

基于旅行费用约束的景点及路径动态规划研究

方苏杰¹ 张宇航² 方成刚²

¹(南京师范大学附属中学 江苏 南京 210003)

²(南京工业大学 江苏 南京 211800)

摘要 针对在预算旅行费用范围内获取更高旅行价值体验的问题,建立旅行总费用与景点门票、交通食宿费用之间的数学模型。通过二分法及动态规划算法循环优化选择景点,以降低交通食宿费等辅助费用在总预算费用中的比例,让游客能够游览更多综合评价指数高的景点。算例证明该方法具有可行性,算法复杂性低,能够有效解决一类游览景点规划问题。

关键词 费用约束 旅游路径 动态规划

中图分类号 TP312

文献标识码 A

DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2018.12.061

DYNAMIC PLANNING OF SCENIC SPOTS AND TOUR ROUTES BASED ON TRAVEL COST CONSTRAINTS

Fang Sujie¹ Zhang Yuhang² Fang Chenggang²

¹(High School Affiliated To Nanjing Normal University, Nanjing 210003, Jiangsu, China)

²(Nanjing Tech University, Nanjing 211800, Jiangsu, China)

Abstract Aiming at the problem of obtaining higher travel value experience within budget, we established a mathematical model between total travel costs and attractions tickets, transportation and accommodation costs. Dichotomy and dynamic planning algorithm were used to optimize the selection of scenic spots in order to reduce the proportion of transportation accommodation and other auxiliary expenses in the total budget. It enabled tourists to visit more scenic spots with high comprehensive evaluation index. The example shows that the method is feasible, and can solve dynamic planning problems effectively with low complexity.

Keywords Cost constraint Tour route Dynamic planning

0 引言

随着生活水平的提高,人们对旅游消费的热情一直处于持续增长的过程。游览景点的规划是否合理对于旅行过程的感受至关重要,合理的游览路径不仅使旅行者感到时间安排合理、费用合算、旅游感观价值高,还能使旅行社降低成本、提高效益、提升好评指数。游览景点规划问题从不同角度对旅行过程进行优化,如从最短时间、最小费用、最短距离等不同方面对旅游景点进行寻优^[1-3]。文献[4]以庐山为例,以一日游为时间约束,利用 Dijkstra 算法实现尽可能多景点的最短路径规划;文献[5]以旅游成本和游客舒适度为目

标函数,利用遗传算法对全国 201 个 5A 级景区的旅游路径进行优化。

传统的游览景点规划通常以成本最小作为优化目标,但对于旅行社或旅行者常常需要针对一定的旅行预算费用进行规划,并希望在预算费用范围内尽可能游览更多综合性价比高的景点。

1 问题描述与分析

旅行费用通常包括交通费、住宿膳食费、门票费等几个部分,不同的游览景点规划将导致上述几个费用比例发生变化。对于旅行社或旅行者而言,如何优化选择旅游景点以便在合理的预算费用范围内游览更多

评价指数高的景点是一个经常遇见的问题。

该问题难点在于旅行总费用随景点规划的不确定而发生动态变化,需要通过优化算法在预算费用范围内选择合适的游览景点以降低交通食宿费所占比例,增强旅行体验。上述问题求解可归结为两个方面:①在预算费用约束条件下挑选尽可能多的高综合评价指数景点,即0-1背包问题。②遍历规划景点最短路径以降低交通食宿费比例,即旅行商问题。

本文利用二分法及动态规划算法,并结合上述两个经典问题对基于旅行预算费用约束的游览景点进行规划,以获取最大旅行价值体验。此方法不仅适用于游览景点规划,亦可用于管路铺设、道路修建等路径规划问题。

2 数学建模及动态规划求解

为简化起见,对上述旅游景点规划问题做以下几点假设:

(1) 旅行总费用 $T_{\text{总}}$ 为:

$$T_{\text{总}} = T_{\text{景点}} + T_{\text{交通}} + T_{\text{食宿}}$$

式中: $T_{\text{景点}}$ 为旅行景点产生的费用,本例仅考虑门票费用总和; $T_{\text{交通}}$ 为遍历各个规划旅游景点的交通费用总和; $T_{\text{食宿}}$ 为旅行食宿费用总和,本例景点旅行时间每增加8个小时,则旅行天数增加一天。

