

文章编号:1003-2398(2010)03-0144-05

基于最小生成树 Kruskal 算法的皖北地区 旅游交通优化与线路组织

鲍捷, 陆林, 吉中会

(安徽师范大学 国土资源与旅游学院, 芜湖 241003)

TOURISM TRANSPORTATION OPTIMIZATION AND TOUR ROUTE DESIGNING OF NORTH ANHUI PROVINCE BASED ON THE KRUSKAL ALGORITHM OF GRAPH-THEORY

BAO Jie, LU Lin, JI Zhong-hui

(College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241003, China)

Abstract: Tourism transportation optimization and tour route designing are important content of tourism research. However, the current researches are still not deep enough. Graph-Theory had been widely used in regional spatial structure and optimizing the rail lines but it is not widely used in tourism transportation optimization and tour route designing. This paper aims to discuss the feasibility of tourism transportation optimization and tour route designing with the Kruskal algorithm of Graph-Theory and provide some references for the tourism planning of north Anhui province. This paper, firstly, discusses the feasibility and principles of the Kruskal algorithm of Graph-Theory, which is used to optimize tourism transportation and design the tour routes. Secondly, the authors choose 14 cities as major tourism destinations, including national and provincial historic cities and cities with 3A or higher level tourist attractions as well as two important cities which are closely neighboring with north Anhui province, then uses this theory to obtain the minimum generating tree to connect these main tourism destinations of northern Anhui province. After modification, the optimized transportation pattern is established. Next, according to the actual situation, the author designs three theme tour routes which are natural scenery, historical and cultural landscape travel routes along Huai river, and historical and cultural landscape travel routes along the Guo river and the Huai river as well as industrial landscape and historical and cultural landscape travel routes of Huainan and Huaibei areas. Finally, the authors point out that compared with the real situation, the theoretical routes are highly valued. Bases on the results, this research puts forward some proposes. First, proposes on functional promotion of tourism transportation for improving the construction of transportation and enhancing the built of nodes of tourism rout; second, proposes on product upgrade of tour routes for arranging tourism projects planning, construction of each tour routes and enhancing the marketing and strengthening the regional cooperation.

Key words: the minimum generating tree; Kruskal algorithm; northern Anhui province; transportation optimization; tour route designing

提 要: 探讨了图论最小生成树Kruskal算法在旅游交通优化与线路组织中运用的可行性和应用原则,并将其用于皖北地区旅游交通优化与线路组织实践上。通过此算法求得联结皖北主要旅游目的地城市最优树,并依照皖北地区各旅游目的地城市的实际情况进行修正,得出理想的旅游交通格局。在此基础上设计出三条主题旅游线路,即沿淮自然风光、历史文化主题旅

游线路、沿涡河—淮河历史文化主题旅游线路和两淮工业旅游、历史文化主题旅游线路。最后将理想线路与实际情况进行了比较,并针对该地区旅游交通功能提升和旅游线路产品升级提出相应对策。

关键词: 最小生成树; Kruskal算法; 皖北; 交通优化; 旅游线路组织

中图分类号: F592.7 **文献标识码:** A

基金项目:国家自然科学基金(40771059)

作者简介:鲍捷(1985—),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向为旅游地理与旅游规划。E-mail:baoenhui1985@163.com。

收稿日期:2009-01-07;修订日期:2009-09-26

1 引言

旅游交通是为旅游者由客源地到旅游目的地的往返, 以及在旅游目的地各处旅游活动而提供的交通设施及服务, 其便利程度, 是衡量旅游业发达程度的重要标志^[1]。与一般交通不同, 旅游交通过程本身也是旅游体验过程, 对于游客来说, 立足于最小的时间与经济成本获得最多的旅游体验, 对于旅游组织者来说, 则立足于最小的建设成本与最大的社会、经济、生态效益。道路是交通的载体, 具有高度通达性、完善的旅游服务功能和景观化、生态化、人性化的道路是区域旅游交通完善的重要标志, 基于此, 有学者提出“风景道”、“旅游交通干道”等规划建设理念与原则^[2,3]。其中, 旅游交通系统的优化很大程度取决于合理的道路布局, 而如何使道路通达性与建设成本之间获得平衡, 达到性价比最优, 成为道路系统优化的重要指标。因此, 其实质上可以简化为最短距离连接各旅游目的地最优解问题。

