

引用格式: 纪小美, 熊怡清, 张子昂. 地铁在城市旅游交通中的作用及其优化: 以南京主城区为例[J]. 资源科学, 2020, 42(5): 946-955. [Ji X M, X Y Q, Zhang Z A. The role of subway in urban tourism traffic and its optimization: The case of the main urban districts of Nanjing City[J]. Resources Science, 2020, 42(5): 946-955.] DOI: 10.18402/resci.2020.05.12

# 地铁在城市旅游交通中的作用及其优化

## ——以南京主城区为例

纪小美<sup>1,2</sup>, 熊怡清<sup>1,2</sup>, 张子昂<sup>3</sup>

(1. 南昌大学旅游学院, 南昌 330031; 2. 南昌大学旅游研究院, 南昌 330031;  
3. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275)

**摘要:** 旅游散客化潮流中, 充分利用地铁交通以缓解城市客流拥堵, 对于实现城市旅游的可持续发展具有重要意义。本文运用城市空间网络分析, 以南京主城区为例, 探讨散客化背景下, 地铁线路与站点在旅游交通中的作用及其优化对策。研究发现: ①地铁更适合市内短途自助游; ②线路与站点的布局满足散客在老城区与过渡城区的自助游需求, 但难以满足外围城区; ③吸引力较大的站点与线路位于人口密集、旅游资源富集的老城区, 中介力较大的站点与线路位于浦口与六合交界的过渡城区, 紧密度较大的站点与线路位于鼓楼、玄武与秦淮交界的老城区; 冗余度较大的站点位于过渡城区中走向较为曲折的地铁线路上。④中转站的吸引力、紧密度与冗余度普遍优于一般站, 部分一般站中介力较高。据此提出建议: ①外围城区开通地铁站点与景区间的公交专线; ②旅游旺季增设旅游专线地铁, 充分利用公交的分流作用; ③配合使用非轨道交通, 避免冗余地铁轨道, 缩短行程; ④将部分一般站升级为中转站, 减轻热门线路压力。

**关键词:** 旅游交通; 散客市场; 地铁; 城市空间网络分析; 优化对策; 南京主城区

DOI: 10.18402/resci.2020.05.12

## 1 引言

城市是区域经济、政治与文化中心, 城市地位决定其是旅游业中不可忽视的领域。尽管近年来乡村旅游蓬勃发展, 但城市旅游仍是世界旅游业发展的重头戏<sup>[1]</sup>, 是当代旅游的主体。现代城市以其便捷的交通、活跃的经济、发达的科技、海量的资讯、丰富的商品、先进的服务等优势对旅游者产生吸引力<sup>[2]</sup>。旅游活动具有异地性特征, 游客必须借助交通工具才能完成旅游活动, 而当前蓬勃发展的旅游对交通提出了新要求, 构建“快旅慢游”的旅游交通网络, 提高旅游交通的可达性和便捷性是满足大众游客需求的必然举措。随着人们生活水平的提高与自主意识的增强, 散客化成为出游的主

流。地铁作为国际上众多大城市用来解决拥堵与污染等城市问题的低碳环保型交通工具<sup>[3]</sup>, 其发展水平往往代表着城市经济发展水平, 对城市内部交通的畅通程度和生态环境可持续发展具有积极效用。如何充分利用地铁这种高效、低碳出行方式以缓解热点旅游城市的交通拥堵, 提高散客出行的便捷性, 是城市旅游在散客化潮流中实现可持续发展的一个非常有现实意义的议题。

国外学者对城市旅游交通的系统性研究始于20世纪80—90年代。普遍认为城际与城内交通的方式、费用、耗时、流畅性与舒适性等因素对城市的旅游吸引力、旅游流移动和游客满意度等诸多方面产生重要影响<sup>[4-7]</sup>。目前国内学者对城市旅游交通

收稿日期: 2019-08-19; 修订日期: 2020-02-16

基金项目: 国家社会科学基金项目(17BGL115); 江西省高校人文社会科学重点研究基地项目(JD18025)。

作者简介: 纪小美, 女, 福建福清人, 讲师, 博士, 研究方向为旅游与文化地理学。E-mail: 724087937@qq.com

通讯作者: 张子昂, 男, 新疆昌吉人, 博士研究生, 研究方向为旅游地理与旅游规划。E-mail: zhangziangdid@163.com

2020年5月

的研究以个案实证为主。涉及到的交通方式有航空、铁路、地铁、公交车、自行车和步行等<sup>[8,9]</sup>;研究尺度包括城市群内、城际间、城区间与景区间等<sup>[10-13]</sup>;研究内容包括城市景区的交通可达性<sup>[14]</sup>、城镇路网对饭店分布的影响<sup>[15]</sup>、旅游交通容量测算<sup>[16]</sup>、旅游线路设计<sup>[17]</sup>、游客交通选择行为与满意度<sup>[17]</sup>、交通对城市旅游的影响<sup>[18]</sup>和交通体系完善对策<sup>[19]</sup>等;研究方法 with 理论依据有空间句法、社会网络、引力模型、分形理论、耦合协调度评价模型和问卷调查等<sup>[20-23]</sup>。在地铁等轨道交通的案例研究上,李惠敏等<sup>[24]</sup>与黄红良<sup>[25]</sup>等分别探讨了上海与贵阳的轨道交通对城市旅游的促进作用、存在问题与优化对策。综上,目前相关学术成果较为丰富,但在研究对象上,对地铁站点与线路层面的探讨仍较为缺乏;研究方法上,常用的社会网络分析法忽略了站点与站点间、线路与线路间的空间距离因素;具体案例的优化对策探讨过于宏观,针对具体站点与线路的聚焦不足。

