

低碳出行下轨道交通对景点可达性的影响

——基于社会网络分析法

李升朝¹, 黄花²

(1. 长安大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710064; 2. 长安大学 运输工程学院, 陕西 西安 710064)

摘要:旅游景点的可达性是城市提升“交通+旅游”融合发展中的关键问题,在交通可达时间测算基础上引入社会网络分析法,基于ArcGIS和ucinet 6软件构建景点可达网络,并测算景点网络密度、度中心性、居中中心性、核心-边缘结构等网络技术指标,探讨散客化背景下低碳出行中轨道交通对西安市A级及以上景点网络中各节点的交通可达性及其在景点网络中的地位、角色的影响,通过不同指标的计算,分析景点直接和间接可达性及其变化情况。研究表明:西安市轨道交通重点提升了主城区及周边偏远地区地铁沿线局部网络及单个景点的可达性,“地铁+公交+骑行”使景点网络的核心-边缘分区结构呈现逐渐弱化的趋势,地铁沿线逐渐形成新的景点网络“旅游走廊”;西安市轨道交通有效衔接了中西部、中北部偏远景点间的联动,对于局部景点网络中的景点资源有效分配及组合发展具有有效调整作用。未来的公共交通网络、枢纽站建设应重点考虑度中心性高的景点及核心区景点,受地铁优化较小的景点应转向探索发展景点旅游直通车;应重点针对居中中心性高、同个凝聚子群的景点规划建设特色旅游线路;公共交通与景点应互为宣传,突出并强调景点公共交通可达的便捷性。

关键词:低碳出行;轨道交通;西安;社会网络分析法;“交通+旅游”;旅游景点;交通可达性

中图分类号:F590;U492.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-6248(2021)06-0038-11

Impact of rail transit on the accessibility of tourist

attractions in the context of low-carbon travel

——based on social network analysis method

LI Shengchao¹, HUANG Hua²

(1. School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;

收稿日期:2021-09-26

基金项目:陕西省社科界重大理论与现实问题研究项目(2019Z194);中央高校基本科研业务费专项资金项目(300102230677)

作者简介:李升朝(1968-),男,陕西合阳人,副教授。

通讯作者:黄花(1997-),女,陕西西安人,工学硕士研究生。

2. School of Transport Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: The accessibility of tourist attractions is a key issue in promoting the integrated development of "transportation + tourism" in cities. Based on the measurement of traffic accessibility time, a social network analysis method is introduced. Using the ArcGIS and ucinet 6 software, this paper constructs a tourist attraction accessibility network, calculates the tourist attraction network technical indicators such as network density, degree centrality, central centrality, core-edge structure, etc., explores the impact of low-carbon rail transit on the accessibility of each node in Xi'an's A-level and above tourist attraction network in the context of FIT and the influence on its position and role in the tourist attraction network, and analyzes the direct and indirect accessibility of tourist attractions and their changes through the calculation of different indicators. The research shows that: Xi'an's rail transit focuses on improving the accessibility of local networks and individual tourist attractions along the subway lines in the main urban area and surrounding remote areas. The "Subway + bus + cycling" mode facilitates a gradually weakening trend in the core-edge partition structure of the tourist attraction network, and a new tourist attraction network of "tourism corridor" has been gradually formed along the subway lines. Rail transit has effectively connected the remote tourist attractions in the central western and central northern parts of Xi'an, and has an effective adjustment effect on the distribution and combined development of tourist attraction resources in the local tourist attraction network. In the future construction of public transportation networks and hub stations, the focus should be on tourist attractions with high centrality and core area tourist attractions. Tourist attractions that are less optimized by the subway should turn to explore and develop through trains for tourist attractions; focus shall be placed on tourist attractions with high central centrality and belonging to the same clusters to plan and build characteristic tourist routes; public transportation and tourist attractions shall promote each other, highlighting and emphasizing the convenience of public transportation to those tourist attractions.

Key words: low-carbon travel; rail transit; Xi'an; social network analysis method; "transportation + tourism"; tourist attraction; transportation accessibility

旅游业是中国国民经济的支柱产业。近几年,随着旅游需求的不断增加及国家政策的支持,全国多个旅游城市大力发展旅游业,加快建设全域旅游目的地,推动城市发展及城市形象建设。与此同时,旅游业的高速发展也成为交通运输业发展的强劲推力^[1]。交通资源的分配、旅游资源的合理规划以及交旅融合发展的建设影响着区域经济的高质量发展。在旅游空间行为中,由于时间、精力等限制,游客出游大多选择以某个城市为出游及景点选择的范围,市域范围内景点的可达时间成为游客出游计划的重要考虑因素,因此市域范围内的景点可达性分析及景点网络结构研究对于一地的旅游业

发展具有重要意义,也成为“交通 + 旅游”融合(以下简称“交旅融合”)发展研究的重要方面。在散客化旅游背景下,随着国家、省、市“十四五规划”中对于绿色低碳出行的号召,景点在公共交通、骑行等方式下的可达性一定程度上反映着城市交旅融合的水平即交通对旅游发展的促进和桥梁作用,本文从此角度出发,探究低碳出行下西安市景点的可达性及景点网络中各景点在空间上的地位与角色,为城市交旅融合发展提供借鉴。

