

所属类别	2024 年“华数杯”全国大学生数学建模竞赛	参赛编号
本科组		CM2400287

基于多目标优化的中国城市旅游景点评分与线路规划模型研究

摘要

本研究旨在基于多目标优化方法，构建中国城市旅游景点评分与线路规划模型，提升外国游客在中国的旅游体验。研究通过对全国 352 个城市的景点数据进行统计分析，选出评分最高的景点，并结合城市规模、环境质量、人文氛围等因素，对城市进行综合评价，选出最受外国游客向往的 50 个城市。在此基础上，规划出游客在有限时间内的最佳旅游路线，并通过多种算法（如贪心算法、MLP-贪心算法、遗传算法、深度 Q 网络）优化线路，以实现游览体验最大化和费用最小化。

关键词：多目标优化，旅游线路规划，城市旅游景点评分，数据统计分析，贪心算法，MLP-贪心算法，遗传算法，深度 Q 网络，中国旅游业，外国游客体验

目录

第一章 问题重述	4
1.1 问题背景	4
1.2 本文提出的问题	4
第二章 问题分析	5
2.1 针对子问题一	5
2.2 针对子问题二	5
2.3 针对子问题三	5
2.4 针对子问题四	5
2.5 针对子问题五	6
第三章 子问题一的模型建立与求解	7
3.1 数据预处理	7
3.1.1 读取提供的 352 个城市的景点数据	7
3.1.2 清洗数据	7
3.2 评分提取与筛选	7
3.3 数据统计与分析	8
3.4 城市排名	9
第四章 子问题二的模型建立与求解	10
4.1 模型建立	10
4.1.1 确定评价指标	10
4.1.2 确定权重	11
4.1.3 综合权重计算	12
4.1.4 计算最终得分	13
4.1.5 得分标准化与排名	13
4.2 最令外国游客向往的 50 个城市	14
第五章 子问题三的模型建立与求解	16
5.1 数据准备	16
5.2 模型构建	16
5.2.1 贪心算法求解	16
5.2.2 MLP-贪心算法求解	18
第六章 子问题四的模型建立与求解	21
6.1 模型构建	21
6.2 求解结果	23
第七章 子问题五的模型建立与求解	25
7.1 数据准备	25
7.2 模型建立	25
7.2.1 特征向量构建	25
7.2.2 神经网络模型	26
7.3 求解结果	27
第八章 模型的评价	29

表格与插图清单

表 1 最高评分景区城市统计
表 2 最令外国游客向往的 50 个城市统计
表 3 由贪心算法规划游玩路线
表 4 由 MLP-贪心算法规划游玩路线
表 5 由遗传算法规划游玩路线
表 6 由 DQN 算法规划游玩路线

图 1 中国景区数量与平均评分的空间分布及经纬度统计
图 2 最高评分景区城市地区统计
图 3 四种权重统计
图 4 最终权重统计
图 5 最令外国游客向往的 50 个城市地区统计
图 6 由贪心算法规划铁路路线
图 7 多层感知机网络结构图
图 8 由 MLP-贪心算法规划铁路路线
图 9 由遗传算法规划铁路路线
图 10 由 DQN 算法规划铁路路线

第一章 问题重述

1.1 问题背景

随着全球化进程的加速和国际交流的日益频繁，旅游业作为一种文化交流和经济发展的重要方式，受到了各国的高度重视。中国作为拥有五千年历史文明的古国，凭借其丰富的文化遗产、壮丽的自然景观和快速发展的现代化城市，吸引了大量外国游客的关注。近年来，随着“city 不 city”这一网络流行语在外国网红中的推广，中国的旅游业迎来了前所未有的发展机遇。

在上述背景下，如何优化外国游客在中国的旅游线路，提升其旅游体验，成为一个亟需解决的问题。通过建立科学合理的旅游线路规划模型，不仅可以为游客提供最佳的旅游方案，最大化其游览体验，还可以提升中国旅游业的整体服务水平和国际竞争力。此次研究旨在结合历史、政治、经济、社会和科技等多方面的因素，综合运用多种评价和优化方法，构建一个全面的旅游线路规划模型，为中国旅游业的发展提供理论支持和实践指导。

1.2 本文提出的问题

本研究的宗旨是建立线性优化模型，综合考虑景点评分、交通便捷性、城市规模、环境质量、人文氛围、交通便利性及美食等因素，为外国游客规划最佳旅游线路，最大化他们的游览体验。同时，通过该模型实现个性化旅游线路的优化，使游客在有限的时间内尽可能多地游览景点，并尽量减少门票和交通费用。

子问题一：在全国 352 个城市中，每个城市选择评分最高的景点，并计算全国所有景点的最高评分 (Best Score, BS)。确定全国有多少景点获得了这个最高评分 (BS)，并根据拥有最高评分 (BS) 景点数量的多少，列出前 10 个城市。

子问题二：根据“城市最佳景点游览原则”，综合考虑城市规模、环境质量、人文氛围、交通便利性、美食等因素，对 352 个城市进行综合评价，选出最受外国游客向往的 50 个城市。

子问题三：假设外国游客从广州入境，有 144 小时的游览时间。规划出游客在有限时间内可以游览的城市及景点路线，结合花费时间、门票和交通的总费用及可游览的景点数量，确保游览线路的合理性和可行性。

子问题四：在子问题三的基础上，优化游览目标，既要尽可能多地游览景点，又要使门票和交通的总费用尽可能减少。通过重新规划游览路线，计算门票和交通的总费用、总花费时间及可游览的城市数量。

子问题五：针对特定游客需求，如希望游览中国的山景，从飞机入境城市开始，定制个性化的 144 小时旅游线路。确保尽可能多地游览山景，同时使门票和交通的总费用尽可能减少，满足游客的个性化需求。

第二章 问题分析

2.1 针对子问题一

子问题一：最高评分景点的统计与分析

子问题一旨在统计全国 352 个城市中所有 35200 个景点评分的最高分 (Best Score, 简称 BS)，并计算出获得最高评分 (BS) 的景点数量。通过数据统计，我们得出：

- 最高评分 (BS)：5.0
- 获得最高评分 (BS) 的景点数量：2563

接下来，根据各城市拥有最高评分景点的数量，对城市进行排名，列出前 10 个城市。这为后续的旅游线路规划提供了基础数据支持，使游客在有限时间内游览最具吸引力的景点，从而优化旅游体验。

2.2 针对子问题二

子问题二：城市综合评价模型的建立

子问题二在子问题一的基础上，进一步对 352 个城市进行综合评价。为此，我们确定了一些评价指标，包括人口、景点评分、绿化率、公共交通覆盖率、GDP、美食多样性等。采用专家打分法、层次分析法 (AHP)、主成分分析法 (PCA) 和熵权法分别计算各指标的权重，并综合这些权重计算每个城市的综合得分。最终，对综合得分进行标准化处理，得到前 50 名最受外国游客向往的城市。这一模型的建立为旅游线路规划提供了科学依据。

2.3 针对子问题三

子问题三：时间和费用约束下的旅游线路优化

子问题三在子问题二的基础上，增加了时间和费用的约束条件。游客在有限的 144 小时内，需要在游览尽可能多景点的同时，尽量减少门票和交通费用。为此，我们对旅游线路进行优化，重新规划出既能最大化游览体验又能最小化费用的旅游路线。具体步骤包括：

- 确定游客的游览目标和偏好。
- 计算不同旅游线路的时间和费用。
- 选择最优线路，使得游览时间和费用达到平衡。

2.4 针对子问题四

子问题四：进一步优化的游览目标和费用

子问题四进一步优化游览目标，要求在游览尽可能多景点的前提下，门票和交通费用尽可能少。我们在子问题三的基础上，进一步细化和优化旅游线路，具体步骤包括：

- 重新评估各景点的游览价值和费用。
- 优化算法实现时间和费用的综合最优解。
- 输出最优线路，并计算相关费用和时间。

3.5 针对子问题五

子问题五：个性化需求的旅游线路定制

子问题五引入了特定游客需求的个性化定制。例如，有游客希望专注于山景的游览体验。根据这些个性化需求，规划出 144 小时内的最佳旅游路线。具体步骤包括：

- 分析游客的具体需求，如景点类型偏好（如山景）。
- 在满足个性化需求的同时，优化游览时间和费用。
- 提供个性化的旅游解决方案，确保在有限时间内实现最佳游览体验和费用最小化。

第三章 子问题一的模型建立与求解

子问题一要求建立线性优化模型，以确定在 352 个城市中每个城市的评分最高景点 (Best Score, BS)。需要分析每个城市的景点评分数据，找出各城市评分最高的景点，并统计这些景点的评分。最终目标是计算出全国有多少景点获得了最高评分 (BS)，并根据拥有最高评分景点数量的多少，列出前 10 个城市。这将为后续旅游线路规划提供基础数据支持，使游客在有限时间内游览最具吸引力的景点。

