

基于网络热度的道路景观评价与最美路径推荐

张霞¹, 赵玮丹², 江文萍², 唐炉亮³

(1. 武汉大学 城市设计学院, 湖北 武汉 430072; 2. 武汉大学 资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079;

3. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079)

摘要: 基于道路景观搜索量、签到和点赞等网络热度大数据建立道路景观热度综合评估模型, 结合景观视域得到道路美丽度, 并以距离、时间等为约束条件, 设计和实现了最美路径优化算法。最后以武汉市 28 处道路景观进行实验, 并将最美路径算法与传统最短路径算法进行比较, 结果表明, 在起止点相同情况下, 最美路径算法可以在距离(时间)阈值约束范围内找到更美路径, 提高出行过程中的愉悦感。

关键词: 网络热度; 道路美丽度; 最美路径; 路径优化; 大数据

中图分类号: P208

文献标志码: A

Landscape Evaluation and Most Beautiful Route Planning from Big Website Date

ZHANG Xia¹, ZHAO Weidan², JIANG Wenping², TANG Luliang³

(1. School of Urban Design, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 3. State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: This paper presents a roadside landscapes evaluation model (RLEM) based on big website data about web hotspots, such as web searching data, web check-in data and web voting data. Then, Road beauty degree (RBD) is calculated by the proposed RLEM and the roadside landscapes' visual ranges along road. Finally, the most beautiful route planning algorithm is designed and realized based on road networks RBD. An experiment was applied in Wuhan (China), where twenty-eight landscapes were measured by RLEM, and the road networks RBD were calculated. Comparing between the proposed model and the traditional shortest path model, the results show us that routes planned by the proposed method have higher RBD than the routes

planned by the traditional shortest method.

Key words: web hotspots; road beauty degree; most beautiful route; route planning; big data

随着人民生活质量的不断提高, 公众对出行有了更高的期望, 不管是私家车休闲兜风还是公务上下班, 在满足一定时间或距离约束下, 都会尽可能追求一条舒适性高、自然风光美、人文历史厚的最美路径, 而不再满足于简单可达路径, 但是现有研究大都是追求效率高、路径短的最快路径或最短路径, 忽略了出行公众的心理需求。完善的街景数据库和网络上高度共享的地理信息为这一需求提供了可能, 如何从网络大数据中挖掘出道路景观信息, 并将其应用在路径规划中, 为公众提供更加舒适的可选路径, 成为国内外学者研究的热点。

传统路径规划一般都是追求距离最短、出行时间最短、费用最小, 有一些学者提出前 K 条最短路径算法^[1-2], 用于最短路径不符合条件时, 次短或第 k 短路径的推荐。近年来, 研究者更加关注公众出行的物质和心理等个性化偏好与需求^[3-5], 如于海隽等^[3]提出了一种适宜多模式交通网络环境下的多标准路径搜索方法; Meng 等^[4]在路径规划时考虑了用户购物、就餐、看风景等一系列出行目的, 利用蚁群算法为出行者推荐经过更多目标点的路线; Quercia 等^[5]研究了散步者的心理特征, 将数据库图片众包到评价网站中进行投票, 以美丽、安静和高兴三方面的得分生成网络图, 推荐最美丽、最安静或最高兴路径。

大数据时代的到来为个性化出行需求的路径规划带来了新机遇, 社交网络共享图片与轨迹大数据成为个性化出行需求的数据源, 一类是基于社交网络

收稿日期: 2015-05-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41571430; 41371428; 41271442)

第一作者: 张霞(1975—), 女, 工学博士, 副教授, 主要研究方向为三维地理信息与城市空间动态性分析、建筑空间生态优化。

E-mail: Xiazha75@126.com

通讯作者: 赵玮丹(1992—), 女, 硕士生, 主要研究方向为三维地理信息, 地理信息可视化。E-mail: zhaoweidan@whu.edu.cn

共享图片大数据^[6-8],如 Choudhury 等^[8]基于 Flickr 用户上传的带有位置和时间信息的照片构建 POI (point of interest) 图,在路径规划时链接该数据为出行者推荐最适合该用户的路径;另一类则是手机等移动设备全球定位系统 (global positioning system, GPS) 轨迹和车载 GPS 轨迹数据的众包轨迹数据^[9-10],如唐炉亮等^[9]基于浮动车数据 (floating car data) 研究了出租车司机路径选择规律,建立经验知识模型,设计基于经验知识的路径优化算法.此外,随着基于位置的服务 (location based service, LBS) 兴起产生的网络搜索与签到数据因信息量丰富、方便获得、成本低等优点,也逐渐被应用到旅游路径规划^[11].

