

基于多源数据的义乌市绿道网络构建方法研究

Research on the Construction of Greenway Network in Yiwu City Based on Multisource Data

陈子璇 陈楚文*
CHEN Zixuan CHEN Chuwen*

(浙江农林大学风景园林与建筑学院, 杭州 311302)
(School of Landscape Architecture and Architecture, Zhejiang A&F University, Hangzhou, Zhejiang, China, 311302)

文章编号: 1000-0283(2024)04-0095-09
DOI: 10.12193/j.laing.2024.04.0095.012
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2023-09-26
修回日期: 2024-01-16

摘要

传统的绿道网络构建方法大多是以绿道的适宜性分析为规划基础, 存在一定的主观性。为更好地满足绿道使用的实际需求, 提高绿道的使用率, 以义乌市为例, 首先基于多源数据选取自然生态、生活需求和绿道特征三方面因素构建绿道网络适宜性指标体系, 其次通过成本连通性工具初步构建基于适宜性评价的绿道网络线路, 接着引入两步路游憩轨迹数据进行热点检测及人工矫正绿道网络线路, 同时将轨迹数据识别出的停留点进行网络分析, 最终得到更具科学性的省级、市级、社区级三级绿道网络分级布局和驿站规划, 满足了居民游憩和通勤需求。研究旨在通过多源数据量化分析构建城市绿道网络, 以期对相关规划提供指导。

关键词

绿道网络; 多源数据; 适宜性指标体系; 游憩轨迹热点检测; 义乌市

Abstract

The traditional method of constructing greenway networks is mainly based on the suitability analysis of greenways, which has a certain degree of subjectivity. To better meet the actual needs of greenway use and improve the utilization rate of greenways, taking Yiwu as an example, firstly, based on multi-source data, natural ecology, living needs, and greenway characteristics are selected to construct a suitability index system for the greenway network. Secondly, a preliminary greenway network route based on suitability evaluation is constructed using cost connectivity tools. Next, the two-step recreational trajectory data is introduced for hotspot detection and manual correction of greenway network routes. At the same time, the identified stopping points from the trajectory data are analyzed through network analysis, resulting in a more scientific three-level greenway network layout and station planning at the provincial, municipal, and community levels, meeting residents' recreational and commuting needs. The research aims to construct an urban greenway network through quantitative analysis of multi-source data to provide guidance for relevant planning.

Keywords

greenway network; multi-source data; suitability index system; recreation trajectory hotspot detection; Yiwu City

陈子璇

1998年生/女/浙江义乌人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林规划设计

陈楚文

1972年生/男/浙江义乌人/硕士/教授/研究方向为风景园林规划设计

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: ccwen@zafu.edu.cn

随着城市化的发展, 绿道出行逐渐成为人们践行低碳生活的首选方式, 绿道网络作为一种多尺度、多用途的绿色基础设施, 对改善人们生活水平具有重要的意义^[1]。过去, 由于数据缺失或难以获取, 城市绿道网络构建通常采用基础调查作为依据。如今, 在大数据时代的浪潮之下, 大规模高精度的个体GPS轨迹数据及服务设施位置数据

等多源数据开始应用于城市绿道网络规划, 并成为绿道选线研究的重要基础。如李方正等^[2]将公交刷卡数据与人口出行分布规律进行耦合, 再结合评价指标体系, 进而最终确定绿道网络规划线路; 梁军辉等^[3]利用GIS网络分析并结合多源数据指导城市通勤绿道选线; 陈希希等^[4]通过共享单车大数据从空间潜力和社会行为两个方面分析绿道的空间