国内外学者在旅游景点的研究中,在交通地理方面多聚焦于旅游景点时空分布规律研究^[2-6]及景点的交通可达性研究。以往研究中,研究尺

度多聚焦国家、省域等大范围区域^[7-11];研究方法多聚焦应用于绿地、公园、医院等公共服务设施^[12-14];优质的景点可达性研究较少,现有成果多采用核密度分析法、缓冲区分析法等方法计算可达性^[15-17],运用核密度估计、等时圈、基尼系数等地理学的空间分析方法和 ArcGIS 空间分析工具进行分析和可视化^[18-19]。如王宇环等基于 ArcGIS 平台综合运用网络分析与栅格分析方法计算可达性,分析地铁对于本地居民景点可达时间的影响^[20];李潜等运用基尼系数和核密度分析法构建景点间的可达性模型,结合公路网结构分析珠三角城市群 4A 级及以上旅游景点的空间分布情况与可达性^[21]。本文所采用的社会网络分析法以交通可达时间测算为基础,从时间距离角度运用社会网络分析方法考量网络结构及节点属性。以往研究也有学者采用此类方法^[22-23],但大多是在大区域研究范围内以城市为网络节点的分析,如王圣云等基于修正引力模型下的时间、距离和社会网络分析方法,分析长江经济带城市群城市间的双向经济联系格局与城市网络^[24];在新交通方式或设施的加入对景点可达性的影响分析中,较多学者聚焦大区域范围下高铁开通的影响,鲜少聚焦市域范围内的轨道交通,如孔令章等基于可达时间及经济联系构建旅游经济联系网络模型,分析长距离高铁对沿线城市旅游经济联系的空间影响沿线城市在旅游经济联系网络中的角色^[25]。

本文将研究范围聚焦小范围旅游目的地城市,综合运用 ArcGIS 网络分析法及社会网络分析法测算景点可达性,并根据不同指标定义来分析景点的直接或间接可达性。文章基于西安市轨道交通快速发展的背景以及鼓励低碳出行的政策,针对旅游资源丰富的西安市,在以往景点可达性研究中依靠时间、距离角度的网络分析或栅格分析方法的基础上,通过多模式的交通网络数据集测算景点间的交通时耗,在此交通可达性测算基础上加入社会网络分析方法,运用网络密度、度中心性、居中中心性、核心-边缘结构和凝聚子群指标探究轨道交通对于西安市景点可达网络与景点

可达性的影响,创新性地根据指标不同特性将可达性分为直接可达性和间接可达性进行评价,并提出相应的对策建议。

一、研究区域与数据来源

(一) 研究区域概况

西安市下辖 11 区 2 县,是世界四大古都之一,也是国内热门和著名的旅游目的地城市。西安市共有 A 级及以上景区 80 家,其中包括 5A 级景区 4 个,4A 级景区 22 个,2A 及 3A 级景区 54 个。目前,西安市正处于轨道交通快速发展建设的重要时期,2020 年 12 月底,西安市同时开通了地铁 5、6、9 号线 3 条线路;截至 2021 年 6 月,累计开通 8 条地铁线路,共计 273 个地铁站点,地铁 2、4 号线横跨城市中心,连接南北部,地铁 1、3、5、6 号线打通了城市东北两端,地铁 9 号线连接着城市西北部较偏远却含有众多著名且热门游览地的临潼区,如 5A 级景区秦始皇陵博物馆和陕西华清宫文化旅游景区。目前西安市已形成了基本覆盖全市区、贯通南北、连接东西的轨道交通网络,且轨道交通三期规划已获批建设,轨道交通的快速发展是西安市未来城市交通建设的重点。

(二) 数据来源

本文研究数据中,路网数据源自 Open Street Map 网站(<http://www.opens-treemap.org>)公布的 2019 年中国道路数据,地铁、公交线路及站点数据和 A 级及以上景点数据分别源自西安地铁官网、西安市城市轨道交通发展规划、8684 公交查询官网和西安市文化与旅游局官网。通过高德地图 API 接口爬取获得矢量点、线数据,考虑旅行中骑行可接受的最大时限,计算发现其中 12 个景区无法通过“公共交通+骑行”的方式到达,因此本文仅分析 68 个 A 级及以上景点。具体数据如表 1 所示,空间分布如图 1 所示^①。地铁速度参照官网给出的距离及时间成

① 底图来源于国家基础地理信息中心编制的国家 1:400 万基础地理信息数据。

本计算并进行实地抽样检验后赋值,地铁1—6号线速度设为35 km/h,地铁9号线速度设为40 km/h,机场城际线速度设为70 km/h,其余待开通市中心区域地铁线路速度参考地铁1—6号线设为35 km/h,公交速度据以往研究设为18 km/h^[26],骑行速度设置为15 km/h^[20]。

表 1 数据要素					
类别	点数据/个			线数据/条	
名称	A 级及以上 景点	公交站点	地铁站点	公交线路	地铁线路
数量	68	15 394	276	565	12

二、研究方法

(一) 研究思路

本文研究对象是旅游景点的可达性,文中对可达性的评价在交通时耗测算上引入了社会网络分析法,通过复杂网络技术指标对景点可达网络中景点的地位及角色进行分类别评价,根据不同指标的特性将景点可达性分为直接可达性和间接可达性,以此作为可达性评价依据。在基础景点间交通时耗测算中,基于低碳出行的背景,为测算轨道交通对可达性的影响,本文设置“公交+骑行”和“地铁+公交+骑行”两种出行方式,运用 ArcGIS 网络分析法,将公交网、公路网和轨道交通网络连通,构

建多模式的交通网络数据集。地铁和公交站点是换乘的节点,游客通过在公路网上骑行完成地铁、公交间的换乘及景点、交通站点间的连接。根据路网长度和行车速度计算每段线路的通行时间,作为时间成本赋值于公路、公交及轨道交通网络中,测算低碳出行方式下景点间的最短交通时耗。