本文通过景观的网络搜索、签到和点赞等网络热度信息综合评价景观的热度和品质,从街景数据库中获取道路前进方向的景观视域范围,评估道路美丽度,并设计和实现了最美路径规划算法,提高出行的愉悦感和舒适性.

1 基于网络热度的道路景观评价

1.1 景观网络热度数据采集与预处理

现有景观评估主要针对城市、大型景区等旅游目的地或专门旅游道,通过组织调查获得景观公众评价,进行统计分析得到定量值^[12].互联网的普及和大数据时代的到来为景观评估提供了丰富且低廉的数据源,公众评价可以通过网络调查或现有网络数据获得^[5,13].本文中道路景观热度评估以网络大数据为基础,首先挖掘城市景观中具有历史意义、文化价值或令人赏心悦目的道路景观,以与景观热度密切相关的文字和照片网络搜索量(T)、网络签到人数(N)、网络点赞数(S)和景观等级(L)为评判标准,对道路景观热度进行定量评估.

本文以谷歌搜索为引擎,采集道路景观文字和照片搜索量,然后抓取微博签到数和点赞数,景观等级划分参考国家景区等级划分标准,3A、4A、5A 级景观分别得 3、4、5 分,其余景观得分 2.采用对数法对 T 、 N 和 S 做量纲一化处理,其中 x 表示量纲一化后的数据, x^* 为原始数据,如式(1)所示.

$$x = \lg x^* \tag{1}$$

1.2 景观热度评估

景观热度评估分为三个环节,依次是景观模糊关系计算、景观模糊聚类分析、景观热度评估.模糊聚类分析是用数学方法定量确定样本之间的亲疏关

系,本文用景观属性聚类得到的景观亲疏关系指导并修正景观热度评估模型,具体建模过程如图 1 所示.

(1) 建立景观模糊关系矩阵

研究了 T , N , S 和 L 四个属性,采用最大最小法建立 Fuzzy 关系矩阵 $R=(r_{ij})$, r_{ij} 表示第 i 个景观和第 j 个景观的相似度(亲密程度),计算方法如下:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m (x_{ik} \wedge x_{jk})}{\sum_{k=1}^m (x_{ik} \vee x_{jk})} \tag{2}$$

式中: x_{ik} 表示第 i 个景观的第 k 个属性, m 为景观属性个数,本文中 $m=4$.

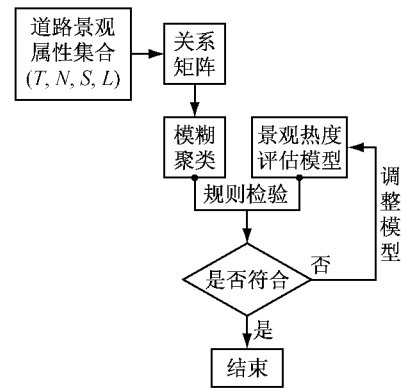


图 1 景观热度评估建模流程

Fig.1 Procedure of roadside landscapes evaluation model (RLEM)

(2) 景观模糊聚类分析

在此基础上,根据隶属度 α 将景观分为 n 类,依据同一类景观相似度高,不同类之间差异度大的特征,并结合人的认知,按照以下规则指导和调整景观热度定量评估模型:

① 景观热度定量评估结果的相对大小应该符合大多数人的认知,即景观热度值的相对大小不能与人们的习惯认识相差太远;

② 将景观按热度升(降)序排列的结果称为景观序列 h ,同一类景观在 h 中的映射是连续的.划分在同一类的景观的 4 个属性之间较为亲密,因此其景观热度值也应具有较高相似度;

③ 不同类景观在序列 h 中的映射不能有交叉,类内部可以交叉.如图 2 所示, A_i 表示景观 i 的热度,景观 2 和景观 3 属于不同类,则热度值也应属于不同类,对应的景观热度 A_2 和 A_3 不能交叉,而景观 3 和景观 4 属于同一个类别,它们所对应的景观热度 A_3 和 A_4 可以交叉.