(2) 采用自驾出行,交通费及交通时间与距离成线性关系。

(3) 交通与游览时间之和每大于10小时,需要增加一次住宿膳食费。

2.1 景点综合评价指数建模

景点主要参考指标及综合评价指数如表1所示。

表1 景点主要参考指标及综合评价指数

景点序号	1	2	...	i	...	n
景点名称	m_1	m_2	...	m_i	...	m_n
质量等级	n_1	n_2	...	n_i	...	n_n
游客评价	a_1	a_2	...	a_i	...	a_n
游览费用	c_1	c_2	...	c_i	...	c_n
游览时间	t_1	t_2	...	t_i	...	t_n
综合评价	p_1	p_2	...	p_i	...	p_n

设影响每个景点综合评价指数的主要因素包括以下几个方面:

n_1 ——质量等级,按《旅游景区质量等级的划分与评定》(GB/T 17775 - 2003)对景区的综合评分,分为A、AA、AAA、AAAA、AAAAA五个等级;

a_1 ——游客评价,通过网评方式由游客对景区进行游览体验评价,其评价指数可采用5分制;

c_i ——景区门票费用;

t_i ——景区平均游览时间;

对上述参考指标进行归一化处理,并通过相关指标对景区进行综合评价,其评价函数 p_i 为:

$$p_i = \omega_1 \frac{n_i}{5A} + \omega_2 \frac{a_i}{5} + \omega_3 \frac{t_i/c_i}{\max(t/c)} \quad (1)$$

式中: ω_1 为质量等级权重,质量等级指标由政府机构进行评估,可信度高,其权重取值可相对较大; ω_2 为游客评价权重; ω_3 为游览时间/游览费用权重。对于费用为零的景点,取 $t_i/c_i = 1$ 。

2.2 基于预算费用约束的游览景点规划^[6-7]

如表1中共有 n 个景点,第 i 个景点的游览费用为 c_i ,综合评价指数为 p_i ,则在满足游览预算费用 C 的条件下选择合适的景点,并使其综合评价指数之和最大,其数学模型如下:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^n p_i x_i \\ \text{s. t.} \quad & \begin{cases} \sum_{i=1}^n c_i x_i \leq C \\ x_i \in \{0, 1\} \quad (1 \leq i \leq n) \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $x_i = 1$,表示该景点被选中; $x_i = 0$,表示该景点未被选中。

上述数学模型是一个整数规划问题,可采用递归算法进行求解。假设已经完成景点 $1, 2, \dots, i-1$ 的规划,剩余游览费用为 j ,则对 $i, i+1, \dots, n$ 个景点进行规划的最优解 $m(i, j)$ 为:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{k=i}^n p_k x_k \\ \text{s. t.} \quad & \begin{cases} \sum_{k=i}^n c_k x_k \leq j \\ x_k \in \{0, 1\} \quad i \leq k \leq n \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

建立 $m(i, j)$ 的递归计算式为:

$$m(i, j) = \begin{cases} \max\{m(i+1, j), m(i+1, j-w_i) + v_i\} & j \geq w_i \\ m(i+1, j) & 0 \leq j < w_i \end{cases}$$

$$m(n, j) = \begin{cases} v_n & j \geq w_n \\ 0 & 0 \leq j < w_n \end{cases} \quad (4)$$

2.3 遍历景点最短路径规划^[8-9]

通过上述算法在 n 个景点中选择了 m 个景点,进一步规划遍历 m 个景点的最短路径以降低交通食宿费的比例。设景点的集合为 V ,为第 i 个景点到第 j 个景点之间的距离,则遍历各旅游景点最短路径的数学模型如下:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m d_{ij} x_{ij}$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 & i \in V \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 & j \in V \\ \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 & \forall S \in V, 2 \leq |S| \leq m - 1 \\ x_{ij} \in \{0, 1\} \end{cases} \quad (5)$$