3.1 数据预处理

为了确保模型建立的准确性和有效性，首先需要对提供的 352 个城市的景点数据进行预处理。这一过程包括读取数据、清洗数据和统一格式。

3.1.1 读取提供的 352 个城市的景点数据

首先，我们从给定的 CSV 文件中读取每个城市的景点信息。每个文件包含 100 个景点的详细信息，包括名字、链接、地址、介绍、开放时间、图片链接、评分、建议游玩时间、建议季节、门票和小贴士。通过编写脚本，我们将所有城市的数据合并到一个数据集 (DataFrame) 中，便于后续处理和分析。

3.1.2 清洗数据

3.1.2.1 处理缺失值

缺失值是指数据集中某些观测值缺失的情况，可能由于各种原因导致，例如爬取数据不完整、景点访问量低等。在处理缺失值时，可以选择删除包含缺失值的记录，或使用合理的方法填补缺失值。对于评分缺失的景点，本研究选择采用平均值填补的方法。

$$x_{mis} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

其中， x_i 为非缺失的评分值， x_{mis} 为缺失的评分值。

3.1.2.2 去除重复值

重复值是指数据集中存在的完全相同的记录，重复值会导致数据分析结果的偏差，因此需要去除重复记录。

3.2 评分提取与筛选

具体步骤如下：

1. 按照城市对景点进行分组。
2. 在每个城市的分组内，根据评分对景点进行排序。
3. 提取每个城市评分最高的景点。

通过上述步骤，我们能够有效地提取每个城市中评分最高的景点信息。这些评分最高的景点将作为后续分析和旅游线路规划的重要依据。

3.3 数据统计与分析

在完成数据的预处理和评分提取之后，下一步是进行数据统计与分析，以全面了解全国范围内景点评分的分布情况，并找出拥有最高评分景点的城市数量和分布情况。这部分的工作主要包括统计每个城市的最高评分景点信息、计算全国范围内的评分分布，并进行排名分析。

全国范围内的最高评分 (Best Score, 简称 BS)

- 在 352 个城市中的所有 35200 个景点评分中，最高分 (BS) 为 5.0。

全国范围内获评最高评分 (BS) 的景点数量

- 全国共有 2563 个景点获得了这个最高评分 (BS)。

为了更直观地展示分析结果，我们制作了以下可视化图表：

全国范围内的最高评分景点数量分布图: 该图展示了全国各城市中最高评分景点的数量分布情况，可以直观地看到哪些城市的高评分景点数量较多。

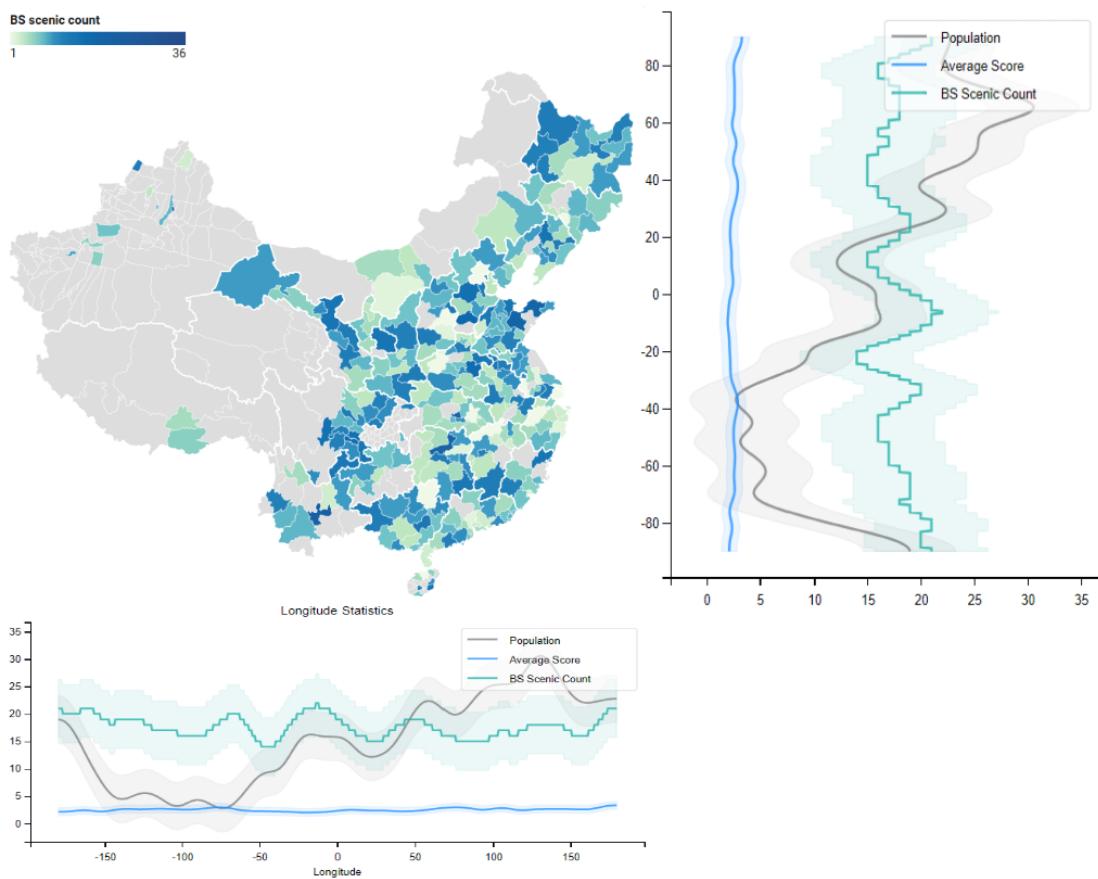


图 1 中国景区数量与平均评分的空间分布及经纬度统计

该可视化图由三部分组成，分别展示了全国范围内各城市的最高评分 (Best Score, BS) 景点数量分布情况、经度统计和纬度统计。具体如下：

- 全国范围内的最高评分景点数量分布图**: 左侧地图展示了各城市最高评分

景点的数量分布，颜色越深表示景点数量越多。

2. **经度统计图**: 右侧上图展示了不同经度范围内的最高评分景点数量、人口和平均评分分布情况。
3. **纬度统计图**: 右侧下图展示了不同纬度范围内的最高评分景点数量、人口和平均评分分布情况。

3.4 城市排名

根据每个城市中评分最高景点的评分情况，我们对这些城市进行排名。

最高评分 (BS) 景点数量 (前 10 个城市)

city	count	Latitude	Longitude	population	average_score	Chn_name
Sansha	36	25	92	105,285	4	三沙
Wujiagu	28	44	88	96,436	4	五家渠
Yuxi	21	24	103	2,249,502	3	玉溪
Yiyang	20	29	112	4,413,800	3	益阳
Tianmen	19	41	117	953,234	3	天门
Alar	18	51	76	953,775	3	阿拉尔
Weifang	18	37	119	2,636,154	3	潍坊
Yantai	18	37	121	2,511,053	4	烟台
Daxinganling	18	46	123	708,887	4	大兴安岭
Xingtai	17	37	115	7,111,106	3	邢台

表 1 最高评分景区城市统计

从最高评分景点数量排名前 10 的城市分析中可以看出，三沙市、五家渠市和玉溪市分别位居前三，显示出这些城市在旅游景点质量和游客评价方面的突出表现。尽管一些城市如三沙市和五家渠市人口较少，但其高评分景点数量多，说明这些城市拥有独特的旅游资源和较高的景点质量。而像益阳市和邢台市这样人口较多的城市也榜上有名，表明这些城市在旅游资源丰富性和游客吸引力方面具有较强的竞争力。平均评分较高的城市如烟台市和大兴安岭地区进一步凸显了其旅游景点的高质量和广泛认可度。总体而言，高评分景点数量和质量成为评估城市旅游吸引力的重要指标，不仅仅依赖于城市规模和人口数量。