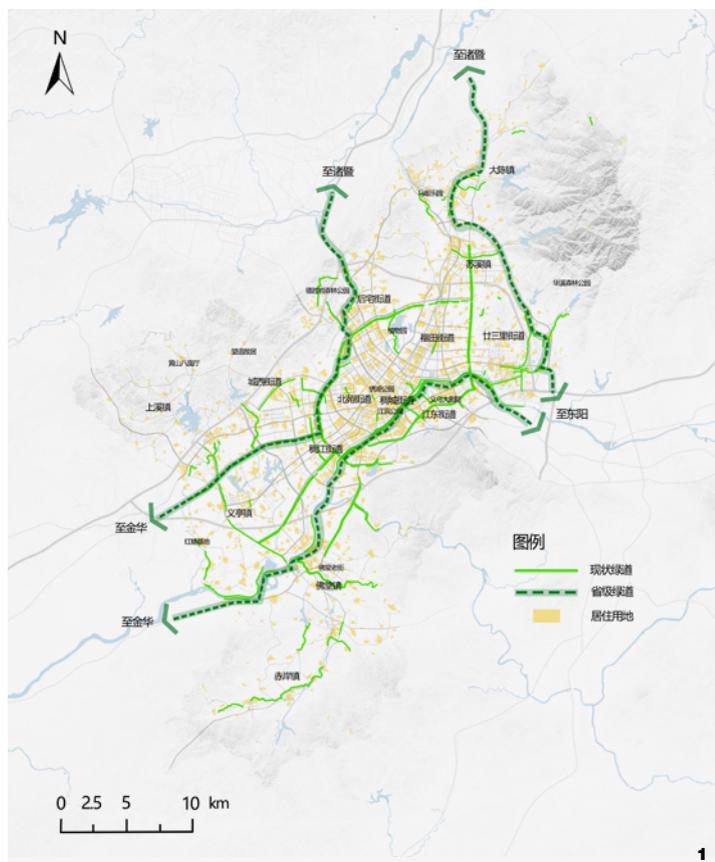


图1 研究区现状绿道分布
Fig. 1 Current greenway distribution in the study area

利用要求，最终构建了复杂城市建成区中基于实际使用需求的城市型自行车绿道选线方法；戴菲等^[5]基于城市POI点数据表征绿道建设的需求强度，并结合视觉敏感度评价将城市道路划分为4种类型指导绿道选线；叶宇等^[6]基于深度学习支持下的人本尺度5D理论，利用多源数据为绿道选线和断面设计提供精准支持。以上研究都尝试用多源数据在中心城区范围表征绿道使用者出行的真实需求，但在更大尺度的市域范围融合多源数据指导绿道网络构建的研究却并不多见^[7]。

由于人们对生活品质要求的提高，促进了当前的绿道规划方法和技术体系的升级发展。绿道也不再局限于对绿地的串联和生态功能的发挥，而是必须尽量兼顾绿道建设适宜度、交通可达性、连接节点吸引力及使用需求强度等多种要素，这对绿道网络选线规划提出了一定的考验^[8]。因此，如何在有限、破碎且不平衡的空间资源架构下，利用多源数据构建高利用率的城市绿道网络显得尤为重要。文章以义乌市为研究对象，先通过多源数据建立适宜性指标体系定量分析大尺

度绿道网络的选线适宜性，再结合两步路游憩轨迹数据进一步优化绿道线路及指导驿站布局，以达到绿道网络的科学构建。

1 研究区域与数据来源

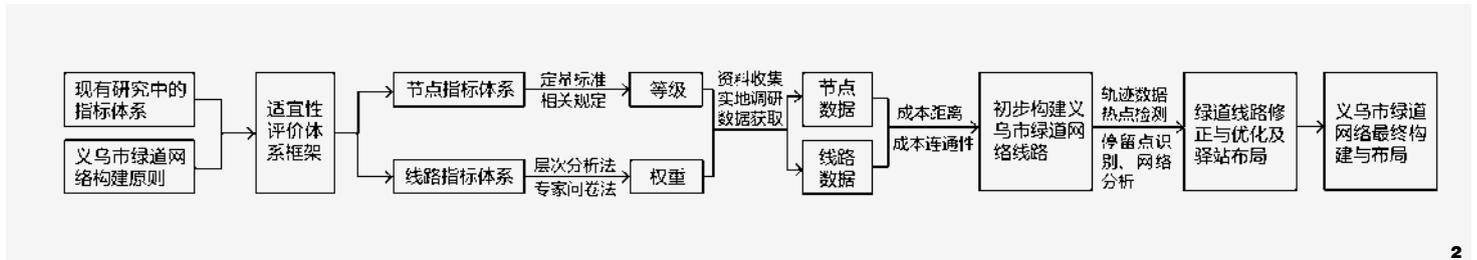
1.1 研究区概况

本研究选定研究区为义乌市市域范围，共1 105 km²。义乌市地处金衢盆地东部，三面群山环抱，历史底蕴深厚，是典型的山水城市，并以世界小商品之都闻名。但由于义乌城市化建设快速发展，导致用地紧张，绿色空间缩小，因此人民群众对城市的生态环境有了更高的需求和期盼。近几年，义乌市政府为更好地保护自然生态环境，持续推进创建国家生态园林城市，开展公园体系、城郊森林公园、滨水公园、市区绿道网和绿廊的建设工作。