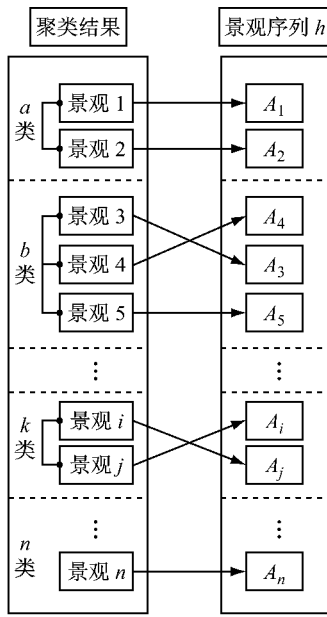


图 2 模型调整规则

Fig.2 The Rules of Model Adaptation

(3) 景观热度评估

依据以上规则,对模型进行修正,直到景观热度评估结果符合该规则,最终得到景观热度表达式如下:

$$A_i = \frac{L_i}{2} S_i (\omega_1 T_i + \omega_2 N_i) \quad (3)$$

式中: A_i 表示第 i 个景观的热度; L_i 表示等级; S_i 表示点赞数; T_i 为网络搜索量; N_i 为签到人数; ω_1 和 ω_2 分别为 T_i 和 N_i 对应的权重, $\omega_1 = \omega_2 = 0.5$ 。

1.3 顾及拓扑方向的道路美丽度评估

1.3.1 道路景观视域分析

道路美丽度是出行者对出行环境的心理感知,其中景观视域是不可忽略的因素,道路的网络拓扑关系决定了视域的有向性,本文的视域搜索建立在道路前进方向上.顾及拓扑方向的道路景观视域受景观高度、地势、周围建筑物以及景观与道路的位置关系等多种因素影响,街景地图是沿着车辆前进方向拍摄的实景地图,完整地保持了视域的方向性,因此通过在街景数据库中跟踪搜索得到景观视域范围 l 。

1.3.2 道路美丽度

道路美丽度是指道路前进方向上道路景观热度与景观视域对出行者吸引力的总和.本文对道路美丽度的评估建立在道路景观热度的基础上,热度值高但在视野中出现时间短的景观对道路美丽度的贡献同样较小,另外,道路景观数量越多,对道路美丽度的影响越大.综上所述,道路景观热度、景观视域和道路景观数量是道路美丽度的三个评判标准.道

路的美丽度的数学模型表达如下:

$$B_i = \sum_{j=1}^q l_j A_j \quad (4)$$

式中: B_i 为第 i 条道路的美丽度; q 表示视域投影在道路 i 上的景观总数; l_j 表示道路 i 上第 j 个景观的道路景观视域; A_j 为道路 i 上的第 j 个景观的热度。

如在图 3 中,道路 a 的美丽度为景观 P_1 、 P_2 和 P_3 各自的热度 A_1 、 A_2 、 A_3 与相应景观视域 l_1 、 l_2 、 l_{3a} 的乘积之和,即 $B_a = A_1 l_1 + A_2 l_2 + A_3 l_{3a}$,而道路 b 的美丽度 $B_b = A_3 l_{3b} + A_4 l_4$ 。

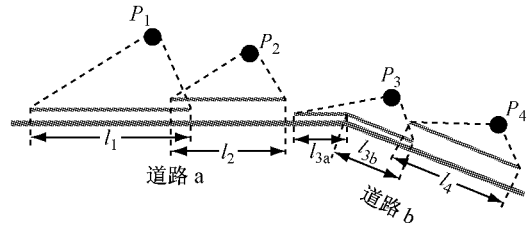


图 3 道路美丽度评估模型

Fig.3 The evaluation model for road beauty degree(RBD)