(二) 景点交通可达性网络评价模型构建

采用社会网络分析法将景点间的关系网络化,从新的切入点诠释景点网络的空间演变关系,既能通过网络密度指标描述整体景点网络的结构特征,也能从个体出发,探究单个景点在局部网络及整体网络结构中的地位。本文在构建景点复杂网络过程中,以交通可达时间为基础,为了贴合实际旅游过程中游客对景点间转换的最短时间耗费接受程度,在景点间的联系设定上,当两个景点间最短交通时间耗费在1小时内时,设定其之间互相连通。在分析中,分别选取无地铁下的“公交+骑行”及有地铁下的“地铁+公交+骑行”两种出行方式。运用ucinet 6软件进行网络构建和指标计算,根据指标特性,采用网络密度探究景点网络整体空间结构特性;采用度中心性和核心-边缘模型指标探究景点的直接可达性及其在景点网络中的地位、角色,采用居中心性、凝聚子群指标探究景点的间接可达

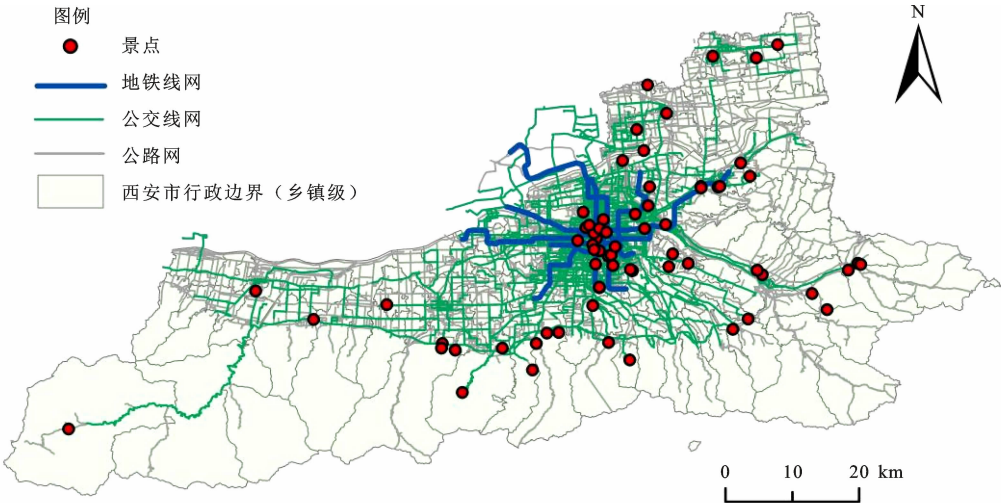


图1 研究区交通网络与旅游景点分布图

性及其在景点网络中的地位、角色;进一步创新性地提出分析景点可达性的思路与方法。通过两种出行方式下指标的变化探究散客化背景下景点旅游交通网络的结构特征以及轨道交通对景点旅游交通网络的影响。具体分析指标如下。

1. 网络密度

采用网络密度指标可剖析复杂网络中各节点间联系的紧密程度^[27]。本文构建的景点网络的网络密度可解释为:各景点节点实际拥有的关系边数和可能拥有的理论最大关系边数之比,网络密度越大,景点网络间的空间关联越紧密,景点间连续旅游的效果越好。

2. 度中心性

度中心性是分析复杂网络中节点重要程度的基础指标。在本文中,度中心性值定义为景点网络中与景点相连的所有关系边的数量之和,记为 $C_D(N_i)$,度中心性越大,景点节点在景点网络中越容易由其他景点节点直接到达,其直接可达性越高,景点可达优势越明显。

$$C_D(N_i) = \frac{d(N_i)}{n-1} \quad (1)$$

式中: $C_D(N_i)$ 表示景点节点 i 的度中心性; $d(N_i)$ 表示景点节点 i 与其他景点节点之间的边的数目; n 是节点总数^[28]。

3. 居中中心性

居中中心性指标可用来刻画网络中某一节点对旅游资源控制的程度。景点网络中,若某一景点处于其他景点间的最短联系路径上,则认为其具有沟通其他景点资源的桥梁及过渡作用,景点的居中中心性越高,其间接可达性越高,在多景点联动发展中其地位越重要,记作 $C_{B(i)}$ 。

$$C_{B(N_i)} = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{j-1} \frac{p_{jik}}{p_{jk}} \quad (2)$$

式中: $C_{B(N_i)}$ 表示景点节点 i 的居中中心性; p_{jik} 表示 j 和 k 之间经过节点 i 的最短路径数; p_{jk} 表示 j 和 k 之间最短路径的总条数^[29]。对节点的介数进行归一化处理

$$C'_{B(N_i)} = 2[C_{B(N_i)}]/[(n-1)(n-2)] \quad (3)$$

式中: $C'_{B(N_i)}$ 为归一化后景点节点的居中心性指标。节点的 $C'_{B(N_i)}$ 越高,说明这个节点就越有影响力、越重要,对整个景点网络具有重要的控制作用或桥梁作用。

4. 核心-边缘结构

核心-边缘结构是对整体构建的景点网络中的核心区域与边缘区域进行划分,分析景点在整体网络中的地位和角色的一种方法,核心区域的景点在景点网络中的直接可达性优势显著。

5. 凝聚子群分析

凝聚子群建立在成员之间某些特定关系的属性上,本文中,在公共交通出行方式下景点网络中局部区域产生较为紧密的可达联系并结合成一个局部网络,该网络则成为一个凝聚子群。凝聚子群可反映景点节点在局部景点网络中的地位及作用,反映其在景点连续旅游及联动发展中的重要角色,间接体现其较高的间接可达性。整体网络中的局部团体聚合情况是否显著,可以利用 E-I 指数来衡量,其计算公式如下

$$\text{Index}(E-I) = (EI - IL)/(EI + IL) \quad (4)$$

式中: EL 表示子群之间关系的数量; IL 表示子群体内部关系的数量,E-I 指数的取值范围为 $[-1, 1]$ 。该值越接近 -1 ,表明子群体之间的关系越少,关系越趋向于发生在群体之内,意味着派系林立的程度越小^[30]。