旅游线路组织是旅游地理学研究的重要内容, 其研究主要集中在两个方面, 一是以游客的行为空间模式为导向, 旅游线路是旅游产品的组成部分, 作为产品就必须满足游客的需求, 因此游客的行为模式就成为旅游线路设计的重要依据, 较早据此提出线路组织模式有 Campbell 模式、Stewart-Vogt 多目的地旅行模式、Lundgren 旅行模式和楚义芳模式等^[4]。行为地理学理论也被广泛应用于线路组织, 特别是微观尺度的研究中, 如周尚意等以苏州一日游线路设计为例, 研究了行为地理理论在城市旅游线路设计中的应用^[5]。二是以旅游资源的时空组合为导向, 如刘法建等采用景区出现率、空间模式理论、旅游线路目的地类型理论、TICI 指数对市场上经营的有关皖南旅游区观光旅游线路的空间特征进行了分析并提出相关建议^[6], 基于运筹学的研究也较为普遍, 吴凯应用运筹学理论分别讨论了旅行社线路优化问题和旅游景区线路优化问题^[7], 唐力帆阐述了图论在旅游线路及游览线路设计中的应用, 提出了最佳旅游线路设计的方法^[8], 唐亦功运用运筹学方法, 分析了西安及毗邻地区旅游点的旅游线路的规划和配置^[9]。但是, 基于整体旅游交通格局的线路组织研究还有待深入。

旅游交通线路是旅游线路的组织的基础, 旅游线路选择最终要落在现有的道路上, 因此, 本文选择在最优旅游交通线路基础上进行旅游线路组织。

2 研究方法和应用原则

2.1 研究方法的选取

图论最小生成树理论常用于交通线路选择中, 如李晓莉等运用 Kruskal 算法研究了中原城市群轨道交通干线的选择^[10]。本文试图将其运用于旅游交通优化与线路组织上, 即在赋权图中找出一颗最优树, 以满足以最短路径最小连接各旅游目的地城市和最小的建设成本, 该理论对于求最小生成树的常见的算法有 Kruskal、Prim 等, 各类算法都有自己的适用性, 本研究涉及的抽象图形结构较为简单, 使用各类算法的差别在此并无明显体现, 一般来说, Kruskal 算法应用较为普遍, 因此本文采用 Kruskal 算法, 具体内容如下:

遴选各旅游目的地城市, 将其和两两之间的直线距离抽象成点和线, 构成一个无向图 G , 对图 G 的每一条边 e , 可赋予一个实数 $\omega(e)$, $\omega(e)$ 称为 e 的权。 G 连同它边上的权称为赋权图, 图 G 的生成子图 T 称 G 的生成树, Kruskal 算法就是在赋权图中找出一颗最优树, 其基本步骤如下^[11]:

- (1) 从 $E(G)$ 中选一条权最小的边 e_1 ;
- (2) 若 e_1, e_2, \dots, e_i 已选出, 则从 $E/\{e_1, e_2, \dots, e_i\}$ 中选取 e_{i+1} , 使得
 - (i) $G[\{e_1, e_2, \dots, e_{i+1}\}]$ 中无圈;
 - (ii) $\omega(e_{i+1}) = \min$;
- (3) 当第 (2) 步不能继续执行时则停止。