2 基于道路景观的最美路径规划

2.1 公众对路径美丽度的认知

以道路景观为导向寻找最美路径往往需要考虑以下两方面因素的影响:

(1)道路美丽度:道路美丽度对出行安全和出行者的舒适度影响很大,在时间充裕的情况下,人们往往会选择有更高品质景观的道路。

(2)路径长度:具有目的地的出行一般都需要在预期时间内到达,出行者不会纯粹为了追求美丽而完全忽略距离(时间),因此将路径距离(时间)作为约束条件。

在路径规划时同时考虑道路美丽度和距离(时间)约束,建立最美路径规划模型,如式(5)所示,其中, $R_{oute}(s,t)$ 表示起点 s 到终点 t 的最美路径, F 表示距离(时间)约束下的最美路径优化算法, B_r 表示路径美丽度, L_r 表示路径距离(时间)。

$$R_{oute}(s,t) = F(B_r, L_r) \quad (5)$$

2.2 最美路径规划思路

路径美丽度 B_r 是起点与终点之间可达路径经过的所有道路的美丽度之和,如式(6)所示,其中 n 表示路径所经过的道路数, B_i 为道路 i 的美丽度。

$$B_r = \sum_{i=1}^n B_i \quad (6)$$

基于道路景观的最美路径规划要求在约束范围

内寻找美丽度最大的路径,出行者可以根据自己的时间控制路径美丽度和路径消耗(时间或距离)之间的平衡点,一般情况下,路径美丽度越大,消耗越大.这种路径规划思想给公众提供了自主安排的空间,体现了人性化思想,增强了路径的体验性.

2.3 距离(时间)约束下的最美路径规划算法

在单标准路径规划中,通常采用 Dijkstra 或 Frod 算法得到单标准最短路径,而本文的路径规划结果需要满足两个条件:①路径美丽度最大;②路径消耗不超过阈值,其本质是距离(时间)约束下的最长路径,最长路径规划的非确定多项式(non-deterministic polynomial, NP)性导致问题难以在多项式内求得最优解.若忽略算法运行的时间成本,一种简单的方法是通过暴力搜索找出起止点之间所有可行路径,然后在其中找出美丽度最大且符合消耗或约束限制的,随着道路节点的增多,算法复杂度呈指数形式增长.

本文将问题分解为两步求解:①运行 Martins 的前 k 条最短路径算法^[2],得到起始点 s 和终止点 t 之间的前 k 条最短路径集合 p , k 的取值由距离(时间)阈值而定;②在集合 p 内找到美丽度最大的路径,即为距离(时间)约束下的最美路径,算法与流程图如图 4 所示.

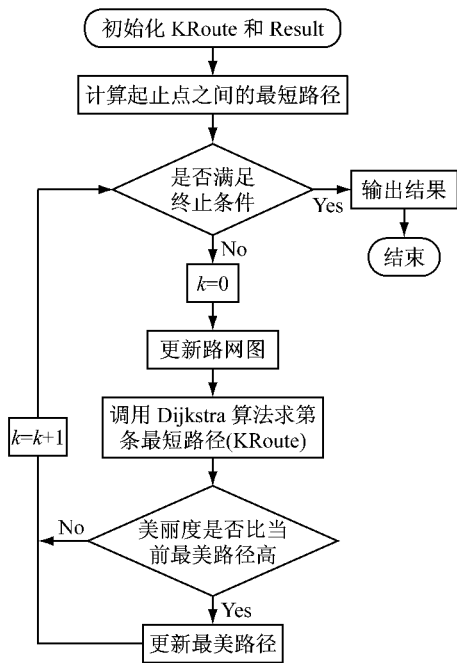


图 4 最美路径算法

Fig.4 Algorithm for the most beautiful route planning

输入:路网 $G=(V, E)$, 起止点 s, t , 距离(时间)约束 d

输出:最美路径 BestRoute, 路径长度 Length 和

美丽度 Beauty

初始化 KRoute 和 BestRoute;