三、实证分析

(一) 景点空间分异特征

从景点的公共交通可达性网络角度来看,西安市景点网络在“公交+骑行”出行方式下网络密度仅为 0.106,网络密度较低,说明景点间的交通联系及流动还处于可提升阶段,这与西安市地域较广、景点分散的现实特征相关。加入地铁后景点间的公共交通耗费时间下降,“地铁+公交+骑行”出行方式下的景点网络密度增至 0.159,景点间可达性有效提升,各景点之间的有效连接与互动增加,很

多景点间可在 1 小时内互通,提高了景点间联动发展的可能,也提高了游客景点旅游的连续性体验,但整体网络密度数值仍不高,说明地铁对于整体的景点网络间的可达性提升效果有限,由于地铁建设主要集中于主城区,而景点广泛分布于主城区及周边地区,这一结果符合现实情况,即地铁带来明显的促进效果应主要针对主城区及周边地区的地铁沿线景点,具体影响情况在下文度中心性等指标中进行进一步分析。

(二) 景点可达性网络模型分析

在“公交+骑行”和“地铁+公交+骑行”两种出行模式下,以 1 小时为时限确定景点间的可达关系,为更直观显示轨道交通对景点空间关系的作用,运用 ArcGIS 进行景点网络的可视化。

1. 度中心性分析

依据公式(1)计算两种出行方式下景点网络中各节点景区的度中心性。整体而言,各景点度中心性呈现不同程度的上升趋势,景点间的空间联系不断增强,限于篇幅无法在文中图表展示全部计算结果,仅选择 24 个 4A 及 5A 级景区进行结果的可视化展示(图 2)。

由计算结果可知,4A 及 5A 级景区始终比低等级景点的度中心性高,“公交+骑行”出行方式下,高等级景点平均度值为 8,低等级景点的平均度值为 7,随着地铁的加入,高等级景点平均度值提升至 12,低级别景点平均度值提升至 10,即地铁的加入对于 4A 及 5A 级景区的度值提升效果更显著。

由分析可知,目前度中心性排名前 10 的景点中 8 个属于主城区内的碑林区和雁塔区,其中 6 个为 4A 或 5A 级景区。西安城墙·碑林历史文化景区等高度中心性的景点与其他景点直接相连的可达关系更多,在空间地理位置分布上体现出较强的空间聚集性,多集中于城市中心区域。在游客出游的现实需求中,由于这类景点在 1 小时内可从其他多个景点到达,在景点连续性旅游及多景点连续联动发展中具有较高的直接吸引力及影响力,其在景点网络中的直接可达性较高。相反,西安市黑河旅游

景区、周至水街沙河景区和陕西太平国家森林公园等景点,由于地理位置处于城市边缘的偏远地区周至县、鄠邑区等地区,1 小时内无法通过公共交通的方式到达其他景点,在出游选择中,限于时间及精力,这类景点只能依靠自身吸引力,往往作为游客单独选择的游览目的地,景点网络中的直接可达性较低。

从轨道交通的影响来看,由于地铁多建设在主城区及主城区外围的较偏远地区,对于极偏远的村庄及山区地带尚未涉及,地铁的加入对于度中心性为 3 以下的极偏远景点的度中心性提升难起作用。从提升效果来看,地铁对景区节点度中心性提升主要是在主城区及较偏远地区的地铁线路附近,较偏远地区的优化效果主要集中体现是地铁 2 号线南段的长安区杜甫纪念馆、杨虎城将军陵园和西安常宁宫休闲山庄等,3 号线北段的西安世博园、西安桃花潭景区以及 9 号线东北段的西安半坡博物馆和灞桥生态湿地公园等景点。其中 9 号线沿线的灞桥生态湿地公园度中心性由 5 提升至 25,3 号线北段的西安世博园度中心性由 4 提升至 18,优化效果极为显著。在地铁的建设与发展下,度中心性提升显著的景点将更容易从其他景点快速到达,其直接可达性较高,较易成为二次出游选择,也具有极大优势直接带动与其快速相连景点的发展。

2. 居中中心性分析

依据公式(2)(3)计算两种出行方式下景点网络中各节点景区的居中中心性。居中中心性不同于度中心性,其变化没有体现普遍提升的效果,变化情况较复杂,呈现有升有降的特点,更能体现景点节点在局部景点网络中的地位。由于篇幅的限制,本文仅展示轨道交通建设前后居中中心性变化绝对值大于 1 的景点以及变化小于 1 但节点居中中心性值始终大于 3 的景点,如图 3 所示。

整个景点网络中,居中中心性始终较大的景点节点分布在城市南部较偏远的长安区以及城市中心的灞桥区,如西安秦岭野生动物园、西安常宁宫休闲山庄和西安半坡博物馆等,轨道交通开设前后的居中中心性值均高达 8 以上。反映在现实中,这