2.2 应用原则

最小生成树 Kruskal 算法是否适合旅游交通优化与线路组织研究, 主要考虑以下问题, 首先, 对于旅游交通线路优化来说, 旅游规划与组织者在在大尺度的区域上才会寻求最小成本和最短路径; 其次, 而线路组织旅游者只有大尺度的旅游空间行为选择上才试图用环状路线尽量将所有的旅游地串联起来, 最小生成树的模型则是没有回路的, 但事实上, 环状的线路主要是从客源地出发至目的地再返回的闭合线路, 在目的地区域多是串联主要旅游资源点的线状线路, 而实际开发的旅游线路产品中也多是线状的线路组合; 其次, 区域旅游交通优化与线路组织是区域旅游合作的客观需要, 当区域内各旅游目的地的竞合关系表现为同质竞争时, 便没有进行统一旅游线路设计的要求。由此得出最小生成树 Kruskal 算法在旅游交通优化与线路组织中的应用原则如下:

- (1) 研究范围必须是宏观尺度, 如一个国家, 一个省区或一个面积较大、相对独立完整的区域;
- (2) 考虑到线路形态的复杂性所带来的不确定性因素, 这里基于各旅游目的地间的理想距离来计算, 因此实际线路形态与理想线路不能有太大差异, 这就对区域的地形有所要求, 无较大的自然障碍物, 如高山、河流、湖泊、大面积沼泽地、盐碱地等; 若无法避免时要对其单独考虑;
- (3) 交通网络均匀分布, 这就保证了主要旅游目的地城市两两之间能够通过交通网络相互连接;
- (4) 各旅游目的地没有明显的竞争比较优势, 区域旅游合作显得十分必要, 因此组织合理的旅游线路是强化各旅游地联系、促进整体旅游水平提高的重要保证。

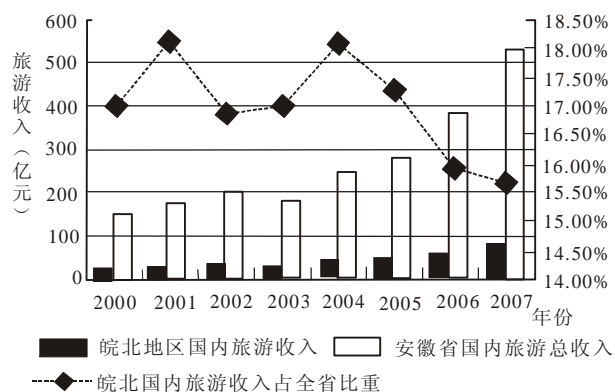
综上分析, 皖北地区较为符合实际应用的原则, 因此本文用最小生成树 Kruskal 算法对该地区的旅游交通优化与线路组织进行实证研究。

3 研究过程

3.1 案例地概况

皖北地区, 指安徽省淮河以北的城市以及跨淮的城市, 包括安徽省的宿州、淮北、亳州、阜阳、蚌埠、淮南六市, 全区土地总面积为 3.79 万 km^2 , 占全省总面积的 27.19%。2007 年总人口为 298.0 万人, 占全省的 44.6%; GDP 为 2260.6 亿元, 占全省的 30.7%; 国内旅游人数为 1863.2 万人次, 占全省的 23.7%; 国内旅游总收入为 84.9 亿元, 占全省

的 15.6%。皖北旅游区资源类型多样,水域风光、生物景观、地文景观、名胜古迹和工矿景观并存,尤以人文历史景观见长。皖北旅游区各市相连或近邻,具有相同的位置和自然特征:同属淮河中游平原;同属暖温带半湿润季风气候。各市间,初步形成了铁路、公路、航空相结合的交通运输网络,为区域旅游合作提供了交通保障。从区域整体情况来看,皖北旅游区内单个景区(点)竞争力不强,从区域内部看,皖北旅游区内还没有一个景区(点)具有明显的竞争优势,成为区域内的支柱性景区^[12],此外,尽管自 20 世纪 90 年代末以来,皖北旅游经济取得了较大的进步,但是占安徽省旅游业的比重仍然较低,近年来甚至有所下降(图 1)。因此,加强皖北地区旅游合作,促进其旅游经济的整体进步显得迫在眉睫,而优化区域旅游交通,组织安排合理的旅游线路是强化区域旅游合作的重要手段。