为了更直观地展示全国范围内最高评分景点数量排名前 10 的城市，我们制作了以下可视化图表：

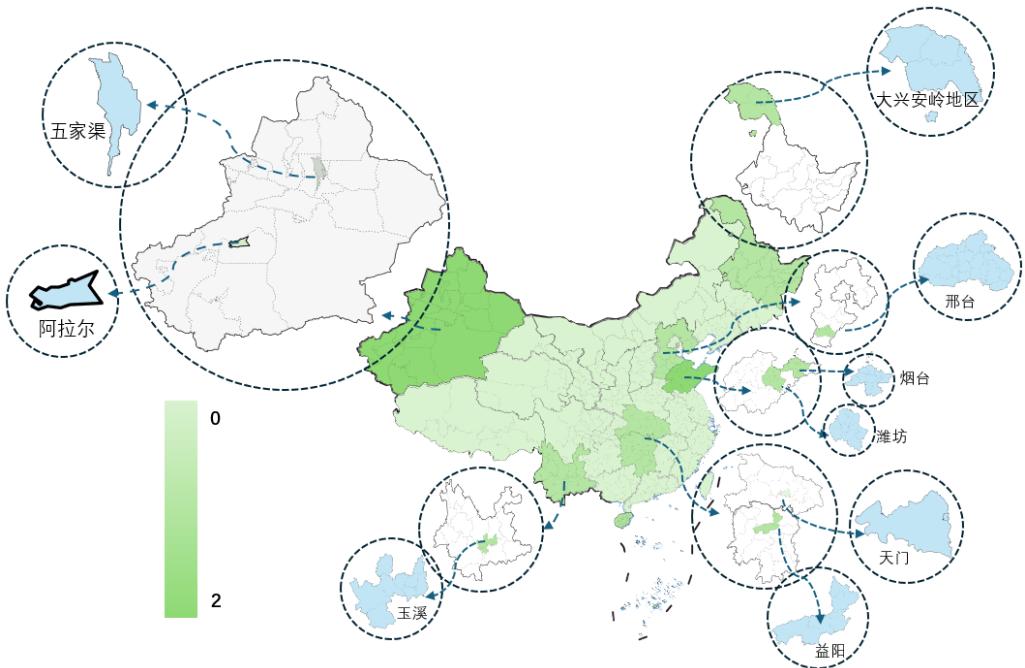


图 2 最高评分景区城市地区统计

第四章 子问题二的模型建立与求解

子问题二在子问题一的基础上增加了综合评价的概念，因此需要对每个城市进行综合评估，包括城市规模、环境质量、人文氛围、交通便利性、美食等因素。通过对 352 个城市的全面分析，选出最受外国游客向往的 50 个城市。因此，子问题二的目标是在子问题一的基础上，结合各项评价指标，进行城市综合排名，从而确定最具吸引力的旅游目的地。

4.1 模型建立

在子问题二中，我们需要对 352 个城市进行综合评估，以确定最受外国游客向往的 50 个城市。为此，我们首先确定了一些评价指标，然后通过四种方法分别计算权重，最后综合所有权重计算所有城市的综合得分，并将得分标准化得到前 50 排名的城市。

4.1.1 确定评价指标

根据城市旅游吸引力的相关研究和实际情况，我们确定了以下评价指标：

- **population**: 人口
- **average_score**: 当地景点评分的平均分
- **count**: 最高评分景点数量
- **area**: 面积
- **green_rate**: 绿化率

- `public_transport_coverage`: 公共交通覆盖率
- `average_temperature`: 平均气温
- `average_precipitation`: 平均降水量
- `average_humidity`: 平均湿度
- `GDP`: 平均生产总值
- `culinary_diversity_standardized`: 标准化美食多样性
- `crime_rate`: 犯罪率
- `police_count`: 警察数量
- `scenic_spot_count`: 景点数量

4.1.2 确定权重

为了确保评价结果的客观性和科学性, 我们采用了四种不同的方法来计算各指标的权重:

4.1.2.1 专家打分法

原理: 邀请多位专家对各评价指标的重要性进行评分, 计算各指标的平均得分作为权重。

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n S_{ij}}{n}$$

其中, w_i 为第 i 个指标的权重, S_{ij} 为第 j 位专家对第 i 个指标的评分, n 为专家人数。

4.1.2.2 层次分析法 (AHP)

原理: 通过构建层次结构模型, 利用专家判断矩阵计算各指标的相对权重。

步骤:

1. 构建判断矩阵。
2. 计算判断矩阵的特征向量。
3. 一致性检验。

$$w_i = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

其中, λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值, n 为指标数量。

4.1.2.3 主成分分析法 (PCA)

原理: 通过降维技术提取主要成分, 计算各指标在主成分上的贡献率作为权重。

步骤:

1. 标准化数据。
2. 计算相关矩阵。

3. 求解特征值和特征向量。
4. 计算各主成分的贡献率。

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^k \alpha_{ij} \cdot \lambda_j}{\sum_{j=1}^k \lambda_j}$$

其中, α_{ij} 为第 i 个指标在第 j 个主成分上的载荷, λ_j 为第 j 个主成分的特征值, k 为主成分数量。

4.1.2.4 熵权法

原理: 基于信息熵的概念, 通过各指标的数据离散程度计算权重。

步骤:

1. 计算各指标的标准化值。
2. 计算各指标的熵值。
3. 计算各指标的差异系数。

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{j=1}^m H_j}$$

其中, H_i 为第 i 个指标的熵值, m 为指标数量。

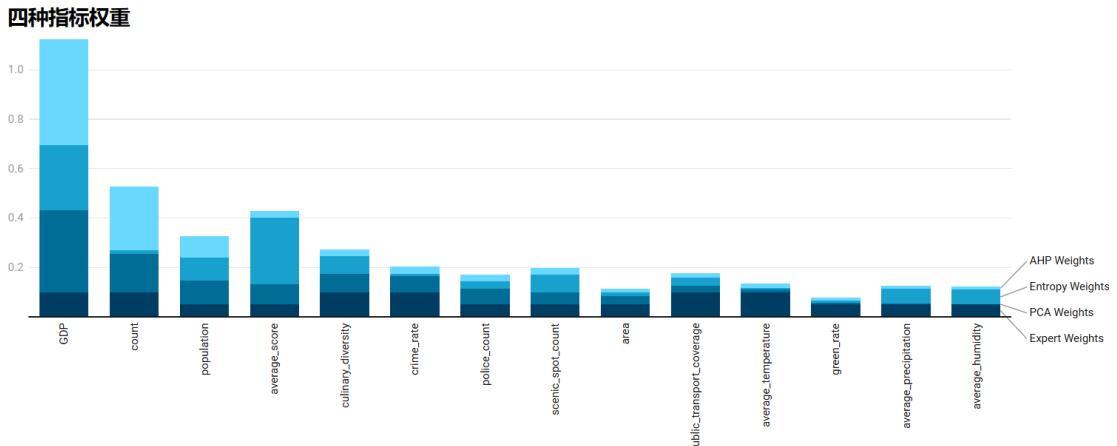


图 3 四种权重统计

4.1.3 综合权重计算

将四种方法计算的权重进行综合, 得到最终的指标权重。

$$w_i = \frac{\sum_{k=1}^4 w_{ik}}{4}$$

得到的最终权重如图所示:

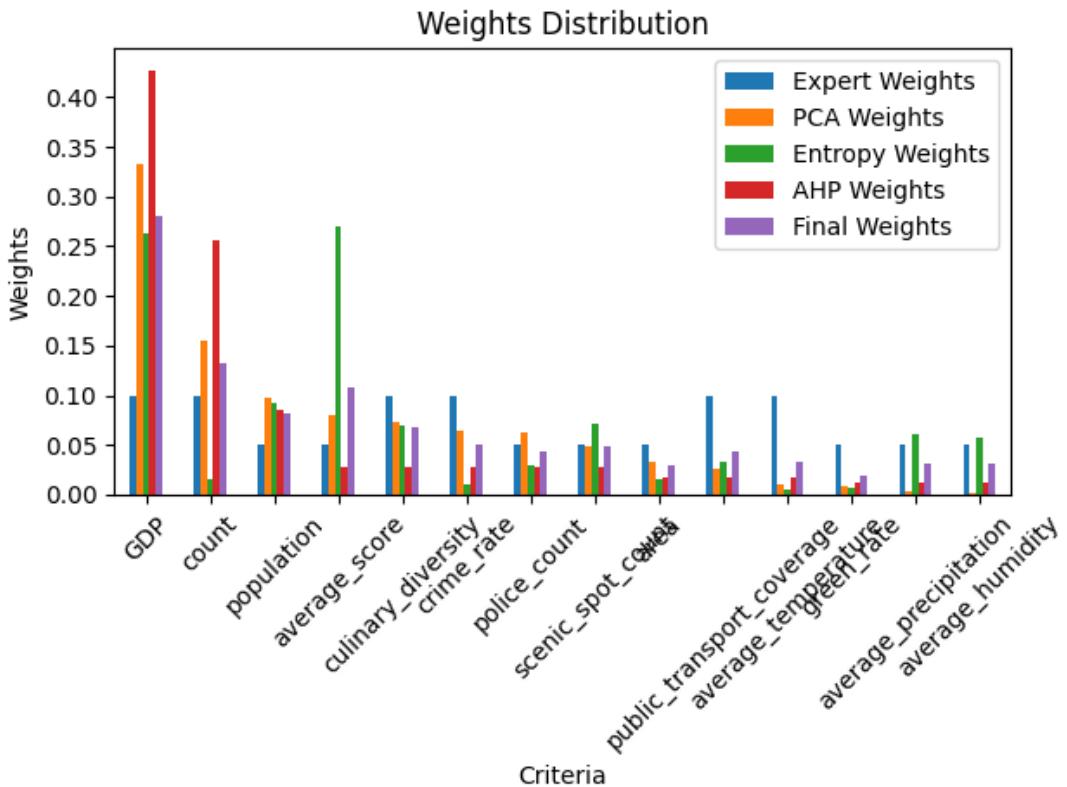


图 4 最终权重统计

4.1.4 计算最终得分

利用最终的指标权重，计算每个城市的综合得分。

$$S_i = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_{ij}$$

其中， S_i 为第*i*个城市的综合得分， x_{ij} 为第*j*个城市在第*i*个指标上的得分。

4.1.5 得分标准化与排名

对综合得分进行标准化处理，并根据标准化得分对城市进行排名，得到前 50 名最受外国游客向往的城市。

$$Z_j = \frac{S_j - \min(S)}{\max(S) - \min(S)}$$

通过上述步骤，我们建立了一个科学合理的城市综合评价模型，最终确定了最受外国游客向往的 50 个城市，为旅游线路规划提供了重要依据。

4.2 最令外国游客向往的 50 个城市

按最终评分排序，我们得到了最令国外游客向往的 50 个城市：

city	Chn_name	population	average_score	count	province
Guangzhou	广州	26,940,000	4	2	粤
Shanghai	上海	24,073,000	5	1	沪
Beijing	北京	18,522,000	5	1	京
Chengdu	成都	14,645,000	4	8	川
Xi'an	西安	12,328,000	4	4	陕
Chongqing	重庆	12,135,000	4	2	渝
Baoding	保定	11,544,036	3	15	冀
Linyi	临沂	11,018,365	3	11	鲁
Dongguan	东莞	10,646,000	2	3	粤
Tianjin	天津	10,368,000	5	4	津
Wuhan	武汉	10,251,000	4	1	鄂
Hangzhou	杭州	9,523,000	5	1	浙
Nanyang	南阳	9,713,112	2	10	豫
Foshan	佛山	9,498,863	2	5	粤
Zhoukou	周口	9,026,015	3	16	豫
Quanzhou	泉州	8,782,285	4	6	闽
Ganzhou	赣州	8,970,014	2	12	赣
Heze	菏泽	8,795,939	2	7	鲁
Nanjing	南京	8,422,000	4	1	苏
Jining	济宁	8,357,897	3	10	鲁

表 2 最令外国游客向往的 50 个城市统计

为了更直观地展示综合评价的结果，我们制作了以下可视化图表：

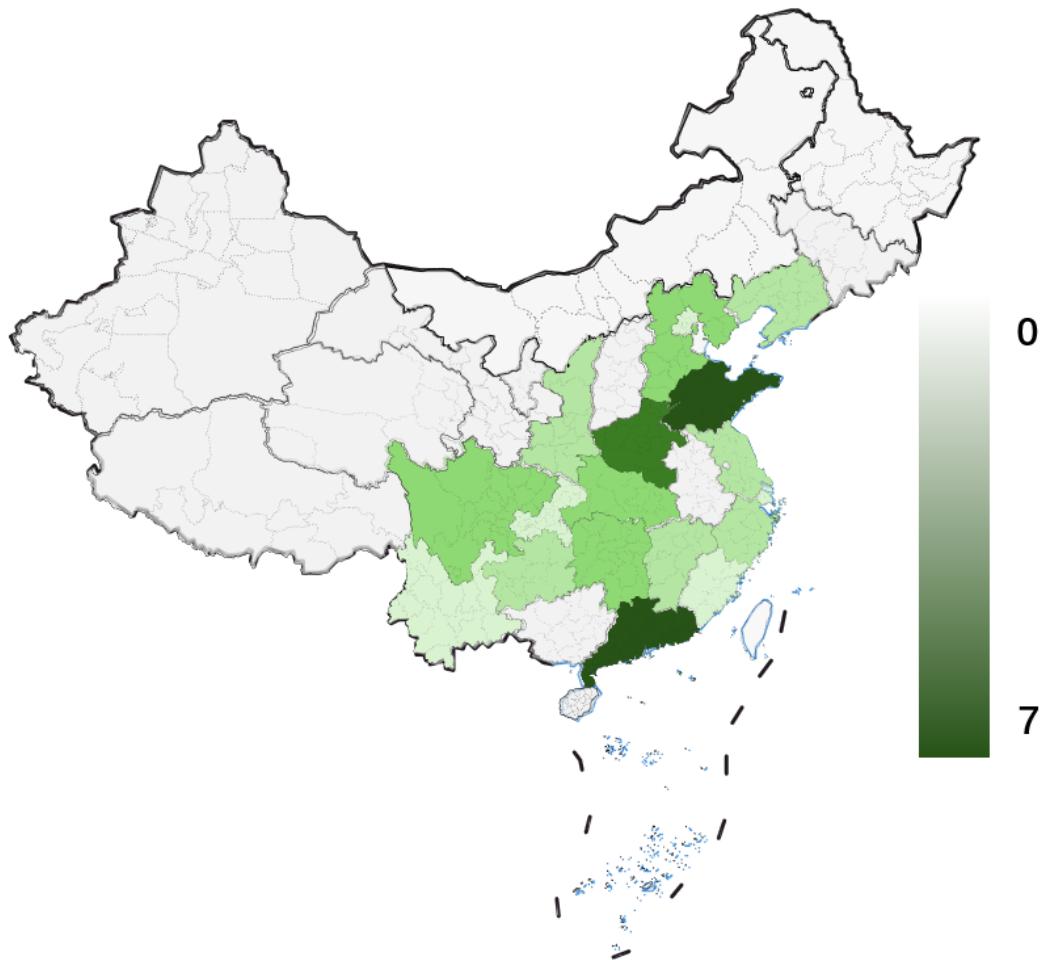


图 5 最令外国游客向往的 50 个城市地区统计

该图展示了全国范围内各省市的综合评价结果，颜色越深表示该地区在综合评价中的得分越高。

1. 东部沿海地区：

- 包括江苏、浙江、山东等省份，颜色较深，表明这些地区在综合评价中得分较高，吸引了大量游客。
- 这些地区经济发达，旅游资源丰富，交通便利，是游客的主要旅游目的地。

2. 中部地区：

- 包括河南、湖北、湖南等省份，颜色较深，表明这些地区在综合评价中也表现出色。
- 中部地区文化历史悠久，自然景观丰富，交通条件逐步改善，成为越来越多游客的选择。

3. 西部地区：

- 部分省份如陕西、四川在综合评价中得分较高，显示了其在旅游资源开发和吸引游客方面的优势。
- 西部地区独特的自然景观和丰富的文化遗产吸引了大量国内外游客。

第五章 子问题三的模型建立与求解

子问题三在子问题二的基础上进一步优化游览目标，需要确保游客在有限时间内游览最多景点。因此，子问题三需要在子问题二的基础上，增加对时间和费用的约束条件，重新规划旅游线路，以实现游客游览体验最大化的目标。

旅游路线优化是一个经典的旅行商问题（TSP）的变体，旨在在给定的时间限制内最大化游览的景点数量并最小化费用。

5.1 数据准备

在旅游路线优化问题中，数据的准备和处理是模型构建的基础。本文使用的数据包括城市之间的高铁票价和时间数据，以及各个城市的景点数据。本章节详细描述了数据的来源、读取方式以及预处理过程，为后续模型的构建奠定基础。

数据来源：我们基于公开的铁路信息源（主要选自 [12306.cn](#) 和 [ctrip.com](#) 网站）获取数据，具体包括：

- 城市之间的高铁票价数据（单位：元）
- 城市之间的高铁时间数据（单位：小时和分钟）
- 各个城市的景点数据，包括景点名称、评分、建议游玩时间（单位：小时）和门票费用（单位：元）

5.2 模型构建

5.2.1 贪心算法求解

5.2.1.1 模型构建

贪心算法是一种逐步构建解决方案的方法，每一步都选择当前最优的选项，以期最终获得整体最优解。在旅游路线优化问题中，贪心算法通过每次选择当前评分最高的景点和最短的旅行时间来规划路线，从而在给定的时间限制内最大化游览的景点数量并最小化总费用。我们选择贪心算法的原因在于其简单高效，能够快速生成可行的解决方案，特别适用于具有明确局部最优选择标准的问题。

通过循环和贪心策略规划路线：

1. 选择最佳景点：

- 每次循环选择当前城市中评分最高的景点，计算游玩时间和门票费用。
- 如果游玩时间超出总时间限制，退出循环。
- 更新当前时间、总费用和总景点数，并记录详细路线。

2. 选择下一城市：

- 初始化下一个城市为 None，最小旅行时间为无穷大。
- 遍历所有未访问的城市，计算从当前城市到该城市的旅行时间。
- 如果在总时间限制内，并且旅行时间小于当前最小旅行时间，则更新最小旅行时间和下一城市。
- 如果没有找到合适的下一城市，退出循环。
- 更新当前城市、当前时间和总费用，并记录详细路线。