目前义乌市除了三条已全线贯通的省级绿道之外，其他绿道建设大多破碎且集中在周边城郊区域（图1），中心城区绿道缺失较为严重，且大多数只作为滨水绿道分布于水系周边，整体绿道建设空间分布不均，尚未形成网络系统；绿道建设远离居民生活，社区绿道较少。因此，基于义乌市现状绿道的问题，利用多源数据对绿道进行更科学的选线有利于绿道形成网络系统并更好地为居民服务。

1.2 数据来源及处理

本研究的数据包括：（1）义乌市DEM数据、2021年30 m精度NDVI数据及土地利用现状数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台。（2）2023年POI数据来源于高德地图官网，经过抽样验证、去重以及坐标纠偏等处理，共计有效数据93 571条，具体包括义乌市各类基础设施的类别、位置等信息，如公交站点、学校等。（3）百度热力数据^[9]来源于百度官网，利用Python爬取义乌市2023年6月8日（工作日）和6月10日（休息日）07:00-21:00，共计25个时段、每30~60 min更新一次的百度热力图作为基础研究数据，并将所获得的数据进行地理配准和矢量化处理，对热力值按自然间断法进行分类。（4）大众点评景点排名数据来源于大众点评App，从中可直接获取义乌市2023年景点排名情况，共获得19个受欢迎度较高的游憩景点。（5）两步路轨迹数据^[10]来源于两步路官网，由于义乌市范围内的轨迹数据分布较完整，因此对义乌市线路使用热度研究具有一定参考价值。在两步路官网输入“义乌市”，并选取“步行”和“骑行”两种轨迹类别，用Python代码爬取义乌市2020-2022年的游憩轨迹数据，经过地理纠偏及去重，最后共获取7 624条“KML”格式的轨迹数据，具体数据处理



2

方法包括轨迹压缩、热点检测、停留点识别及网络分析^[10]。

2 研究方法

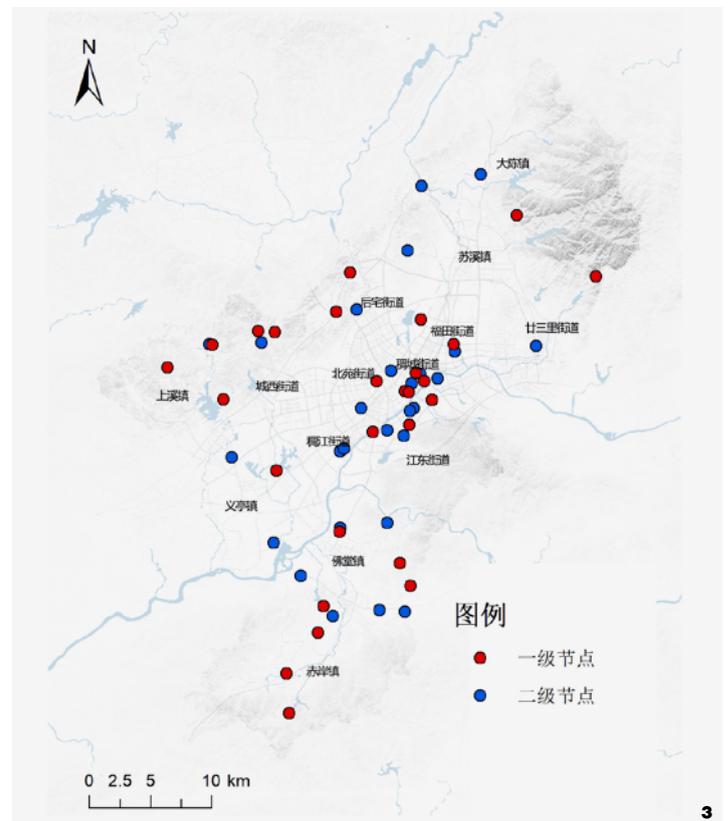
本研究先基于获取到的多源数据构建义乌市绿道网络适宜性指标体系(包括节点指标体系和线路指标体系),再运用成本距离和成本连通性距离工具得到初步构建的义乌市绿道网络潜力线路,接着将“两步路”游憩轨迹数据进行热点检测和网络分析进一步优化初步构建的绿道网络线路,最后再根据实地调研、上位规划等情况完善形成最终的义乌市绿道网络(图2)。