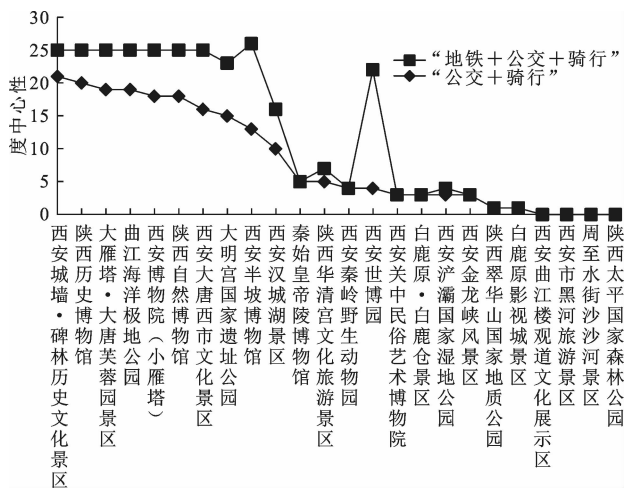


图2 西安市4A及5A级景区度中心性

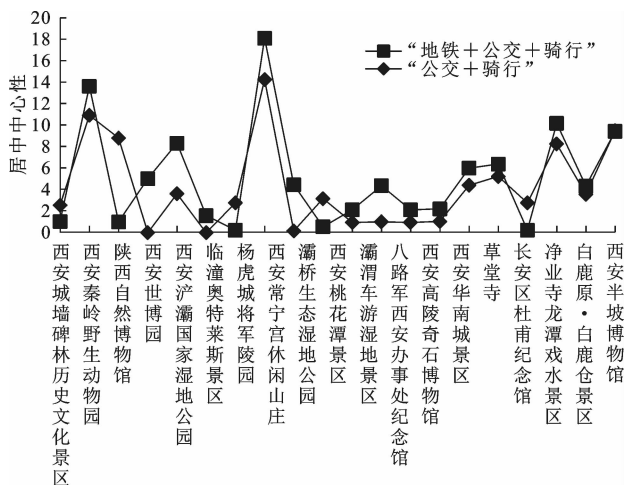


图3 A级及以上景点居中心中心性

类景点其度中心性不一定最高,即直接吸引力不一定最高,所处的空间地理位置也不一定是城市最中心最便利的,但却成为连接周围其他景点的控制中心点,在局部景点网络中承担重要的角色。其高的居中中心性值往往与其周围景点资源的密集程度以及与周围景点之间联系的便利程度息息相关,在多目的地景点旅游选择中,能够起到承上启下的连接作用,因此其间接吸引力反而更大一些,在局部景点网络发展与多景点联动发展中占据重要地位。

随着轨道交通的开设,网络中各景点节点的居中中心性有提高和降低两种变化趋势,其在网络中的地位与角色也发生了变化。其中,节点居中心性较大幅度提高的景点集中在城市北部地铁3号线的北端,南部地铁2号线的南端,以及城市市中心地

铁1、2、4号线的中段。反映在现实中,这类景点受地铁的正面影响较大,在局部景点网络中的控制及连接作用逐渐显化。例如,受地铁2、4号线的影响,南部较偏远的西安常宁宫休闲山庄与城市南部及中部地区的杨虎城将军陵园、西安大唐西市文化景区及陕西历史博物馆等多个景点直接相连,成为连接南部偏远地区景点及城市南部区域景点的关键节点,其间接吸引力显著提升。相反,轨道交通的开设也使得部分景点的居中中心性降低,较为显著的是陕西自然博物馆。轨道交通开设前,陕西自然博物馆是连接南部地区及市中心地区景点的重要桥梁,但随着地铁的建设与开通,杨虎城将军陵园、西安常宁宫休闲山庄、长安区杜甫纪念馆等景点居中心性均有效提升,一定程度上削弱了陕西自然博物馆的控制及协调作用,这一改变对于景点资源有效分配及组合联动发展具有重要价值。

3. 核心-边缘结构分析

轨道交通加入前后,西安市景点网络始终体现出比较明显的核心-边缘分区结构特点。“公交+骑行”出行模式下,景点核心区网络密度为0.875,边缘区网络密度为0.052;“地铁+公交+骑行”出行模式下,景点核心区网络密度下降至0.495,边缘区网络密度提高至0.057;总体来看,随着地铁的加入,景点网络间的空间流动关系显著调整,景点网络的核心-边缘分区结构呈现逐渐弱化的趋势。

“公交+骑行”出行模式下,景点网络中核心景点区共有17个,在空间地理位置上集中在雁塔区、碑林区、莲湖区等城市中心区域。地铁加入后,“地铁+公交+骑行”出行模式下,核心景点区增加至37个,空间地理位置上也呈现出不同的分布特点,核心区开始向市中心外围的较偏远地区延伸,未央区、长安区和临潼区的多个景点升级为核心区。核心区的变化呈现出明显的地铁线路导向,地铁沿线的景点由于获得较好的交通区位优势,其可达性显著提升,在景点网络中与其他景点间的可达关系显著增强,直接可达性显著提升,地铁沿线逐渐形成新的景点网络的“旅游走廊”。空间地理分布上也

从城市中心逐渐向边缘较偏远的地区延伸,尤其是 1 号线、6 号线西端及 9 号线。例如 9 号线沿线较偏远的 5A 级景区秦始皇帝陵博物院和陕西华清宫文化旅游景区,作为西安市历史韵味浓厚的标志性景点,其在景点网络的直接可达性受地铁的优化效果显著,由边缘区跃升至核心区。

4. 凝聚子群分析

核心-边缘分区结构从整体景点网络入手分析景点节点在网络中的地位,但对景点与景点之间的关系以及景点在局部景点网络中的角色并未探明。下文采用 ucinet6 软件分析了在“公交+骑行”和“地铁+公交+骑行”两种出行模式下西安市 A 级及以上景点网络的凝聚子群,见表 2。由于景点数量较多,下文重点分析和展示西安市 4A 及 5A 级景区网络的凝聚子群及其变化情况。