5.2.1.2 求解结果

利用贪心算法，最终得到构建路线结果：

总花费时间: 117.67 小时

时间控制: 总时间为 117.67 小时，控制在 144 小时的限制内，意味着行程安排较为紧凑但合理。

游览效率: 在 144 小时内游览多个城市和景点，117.67 小时的使用效率较高，剩余时间可以用于休息和应对突发情况。

门票和交通的总费用: 6296.07 元

费用合理性: 平均每天的花费大约为 $6296.07 / 6 = 1049.35$ 元，对于一位游客来说是相对合理的，尤其考虑到覆盖了多个城市和景点。

预算控制: 如果预算允许，这个费用是可以接受的，尤其是在涵盖了多种类型的景点和高铁费用的情况下。

游玩的景点数量: 23

游玩路线: 广州 -> 佛山 -> 东莞 -> 茂名 -> 邵阳 -> 宿迁 -> 菏泽 -> 济宁 -> 济南 -> 天津 -> 北京 -> 廊坊 -> 沧州 -> 德州 -> 毕节 -> 聊城 -> 南京 -> 上海 -> 苏州 -> 杭州 -> 富阳 -> 上饶 -> 驻马店 -> 信阳

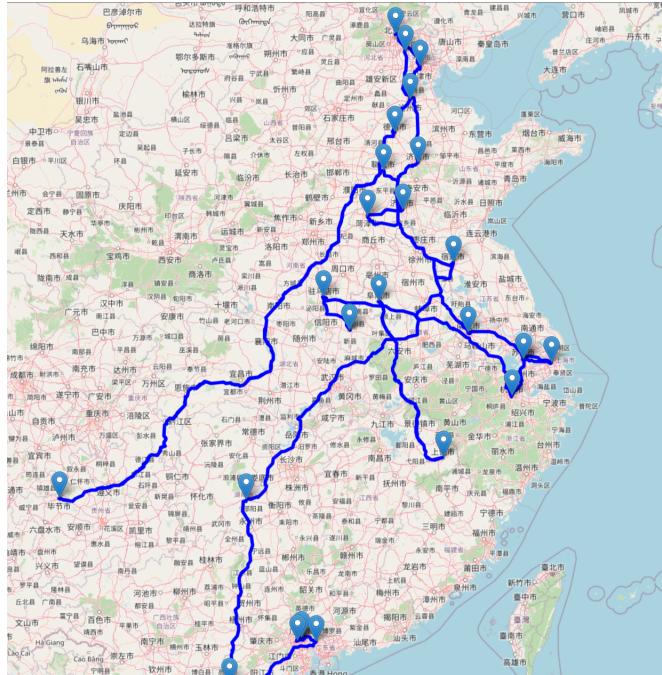


图 6 由贪心算法规划铁路路线

从地图上看，这条路线涵盖了多个城市，几乎遍及了中国的东南、华中和华北地区。覆盖范围广泛，可以让游客体验到多样化的城市风景和文化。如果具体游玩的景点数量和每个城市的主要景点都被纳入行程中，那么这个路线设计在景点数量上是相当丰富的。

具体游玩路线:

项目	用时	花费
广州: 游览 熊猫馆	用时 2.50 小时	花费 2.00 元
高铁: 游览 广州 -> 佛山	用时 0.33 小时	花费 49.83 元
佛山: 游览 高基街	用时 1.09 小时	花费 7.00 元
高铁: 游览 佛山 -> 东莞	用时 1.00 小时	花费 149.50 元
东莞: 游览 扶屋水	用时 2.21 小时	花费 26.00 元
高铁: 游览 东莞 -> 茂名	用时 3.33 小时	花费 498.33 元
茂名: 游览 宝光塔	用时 2.00 小时	花费 5.00 元
高铁: 游览 茂名 -> 邵阳	用时 2.33 小时	花费 348.83 元
邵阳: 游览 南山风景名胜区	用时 1.21 小时	花费 40.00 元
高铁: 游览 邵阳 -> 宿迁	用时 2.00 小时	花费 299.00 元
宿迁: 游览 白鹭保护区	用时 2.46 小时	花费 18.95 元
高铁: 游览 宿迁 -> 菏泽	用时 3.00 小时	花费 448.50 元
菏泽: 游览 厉山舜王庙	用时 3.00 小时	花费 10.00 元
高铁: 游览 菏泽 -> 济宁	用时 1.00 小时	花费 149.50 元
济宁: 游览 孔子精华苑	用时 2.25 小时	花费 15.00 元
高铁: 游览 济宁 -> 济南	用时 1.33 小时	花费 199.33 元
济南: 游览 齐长城	用时 1.12 小时	花费 25.00 元
高铁: 游览 济南 -> 天津	用时 1.00 小时	花费 149.50 元
天津: 游览 卢家峪五盆沟Wupeng Canyon	用时 42.00 小时	花费 54.67 元
高铁: 游览 天津 -> 北京	用时 0.50 小时	花费 74.75 元
Additional 26 rows not shown.		

表 3 由贪心算法规划游玩路线

5.2.2 MLP-贪心算法求解

5.2.2.1 模型构建

为了进一步优化旅游路线规划，我们引入了多层感知器（MLP）神经网络与贪心算法的结合。首先，我们使用随机生成的路线数据来训练 MLP 神经网络，使其能够预测路线评分。然后，在每一步选择下一个城市时，不仅考虑当前的评分和旅行时间，还利用训练好的神经网络对潜在路线进行评分预测。这样，我们可以在保持贪心算法效率的同时，借助神经网络的学习能力来捕捉更复杂的模式和关系，从而获得更优的解决方案。选择这种进阶方法的原因在于它能够结合机器学习的预测能力和贪心算法的效率，提高整体路线规划的质量。

多层感知机（MLP）是一种广泛使用的前馈人工神经网络模型，它通过模拟人脑神经元的连接方式来处理和解决复杂问题。MLP 模型由三个主要部分组成：输入层、隐藏层以及输出层，每一层由多个节点（神经元）组成。输入层层负责接收外部输入信号，并将这些信号传递到网络的下一层。隐藏层是 MLP 的核心，可以有多个。每个隐藏层由一定数量的神经元组成，这些神经元通过加权和的输入信号，并应用一个非线性激活函数来产生输出。隐藏层的存在使得网络能够学

习和执行复杂的函数映射。最终的输出由输出层产生，它根据网络的特定任务（如分类、回归等）来决定输出的形式。

MLP:

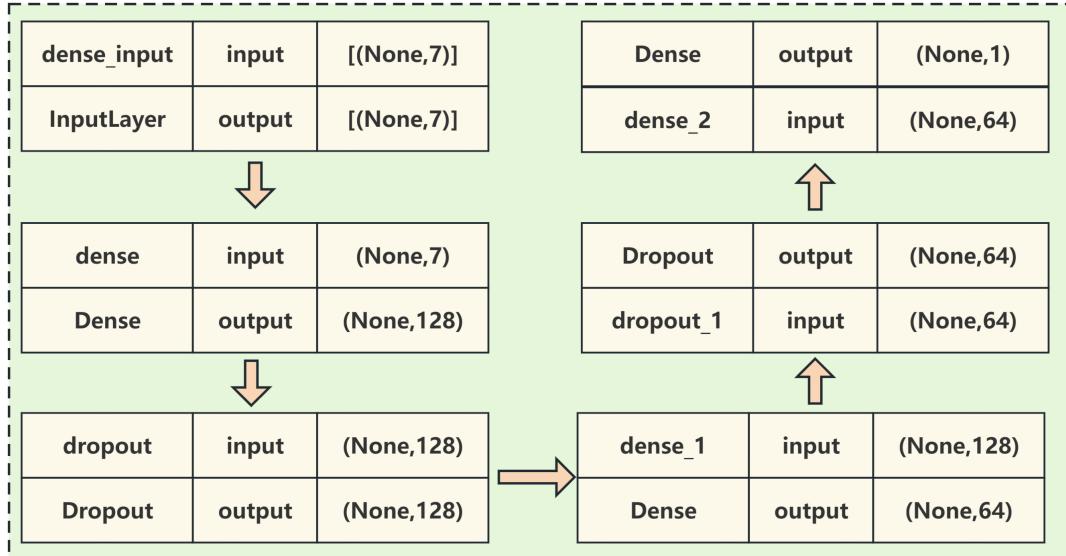


图 7 多层感知机网络结构图

1.前向传播：MLP 的基本操作是前向传播，其中数据通过网络层流动，每一层都进行以下计算：

$$a^{[l]} = g(W^{[l]}a^{[l-1]} + b^{[l]})$$

其中， $a^{[l]}$ 是第 l 层的激活，对于 $l=0$ （输入层）， $a^{[0]}$ 是输入特征； $W^{[l]}$ 和 $b^{[l]}$ 分别是第 l 层的权重矩阵和偏置向量； g 是激活函数，这里 $\text{ReLU}(z)=\max(0,z)$ ，用于非线性转换。