由于遍历最短路径与出发点无关,故可从任一景点 i 开始进行路径寻优。令 $d(i, V')$ 为从景点 i 出发经过 V' (寻优初始时, $V' = V - \{i\}$) 中各个景点一次且仅一次,最后回到出发点 i 的最短路径长度。则求解 $d(i, V')$ 的动态规划函数为:

$$d(i, V') = \min \{c_{ik} + d(k, V' - \{k\})\} \quad (k \in V') \quad (6)$$

$$d(k, \{\}) = c_{ki} \quad (k \neq i)$$

2.4 基于二分法的循环优化

理想的景点规划结果应提高游览费用在总费用中的比例,尽可能游览更多综合评价指数高的景点。但在景点规划的开始阶段并不确定旅游费用中各个组成部分的比例,因此在利用式(2)进行景点规划时,需要初定游览费用比例,根据此设定费用进行景点规划。本文采用二分法先初定游览费用在总费用中的比例,再利用 0-1 背包算法挑选出合适的景点;进一步利用式(5)的旅行商算法遍历前述规划景点最短路径,计算出相应的交通食宿费;最后验算规划费用与预算费用的差值绝对值是否小于允差,如不符合则使用二分法调整游览费用比例继续进行优化,直至符合条件为止。上述算法流程图如图 1 所示。

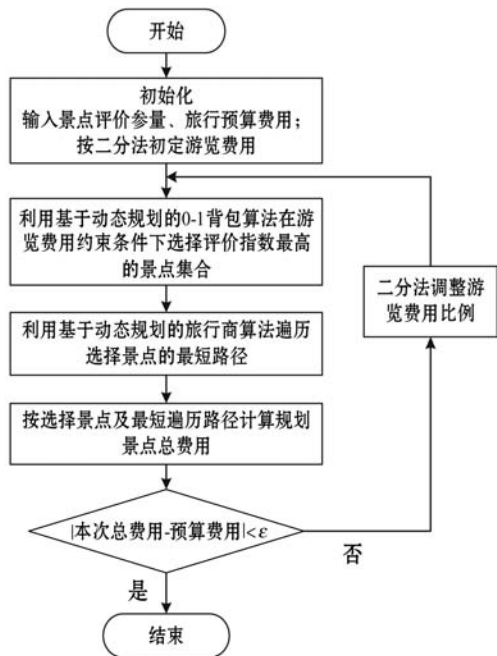


图 1 景点规划流程图

2.5 算法时间复杂性分析

上述算法包括三个部分,其时间复杂度如下:

- 1) 基于二分法的费用区间搜索,时间复杂度为 $O(\log(n))$;
- 2) 基于动态规划法的 0-1 背包求解,时间复杂度为 $O(n \times C)$;
- 3) 基于动态规划法的旅行商 (TSP) 求解,时间复杂度为 $O(n^2 \times 2^n)$ 。

按照上述算法循环规则计算整个程序的时间复杂度为 $O(\max(\log(n) \times (n \times C), \log(n) \times (n^2 \times 2^n)))$ 。由算法复杂度与时间效率关系可知该算法的效率较高,适用于旅游景点规划一类计算量相对较小的场合,且可以获得全局最优解。

3 算例分析

南京是中国十大风景名胜之一,其年度旅游总收入亦在国内排名前列,南京拥有钟山风景区、夫子庙、总统府、秦淮河、玄武湖等优质旅游资源^[10-11]。本文以南京的主要旅游景点为例(见表 2),景点的距离矩阵见表 3,通过上述算法在规定预算费用范围内进行景点优化选择。

表 2 南京主要景点的相关指标列表

景点名称	质量等级	好评指数	游览时间 / 小时	游览费用 / 元	综评指数
中山陵	5A	4.4	3	0	0.95
夫子庙	5A	4.1	3	0	0.95
总统府	4A	4.4	3	40	0.8
大屠杀纪念馆	4A	4.7	2	0	0.85
明孝陵	5A	4.3	3	60	0.8
秦淮河	5A	4.2	2	80	0.7
玄武湖	4A	4.3	3	0	0.85
莫愁湖	1A	3.9	2	40	0.5
灵谷寺	5A	4.1	2	35	0.55
汤山温泉	2A	4.5	6	120	0.6

