（狮子山楚王陵）-11（云龙湖）-28（夹河西街）	0.76h	8.76h	242.13	326/399 0/399



图 6 两种路线在徐州市路网中的最短通勤路径

## 4 讨论及结论

本研究基于参数化平台从通勤时间花费和文化收益两个目标出发，构建了徐州市的特色旅游路线规划算法模型，以游客一天游玩 4 个景点为例，通过层次分析法加权各个景点的文化收益值并采用旅行商问题算法求解最短通勤时间，基于遗传算法得到了一系列特色各异可供游客选择的的城市特色旅游路线，同时亦可以考虑游客的个性化需求形成多元旅游路线推荐方案。

本研究的创新点如下：（1）通过专家法和层次分析法来综合确定城市景点的文化收益，以此为基础，引导游客对历史文化节点的关注和探索，从而避免互联网数据的从众效应；（2）考虑到旅游路线的合理规划，本研究从参数化的角度出发，设置每天访问 4 个旅游景点并同时考虑美食景点在其中的穿梭作用，从而能让旅游路线推荐更加合理落地；（3）最后，本研究基于参数化平台 Rhino 和 Grasshopper 的 UNA 插件以及 Wallacei 插件分别进行景点之间的最短路径求解以及多目标优化求解，整个过程动态可变。例如，可以将单日访问景点设置到 5 个形成新的旅游路线推荐系统。将求解路线通过城市网络分析得到最短通勤路径并实时映射在地图之中，为后续软件开发扩展提供了可能性。值得指出的是，游客选择参观景点时并不全以效益为核心，针对游客自行选择的景点组合，本研究可以基于 UNA 和 TSP 算法自动规划游览景点的最佳流线。本研究的主要局限性在于选取的景点如黄河故道属于线性文化景点，访问该节点的起始点和终点应有所差异；其次，本研究主要是基于景点之间的组合排序构建最短路径系统，即从其中某个景点出发并最终返回到该景点，属于典型的旅行商问题，该系统未考虑到游客的当前地理位置，基于游客实时地理位置的个性化旅游路线推荐是下一步需要深化的方向之一。



## 参考文献

- [1] 王长松. 历史文化名城的保护与发展模式 [J]. 人民论坛, 2019, (27): 60-1.
- [2] 段进, 姜莹, 李伊格, 等. 空间基因的内涵与作用机制 [J]. 城市规划, 2022, 46(03): 7-14+80.
- [3] 廖春花, 明庆忠. 旅游开发与城市历史街区保护 [J]. 城市问题, 2015, (04): 17-22.
- [4] 司洁, 李欣鹏, 薛靖裕, 等. 基于地方性视角的历史街区商业化程度量化研究——以西安市北院门历史街区为例 [J]. 城市发展研究, 2019, 26(07): 107-13+2+37.
- [5] 戴学锋, 杨明月. 全域旅游带动旅游业高质量发展 [J]. 旅游学刊, 2022, 37(02): 6-8.
- [6] 陈雄, 李爱光, 陈冰, 等. 一种基于改进蚁群算法和顾及时间上下文的个性化旅游线路规划方法 [J]. 测绘科学技术学报, 2019, 36(02): 215-20.
- [7] 常亮, 孙文平, 张伟涛, 等. 旅游路线规划研究综述 [J]. 智能系统学报, 2019, 14(01): 82-92.
- [8] CUI G, LUO J, WANG X. Personalized travel route recommendation using collaborative filtering based on GPS trajectories [J]. International Journal of Digital Earth, 2018, 11(3): 284-307.
- [9] 李渊, 丁燕杰, 王德. 旅游者时间约束和空间行为特征的景区旅游线路设计方法研究 [J]. 旅游学刊, 2016, 31(09): 50-60.
- [10] 马子钦, 陈崇成, 黄正睿. 融合用户特征与群体智慧的多目标旅游线路推荐方法 [J]. 地球信息科学学报, 2022, 24(10): 2033-44.
- [11] 向岚麟, 董晶晶, 王凯伦, 等. 基于主体视角的历史街区地方感差异研究——以北京南锣鼓巷为例 [J]. 城市发展研究, 2019, 26(07): 114-24.
- [12] 林岩. 基于特色文化空间整合的徐州城市更新设计策略 [J]. 规划师, 2021, 37(15): 44-50.