针对以上不足之处,本文以国内首批优秀旅游城市与热点旅游城市、基本实现市区主要景区(点)地铁全覆盖的南京主城区为案例地,构建枢纽场站 $O$ 与景区(点) $D$ 间的最短路径 $O-D$ 网络,运用城市空间网络分析<sup>[26]</sup>中的相关指标,定量化探讨南京主城区中现有地铁线路、站点在其旅游交通中的作用,以期为南京等热点旅游城市优化其地铁交通体系、提高散客到访景区(点)的便捷性、促进城市旅游业的可持续发展等提供理论依据与实践指导。

## 2 研究区概况

南京地处长江中下游地区,历史悠久,文化底蕴深厚,拥有2600多年建城史和近500年的建都史,与北京、西安、洛阳并称为“中国四大古都”。区位上,南京襟江带河,依山傍水,钟山龙蟠,石头虎踞,山川秀美,古迹众多,享有历史文化名城与首批优秀旅游城市的美誉,旅游经济一直位居全国前列。作为江苏省会与华东地区的中心城市,南京交通便利,水陆空等立体交通全网覆盖,加之城市旅游起步早,基础设施完备,接待水平较高,每年都吸引了大量国内外游客。2017年南京市实现旅游总收入2168.90亿元,比上年增长13.6%,接待海内外

旅游者1.229亿人次,增长9.7%,国内游客1.222亿人次,增长9.7%;拥有各等级旅游景区53家,其中4A和5A级景区23家。本文将南京主城区划分为老城区、过渡城区与外围城区。老城区包括鼓楼、秦淮、建邺、雨花台、玄武5个区;过渡城区,即老城区以外到环城高速以内的区域,包括六合区的南部、栖霞区的西部、浦口区的东北部和江宁区的西北部;环城高速以外的区域统称外围城区。

南京地铁项目规划工作启动于1984年,历经多次调整修改。最新确定的南京轨道交通线网规划为25条线,总长度达将突破1000 km。目前地铁1、2、3、4、10、S1、S3、S8、S7和S9号线已投入运营,运营里程已达378 km,老城区、过渡城区、外围城区的轨道线网密度分别达 $1.36 \text{ km/km}^2$ 、 $0.90 \text{ km/km}^2$ 和 $0.62 \text{ km/km}^2$ 。老城区内轨道站点600 m半径覆盖率达75%,主城区轨道站点800 m半径覆盖率达70%。地铁已分担了南京市53.82%的公共交通,成为市民出行的首选。至2030年,将有25条地铁线路,覆盖南京主城区及其周边卫星城镇,为市民的出行提供极大便利,也使地铁作为市区自助游的首选交通工具成为可能。

## 3 研究方法

在社会网络分析中,常用中心性指标衡量网络节点的作用与地位。相比社会网络,城市空间网络分析考虑了距离与位置因素的影响,因而更适用于本文的研究对象。Sevtsuk等<sup>[26]</sup>基于测算空间网络中心性的若干指标,即可达范围(Reach)、吸引力(Gravity)、中介力(Betweenness)、紧密度(Closeness)和直通性(Straightness),开发了新的ArcGIS网络分析工具箱(Urban Network Analysis, UNA)。该工具适用于分析城市街路与轨道交通等公共设施网络,尤其适用于测算交通节点的重要性与街路的行人流量等<sup>[27]</sup>。其改进之处在于,除了始末节点及其连通的边线外,增加了第三种元素——“建筑”作为中介体,这里的“建筑”也可表示任何空间分析单元。该“建筑”的区位与其他属性会影响到同一街区内其他“建筑”的可进入性。本文借鉴上述思想,将地铁站点与线路视为枢纽场站到景区最短路径中的“中介体”,多指标、定量化地测算二者在该

网络中的作用大小。根据指标的适用范围与研究数据的可获得性,本文选取吸引力、中介力和紧密度这3个中心性指标。此外,加入冗余度指标,能够为地铁交通与非轨道交通的协调整合从而提高旅游可达性提供理论指导。

### 3.1 吸引力( $G$ )

假设站点  $i$  的可达性与其周边站点  $j$  在 O-D 网络中被途经的次数,与二者的距离成反比。吸引力的表达式如下:

$$G[i]^r = \sum_{j \in G-\{i\}, d[i,j] < r} \frac{W[j]}{e^{\beta-d[i,j]}} \quad (1)$$

式中:  $G[i]^r$  是 O-D 网络中,在搜索半径  $r=15$  min 范围内(下同)站点  $i$  的吸引力,地铁线路的吸引力为沿线站点吸引力之和;  $j \in G-\{i\}$  表示站点  $j$  是在 O-D 网络中除站点  $i$  以外的其他站点;  $W[j]$  是周边站点  $j$  的权重,以 O-D 网络中各站点的途经次数为权重;  $d[i,j]$  是站点  $i$  与站点  $j$  的测地线距离;  $\beta$  是距离衰减系数,呈指数递减并控制距离衰减的强度,本文中  $\beta=0.1813$ <sup>[26]</sup>。

### 3.2 中介力( $B$ )

中介力可定义为在 O-D 网络中,必经站点  $i$  的最短路径数占全部最短路径数的比值。中介力用于评价某站点成为必经站点的潜力,表达式<sup>[28]</sup>如下:

$$B[i]^r = \sum_{j \in G-\{i\}, d[i,j] < r} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} W[j] \quad (2)$$

式中:  $B[i]^r$  为给定搜索半径  $r$  范围中,站点  $i$  的中介力,线路的中介力为沿线站点中介力之和。  $n_{jk}[i]$  为必经站点  $i$  的最短路径数,  $n_{jk}[i]=103 \times 16=1648$ 。