资料来源：根据《安徽省统计年鉴 2001—2008》整理而成。

以市、县为单位,除了六市以外,本文采取的遴选原则包括是否属于国家级、省级历史文化名城,是否拥有 3A 级及以上景区,此外,由于寿县和凤阳均为历史名城和重要的旅游目的地,并且在空间、经济和文化上和皖北联系密切,故将二县纳入研究区范围内。由此取并集得到 14 个旅游目的地城市(表 1)。

根据百度电子地图(<http://map.baidu.com>)上所提供的距离测算工具,四舍五入得出各城市两两之间的直线距离矩阵如表 2。在理想状况下,上述城市两两之间均存在直接的线路联系,但由于考虑实际交通网络的状况,部分城市之间无法或无需两两间的直接联系,如亳州、涡阳、蒙城三城近似

一条直线,在实际线路的选择中就无需再选择从亳州至蒙城的直线线路。再如寿县因淮河相隔,只能通过凤台淮河大桥与淮河以北其他城市发生联系,因此也无需选择该县与其他城市的直线线路。据此原则修改所得的图如图 2。

依据 Kruskal 算法,求得图 2 的最小生成树,其求解过程如下:首先根据边的权的大小,按权值从小到大排列出边序列,即寿县、凤台(14),蚌埠、怀远(18),蚌埠、凤阳(21),淮北、萧县(26),淮南、寿县(27),凤台、淮南(31)依次类推,然后根据 Kruskal 算法步骤,依次选择寿县、凤台(14),蚌埠、怀远(18),蚌埠、凤阳(21),淮北、萧县(26),淮南、寿县(27),在选择边凤台、淮南(31)时发现,此边与寿县、凤台(14)和淮南、寿县(27)将构成封闭的三角形首尾相连的环形边序列,也即“回路”,因而必须舍弃此边而继续选择下一条最小边宿州、淮北(37),涡阳、蒙城(40),淮南、蚌埠(43),凤台、颍上(47),颍上、阜阳(48),当选择边怀远、凤台(53)时又产生了回路,所以舍弃此边而继续选择下一条,依次类推,最后得到图 2 的最小生成树(见图 3 粗实线所示)。

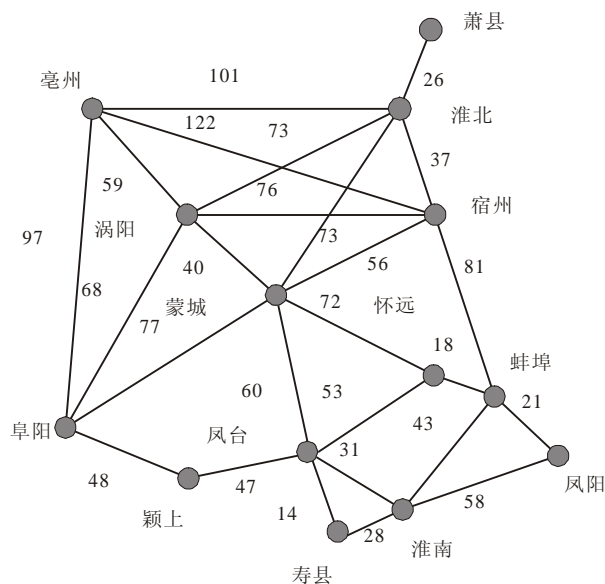


Fig.2 The Abstract Map of Straight-line Distance of Tourism Destinations

理论上的最优解还应与实际情况相符，由于凤台县归属

Tab.1 The Principles of Choosing the Cities as Tourism Destinations

原则	A 区域中心城市	B 国家级、省级历史文化名城	C 拥有 3A 及以上景区的市县	D 与皖北空间、经济、文化联系紧密的旅游名城	A ∪ B ∪ C ∪ D
所 属 县 市	蚌埠、淮南、亳州、阜阳、淮北、宿州	亳州、蒙城、涡阳	蚌埠、淮南、阜阳、淮北、亳州、怀远、萧县、颍上、凤台	寿县、凤阳	蚌埠、淮南、亳州、阜阳、淮北、宿州、蒙城、涡阳、寿县、凤阳、怀远、萧县、颍上、凤台