表 3 景点间距离矩阵

景点名称	行号	列号									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
中山陵	1	0	10	5	8	2	5	5	8	2	20
夫子庙	2	10	0	5	5	8	2	7	4	8	22
总统府	3	5	5	0	4	4	3	3	3	3	18
大屠杀纪念馆	4	8	5	4	0	8	6	5	2	8	22

续表 3

景点名称	行号	列号									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
明孝陵	5	2	8	4	8	0	8	6	8	2	18
秦淮河	6	5	2	3	6	8	0	6	4	8	18
玄武湖	7	5	7	3	5	6	6	0	5	6	20
莫愁湖	8	8	4	3	2	8	4	5	0	8	18
灵谷寺	9	2	8	3	8	2	8	6	8	0	15
汤山温泉	10	20	22	18	22	18	18	20	18	15	0

假设旅行食宿费为 400 元/天,交通费为 3 元/公里。利用 MATLAB 进行编程分别对旅行预算总费用为 1 000 元和 500 元两种情况进行规划,其计算结果见表 4 及图 2、图 3。

表 4 按不同预算费用的规划结果比较

预算总费用/元	500	1 000
规划景点及游览顺序	玄武湖 - 中山陵 - 总统府 - 大屠杀纪念馆	玄武湖 - 灵谷寺 - 中山陵 - 明孝陵 - 总统府 - 夫子庙 - 大屠杀纪念馆
规划旅行天数/天	2	3
规划门票费/元	40	135
规划交通费/元	74	80
规划食宿费/元	400	800
规划总费用/元	514	1 015



图 4 城市选择界面



图 5 参数输入界面



图 6 规划结果界面

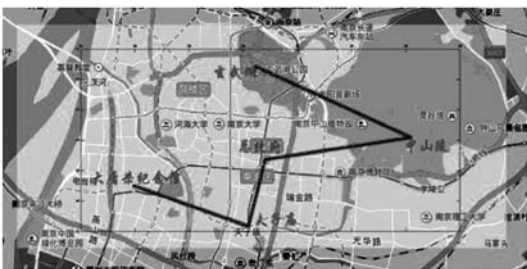


图 2 预算总费用 500 元规划结果

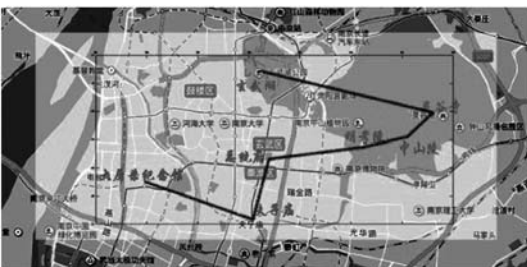


图 3 预算总费用 1 000 元规划结果

将上述算法利用 java 开发成基于安卓系统运行的 APP,其界面如图 4、图 5 所示,用户仅需要输入城市和旅行费用预算等相关参数,即可得到规划结果,如图 6 所示。

4 结 语

本文提出了以总旅行预算费用为约束条件获取最大旅行体验的旅游景点规划问题,建立了景点综合评价指数模型。通过 0-1 背包算法求得费用约束条件下综合评价指数最高的景点集合,再利用旅行商算法遍历景点获取最短游览路径以降低交通费用,最后通过二分法循环优化上述过程得到景点规划最优解。

本文以南京主要景点为例给出其景点评价指数和景点距离矩阵,通过上述优化算法分别对预算总费用为 1 000 元和 500 元两种情况进行规划,其规划景点及游览路径合理,满足预算费用要求。