### 3.3 紧密度( $C$ )

紧密度可定义为在搜索半径  $r$  范围内,沿最短路径从站点  $i$  到站点  $j$  的距离的倒数。紧密度可以揭示给定距离阈值下站点间的关联程度<sup>[29]</sup>。线路的紧密度为沿线站点紧密度之和。表达式如下:

$$C[i]^r = \frac{1}{\sum_{j \in G-\{i\}, d[i,j] \leq r} (d[i,j] W[j])} \quad (3)$$

式中:  $C[i]^r$  为给定的搜索半径  $r$  范围内,站点  $i$  的紧密度。

### 3.4 标准化

当某站点的周边站点数量在给定搜索半径范围内差异较大时,标准化可以克服数量差异的影响。标准化的结果可使各指标的得分落在  $[0, 1]$  之

间。标准化后吸引力的表达式为:

$$G[i]_{\text{norm}}^r = e^{\beta} \frac{G[i]^r}{R[i]^r} \quad (4)$$

式中:  $R[i]^r$  是以站点  $i$  为中心的一定搜索半径  $r$  内的站点总数。标准化后中介力的表达式为:

$$B_{\text{norm}}^r = \frac{B[i]^r}{\left( \left\| \{j \in G-\{i\}: d[i,j] < r\} \right\| \right) R[i]^r} \quad (5)$$

标准化后紧密度的表达式为:

$$C[i]_{\text{norm}}^r = C[i]^r R[i]^r \quad (6)$$

### 3.5 冗余度

多数空间网络分析均假设旅行一般沿着最短路径开展,但这种情况常与现实相悖,为了顺道经过其他地点,人们经常采取比理论最短路径稍微长一些的路径进行旅行。实际路径通常要比理论最短路径长出 20%<sup>[30,31]</sup>。冗余度计算了 O-D 点对间的冗余线段的总长与最短路径总长的比值。如果是一对多的关系,取均值。由于地铁站点的点对  $O$  和  $D$  处于正向加权、无方向的道路系统中,因此仅需考虑点对的冗余比率  $\rho \geq 1$  的情况,表达式如下:

$$R^{\rho}[O, D] = \frac{\sum_{s \in E} W[s] \cdot \tau^{O,D}[s, \rho \cdot d[O, D]]}{\sum_{s \in E} W[s] \cdot \tau^{O,D}[s, d[O, D]]} \quad (7)$$

式中:  $W[s]$  为站点  $s$  的权重,同样以站点的途经次数为权重;  $E$  是在 O-D 网络中起作用的地铁站点集合;  $d[O, D]$  为最短路径距离。当  $\tau^{O,D}[s, x]=1$ ,表明  $O$  和  $D$  之间存在一个可以经过站点  $s$  的简单路径,该路径的权重最大为  $x$ ,最小为 0。简单路径指的是没有站点会被重复使用的路径。

除了采用数量与比例的简单统计方法,本文重点在于引入吸引力、中介力、紧密度、冗余度指标,定量测算地铁站点与线路的作用大小。线路或站点的吸引力越大,表示其可达性越高;中介力越大表明其成为网络中必经之路(站)的潜力越大;紧密度越高表示线路间或站点间的联系越密切;冗余度越高表示站点或线路的阻碍作用越高。

### 3.6 建立路网数据库

网络分析的理论基础是图论和运筹学,主要用于资源的最佳分配,最短路径的寻找等,对地理网络、城市基础设施网络进行地理化和模型化<sup>[32]</sup>。本文中枢纽场站、地铁站点和主要旅游景区(点)是网

2020年5月

络节点,连接各节点的最短路径为网络连接。选取了各大知名在线旅游网站推荐的南京主城区中的103个景区(点)为目的地 $D$ ,汽车北站、汽车南站、南京火车站、火车南站和禄口机场等16个主要枢纽场站作为出发地 $O$ 。研究对象为非南京本地居民且从异地到访南京主城区各大景区(点)的散客。现实中异地散客直接由枢纽场站前往旅游目的地情况较少,通常需要先到达各类住宿场所安顿好,再到访景区(点)。本文作者于2017年暑假期间,实地走访南京各大枢纽场站内部及周边住宿场所,向前台入住登记人员了解在上述区域居住的多日游异地游客的行程信息,对比官方统计的同期全市游客情况,发现到访南京的异地散客一般遵循大、中尺度的空间行为规律,即采取以住宿场所为中心的放射状的旅程安排。由于目前地铁线路基本覆盖到了南京主城区内的各大景区(点);同时,南京各大枢纽场站本身多位于南京各大商圈内部或附近,这里住宿、娱乐与购物场所密集,异地散客倾向于选择在枢纽场站内部及其附近居住,便于进出南京市区。因此,本文仅考察从枢纽场站直接前往景区的理想情况,就本案例地而言可信度较高。

地铁站点是主城区中已开通运营的1、2、3、4、10、S1、S3、S8和S9号线上的147个站点。利用谷歌地球获取枢纽场站、景区(点)和地铁站点的经纬度坐标,生成点要素图层;地铁线路与街路网数据来自2017年的高德导航地图,矢量化后得到线要素图层。实地调研发现,多数游客能接受的地铁站点到旅游景区(点)之间的步行时间在10~15 min,按照正常成年人的平均步行速度,15 min内游客能到达的最远距离大致是1800 m,因此选择15 min或1800 m为搜索半径范围。应用ArcGIS10.2软件中的Network Analyst模块建立由16个枢纽场站与103个景区形成的1648条最短路径,进而构成本文所需的O-D网络数据库。