由表 2 可知,“公交+骑行”出行方式下,4A 及 5A 级景区组成的 1 小时可达时限下的景点可达网络中,仅有 3 组凝聚子群。凝聚子群的 E-I 指数为 -0.91,该值为负数且接近 -1.00,说明各子群体网络之间的关系较少,关系更趋向于发生在子群体内部,各子群体之间的景点紧密度较低,联系较为松散。其中,大雁塔·大唐芙蓉园景区、西安城墙·碑林历史文化景区、曲江海洋极地公园、西安半

坡博物馆和陕西历史博物馆 5 个景点共处于两组凝聚子群中,在局部景点网络中具有较高的衔接功能,间接可达性较高,地理位置上处于城市中心三环路及以内。这分别与城市中心区域的西安大唐西市文化景区等构成第 1 组凝聚子群,与城市西部较偏远地区的白鹿原·白鹿仓景区等构成第 2 组凝聚子群。这两种合作模式都体现出城市中心局部景点网络的紧密合作性及较高的可通达和可流动性。第 3 组凝聚子群是城市南部较偏远地区景点抱团发展形成的凝聚子群,体现出偏远局部地区景点紧密联合的特征。

地铁加入之后,在“地铁+公交+骑行”出行方式下,4A 及 5A 级景区的凝聚子群总数由 3 个增加至 5 个,凝聚子群的 E-I 指数提高至 -0.87,景点间的紧密度与关联关系逐渐提升,景点网络中的局部子群体网络关系增多。具体分析来看,由于游客通过地铁能显著减少跨越城市市中心时交通拥堵导致的时间耗费,城市中心景点与周边较偏远地区景点之间的可达壁垒被打破,原先的 3 个空间地理位置划分明显的凝聚子群发生变化和显著调整。地铁 9 号线和地铁 3 号线促使城市西北部较偏远的陕西华清宫文化旅游景区和城市北部较偏远的西安浐灞国家湿地公园分别加入城市中心处景点组成

表 2 景点可达网络凝聚子群

出行模式	序号	凝聚子群
“公交+骑行”	1	大雁塔·大唐芙蓉园景区、西安城墙·碑林历史文化景区、曲江海洋极地公园、大明宫国家遗址公园、西安大唐西市文化景区、西安半坡博物馆、西安博物院(小雁塔)、陕西历史博物馆、陕西自然博物馆、西安汉城湖景区
	2	大雁塔·大唐芙蓉园景区、西安城墙·碑林历史文化景区、曲江海洋极地公园、西安半坡博物馆、白鹿原·白鹿仓景区、陕西历史博物馆、西安世博园
	3	陕西翠华山国家地质公园、西安秦岭野生动物园、西安关中民俗艺术博物院
“地铁+公交+骑行”	1	陕西华清宫文化旅游景区、大雁塔·大唐芙蓉园景区、西安城墙·碑林历史文化景区、曲江海洋极地公园、大明宫国家遗址公园、西安大唐西市文化景区、西安半坡博物馆、白鹿原·白鹿仓景区、西安博物院(小雁塔)、陕西历史博物馆、陕西自然博物馆、西安世博园
	2	大雁塔·大唐芙蓉园景区、西安城墙·碑林历史文化景区、曲江海洋极地公园、大明宫国家遗址公园、西安大唐西市文化景区、西安半坡博物馆、西安博物院(小雁塔)、陕西历史博物馆、陕西自然博物馆、西安世博园、西安浐灞国家湿地公园
	3	大雁塔·大唐芙蓉园景区、西安城墙·碑林历史文化景区、曲江海洋极地公园、大明宫国家遗址公园、西安大唐西市文化景区、西安半坡博物馆、西安博物院(小雁塔)、陕西历史博物馆、陕西自然博物馆、西安世博园、西安汉城湖景区
	4	秦始皇帝陵博物院、陕西华清宫文化旅游景区、西安半坡博物馆
	5	陕西翠华山国家地质公园、西安秦岭野生动物园、西安关中民俗艺术博物院

的凝聚子群,有效促进了中西部及中北部景点间的联动。此外,在地铁1号线和地铁9号线影响下,新增了城市西北偏远地区的秦始皇帝陵博物院、陕西华清宫文化旅游景区和西安半坡博物馆组成的凝聚子群,局部景点网络逐渐多元化。总之,伴随着地铁的开通,凝聚子群中的景点总数不断增多,覆盖面积不断扩大,已由最初的城市三环及以内的城市中心及城市南部局部景点延伸至城市北部及西北部偏远地区,其中包括5A级景区秦始皇帝陵博物院和陕西华清宫文化旅游景区等较偏远的高等级景区在内,形成偏远地区景点局部网络联动发展的特点,同时整体景点网络在空间上也呈现逐渐紧密化的特点。

四、结论与启示

(一) 结论

本文运用社会网络分析法对西安市A级及以上景点的交通可达性及在整体和局部网络中的地位和角色进行分析,探讨轨道交通加入前后,即“公交+骑行”“地铁+公交+骑行”两种低碳出行模式下景点网络及各节点的各项网络指标变化情况。本文研究得出以下几点主要结论。

(1)从景点可达网络的整体结构特征看,地铁加入后,景点可达网络密度从0.106增至0.159,各景点之间的有效连接与互动增加,许多景点间可在1小时内互通,提高了景点间联动发展的可能,但整体网络密度提高幅度不大且仍处于较低水平,这与西安市景点资源空间分布较分散的现实情况有关。由于地铁规划和建设集中在城市主城区及邻近区域,在此景点及资源条件下,地铁的开通对于整体景点可达网络的密度改善有限,其作用更多体现在局部网络及单个景点节点上。