参 考 文 献

- [1] 袁光辉, 谢科, 邓林胜, 等. 旅游路线动态规划问题研究——以西安市出发为例[J]. 数学的实践与认识, 2016, 46(15):125-133.
- [2] 王艳, 印国成, 孙茂圣. 最佳游览路线生成方案的设计与实现[J]. 物联网技术, 2015, 5(12):87-89.
- [3] 杨丽萍. 最短路径算法在校园导游系统中的应用[J]. 计算机时代, 2014(2):31-32.
- [4] 邹时林, 阮见, 刘波, 等. 最短路径算法在旅游线路规划中的应用——以庐山为例[J]. 测绘科学, 2008, 33(5):190-192.
- [5] 徐婷婷, 王柱, 徐海洋. 旅游路线规划数学模型的建立与应用探讨[J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版), 2016, 16(1):23-26.
- [6] 蓝雯飞, 吴子莹, 杨波. 背包问题的动态规划改进算法[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2016, 35(4):101-105.
- [7] 王乐, 王世卿, 张静乐. 基于 Matlab 的 0-1 背包问题的动态规划方法求解[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(4):88-89.
- [8] 王永静. 基于动态规划法和模拟退火算法求解旅行商问题[J]. 商丘职业技术学院学报. 2016,15(5):5-7.
- [9] 王敏. TSP 问题及几种常见算法的比较研究[J]. 长春理工大学学报, 2010(5):184-185.
- [10] 张子寒, 张落成. 基于多种模型的旅游线路规划探讨——以南京主要景区游览为例[J]. 计算机应用, 2016, 36(S1):278-280.
- [11] 携程. 南京景点推荐[DB/OL]. <http://you.ctrip.com/sight/nanjing9.html>.
- 研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2014.
- [3] 胡朝建. 一种物联网开放平台认证授权机制的设计与实现[D]. 广州:华南理工大学, 2014.
- [4] Hasan R, Winslett M, Conlan R, et al. Please permit me: stateless delegated authorization in mashups [C]//Annual Computer Security Applications Conference(ACSAC). 2008: 173-182.
- [5] OpenID OAuth Extension Website[EB/OL]. http://step2.googlecode.com/svn/spec/openid_oauth_extension/latest/openid_oauth_extension.htm.
- [6] 鲁金钿, 尧利利, 何旭东, 等. 改进的 OpenIDConnect 协议及其安全性分析[J]. 计算机应用, 2017, 37(5):1347-1352.
- [7] 韩妍妍. 可视密码技术的研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2009.
- [8] 杨健, 汪海航, 王剑, 等. 云计算安全问题研究综述[J]. 小型微型计算机系统, 2012, 33(3):472-479.
- [9] Ranjbar N, Abdinejadi M. Authentication and authorization for mobile device [D]. Sweden: University of Gothenburg, 2012.
- [10] Jones M, Handt D. The OAuth 2.0 authorization framework: bearer token usage [EB/OL]. <https://tools.ietf.org/html/rfc6750>.
- [11] Zhang J L, Lu J T, Wan Z Y, et al. Security analysis of OpenID connect protocol with cryptoverif in the computational model [C]//Proceedings of the 11th International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing. Berlin:Springer, 2016:925-934.
- [12] 杨雪松, 王书文, 刘勇, 等. 一种基于视觉密码的云平台访问控制方案[J]. 甘肃科技, 2014, 30(3):11-13.
- [13] 曹晟, 陈峰, 崔喆, 等. 基于视觉密码的无线网络远程身份认证[J]. 计算机应用, 2008, 28(6):39-42.
- [14] 冯国柱, 李超, 吴翊. 基于视觉密码的身份认证方案[J]. 计算机应用, 2006, 26(10):2318-2319.

(上接第 328 页)

(上接第 312 页)

- [2] 马德新. 基于 Web 的物联网体系结构和感知域关键技术

- [7] 张鹏伟, 李建文. 数据库系统开发中字符编码问题的研究[J]. 陕西科技大学学报, 2013, 31(5):139-143.
- [8] 闫静, 王天宝, 罗浩. 应用开发中的中文乱码原因及其解决方案[J]. 成都信息工程学院学报, 2012, 27(5):458-461.
- [9] 谭园园. WEB 开发中的乱码及其解决方法[J]. 数字技术与应用, 2012(7):86-88.