2.损失函数：这里使用 MSE 作为损失函数

3.反向传播和优化：使用优化算法（例如 Adam）调整权重和偏置以减小损失。Adam 结合了动量和自适应学习率的优点，其更新规则为：

$$\theta \leftarrow \theta - \eta \text{optimizer_update}(\nabla_{\theta} L)$$

其中， θ 表示模型参数（权重或偏置）； η 是学习率； $\nabla_{\theta} L$ 是关于参数 θ 的损失梯度。

4.Dropout：Dropout 是一种正则化技术，用于防止神经网络的过拟合。在训练期间，它随机地将一部分神经元的输出设置为 0：

$$a_j^{[l]} = \begin{cases} 0 & \text{with probability } p \\ \frac{a_j^{[l]}}{1-p} & \text{with probability } 1-p \end{cases}$$

其中， p 是 dropout 率， $a_j^{[l]}$ 是第 l 层第 j 个神经元的激活。

5.2.2.2 求解结果

利用 MLP-贪心算法，最终得到构建路线结果：

总花费时间: 125.24 小时

时间分配: 总时间为 125.24 小时，接近 144 小时的限制，表明行程安排较为紧凑但不至于过于仓促。

游览效率: 在有限的时间内游览多个城市，时间使用效率较高。确保在每个景点的停留时间充足，并合理安排交通时间，以提高游览质量。

门票和交通的总费用: 11044.25 元

费用合理性: 平均每天的花费大约为 $11044.25 / 6 = 1840.71$ 元，这在旅游预算中是较高的。高费用可能是由于选择了高票价的景点和长距离的交通。

预算控制: 费用较高，需要游客有较高的预算来支持这次旅行。如果预算允许，这个费用是可以接受的，但对预算有限的游客来说可能会有压力。

游玩的景点数量: 9

游玩路线: 广州 -> 上海 -> 北京 -> 成都 -> 西安 -> 重庆 -> 保定 -> 临沂 -> 东莞 -> 天津 -> 武汉 -> 杭州 -> 南阳 -> 佛山 -> 周口 -> 泉州 -> 赣州 -> 菏泽 -> 南京 -> 济宁 -> 富阳 -> 商丘 -> 沧州 -> 德州 -> 毕节



图 8 由 MLP-贪心算法规划铁路路线

从地图上看，这条路线涵盖了中国东部、中部和北部的多个城市。覆盖范围依然广泛，包含了很多省份和主要城市。这样的安排能够让游客体验到不同地区的文化和风景，提供了丰富的游览体验。

具体游玩路线:

项目	用时	花费
广州: 游览 熊猫馆	用时 2.50 小时	花费 2.00 元
高铁: 从 广州 -> 上海	用时 7.02 小时	花费 1048.99 元
上海: 游览 德莱蒙德住宅Drummond Residence	用时 2.25 小时	花费 462.86 元
高铁: 从 上海 -> 北京	用时 4.43 小时	花费 662.78 元
北京: 游览 长城公园Changchen Park	用时 1.50 小时	花费 12.45 元
高铁: 从 北京 -> 成都	用时 7.50 小时	花费 1121.25 元
成都: 游览 俄尔则俄Eerzeer Scenic Area	用时 1.50 小时	花费 20.20 元
高铁: 从 成都 -> 西安	用时 3.72 小时	花费 555.64 元
西安: 游览 小寨公园	用时 1.50 小时	花费 19.97 元
高铁: 从 西安 -> 重庆	用时 5.03 小时	花费 752.48 元
重庆: 游览 兰英大峡谷Lanyingda Canyon	用时 42.00 小时	花费 292.00 元
高铁: 从 重庆 -> 保定	用时 16.65 小时	花费 2489.18 元
保定: 游览 清真西寺	用时 2.06 小时	花费 40.33 元
高铁: 从 保定 -> 临沂	用时 4.25 小时	花费 635.38 元
临沂: 游览 天宝山	用时 2.00 小时	花费 44.80 元
高铁: 从 临沂 -> 东莞	用时 8.83 小时	花费 1320.58 元
东莞: 游览 扶屋水	用时 2.21 小时	花费 26.00 元
高铁: 从 东莞 -> 天津	用时 10.28 小时	花费 1537.36 元

表 4 由 MLP-贪心算法规划游玩路线

第六章 子问题四的模型建立与求解

子问题四在子问题三的基础上进一步优化游览目标，需要在既要尽可能多地游览景点的城市，又要使门票和交通的总费用尽可能少的前提下，重新规划旅游线路。子问题四的目标是通过进一步优化，计算出游客在有限时间内可以游览的城市及景点路线，并给出门票和交通的总费用、总花费时间以及可游览的城市数量，从而实现旅游线路的经济性和高效性。

6.1 模型构建

旅游路线优化的目标是在给定的时间和预算限制内，规划出总费用尽可能低且覆盖尽可能多景点的路线。为实现这一目标，我们定义了以下目标函数：

$$f_1 = \max \sum_{j=1}^J y_j$$

$$f_2 = \min \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J k_{ij}$$

$$f_3 = \min \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J t_{ij}$$

其中：

- y_j 为是否访问第 j 个景点的指示变量，若访问则 $y_j = 1$ ，否则 $y_j = 0$ 。
- k_{ij} 为从第 i 个城市到第 j 个城市的费用。
- t_{ij} 为从第 i 个城市到第 j 个城市的时间。

通过最大化访问的景点数量，同时最小化总费用和总时间，我们可以得到最优的旅游路线。

约束条件

总时间限制：游客在整个旅游过程中所用的总时间不得超过预设的总时间（144 小时）。

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J t_{ij} \leq 144$$

为了优化旅游路线，我们采用了遗传算法。遗传算法是一种基于自然选择和遗传机制的优化算法，模拟生物进化过程，通过选择、交叉和变异等操作逐步优化解的质量。该算法通过以下步骤实现：

1. **生成初始种群：**生成初始种群的目的是创建一组初始的解决方案。每个个体（即一条旅游路线）由一系列城市组成。假设有 N 个城市，初始种群的大小为 P ，每个个体表示为一个城市排列：

$$Population = \{route_1, route_2, \dots, route_p\}$$

其中， $route_i = \{city_1, city_2, \dots, city_N\}$

2. **计算适应度：**适应度函数用于评估每条路线的质量。在本模型中，适应度函数既考虑了访问的城市数量，又考虑了总费用的约束。适应度函数的计算公式如下：

$$Fitness(route) = \frac{\text{Total Cities}}{\text{Total Cost} + 1}$$

其中：

· Total Cities 为访问的城市数量

· Total Cost 为总费用，当总费用超过预算时，适应度为 0：

3. **选择父代：**在选择阶段，我们根据适应度值选择一部分路线作为父代。选择操作使用加权随机选择的方法，根据适应度值分配选择概率。父代的选择可以表示为：

$$Parents = \{route_i | i \in Selected Indices\}$$

其中，选择概率 p_i 为：

$$p_i = \frac{Fitness(route_i)}{\sum_{j=1}^P Fitness(route_j)}$$

4. 交叉操作：交叉操作模拟了生物遗传过程，通过组合两个父代的部分基因（即城市序列），生成新的子代。假设 $parent1$ 和 $parent2$ 是两个父代，交叉操作可以表示为：

$$\begin{aligned} child1 &= Crossover(parent1, parent2) \\ child2 &= Crossover(parent2, parent1) \end{aligned}$$

部分映射交叉 (PMX) 方法可以表示为：

$$\begin{aligned} child1[i:j] &= parent2[i:j] \\ child2[i:j] &= parent1[i:j] \end{aligned}$$

剩余部分由父代中的未出现城市填充。

5. 变异操作：变异操作通过随机交换子代中的两个城市，增加解的多样性。

假设 $route = [city_1, city_2, \dots, city_N]$ ，变异操作可以表示为：

$$route[i], route[j] = route[j], route[i]$$

其中 i 和 j 为随机选择的索引。

6. 生成新种群：通过交叉和变异操作生成的子代组成新一代种群，重复上述步骤直到达到预设的迭代次数或找到最优解。新种群的生成可以表示为：

$$New Population = \{child1, child2, \dots, childP\}$$

在每一代迭代中，通过计算所有个体的适应度，选择适应度最高的个体作为最优解。迭代停止条件可以是达到最大迭代次数 G 或者适应度值不再显著提高。

6.2 求解结果

利用遗传算法，最终得到构建路线结果：

总花费时间: 29.39 小时

时间控制: 总时间为 29.39 小时，大大低于 144 小时的限制，意味着游客有充足的时间游览景点而不会感到时间紧迫。

游览效率: 在短时间内游览多个城市，时间使用效率较高，并且留有大量时间用于休息、调整和应对突发情况。

门票和交通的总费用: 2771.58 元

费用合理性: 平均每天的花费大约为 $2771.58 / 6 = 461.93$ 元，这在旅游预算中是非常合理和经济的。尤其考虑到涵盖了门票和交通费用，总体费用较低。