## 4 研究结果

### 4.1 统计分析

#### 4.1.1 地铁站点

##### (1)次数分布

O-D网络共使用到134个地铁站点,占总数的

91.16%。3号线大明路站(途经463次)的作用最大,其次是南京南站(389次)与雨花门站(349次)。未起作用的站点13座,即途经次数为0,占比8.84%;途经次数 $\leq 50$ 的站点57座,占比38.78%;51~100次的22座,占比14.97%;101~200次的39座,占比26.53%;201~300次的10座,占比6.80%;300次以上的5座,占比3.40%。所有站点的途经次数均值为90.0,标准差94.0;12座中转站的均值为168.6次,标准差126.3;135座一般站的均值为91.9次,标准差87.5。这表明各站点的作用差异较大,中转站的作用普遍高于一般站。

##### (2)空间分布

由图1可知,途经次数在200次以上的站点16座,集中在1、3和S8号线上。其中途经次数排名前6的中转站排序是:南京南站(1,3,S1,S3)>泰冯路站(3,S8)>新街口站(1,2)>鼓楼站(1,4)>大行宫站(2,3)>南京站(1,3)。括号里的字符为站点所处线路,下同。一般站的排途经过次数序是:大明路站(3)>雨花门站(3)>武定门站(3)>卡子门站(3)>明发广场站(3)>信息工程大学站(S8)>泰冯路站(S8)>高薪开发区站(S8)>珠江路站(1)>张府园站(1)>五塘广场站(1)。有33座地铁站点可在15min以内步行到达景区(点)59处,即22.45%的地铁站点可步行到达57.28%的景区(点),上述景区与站点全部集中于老城区与过渡城区。由于外围城区中地铁站点与景区(点)的距离较远,不宜步行,一定程度上降低了其景区(点)对散客的吸引力。

#### 4.1.2 地铁线路

O-D网络中地铁线路。假设除乘坐地铁以外,其他道路上均以步行旅行,则总共耗时266968 min,平均每条路径耗时162 min。其中,地铁总耗时28775 min,地铁在1444条最短路径中起到不同程度的作用,平均每条路径中的地铁耗时为19.9 min,地铁仅承担了10.9%的行程,标准差16.2,运力的地域分布不均衡。具体到每条最短路径,地铁耗时的占比在0%~98%间。地铁在204条最短路径中未起作用,占总路径数的12.28%;仅在33条最短路径中承担80%以上的耗时,且普遍为总耗时10~30 min的短线旅程;路径总耗时与地铁耗时比的皮尔逊相

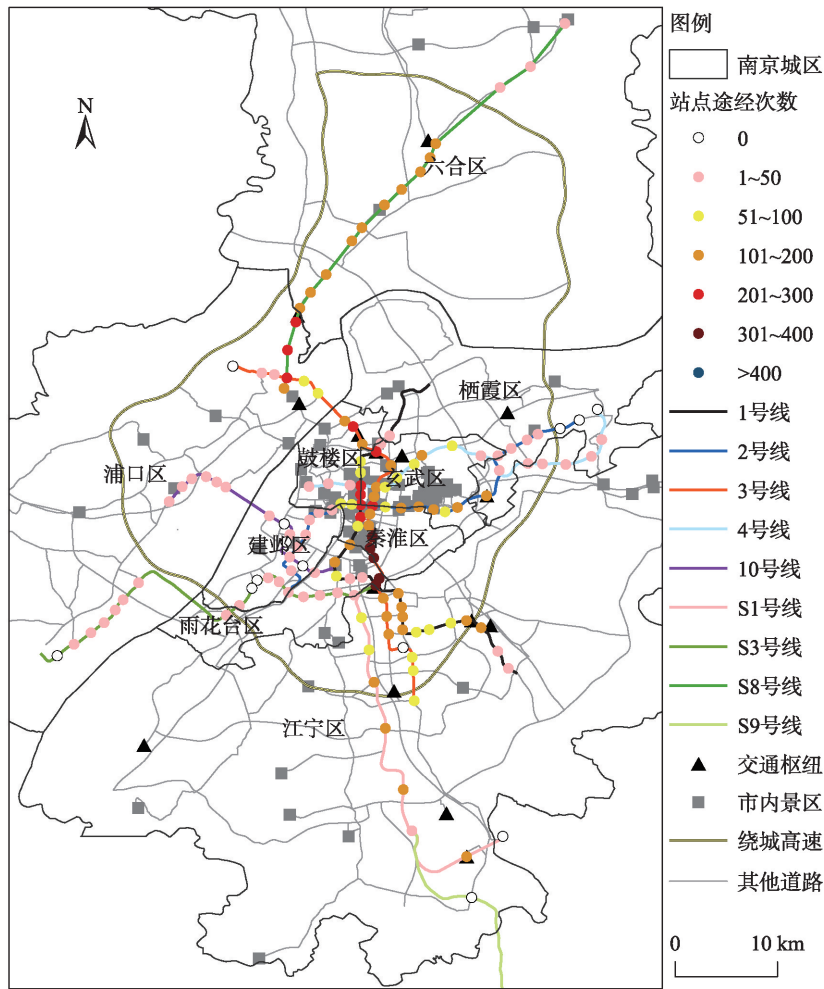


图1 地铁站点途经次数

Figure 1 The passing number of subway stations

关系系数为-0.471,存在一定程度的负相关。南京地铁对市内短途自助游的作用更大,对长线旅程的作用非常有限,地铁在城市旅游交通中的地位仍有待提升。

地铁总里程中的地铁线路。参与游客运输的有效地铁里程263 km,约占地铁总里程的87%;主城区内的地铁1、3、4、10、S1和S8号线可全程参与自助旅游,2号和S3号线的参与率也在96.43%和95.83%的高位上。散客在中山北路、双龙大道、中山南路、中华路、明故宫路、大桥南路和大桥北路等城市主干道的耗时最多,途经次数多在200次以上。如果这些干道公路在O-D网络中被途经的次数高于周边地铁线路时,就认为其作用超过地铁。这类公路附近集中了市区诸多优质旅游资源,而且