(2)从直接可达性看,本文根据度中心性和核心-边缘结构两个指标探究景点节点在整体景点网络中的地位和角色。“公交+骑行”出行方式下,城市中心区域的景点度中心性较高且多为核心区,

例如西安城墙·碑林历史文化景区等;周至县、鄠邑区等偏远地区的景点度中心性较差且多为边缘区,例如西安市黑河旅游景区、周至水街沙河景区等,度中心性较高的景点与核心区分布较为一致。地铁加入后,景点核心区网络密度下降,边缘区网络密度提高,核心景点区显著增加了20个,景点网络的核心-边缘分区结构呈现逐渐弱化的趋势,地铁沿线逐渐形成新的景点网络“旅游走廊”。度中心性显著提升的景点和新增的核心区集中在主城区及周边偏远地区的地铁线路沿线,其中,偏远地区南部2号线、北部3号线景点的度中心性提升最为显著;西部1号线、6号线,南部2号线沿线的景点核心区增加最多,9号线沿线的景点度中心性提升及核心区转化均较为显著。

(3)从间接可达性看,本文根据居中中心性和凝聚子群两个指标探究景点节点在局部景点网络中的地位、角色。在居中中心性上,地铁加入前后,城市中心灞桥区的西安半坡博物馆、城市南部较偏远长安区的西安秦岭野生动物园等景点的居中中心性始终较大且高达8以上,均分别参与到城市中部及偏远地区的凝聚子群中。这类景点往往是连接周围其他景点的控制中心点,在局部景点网络中承担重要的角色,在多目的地景点旅游选择中,能够起到承上启下的重要作用,具有极高的间接吸引力。地铁加入后,陕西自然博物馆等景点的居中中心性有所下滑,但较偏远的西安浐灞国家湿地公园等景点居中中心性却显著提高。对应到凝聚子群变化上看,居中中心性提升的景点加入到已有的凝聚子群或者重新形成新的凝聚子群,4A及5A级景区构成的凝聚子群个数从3个增加至5个,凝聚子群E-I指数也由-0.91提升至-0.87,景点间的紧密度逐渐提升,局部子群体的网络关系增多,凝聚子群数量增加,且各凝聚子群之间的景点联系更加密切。从空间地理上看,地铁的加入有效衔接了中西部及中北部偏远景点间的联动,局部景点网络逐渐多元化,覆盖面积不断扩大,已由最初城市三环及以内的城市中心、南部局部景点延伸至城市北部、西北部偏远地区,包括秦始皇帝陵博物院等高

等级景区,地铁对于局部景点网络中的景点资源有效分配、组合发展具有有效调整作用。

(二) 启示

由上文分析可知,地铁对景点网络整体结构特征、景点直接可达性和间接可达性均有提升,总体作用范围主要集中在主城区及周边偏远地区的地铁沿线区域,但各景点的直接可达性、间接可达性及其变化各有侧重,以下通过指标的不同特性提出提高景点可达性和促进交旅融合发展的对策建议。

(1)交通角度。根据本文对景点直接可达性的定义及分析,分别从度中心性和核心-边缘结构两个指标提出对策建议。随着轨道交通的建设,度中心性显著提高的这类可快速到达的景点数量显著增多,在多景点连续旅游中,这类景点在地铁建设下具有足够的优势快速连接。为了提高景点连续旅游的便捷度,带动更多景点的可达性提升,在交通方面应重点提升西安市几大公共交通枢纽站到达此类景点的公共交通便捷度,增加此类景点附近的交通用地,突出其公共交通高可达性优势。核心-边缘结构分析下,边缘区景点的可达性较难因为到地铁的建设而提升,为提高此类景点的可达性,应借助客运枢纽站及客运集散中心,转向通过开通旅游直通车等形式提高边缘景点的可达性;后续旅游集散中心的规划建设在土地利用的安排上应集中考虑此类景点的连接。

(2)旅游角度。根据本文对景点间接可达性的定义及分析可知,在景点可达网络中,随着轨道交通的建设,居中中心性有效提升的景点在景点局部网络中的衔接功能和重要角色愈发重要,往往成为连接多个景点的中心景点。凝聚子群数量不断增多,周边偏远地区形成新的凝聚子群,与主城区凝聚子群的联系更加紧密。为了充分发挥这类景点的作用,建议在公共交通枢纽及旅游集散中心的旅游线路设置上,重点考虑多景点联动抱团发展,将同个凝聚子群的景点打造为一个高效特色的旅游线路,建设官方的高效及特色旅游产品,利用居中中心性高的景点区域辐射带动能力,带动其他景点

发展,提高多景点旅游的连续性。

(3)交旅融合角度。随着地铁的加入,景点网络可达性的相关指标均得到有效提升,相关部门应以此为契机,从宣传及服务两个角度助力当地交通及旅游的深度融合,协调交通用地与旅游用地。例如,在旅游景点官方网站、进出口等处强调及宣传公共交通的高可达性,完善景点处旅游与公共交通的衔接功能;在公共交通站点、线路上宣传沿线景点的高可达性,提升站点与景点间的接驳功能,增强旅游用地与交通用地的融合性,互相提供双领域协作与发展的深度融合服务、共同发展。

五、结语

本文通过 ArcGIS 将公交网、公路网和轨道交通网结合,较为贴合实际地反映了景点间交通联系的可达时间距离,以此为基础运用 ucinet 6 构建 1 小时时限下的景点可达网络,通过网络密度、度中心性、居中中心性、核心-边缘结构和凝聚子群指标,从整体景点网络、景点直接可达性、景点间接可达性 3 方面探究低碳出行方式下轨道交通建设对景点可达性的影响,在交旅融合发展背景下,从交通、旅游和交旅融合 3 个角度提出针对性的对策建议,具有一定实际意义及学术价值,不足之处是未考量影响景区综合可达性的其他经济属性,这将是作者下一步拟研究和分析的重点,未来会充分结合多源数据,综合分析影响景区可达性的各类因素及属性,提出更有针对性的综合性发展建议。