2.1 节点指标体系构建与等级评价

本研究先对义乌市域范围内的节点进行系统分类,将自然生态节点、休闲游憩节点、历史文化节点三个类型定为准测层^[11],并根据以往的相关研究,对指标层选择进行重新梳理,确定节点评级标准(表1)。历史文化节点方面,参考义乌市文旅局对重点文保单位的梳理成果,对全市重点文保单位等级进行分级评定;自然生态节点方面,利用绿地面积指标评价节点的生态功能;休闲游憩节点方面,参照大众点评网站数据,根据大众点评中景点的人气排行对休闲游憩节点的受欢迎程度进行定量评价。由于节点自身可能会具备多重属性,为了节点在分类中不被重复累计,因此在后续研究中同一节点只计算一次。

表1 绿道网络节点评级标准
Tab. 1 Greenway network node rating standards

类别 Category	指标层 Indicator layer	评价标准 Evaluation criterion
自然生态节点	一级节点	斑块面积>5 hm ²
	二级节点	1 hm ² <斑块面积≤5 hm ²
历史人文节点	一级节点	国家级重点文保单位
	二级节点	省级重点文保单位
休闲游憩节点	一级节点	位于大众点评中景点人气排行20名及以内
	二级节点	位于大众点评中景点人气排行20名以外



3

图2 绿道网络构建具体方法思路
Fig. 2 Specific methods and ideas for constructing greenway networks

图3 绿道网络节点分布
Fig. 3 Greenway network node distribution

根据表1的评价方法,分别评选出自然生态一级节点10个、二级节点7个;历史文化一级节点7个、二级节点12个;休闲游憩一级节点11个、二级节点8个。从图3中可知,一二级节点较为均匀地分布于义乌市全域,整体上看市中心的节点分布较为密集。

2.2 线路指标体系构建与权重评价

2.2.1 评价因子选取

本研究评价因子的选取参考既往有关绿道适宜性评价研究中的影

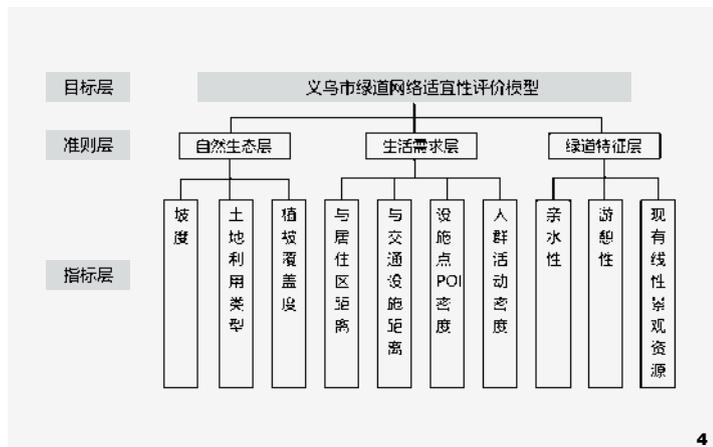


图4 绿道网络适宜性评价层次结构模型
Fig. 4 Hierarchical structure model for evaluating the suitability of greenway network

响因子^[12-14]并作总结改进后，将评价因子分为自然条件层、生活需求层和绿道特征层三大类别。自然环境主要指研究区域内的地形地貌、绿地等自然特征对绿道建设的影响；生活需求主要指人们对绿道出行使用的需求程度，将其作为评价因子可体现更多的人本精神；绿道特征总体涵盖绿道的选址、功能等特性，有利于体现绿道的独特价值。

通过德尔菲法进行风景园林、城乡规划相关行业的专家意见复选，经过反复统计比较，最终得到10个评价因子，并建立评价体系结构模型(图4)。而在具体指标方面，强调结合义乌市特性，得到义乌市绿道网络线路评级指标(表2)。