表 2 皖北旅游目的地直线距离矩阵 (Km)

Tab.2 The Matrix of the Straight-line Distance of Tourism Destinations

	蚌埠	淮南	亳州	阜阳	淮北	宿州	蒙城	涡阳	怀远	萧县	颍上	凤台	寿县	凤阳
蚌埠	0													
淮南	43	0												
亳州	185	176	0											
阜阳	151	119	97	0										
淮北	118	133	101	140	0									
宿州	81	99	122	131	37	0								
蒙城	90	78	98	77	73	56	0							
涡阳	128	117	59	68	73	76	40	0						
怀远	18	33	170	132	109	72	72	112	0					
萧县	132	152	119	166	26	55	100	98	126	0				
颍上	115	78	134	48	144	123	71	87	99	169	0			
凤台	69	31	152	89	127	97	60	94	53	150	47	0		
寿县	70	27	165	97	140	109	73	108	56	163	52	14	0	
凤阳	21	58	207	172	135	98	110	150	39	146	134	87	85	0

淮南市所管辖, 与之有很强的政治经济联系, 其旅游也必然纳入淮南旅游总体规划的范畴, 因此实际线路设计中要加上凤台与淮南之间的线路。蚌埠作为皖北地区的中心城市和交通枢纽, 其旅游线路也要考虑其与北向城市的直接联系, 而涡河沿线历史文化名城众多, 是重要的旅游目的地, 因此要增加通过怀远至蒙城的线路, 使蚌埠与北方的几个旅游地直接联系起来, 这样, 就得出了最优的皖北地区旅游交通格局 (图 3)。

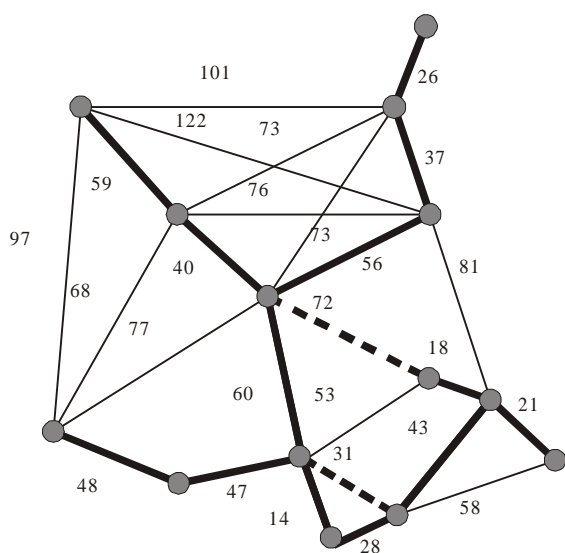


图 3 修正后所得旅游交通线路 (虚线为修正部分)

Fig.3 The Tour Traffic Route after Modification

3.4 皖北地区旅游线路组织

3.4.1 旅游线路的设计

根据计算与修正后所得理想的旅游交通格局, 为旅游线路选择提供了依据, 而旅游线路的最终选择还要结合当地的自然条件、社会经济文化情况和旅游资源类型与组合状况来综合分析。在综合分析皖北地区旅游资源特点、旅游市场定位、旅游产品类型等因素的基础上, 根据优势互补、主

题鲜明、富有节奏感和韵律感、行程安排机动灵活等原则, 依托已得旅游交通线路格局, 设计出 3 条主题旅游线路:

(1) 沿淮自然风光、历史文化主题旅游线路: 凤阳—蚌埠—淮南—寿县—凤台—颍上—阜阳;

(2) 沿涡河—淮河历史文化主题旅游线路: 凤阳—蚌埠—怀远—蒙城—涡阳—亳州;