参考文献:

- [1] 王兆峰. 基于交通通达性的城市群旅游流时空演化特征分析[J]. 长安大学学报(社会科学版), 2019, 21(2): 18-29.
- [2] 王洪桥, 袁家冬, 孟祥君. 东北地区 A 级旅游景区空间分布特征及影响因素[J]. 地理科学, 2017, 37(6): 895-903.
- [3] 唐承财, 孙孟瑶, 万紫薇. 京津冀城市群高等级景区分布特征及影响因素[J]. 经济地理, 2019, 39(10):

- 204-213.
- [4] 邓纯纯,吴晋峰,吴珊珊,等. 中国 A 级景区等级结构和空间分布特征[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2020,48(1):70-79.
 - [5] 胡炜霞,梁晓涛,桑子俞. 山西省 3A 及以上旅游景区时空演化特征及原因分析[J]. 干旱区资源与环境,2020,34(12):187-194.
 - [6] 毛小岗,宋金平,于伟. 北京市 A 级旅游景区空间结构及其演化[J]. 经济地理,2011,31(8):1381-1386.
 - [7] 朱磊,胡静,周葆华,等. 区域旅游景点空间分布格局及可达性评价——以皖南国际文化旅游示范区为例[J]. 经济地理,2018,38(7):190-198,216.
 - [8] 谢敏慧,石惠春,赵鹏霞,等. 基于路网交通的旅游景点可达性研究——以西北五省为例[J]. 现代城市研究,2020(3):81-87.
 - [9] 高玉祥,韩峰. 基于路网变迁的甘肃省景点可达性研究[J]. 测绘工程,2019,28(6):53-57.
 - [10] 李康康,戢晓峰. 景区综合交通可达性测度及其优化对策[J]. 长江流域资源与环境,2020,29(3):668-677.
 - [11] 孙建伟,田野,崔家兴,等. 湖北省旅游空间结构识别与可达性测度[J]. 经济地理,2017,37(4):208-217.
 - [12] 熊慧锦,沈钦炜,魏凌伟,等. 基于网络分析的南昌市公园绿地可达性[J]. 中国城市林业,2021,19(1):89-94.
 - [13] 申悦,李亮. 年龄分层视角下医疗设施可达性对居民就医行为的影响——以上海市崇明岛为例[J]. 人文地理,2021,36(2):46-54.
 - [14] 付益帆,杨凡,包志毅. 基于空间句法和 LBS 大数据的杭州市综合公园可达性研究[J]. 风景园林,2021,28(2):69-75.
 - [15] JIN C,XU J,LU Y,et al. The impact of Chinese Shanghai-Nanjing high-speed rail on regional accessibility[J]. Geografisk Tidsskrift, 2013,113(2):133-145.
 - [16] 龙立美,赵航,黄红良,等. 基于路网结构的贵阳市旅游景点可达性分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2020,45(8):67-76.
 - [17] 郑智成,张丽君,秦耀辰,等. 基于多模式交通网络的开封市公园景点可达性[J]. 地域研究与开发,2019,38(4):60-67.
 - [18] 徐英睿,刘静怡. 基于 GIS 的吉林省旅游景点可达性分析[J]. 长春师范大学学报,2021,40(8):95-99.
 - [19] 景壮壮,韩景,刘万波,等. 山西省 A 级景区空间分布特征及可达性研究[J]. 资源开发与市场,2021,37(2):200-207.
 - [20] 王宇环,靳诚,安鸿波,等. 基于低碳出行方式的南京市本地居民景点可达性研究[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(11):2443-2452.
 - [21] 李潜,唐波,彭永超. 珠三角城市群 4A 级及以上旅游景点空间特征和可达性测度[J]. 地理信息世界,2020,27(1):78-83.
 - [22] 张梦,孙浩捷,董煜,等. 乌鲁木齐市旅游景点可达性及网络特征研究[J]. 资源开发与市场,2018,34(3):427-432.
 - [23] 林文辉,毛峰,何虹,等. 杭州市景点旅游流空间网络分析[J]. 浙江大学学报(理学版),2016,43(4):458-464,491.
 - [24] 王圣云,宋雅宁,温湖炜,等. 双向联系视域下长江经济带城市群网络结构——基于时间距离和社会网络分析方法[J]. 经济地理,2019,39(2):73-81.
 - [25] 孔令章,李晓东,白洋,等. 长距离高铁对沿线城市旅游经济联系的空间影响及角色分析——以兰新高铁为例[J]. 干旱区地理,2019,42(3):681-688.
 - [26] 裴玉龙,潘恒彦,郭明鹏,等. 轨道交通对城市公共交通网络可达性的影响——以哈尔滨市为例[J]. 公路交通科技,2020,37(6):104-111.
 - [27] 刘军. 整体网分析讲义:UCINET 软件实用指南[M]. 上海:上海人民出版社,2009.
 - [28] 孙娜,张梅青. 基于高铁流的中国城市网络结构特征演变研究[J]. 地理科学进展,2020,39(5):727-737.
 - [29] 邓亚娟,杨云峰,马荣国. 基于复杂网络理论的公路网结构特征[J]. 中国公路学报,2010,23(1):98-104.
 - [30] 沈丽珍,汪侠,甄峰. 社会网络分析视角下城市流动空间网络的特征[J]. 城市问题,2017(3):28-34.

(责任编辑:杨南熙)