预算控制: 如果预算有限，这个费用是非常合理的，能够让游客在有限的支出内获得丰富的体验。

游玩的城市数量: 7

丰富性: 7个城市的数量适中，能够提供较为丰富的旅游体验，而不会让行程过于紧张。

时间分配: 每个城市的游览时间应当充足且不仓促，确保每个城市的主要景点都能得到充分的体验。

游玩路线: 广州 -> 佛山 -> 邵阳 -> 上饶 -> 济宁 -> 南京 -> 聊城 -> 菏泽

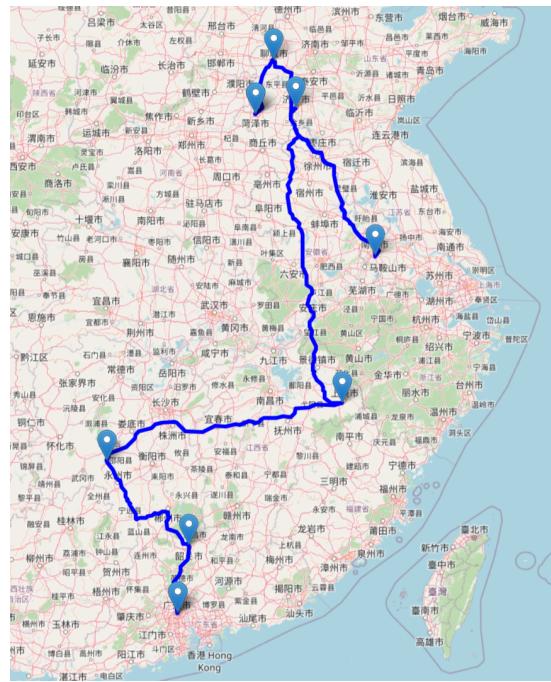


图9 由遗传算法规划铁路路线

路线主要覆盖了中国的华南、华中和华东地区。具体来看，这条路线从广东省的广州开始，途经湖南、河南、山东、江苏等省份，最后到达江苏省。

具体游玩路线：

项目	用时	花费
广州: 游览 熊猫馆	用时 2.50 小时	花费 2.00 元
高铁: 游览 广州 -> 佛山	用时 0.33 小时	花费 49.83 元
佛山: 游览 高基街	用时 1.09 小时	花费 7.00 元
高铁: 游览 佛山 -> 邵阳	用时 4.00 小时	花费 598.00 元
邵阳: 游览 南山风景名胜区	用时 1.21 小时	花费 40.00 元
高铁: 游览 邵阳 -> 上饶	用时 3.00 小时	花费 448.50 元
上饶: 游览 晒秋人家	用时 0.75 小时	花费 1.00 元
高铁: 游览 上饶 -> 济宁	用时 3.50 小时	花费 523.25 元
济宁: 游览 孔子精华苑	用时 2.25 小时	花费 15.00 元
高铁: 游览 济宁 -> 南京	用时 3.00 小时	花费 448.50 元
南京: 游览 明城墙公园The Ming Dynasty Wall Park	用时 2.50 小时	花费 30.00 元
高铁: 游览 南京 -> 聊城	用时 2.00 小时	花费 299.00 元
聊城: 游览 范筑先纪念馆Liaocheng Fanzhuxian Memorial Hall	用时 1.25 小时	花费 10.50 元
高铁: 游览 聊城 -> 菏泽	用时 2.00 小时	花费 299.00 元

表 5 由遗传算法规划游玩路线

第七章 子问题五的模型建立与求解

子问题五在子问题四的基础上，引入了特定游客需求的个性化定制概念。例如，某些游客可能希望专注于山景的游览体验。子问题五需要根据这些个性化需求，为游客规划 144 小时内的最佳旅游路线，既要尽可能多地游览所需类型的景点，又要使门票和交通的总费用尽可能低。子问题五的目标是为特定需求的游客提供个性化的旅游解决方案，确保在有限时间内实现最佳游览体验和费用最小化。

7.1 数据准备

首先，我们读取城市之间的高铁票价和时间，并筛选出包含“山”字符的景区信息。

7.2 模型建立

7.2.1 特征向量构建

为了能够输入神经网络，我们需要将每条路线转换为特征向量。每个城市的特征包括评分、建议游玩时间和门票三个属性。

设有 N 个城市，每个城市的特征向量为：

$$f_i = \{\text{评分}_i, \text{建议游玩时间}_i, \text{门票}_i\}$$

则整条路线的特征向量为：

$$F = [f_1, f_2, \dots, f_N]$$

7.2.2 神经网络模型

我们采用一个三层的全连接神经网络作为深度 Q 网络 (DQN)。深度 Q 网络 (DQN) 是一种强化学习算法，用于估计每个状态-动作对的 Q 值，从而选择最优动作。在我们的旅游路线规划中，DQN 用于预测每条路线的评分，从而指导遗传算法进行优化。

1. Q 值的定义

Q 值 $Q(s, a)$ 表示在状态 s 下选择动作 a 后，未来所能获得的最大期望累积奖励。DQN 的目标是通过学习，使得 Q 值估计尽可能接近真实值。

2. 损失函数

为了训练神经网络，我们定义了损失函数。目标是最小化当前 Q 值和目标 Q 值之间的差异。损失函数定义为：

$$L(\theta) = E_{(s, a, r, \dot{s})} [(r + \gamma \max_{\dot{a}} Q(\dot{s}, \dot{a}; \theta^-) - Q(s, a; \theta))^2]$$

其中：

- θ 是当前 Q 网络的参数
- θ^- 是目标 Q 网络的参数
- r 是即时奖励
- γ 是折扣因子
- \dot{s} 是下一个状态
- \dot{a} 是下一个动作

3. Q 网络结构

DQN 的 Q 网络是一种深度神经网络，用于估计 Q 值。我们的 Q 网络包含三层全连接层。设输入特征向量为 \bar{X} ，Q 网络的输出为：

$$Q(X) = \sigma(W_3 \cdot \sigma(W_2 \cdot \sigma(W_1 \cdot X + b_1) + b_2) + b_3)$$

其中：

- W_1, W_2, W_3 为权重矩阵
- b_1, b_2, b_3 为偏置项
- σ 为 ReLU 激活函数

4. 参数更新

通过梯度下降法，我们更新网络参数以最小化损失函数。参数更新规则为：

$$\theta \leftarrow \theta - \alpha \nabla_{\theta} L(\theta)$$

其中：

- α 为学习率
- $\nabla_{\theta} L(\theta)$ 为损失函数对参数的梯度

5. DQN 算法流程

1. **初始化 Q 网络和目标 Q 网络**: 我们初始化 Q 网络的参数 θ 和目标 Q 网络的参数 θ^- 。
2. **经验回放**: 为了打破序列相关性，我们使用经验回放机制，将经历的数据存储在记忆库中，并从中随机抽取小批量数据进行训练。
3. **训练过程**:
 - 对于每个训练步骤，从记忆库中随机抽取一个小批量 (s, a, r, \hat{s})
 - 计算目标 Q 值:
$$y = r + \gamma \max_{\hat{a}} Q(\hat{s}, \hat{a}; \theta^-)$$
 - 计算当前 Q 值:
$$Q(s, a; \theta)$$
 - 计算损失并更新参数:
$$L(\theta) = (y - Q(s, a; \theta))^2$$
$$\theta \leftarrow \theta - \alpha \nabla_{\theta} L(\theta)$$
4. **定期更新目标 Q 网络**: 每隔固定步数，将 Q 网络的参数复制到目标 Q 网络。

7.3 求解结果

入境城市：湛江

选择合理性: 湛江作为入境城市是合理的，特别是如果游客的国际航班到达湛江。湛江作为一个沿海城市，也有其独特的景点和文化。

总花费时间: 91.36 小时

时间控制: 总时间为 91.36 小时，远低于 144 小时的限制，意味着行程安排紧凑但不过于仓促。

游览效率: 在有限的时间内游览多个城市，时间使用效率较高，游客有充足的时间游览景点，并且有一些时间用于休息和调整。

门票和交通的总费用: 9129.91 元

费用合理性: 平均每天的花费大约为 $9129.91 / 6 = 1521.65$ 元，这在旅游预算中是较高的。费用较高可能是因为高铁票价较高或者选择的景点门票价格较高。

预算控制: 如果游客预算充足，这个费用是可以接受的，但对于预算有限的游客来说，这个费用可能偏高。

游玩路线: 湛江 -> 佛山 -> 衡阳 -> 东莞 -> 南阳 -> 常德 -> 揭阳 -> 南充 -> 宿迁 -> 邢台 -> 天津 -> 沧州 -> 济南 -> 菏泽 -> 济宁 -> 南京 ->

商丘 -> 邵阳 -> 达州 -> 茂名 -> 聊城 -> 德州 -> 大连 -> 西安 -> 临沂 -> 信阳 -> 泉州 -> 上饶 -> 上海 -> 苏州 -> 永州 -> 沈阳 -> 襄阳 -> 毕节 -> 保定 -> 杭州 -> 黄冈 -> 遵义 -> 驻马店 -> 赣州 -> 广州 -> 北京 -> 曲靖 -> 武汉 -> 重庆 -> 成都 -> 榆林