与周边地铁线路联系密切,作用甚至超过后者;这类公路的走向也较为特殊,笔直且能够连接起两条不同地铁线路,有助于散客节约换乘时间,避免冗余的线路与站点。

#### 4.2 城市网络分析

##### 4.2.1 单一指标分析

根据公式(1)-(6)计算标准化后的吸引力、中介力与紧密度。结合图2和表1可知:①按吸引力大小,地铁线路的排序是3号>1号>S8号>4号>2号>S1号>10号>S3号,位于第一梯度的站点分别是浮桥站(3)>玄武门站(1)>南京林业大学新庄站(3)>九华山站(4)>珠江路站(1)>鸡鸣寺站(3,4)。吸引力较大的线路与站点均位于人口密度最大、旅游资源最富集的鼓楼与玄武等老城区。②按中介力大

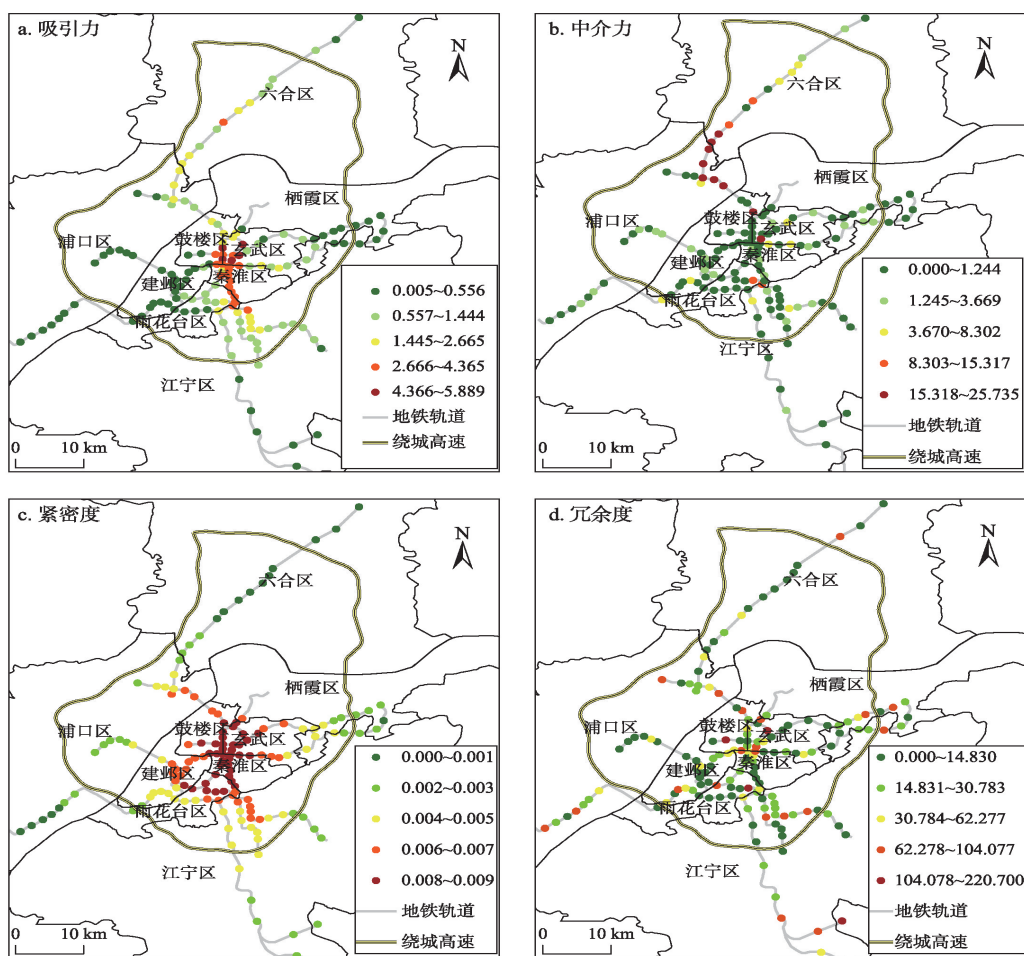


图2 地铁站点的吸引力(a)、中介力(b)、紧密度(c)与冗余度(d)

Figure 2 Gravity index (a), betweenness index (b), closeness index (c) and redundancy index (d) of subway stations

表1 地铁线路与站点的指标统计值

Table 1 Statistical value of index of subway lines and stations

线路	吸引力	中介力	紧密度	冗余度
1号线	54.758	36.641	0.157	33.257
2号线	25.293	29.266	0.138	31.649
3号线	69.464	135.642	0.167	39.020
4号线	23.654	17.111	0.094	26.809
10号线	3.960	16.326	0.057	21.007
S1号线	7.319	21.295	0.039	49.782
S3号线	5.773	29.017	0.078	31.332
S8号线	25.203	163.039	0.054	18.893
S9号线	0.520	2.826	0.008	69.838
一般站(均值)	1.195	2.547	0.005	32.099
中转站(均值)	2.082	3.722	0.006	30.925
一般站(标准差)	1.358	5.255	0.014	32.729
中转站(标准差)	1.351	7.130	0.001	28.909