(3) 两淮工业旅游、历史文化主题旅游线路: 萧县—淮北—宿州—蒙城—凤台—淮南。

3.4.2 与实际线路的比较

由于旅游线路的组织依赖于实际的交通线路, 因此与理想的直线线路有一定偏差, 对此将上述 3 条旅游理想线路与实际线路进行比较, 发现无论是线路里程 (表 3) 还是线路形态 (图 4) 的比较, 差别均不大, 故理论所得线路具有较高的实际意义。

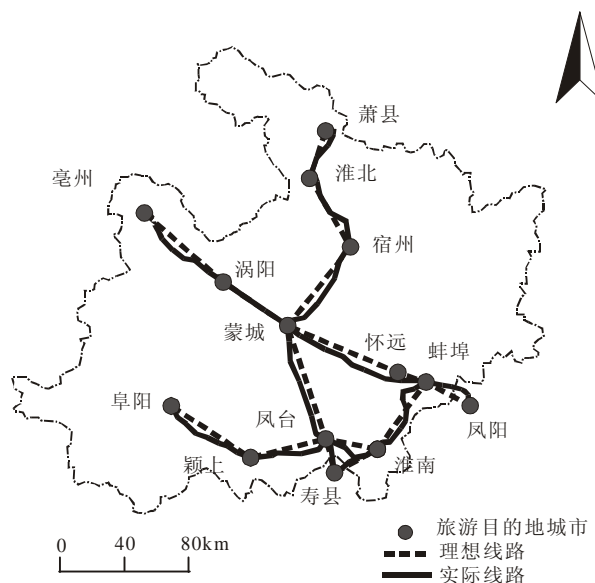


图 4 皖北旅游理想线路与实际线路比较

Fig.4 The Comparison between the Straight-line Tour Routes and the Real Tour Routes

表3 皖北旅游线路理想距离与实际距离差异

Tab 3 The Differences between the Straight-line Tour Routes and the Real Tour Routes

旅游线路	距离 (括号外为理想距离, 括号内为实际距离)	合计距离 (km)
线路一	凤阳—21 (23)—蚌埠—43 (53)—淮南—27 (28)—寿县—14 (16) —凤台—47 (50)—颍上—48 (55)—阜阳	200 (225)
线路二	凤阳—21 (23)—蚌埠—18 (20)—怀远—72 (75)—蒙城—40 (40) —涡阳—59 (60)—亳州	210 (218)
线路三	萧县—26 (28)—淮北—37 (47)—宿州—56 (58)—蒙城—60 (61) —凤台—31 (34)—淮南	210 (228)

4 对策商讨

4.1 旅游交通功能提升

根据上文分析所得的旅游交通线路,对皖北地区的旅游发展与规划提出如下建议:

(1) 完善各旅游交通线路的道路建设。当前,交通已经成为制约皖北旅游发展的重要瓶颈,现有的交通状况还不能满足其发展的要求。如亳州作为国家级历史文化名城,历史悠久,旅游资源丰富,但是可进入性较差,严重影响当地旅游经济发展。因此加强皖北地区的旅游交通建设,增强各旅游目的地的交通联系,提高可进入性,就显得十分重要。因此,亟需加快区内交通建设,包括对旅游交通线路道路级别进行提升,完善沿线的旅游交通服务设施,注重道路沿线的景观化、生态化建设,将皖北的自然风光与地域文化特色融入交通体验过程之中。

(2) 加强旅游节点城市的建设,根据所得出的旅游线路布局,蚌埠、凤台和蒙城就有可能成为旅游线路上重要的节点城市。蚌埠应发挥其交通枢纽的作用,打造新皖北中心城市。以人文资源和淮河文化为重点,着力开发淮河风情游,加快旅游基础设施建设,强化区域合作,大力拓展旅游市场。凤台临近淮南、寿县、颍上,是重要的交通节点,加强与沿淮河旅游城市和两淮工业城市的联系,联合打造淮河文化风情旅游和两淮工业旅游,打造设施齐全功能完善的旅游城镇;蒙城作为历史文化名城与工业重镇以及连接亳州、淮南与蚌埠的重要交通枢纽,联合涡河沿线旅游地,打造道家文化旅游、名人旅游、宗教旅游,联合两淮打造工业旅游项目,同时加强自身城镇基础设施建设,塑造目的地新形象。