2.2.2 权重确定

评价体系中指标因子的权重值高低代表着评价结果的影响程度。因此本研究权重系数的确定选用专家打分法^[15]。向相关专家学者派发20份问卷，全部收回，收回率100%，同时根据问卷数据计算出各因子所占据的权重大小，为确保调查问卷结果的可靠性，并对判断矩阵进行一致性验证^[16]。本研究利用yaahp软件进行权重计算，同时对判断矩阵进行一致性检验，最终得出各评价因子的权重值(表3)。由此可见，对义乌市绿道网选线适宜性最具影响力的准则层因素为生活需求层，最弱因素为自然条件层。指标层元素中与交通设施距离(17%)最重要，其次为游憩性(15%)、与居住区距离(14%)，人群活动密度(10%)及亲水性(10%)重要程度相似。目前认为坡度(3%)是最不显著的影响因子，其次为现有线状景观资源(6%)、土地利用类型(8%)、设施点POI密度(8%)和植被覆盖度(9%)。

表2 绿道网络线路评级标准^[11]
Tab. 2 Greenway network route rating standards

准则层 Category	指标层 Indicator layer	评价标准 Evaluation criterion
自然条件层	坡度	优: 0~5°
		良: 6°~10°
		差: >10°
	土地利用类型	优: 道路、绿地 良: 文物古迹用地、农林用地 差: 建设用地(道路除外)
植被覆盖度	优: 绿化覆盖率≥60%	
	良: 30%≤绿化覆盖率<60% 差: <30%	
与居住区距离	优: 0~999 m	
	良: 1 000~3 750 m	
	差: >3 750 m	
与交通设施距离	优: 与公交站的距离≤300 m	
	良: 300 m<与公交站距离≤500 m	
	差: 与公交站距离>500 m	
生活需求层	设施点POI密度	优: 空间热度3级, 该区域服务辐射范围大, 适宜性高
		良: 空间热度2级, 该区域服务辐射范围较大, 适宜性较高
		差: 空间热度1级, 该区域服务辐射范围较小, 适宜性较低
人群活动密度	优: 热力图红色、黄色区域, 表示人群活动密度高	
	良: 热力图绿色、蓝色区域, 表示人群活动密度较高	
	差: 热力图紫色、灰色区域, 表示人群活动密度较低	
绿道特征层	亲水性	优: 与现有水系驳岸距离≤20 m
		良: 20 m<现有水系驳岸的距离≤50 m
		差: 现有水系驳岸的距离>50 m
游憩性	优: 与一级节点的距离≤400 m	
	良: 与一级节点的距离>400 m, 且与二级节点的距离≤400 m 差: 与一级节点的距离>400 m, 且与二级节点的距离>400 m	
现有线性景观资源	优: 与现有线性景观资源的距离≤200 m	
	良: 200 m<与现有线性景观资源的距离≤400 m	
	差: 与现有线性景观资源的距离>400 m	