小,地铁线路的排序是S8号>3号>1号>2号>S3号>S1号>4号>10号,位于第一梯度的站点分别是泰冯路站(3,S8)>高新开发区站(S8)>浮桥站(3)>小市站(3)>柳州东路站(3)>天润城站(3)>信息工程大学站(S8)>卸甲甸站(S8)>大厂站(S8)>葛塘站(S8),集中分布于浦口与六合区交界的过渡城区,S8号线的南端和3号线的北端,地铁路网密度较老城区要稀疏得多,为通往外围城区的必经之路。③按紧密度大小,地铁线路的排序是1号>3号>2号>4号>S3号>10号>S8号>S1号>S9号,位于第一梯度站点的分别是浮桥站(3)>上海路站(2)>三山门站(1)>西安门站(2)>武定门站(3)>玄武门站(1)>常府街站(3)>夫子庙站(3)>大行宫站(2,3),紧密度较大的线路与站点主要分布于鼓楼、玄武与秦淮交界的老城区。

根据公式(7)计算站点的冗余度。按冗余度大小,地铁线路的排序是S9号>S1号>3号>1号>2号>S3号>4号>10号>S8号。位于第一梯度站点的分别是南京林业大学新庄站(3)>花神庙站(1)>草场门站(4)>空港新城站(S1)>翔宇路南站(S1,S9)>高家冲站(S3)>五塘广场站(3)。上述站点由于所在地铁轨道的走向多与周边干道公路一致,但较后者曲折,从而增加了自身的冗余度。例如,从鼓楼地铁站出来后直接走中山北路,可避免走4号线上冗余度较高的草场门站,缩短鼓楼区到浦口区的时间距离。

#### 4.2.2 指标综合分析

综合上述排名情况,可知南北走向的3号和1号线在南京旅游交通中的作用最大。这两条线路上的15座站点(占比10.2%)步行15 min以内可达到29个景区(占比28.16%)。处于两大中转站(鸡鸣寺站、大行宫站)之间的浮桥站(一般站)在上述指标上的表现均非常突出,建议周边待建的地铁线路可考虑经过该站进而将其升级为中转站,以减轻3号线上的客流压力;亦可开辟成为散客集散中心,辐射周边诸如总统府、大行宫、江宁织造博物馆等7个南京知名景区。玄武门站(一般站)在吸引力与紧密度中的排名非常靠前,可达性较高且与周边其他交通联系紧密,15 min之内可到达玄武湖公园、湖南路步行街、绿航生态园,但中介力非常小,对周边地铁站的分流作用非常小。

对比表1中的中转站与一般站的各项指标的均值与标准差可知,中转站在南京旅游交通中的作用整体高于一般站,但在分项指标上二者各有优劣。中转站在吸引力、紧密度和冗余度上的得分普遍优于一般站,但中介力的不均衡度大于一般站。5座中转站的中介力接近0,占比41.67%,48座一般站的中介力接近0,占比35.56%。意味着未来旅游专列的线路设计可少量或不停靠上述站点,进而缩短旅程耗时,提高景区可达性。

## 5 结论与对策

### 5.1 结论

本文运用城市空间网络分析,定量探讨南京主城区中地铁线路、站点在旅游交通中的作用,得出

如下几点主要结论:

(1)在枢纽场站到景区(点)的O-D网络中,南京地铁仅承担了10.9%的行程,具体到各条最短路径,地铁承担的行程普遍在10~30 min之间,表明南京地铁对市内短途自助旅行的作用更大。在整个地铁网络中,参与散客运输的有效线路长度占地铁总里程的87%,且各线路的参与率均非常高,表明南京地铁线路的数量与布局,可使其在转移游客流上的作用得到有效发挥;也说明南京地铁的前期规划充分地考虑了旺盛的游客流对公共交通的需求。

(2)南京地铁站点在空间布局上基本可满足散客在老城区与外围城区中的自助游,中转站的作用普遍高于一般站,但较难满足散客在外围城区中的通行需求。

(3)吸引力较大的线路与站点均位于人口密度最大、旅游资源最富集的鼓楼、玄武等老城区。中介力较大线路与站点均集中于地铁密度较稀疏的浦口与六合交界的过渡城区,且上述线路与站点是老城区通往外围城区的必经之路。紧密度较大的线路和站点均集中于鼓楼、玄武与秦淮的交界。冗余度较大的站点多位于走向曲折的线路上。

(4)中转站在吸引力、紧密度与冗余度上的得分普遍优于一般站,但中介力的不均衡度高于后者,表明中转站在旅游交通中的作用还未充分发挥。

### 5.2 优化对策

基于以上研究结论,本文提出如下散客地铁自助游的优化对策:

(1)建议外围城区开通地铁站与景区的接驳班车;班车车站尽量设置在地铁出入口旁,并根据客流情况弹性安排接驳时间,实现点对点的交通服务;或投放公共自行车、共享汽车等其他公共交通工具,以提高景区的交通可达性。

(2)南北走向的3号和1号线在南京旅游交通中的作用最大,可尝试在旅游旺季中增设只停靠景区的旅游专列,增设自动售票机和进出口闸机,满足散客在旅游旺季的出行需求;也可利用非轨道公交起到分流辅助作用,但应注意与地铁线路的重合段不宜过长,避免浪费交通设施<sup>[33]</sup>。

(3)在散客出行旺季,建议对浮桥站、珠江路

2020年5月

站、大明路站等在各项指标上表现较为优秀的一般站进行运力提升与场站扩容。也可考虑升级为轨道交通与其他地面交通的中转站,为热门地铁线路分担客流压力,提高散客出行选择的灵活性。

(4)一些干道公路的作用超过其周边的地铁线路,两者的合理配合使用有助于散客缩短旅程与减少换乘次数,提高旅游交通的便捷性与流畅度。

本文仅将异地散客视为在交通行程安排中遵循最短路径原则的“经济人”,并仅考察直接从枢纽场站前往景区的理想情况,未来需要开展广泛而深入实地调查,把握散客选择地铁开展城区自助游的影响因素;运用大数据技术掌握地铁旅游流的规模结构与时空规律等,为旅游旺季的地铁运力与线路调整提出可行性更高的对策建议。