4.2 旅游线路产品升级

①统筹安排各线路旅游项目的规划与建设,根据各旅游线路的主题,打造相关的旅游项目。如两淮的工业旅游项目、阜阳、颍上的生态休闲旅游项目、亳州的老庄道家文化、三国帝王文化旅游项目等。②加大旅游线路的宣传营销力度,旅游线路上的各目的地根据其线路主题进行联合宣传,塑造皖北地区整体旅游形象和各条主题旅游线路的特色形象,加强整体营销力度,同时通过一系列促销手段,将旅游市场份额向二级、三级扩展,挖掘潜在的客源市场。③强化皖北区域和各条线路上旅游目的地的区域合作,通过地方政府间合作,协调地区利益关系,构建无障碍旅游机制,实现区域旅游合作的规范化和制度化,促使区域旅游要素可以实现最大限度的自由流动,以达到旅游资源的最优配置。

5 结论

本文采用图论最小生成树 Kruskal 算法,对皖北地区的旅游交通优化与线路组织进行了实证研究,通过计算与修正得出理想的旅游交通线路格局,并在此基础上设计出3条主题旅游线路,证实了最小生成树理论在旅游交通与游线设计的领域运用具有一定的可行性,可以为实际的旅游交通规划与线路设计工作提供有一定价值的参考。

本研究也存在一些亟待深入之处。首先,只讨论了区域内部的交通线路的组织,而没有分析周边主要客源地城市如合肥、南京、徐州、郑州的空间位置对其影响。其次,在实际线路的选择中只考虑了公路交通线路的组合状况,而没有考虑铁路、水运和航空。最后,仅考虑了当前旅游资源的组合状况而确定旅游目的地城市,而对将来潜在的旅游目的地没有纳入考虑范围,这将影响到未来旅游线路的变化。因此,用此算法解决旅游交通优化与线路组织的问题还需要根据各旅游目的地的实际情况做进一步的改进与完善。

参考文献

- [1] 保继刚,楚义芳.旅游地理学[M].北京:高等教育出版社,1999.167.
- [2] 余青,等.风景道研究与规划实践综述[J].地理研究,2007,26(6): 1274-1284.
- [3] 翁莉.旅游交通干道的系统化思考—以宁国旅游交通干道的创设为例[J].桂林旅游高等专科学校学报,2006,17(1):56-60.
- [4] 陆林.旅游规划原理[M].北京:高等教育出版社,2005.197-200.
- [5] 周尚意,李淑方,张江雪.行为地理与城市旅游线路设计—以苏州一日游线路设计为例[J].旅游学刊,2002,17(5):66-70.
- [6] 刘法建,章锦河,陈冬冬.皖南旅游区观光旅游线路的空间分析[J].旅游学刊,2007,22(12):66-70.
- [7] 吴凯.旅游线路优化中的运筹学问题[D].东北财经大学硕士学位论文,2003.29-30.
- [8] 唐力帆.图论在旅游线路及游览线路中的运用[J].水运管理,1998, (1):19-21.
- [9] 唐亦功.西安及毗邻地区旅游线路的配置及规划[J].西北大学学报(自然科学版),2002,32(2):185-188.
- [10] 李晓莉,王发曾,罗军.中原城市群轨道交通干线选择研究—基于图论最小生成树 Kruskal 算法[J].地域研究与开发,2008,27(5): 50-53.
- [11] 王树禾.图论[M].北京:科学出版社,2004.36-37.
- [12] 丁晓娜,张淑萍,关颖.皖北旅游区旅游合作初步研究[J].黄山学院学报,2006,8(2):33-36.