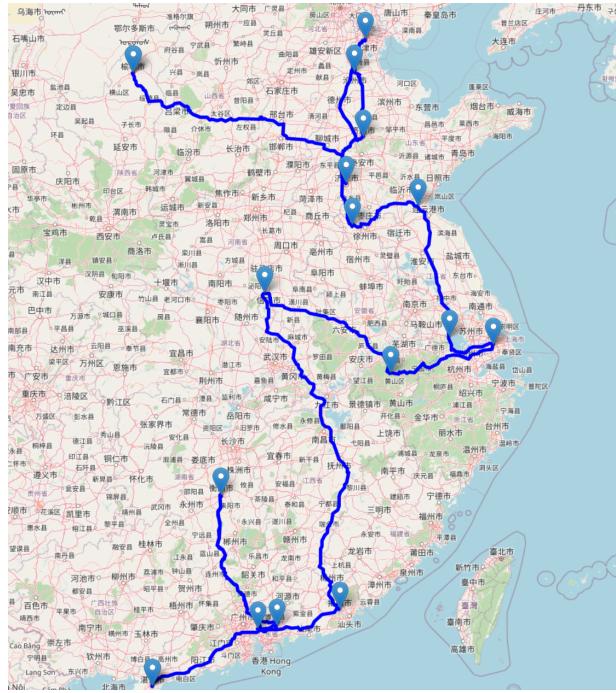


图 10 由 DQN 算法规划铁路路线

路线从湛江出发，覆盖了中国东部和中部的大部分地区，包括广东、湖南、河南、山东、江苏、浙江等多个省份。路线覆盖面广，涵盖了多个重要城市。

具体游玩路线：

项目	用时	花费
湛江: 游览 霞山观海长廊Sea Viewing Promenade	用时 1.50 小时	花费 13.50 元
高铁: 游览 湛江 -> 佛山	用时 4.67 小时	花费 697.67 元
佛山: 游览 艺术在樵山-广东南海大地艺术节2022	用时 1.00 小时	花费 7.00 元
高铁: 游览 佛山 -> 衡阳	用时 2.83 小时	花费 423.58 元
衡阳: 游览 四明山国家森林公园Simingshan Forest Park	用时 2.61 小时	花费 31.74 元
高铁: 游览 衡阳 -> 东莞	用时 4.00 小时	花费 598.00 元
东莞: 游览 水濂山森林公园Shuilian Mountain Forest Park	用时 4.00 小时	花费 40.32 元
高铁: 游览 东莞 -> 南阳	用时 5.50 小时	花费 822.25 元
南阳: 游览 伏牛山地质公园	用时 3.00 小时	花费 21.00 元
高铁: 游览 南阳 -> 常德	用时 6.00 小时	花费 897.00 元
常德: 游览 皇姑山Huanggu Mountain	用时 3.50 小时	花费 28.00 元
高铁: 游览 常德 -> 揭阳	用时 7.00 小时	花费 1046.50 元
揭阳: 游览 大北山水库Dabeishan Reservoir	用时 1.50 小时	花费 22.07 元
高铁: 游览 揭阳 -> 南充	用时 1.08 小时	花费 161.96 元
南充: 游览 白云山	用时 1.50 小时	花费 39.55 元
高铁: 游览 南充 -> 宿迁	用时 8.17 小时	花费 1220.92 元
宿迁: 游览 三台山森林公园-菩提寺(环山路)San Tai Shan Senlin Gongyuan-Putiji Temple (huanshanlou)	用时 2.50 小时	花费 40.00 元
高铁: 游览 宿迁 -> 邢台	用时 4.50 小时	花费 672.75 元
邢台: 游览 太行山脉	用时 2.33 小时	花费 27.43 元
高铁: 游览 邢台 -> 天津	用时 2.75 小时	花费 411.12 元

表 6 由 DQN 算法规划游玩路线

第八章 模型的评价

在本研究中，我们结合了深度 Q 网络 (DQN) 和遗传算法 (GA) 来优化旅游路线规划问题。以下是对所使用模型的详细评价。

1. 深度 Q 网络 (DQN)

深度 Q 网络 (DQN) 是一种强化学习算法，用于估计每个状态-动作对的 Q 值，从而选择最优动作。在我们的旅游路线规划中，DQN 用于预测每条路线的评分，从而指导遗传算法进行优化。

优点：

- 学习能力强：** DQN 通过神经网络的强大学习能力，能够有效地学习并估计复杂的状态-动作值，从而找到更优的解。
- 适应性强：** DQN 能够在动态和复杂的环境中进行训练和调整，适应不同的输入和任务需求。

缺点：

- 训练时间长：** 由于 DQN 需要大量的训练数据和计算资源，训练过程可能会比较耗时。
- 稳定性问题：** 在训练过程中，如果参数选择不当，DQN 可能会出现不稳

定的现象，如 Q 值震荡或发散。

2. 遗传算法 (GA)

遗传算法是一种基于自然选择和遗传机制的优化算法，通过选择、交叉和变异操作不断优化种群中的个体，最终找到全局最优解。在我们的研究中，GA 用于优化旅游路线的选择。

优点：

- **全局搜索能力强**: GA 通过选择、交叉和变异操作，能够跳出局部最优，找到全局最优解。
- **适应性强**: GA 适用于各种类型的优化问题，特别是在搜索空间复杂的情况下表现优越。

缺点：

- **收敛速度慢**: GA 的收敛速度可能较慢，特别是在搜索空间较大时，需要较多的代数才能找到最优解。
- **参数敏感**: GA 的性能对参数（如种群大小、交叉率和变异率）比较敏感，需要通过实验来确定最优参数。

3. 深度 Q 网络与遗传算法结合

将 DQN 与 GA 结合使用，可以充分利用两者的优点，通过 DQN 指导 GA 的选择和优化过程，提高解的质量和搜索效率。在我们的模型中，DQN 用于预测每条路线的评分，而 GA 用于优化路线的选择。

优点：

- **提高优化效率**: DQN 通过学习历史数据，不断提升预测路线评分的准确性，从而有效地指导 GA 的选择和优化过程，提高搜索效率和解的质量。
- **增强模型稳定性**: DQN 与 GA 结合可以利用 GA 的全局搜索能力，避免 DQN 单独使用时可能出现的不稳定问题。

缺点：

- **复杂性增加**: 将 DQN 与 GA 结合使用，模型的复杂性和计算资源需求增加，需要更多的计算资源和时间来进行训练和优化。
- **参数调优难度大**: DQN 与 GA 结合使用时，参数的调优变得更加复杂，需要通过大量的实验来确定最佳参数配置。

总结

在本研究中，DQN 与 GA 的结合为旅游路线规划提供了一种有效的优化方法。DQN 通过神经网络的强大学习能力，能够有效地预测每条路线的评分，从而指导 GA 进行优化。GA 则通过其强大的全局搜索能力，能够找到满足时间和费用约束条件下的最优旅游路线。虽然这种结合方法增加了模型的复杂性和计算资源需求，但通过合理的参数调优和优化，能够显著提高解的质量和搜索效率。未来的研究可以进一步探索更高效的结合方法和优化策略，以提高模型的实用性和应用范围。

参考文献

- [1] 杨征, 何梦瑶, 张烛婷, 王文辉.仁山智水? 山水旅游目的地叙事广告的性别匹配效应[J].旅游学刊,1-21.
- [2] 许雨欣, 熊伟,陈彤彤.心理时间旅行:听众与城市民谣相遇的过程解读[J].旅游导刊,1-23.
- [3] 丁华, 杨超,王鹏飞.红色旅游重点县域的文旅融合评价体系构建与成效评估研究[J].价格理论与实践,1-7.
- [4] 唐璞妮.文旅融合视域下公共阅读空间的空间生产及其实践路径[J].图书馆,1-6.
- [5] 龚蛟腾, 洪芳林,乔碧清.城市图书馆新馆空间感知与评价——以“文旅打卡”为视角的混合研究[J].图书馆,1-10.
- [6] 付丽君.浅谈文旅促进乡村振兴的发展路径——基于信阳建设全国知名红色文化传承区的理论研究和实践探索[J].南方农机,2024,55(15):107-110.
- [7] 杜晨雨, 周海源,吕琳.乡村振兴背景下推动南阳市红色文化资源创造性转化、创新性发展策略研究[J].南方农机,2024,55(15):111-114.
- [8] 曹璞渊, 唐玲, 刘华周, 贾俊丽,李凡凡.中国森林康养产业现状与消费需求研究[J].园林,2024,41(08):11-19.
- [9] 卢星雨, 李倩云, 荣晗琳, 赵晨晓, 吴小宁,魏家星.公共健康视角下南京市乡村休闲运动基地建设评价及提升策略 [J]. 园林,2024,41(08):47-55.
- [10] 彭真, 宋薇,谭根梅.基于层次熵分析法的森林公园康养旅游适宜度评价——以江西省 11 个国家森林公园为例[J].园林,2024,41(08):56-62.
- [11] 韩飞.乡村振兴战略背景下的田园综合体规划路径——以梅州市长潭镇为例[J].现代园艺,2024,47(17):109-112.

附录