#### 参考文献(References):

- [1] 郭为,朱选功,何媛媛.近三十年来中国城市旅游发展的阶段性和变化趋势[J].旅游科学,2008,22(4):11-18.[Guo W, Zhu X G, He Y Y. A study on the phases, the changes and trends of Chinese urban tourism after the implementation of the open policy[J]. Tourism Science, 2008, 22(4): 11-18.]
- [2] 敬峰瑞,孙虎,袁超.成都市旅游资源吸引力空间结构特征[J].资源科学,2017,39(2):303-313.[Jing F R, Sun H, Yuan C. Spatial structure analysis of tourism resource attraction in Chengdu[J]. Resources Science, 2017, 39(2): 303-313.]
- [3] Shoval N. Urban planning and tourism in European cities[J]. Tourism Geographies, 2018, 20(3): 371-376.
- [4] Maxim C. Sustainable tourism implementation in urban areas: A case study of London[J]. Journal of Sustainable Tourism, 2016, 24(7): 971-989.
- [5] Kaveh F, Tavakkoli-Moghaddam R, Triki C, et al. A new bi-objective model of the urban public transportation hub network design under uncertainty[J]. Annals of Operations Research, 2019, DOI: 10.1007/s10479-019-03430-9.
- [6] Lapko A. Urban tourism in Szczecin and its impact on the functioning of the urban transport system[J]. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2014, 151: 207-214.
- [7] Tahmasbi B, Haghshenas H. Public transport accessibility measure based on weighted door to door travel time[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2019, 76: 163-177.
- [8] 周芳如,吴晋峰,吴潘,等.中国主要入境旅游城市交通通达性对比研究[J].旅游学刊,2016,31(2):12-22.[Zhou F R, Wu J F, Wu P, et al. Comparative research on the transportation accessibility of main inbound tourism cities in China[J]. Tourism Tribune, 2016, 31(2): 12-22.]
- [9] 李立,汪德根.城市低碳公共交通对旅游景点通达性影响研究:以苏州市为例[J].经济地理,2012,32(3):166-172.[Li L, Wang D G. The impact of urban low-carbon public transport to tourist attractions' accessibility: Suzhou City area as the example [J]. Economic Geography, 2012, 32(3): 166-172.]
- [10] 穆成林,陆林,黄剑锋,等.高铁网络下的长三角旅游交通格局及联系研究[J].经济地理,2015,35(12):193-202.[Mu C L, Lu L, Huang J F, et al. Research on Yangtze River Delta tourism traffic pattern and linkage under the high-speed rail network[J]. Economic Geography, 2015, 35(12): 193-202.]
- [11] 杨仲元,卢松.交通发展对区域旅游空间结构的影响研究:以皖南旅游区为例[J].地理科学,2013,33(7):806-814.[Yang Z Y, Lu S. The impacts of traffic improvement on spatial structure of regional tourism: Case of Southern Anhui[J]. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(7): 806-814.]
- [12] 白洋,李晓东,杨诺.城市旅游交通优化模型:以乌鲁木齐市为例[J].资源与产业,2013,15(1):45-49.[Bai Y, Li X D, Yang N. A case study of Urumqi: Optimized transportation model of urban tourism[J]. Resources & Industries, 2013, 15(1): 45-49.]
- [13] 吕宁,吴新芳,韩霄,等.游客与居民休闲满意度指数测评与比较:以北京市为例[J].资源科学,2019,41(5):967-979.[Lv N, Wu X F, Han X, et al. Evaluation and comparison of tourists and residents' urban leisure satisfaction: Taking Beijing as an example [J]. Resources Science, 2019, 41(5): 967-979.]
- [14] 靳诚,陆玉麒,张莉,等.基于路网结构的旅游景点可达性分析:以南京市为例[J].地理研究,2009,28(1):246-258.[Jin C, Lu Y Q, Zhang L, et al. An analysis of accessibility of scenic spots based on land traffic network: A case study of Nanjing[J]. Geographical Research, 2009, 28(1): 246-258.]
- [15] 陈岗,黄震方.基于交通集成度分析的城市饭店空间布局研究:以风景旅游城市桂林主城区为例[J].旅游学刊,2009,24(4):61-66.[Chen G, Huang Z F. A study on the spatial layout of urban hotels based on the analysis of transportation integration degree: Taking urban area of tourist city Guilin as an example[J]. Tourism Tribune, 2009, 24(4): 61-66.]
- [16] 杜海鑫,朱海燕.城市旅游资源开发与交通系统容量的适应性分析[J].市场周刊,2012,(10):10-12.[Du H X, Zhu H Y. The adaptability analysis on urban tourism resources development and traffic system capacity [J]. Market Weekly, 2012, (10): 10-12.]
- [17] 王兆峰.张家界旅游城市游客公共交通感知、满意度与行为[J].地理研究,2014,33(5):978-987.[Wang Z F. Tourists' perception of urban public transport, satisfaction and behavioral intention in Zhangjiajie City, China[J]. Geographical Research, 2014, 33(5): 978-987.]