ShortestRoute=Dijkstra(s, t, G); //求最短路径

If ShortestRoute.Length < d //如路径不大于于约束

KRoute= ShortestRoute;

For KRoute.Length < d //第 k 条路径长度小于约束

$G = \text{ReNewRoadNode}(V, E, s, t)$; //更新路网图 G

KRoute= Dijkstra(s, t, G); //求第 k 条最短路径

If KRoute.Beauty > BestRoute.Beauty; //更新最美路径

BestRoute=KRoute;

Else

Break;

3 实验分析与比较

本实验以武汉市为实验区域,采集了以 2014 年 12 月 31 日为截止时间,以二环线以内为主的 28 个道路景观的数据.通过式(1)对景观网络搜索量、签到数和点赞数这三组数据做量纲一化处理;用式(2)计算任意两个景观之间的模糊关系,建立模糊矩阵;通过模糊聚类分析,得当隶属度 $\alpha=0.93$ 时,道路景观被分为 5 类,在表 1 中,1 为第一类,2~8 为第二类,9~12 为第三类,13~14 为第四类,15~28 为第五类;在此基础上,根据模型调整规则修正景观热度评估模型,得到式(3)并计算道路景观热度,结果按降序排列于表 1 中.

以 28 个景观为中心,在一定大小的缓冲区周围跟踪搜索 SOSO 街景地图,采集景观视域,根据式(4)计算道路美丽度,武汉市景观评估结果与道路美丽度如图 5 所示.

本文以 C# 为开发工具,以 ArcGIS10.1 为地理信息系统(GIS)平台进行路径规划实验,实现了距离约束下最美路径规划算法.还选取 9 个离散点构成一个环形线路,分别用传统最短路径算法和本文算法作路径规划,距离阈值分别设为 1.5 倍和 2 倍最短距离,共得到 18 条路径,选取路径长度、路径美丽度和每米平均美丽度 3 个指标进行比较,结果列于表 2 中,其中 l 表示最短路径长度.

表 1 道路景观评估
Tab.1 Road landscapes evaluation

序号	景观名称	搜索量		签到	点赞	等级	评估结果
		文字搜索量	图片搜索量				
1	武汉黄鹤楼	1 270 000	175 000	16 004	28 787	5	55.057 97
2	湖北省博物馆	533 000	139 000	6 551	4 716	4	33.984 89
3	东湖生态风景区	624 000	51 400	5 122	4 054	4	32.335 71
4	磨山风景区	128 000	149 000	2787	2167	4	28.639 47
5	武汉归元禅寺	31 300	9 010	5 494	3 912	4	28.613 54
6	武汉植物园	212 000	81 800	1 973	1 317	4	26.250 29
7	武昌起义纪念馆	46 700	18 800	2 451	1 635	4	25.261 72
8	武汉博物馆	71 200	17 500	858	496	4	20.165 56
9	武汉欢乐谷	367 000	91 600	14 118	11 480	2	19.108 23
10	武汉户部巷	64 100	22 300	14 977	11 151	2	17.713 08
11	武汉长江大桥	598 000	110 000	7 611	5 515	2	17.380 39
12	汉口江滩	324 000	68 600	6 569	4 827	2	16.559 85
13	东湖海洋世界	125 000	27 000	630	429	3	14.932 90
14	武汉晴川阁	23 100	5 310	962	553	3	14.455 93
15	极地海洋世界	64 100	15 100	4 113	3 089	2	14.146 11
16	武汉昙华林	14 100	6 430	6 483	3 039	2	13.566 09
17	武汉动物园	187 000	39 100	2 190	1 736	2	13.399 51
18	南湖	204 000	21 400	2116	1337	2	12.732 01
19	武汉长江二桥	68 400	15 000	1 918	1 750	2	12.629 07
20	武汉中山公园	43 600	10 200	2 342	1 867	2	12.583 49
21	武汉光谷广场	137 000	13 200	1 370	1 196	2	11.949 86
22	武汉首义广场	13 300	4 490	1 801	1 382	2	11.217 21
23	武汉解放公园	44 700	12 500	1 052	963	2	11.032 89
24	武汉古琴台	11 500	4 450	1 582	1 103	2	10.730 76
25	汉口古德寺	43 800	2 600	1 231	620	2	9.938 795
26	武汉起义门	31 300	1 470	637	432	2	8.743 969
27	龟山	16 300	6 520	433	325	2	8.351 642
28	武汉长春观	26 600	7 370	404	264	2	8.176 008