- [18] 谭艳薇. 广州市轨道交通对城市旅游的影响分析[J]. 旅游纵览, 2014, (3): 161-162. [Tan Y W. The effects of Guangdong rail transit on urban tourism[J]. Tourism Overview, 2014, (3): 161-162.]
- [19] 赵中华, 汪宇明. 基于长江三角洲案例的区域旅游交通配置优化研究[J]. 地域研究与开发, 2007, 26(3): 51-55. [Zhao Z H, Wang Y M. Study on optimization of regional tourism traffic based on the Yangtze River Delta[J]. Areal Research and Development, 2007, 26(3): 51-55.]
- [20] 张琪, 谢双玉, 王晓芳, 等. 基于空间句法的武汉市旅游景点可达性评价[J]. 经济地理, 2015, 35(8): 200-208. [Zhang Q, Xie S Y, Wang X F, et al. Evaluation on the accessibility of the scenic spots in Wuhan based on the spatial syntax[J]. Economic Geography, 2015, 35(8): 200-208.]
- [21] 王娟, 刘赛. 长江中游城市群综合交通与旅游经济协调发展研究[J]. 经济问题, 2018, (8): 111-118. [Wang J, Liu S. Measure and synergism development of comprehensive transportation and tourism economic connections in Mid-Yangtze River urban agglomerations[J]. On Economic Problems, 2018, (8): 111-118.]
- [22] 沈苏彦, 韩宇, 庞一阳. 南京地铁与旅游景区(点)的空间关联分析[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2013, 7(4): 5-8. [Shen S Y, Han Y, Pang Y Y. Spatial association analysis of tourism scenic spots and urban subway station in Nanjing[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology (Social Sciences), 2013, 7(4): 5-8.]
- [23] 李瑞美, 贺玉龙, 陈亦新. 旧城历史文化保护区旅游交通行为特征研究: 以北京什刹海为例[J]. 道路交通与安全, 2015, 15(3): 18-22. [Li R M, He Y L, Chen Y X. Research on the characteristics of tourist traffic behaviors in historical districts and old towns: Taking Shichahai as an example[J]. Road Traffic & Safety, 2015, 15(3): 18-22.]
- [24] 李惠敏, 翟少霞, 靳莉宁, 等. 城市轨道交通对都市旅游作用力探究: 以上海市为例[J]. 中国商贸, 2014, (31): 179-180. [Li H M, Zhai S X, Jin L N, et al. The role of urban mass transit on the urban tourism: An example of Shanghai Municipality[J]. China Business & Trade, 2014, (31): 179-180.]
- [25] 黄红良, 赵航, 龙立美, 等. 基于城市公共交通的贵阳市旅游景点可达性分析[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2018, 36(6): 68-77. [Huang H L, Zhao H, Long L M, et al. Analysis on accessibility of scenic spots based on urban public transport in Guiyang[J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences), 2018, 36(6): 68-77.]
- [26] Sevtsuk A, Mekonnen M. Urban network analysis: A new toolbox for measuring city form in ArcGIS[J]. International Journal of Geomatics and Spatial Analysis, 2012, 22(2): 287-305.
- [27] Ozbil A, Peponis J, Stone B. Understanding the link between street connectivity, land use and pedestrian flows[J]. Urban Design International, 2010, 16(2): 125-141.
- [28] Brandes U. A faster algorithm for betweenness centrality[J]. Journal of Mathematical Sociology, 2001, 25(2): 163-177.
- [29] Sabidussi G. The centrality index of a graph[J]. Psychometrika, 1996, 31(4): 581-603.
- [30] Porta S, Crucitti P, Latorav V. The network analysis of urban streets: A primal approach[J]. Environment and Planning B, 2005, 35(5): 705-725.
- [31] Sevtsuk A. Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville[D]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2010.
- [32] Kozak M, Rimmington Y. Benchmarking: Destination attractiveness and small hospitality business performance[J]. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 1998, 10(5): 184-188.
- [33] 孟斌, 黄松, 尹芹. 北京市居民地铁出行出发时间弹性时空分布特征研究[J]. 地球信息科学学报, 2019, 21(1): 107-117. [Meng B, Huang S, Yin Q. Spatial and temporal distribution characteristics of residents' depart times elasticity in Beijing[J]. Journal of Geo-Information Science, 2019, 21(1): 107-117.]

# The role of subway in urban tourism traffic and its optimization:

## The case of the main urban districts of Nanjing City

Ji Xiaomei<sup>1,2</sup>, XIONG Yiqing<sup>1,2</sup>, ZHANG Ziang<sup>3</sup>

(1. School of Tourism, Nanchang University, Nanchang 330031, China; 2. Tourism Research Institute, Nanchang University, Nanchang 330031, China; 3. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** Urban areas are regional economic, political, and cultural centers, and the role of urban area determines its significance in tourism research. Applying urban network analysis, this study examined the role of subway in urban tourism traffic and its optimization in the context of individual tourists in the Nanjing's main urban districts. The main findings are as followings. (1) Subway plays a greater role in the short-distance "do it yourself"(DIY) tours; (2) The distribution of subway lines and stations can meet the needs of DIY tourists in the central urban area, but is hard to satisfy the needs in peripheral urban areas; (3) The lines and stations of greater gravity are concentrated in the old town, which has high population density and rich tourist attractions; those of greater betweenness are situated near the boundary between Pukou District and Luhe District; those of greater closeness are located in the bordering area of the three main districts—Gulou, Xuanwu, and Qinhuai; stations with greater redundancy are mainly located along the subway lines with higher sinuosity in transitional urban areas; (4) The gravity, closeness, and redundancy values of transit stations are higher than those of general stations, but some general stations have higher betweenness values. The suggestions are as follows. (1) Bus lines should be opened for tourist attractions exclusively within the peripheral urban areas. (2) During the tourist rush reason, special subway trains should be operated for tourist attractions. (3) Make full use of bus diversion function and combine the usage of trunk roads in order to avoid redundant lines, and cut the journey. (4) Upgrade some general stations to transit stations in order to reduce the pressure of crowded lines.

**Key words:** tourism traffic; individual tourist market; subway; urban network analysis; optimized strategy; the main urban districts of Nanjing City