图 6 中五角星表示起止点,虚线为最短路径规划结果,实线表示 1.5 倍阈值约束下的最美路径。可以看出,当不追求距离最短时,出行者可以通过绕行沿着美丽度更高的道路前进。

表 2 两种算法实验结果对比

Tab.2 Experiment contrast between the proposed model and shortest route model

起止点	最短路径			最美路径			约束条件
	距离/km	美丽度	平均美丽度/km ⁻¹	距离/km	美丽度	平均美丽度/km ⁻¹	
A—B	2.205	0	0	2.862	1.514	0.529	1.5 <i>l</i>
				4.277	4.333	1.013	2.0 <i>l</i>
B—C	5.210	47.98	9.209	6.915	60.532	8.754	1.5 <i>l</i>
				10.276	66.969	6.517	2.0 <i>l</i>
C—D	2.702	4.312	1.596	4.048	7.438	1.837	1.5 <i>l</i>
				4.735	9.200	1.943	2.0 <i>l</i>
D—E	7.984	0	0	10.329	5.645	0.547	1.5 <i>l</i>
				14.000	20.537	1.467	2.0 <i>l</i>
E—F	1.881	0	0	2.506	3.353	1.338	1.5 <i>l</i>
				3.684	5.147	1.397	2.0 <i>l</i>
F—G	2.013	0	0	2.937	1.882	0.641	1.5 <i>l</i>
				3.995	2.438	0.610	2.0 <i>l</i>
G—H	3.941	0	0	4.491	1.476	0.329	1.5 <i>l</i>
				7.652	4.254	0.556	2.0 <i>l</i>
H—I	4.195	0	0	6.199	4.181	0.674	1.5 <i>l</i>
				8.293	6.789	0.819	2.0 <i>l</i>
I—A	4.410	0.250	0.057	6.492	6.281	0.967	1.5 <i>l</i>
				8.690	14.963	1.722	2.0 <i>l</i>

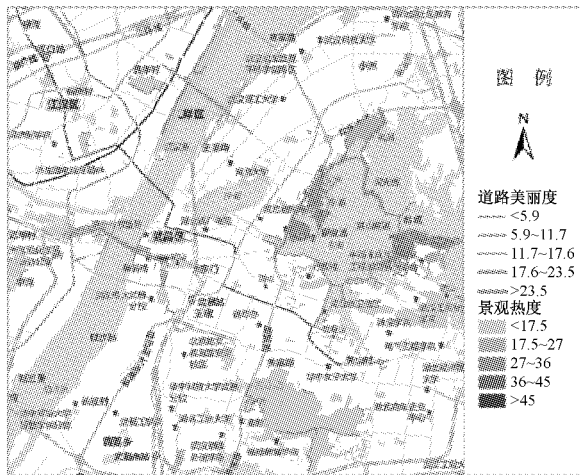


图 5 评估结果可视化图

Fig.5 Visualization of evaluation result

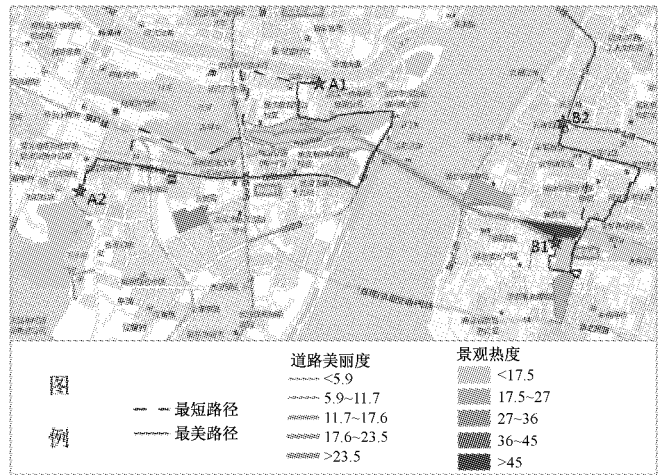


图 6 两种方法规划路径对比图

Fig.6 Routes contrast planned by the proposed model and shortest route model

4 结论与展望

本文基于道路景观搜索量、签到和点赞等网络热度大数据建立道路景观热度综合评估模型,结合景观视域得到道路美丽度,并以距离(时间)作为约束条件,设计和实现了最美路径优化算法.最后以武汉市为例,选取 28 处道路景观进行实验,并将本文算法与传统的最短路径算法进行比较.结果表明,在起止点相同情况下,本文提出的模型方法可以在距离(时间)阈值约束内找到更美路径,提高出行过程中的愉悦感.本文后续在费用、道路拥挤等因素对出行的影响进行进一步研究.

参考文献:

[1] Eppstein D. Finding the k shortest paths [J]. Siam Journal on Computing, 1999, 28(2):652.
 [2] Martins E Q, Santos J L. A new shortest paths ranking algorithm [J]. Investigacao Operacional, 2000, 20(1): 47.
 [3] 于海蕊, 陆锋. 一种基于遗传算法的多模式多标准路径规划方法[J]. 测绘学报, 2014(1): 89.
 YU Haicong, LU Feng. A Multi-modal multi-criteria route planning method based on genetic algorithm [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2014(1): 89.
 [4] MENG Xiangxu, LIN Xinye, WANG Xiaodong. Intention oriented itinerary recommendation by bridging physical trajectories and online social networks[C]// Proceedings of the ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing. Beijing: ACM, 2012: 71-78.
 [5] Quercia D, Schifanella R, Aiello L M. The shortest path to happiness: recommending beautiful, quiet, and happy routes in

the city [C]// Proceedings of the 25th ACM conference on Hypertext and social media. New York: ACM, 2014:116-125.
 [6] Lucchese C, Perego R, Silvestri F, et al. How random walks can help tourism [C]// Advances in Information Retrieval. Barcelona: ECIR, 2012:195-206.
 [7] Orsi F, Geneletti D. Using geotagged photographs and GIS analysis to estimate visitor flows in natural areas [J]. Journal for Nature Conservation, 2013, 21(5): 359.
 [8] Choudhury M D, Feldman M, Sehim A Y, et al. Automatic construction of travel itineraries using social breadcrumbs [C]// Proceedings of the 21st ACM Conference on Hyper Text. Toronto: ACM, 2010:35-44.
 [9] 唐炉亮, 常晓猛, 李清泉. 出租车经验知识建模与路径规划算法[J]. 测绘学报, 2010(4): 404.
 TANG Luliang, CHANG Xiaomeng, LI Qingquan. The knowledge modeling and route planning based on taxi experience [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2010(4): 404.
 [10] Broach J, Dill J, Gliebe J. Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2012, 46(10):1730.
 [11] 宋晓宇, 许鸿斐, 孙焕良, 等. 基于签到数据的短时间体验式路径搜索[J]. 计算机学报, 2013,36(8): 1693.
 SONG Xiaoyu, XU Hongpei, SUN Huanliang, et al. Short-term experience route search based on check-in data [J]. Chinese Journal of Computers, 2013, 36(8): 1693.
 [12] Akbar K F, Hale W H G, Headley A D. Assessment of scenic beauty of the roadside vegetation in northern England [J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 63(3): 139.
 [13] Song Lili, Qi Lina, Qi Ji, et al. Evaluation of the Attractiveness of Tourism Destinations Based on Link Analysis [C]// 18th International Conference on Geoinformatics. Beijing: International Conference on Geoinformatics, 2010:18-20.