2.3 轨迹数据热点检测与网络分析

为了使义乌市绿道网络构建更能贴合市民的使用需求，引入两步路游憩轨迹数据进行可视化分析。轨迹数据是以移动设备为载体，

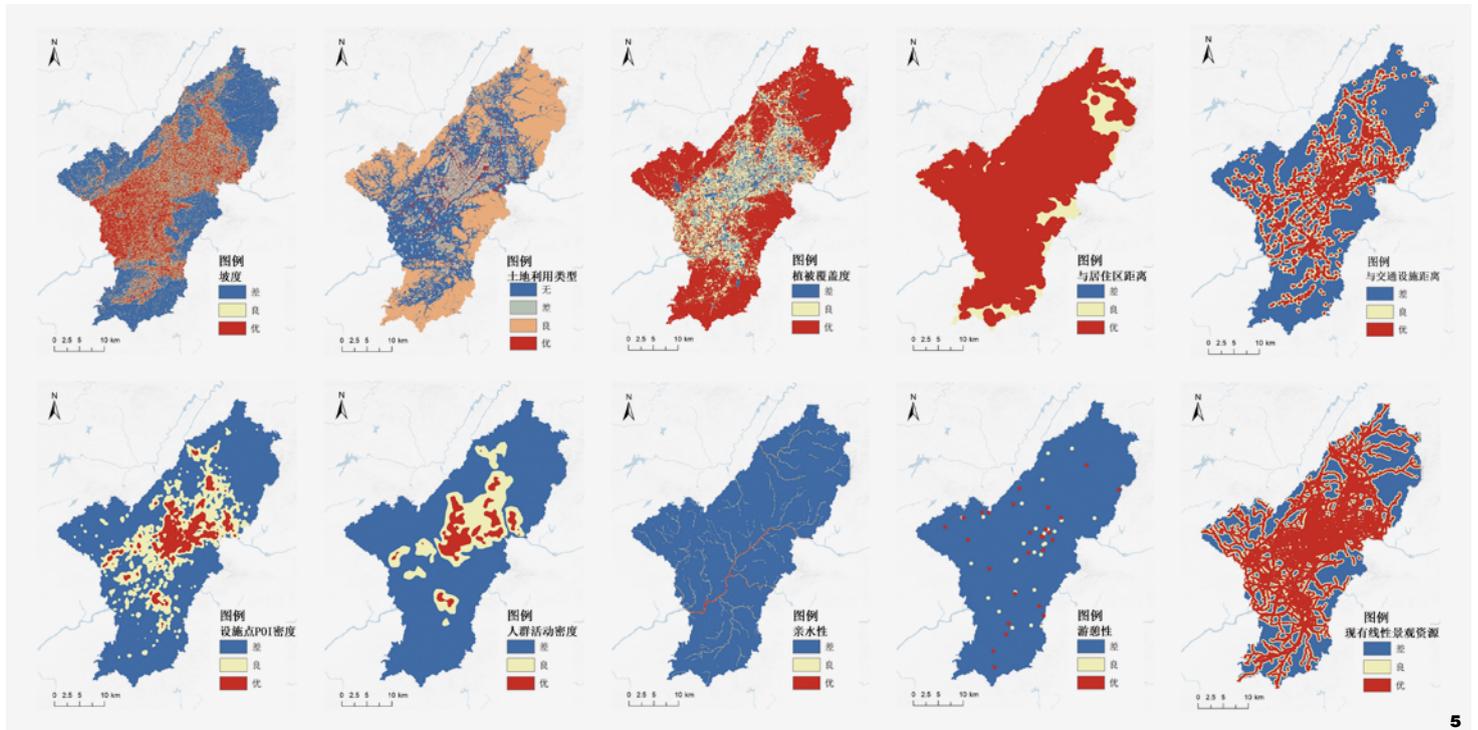


图5 适宜性评价各指标可视化表达
Fig. 5 The suitability evaluation indicators are visually expressed

表3 绿道网络线路评价指标体系及其权重
Tab. 3 Evaluation system and index weight of greenway network route

准则层 Category	准则层权重 Criteria layer weight	指标层 Indicator layer	指标层权重 Indicator layer weight	指标数据来源 Indicator description
自然条件层	0.1976	坡度	0.0336	DEM数据
		土地利用类型	0.0765	土地利用现状数据
		植被覆盖度	0.0875	NDVI数据
生活需求层	0.4905	与居住区距离	0.1410	POI数据、土地利用现状数据
		与交通设施距离	0.1676	POI数据
		设施点POI密度	0.0807	POI数据
		人群活动密度	0.1012	百度热力数据
绿道特征层	0.3119	亲水性	0.0973	遥感数据、土地利用现状数据
		游憩性	0.1530	大众点评数据、POI数据
		现有线性景观资源	0.0616	遥感数据、土地利用现状数据

借助GPS技术生成的数据，具有高精度、高时效性的特点，能够为用户提供实时且准确的地理位置信息，所以在游客时空分析研究方面也起到重要作用^[17]。有学者指出，特

定的空间行为在某种程度上具有一定的规律性和可预测性^[18]，因此本研究使用热点检测和网络分析法，通过分析轨迹数据的路径特征和停留点特征，得到人们的户外游憩习

惯，以此为构建义乌市绿道网络线路提供科学支持。

热点检测是指在时间和空间上对轨迹数据中的点和线元素进行密度分布的分析，主要包括以时空点或网格为单位的密度分布分析，以及以线和流为单位的密度分布及聚类分析^[19]。很多学者认为，游憩场所的空间分布可以体现出人们对游憩场所和设施的偏好^[20]。在研究方法中，点密度和核密度分析被应用得最多，其核心为对游憩轨迹点、停留点的集聚情况进行分析及对不同区域的游客喜爱程度进行评估，并识别出游憩兴趣区^[21]。

网络分析是指将市民游憩活动在线性轨迹上的空间叠加形成的网络，通过关系数据对其节点（游憩轨迹中的停留点）和整个网络（游憩路径的拓扑形式）进行定量分析，本研究主要将度中心性、中介中心性和

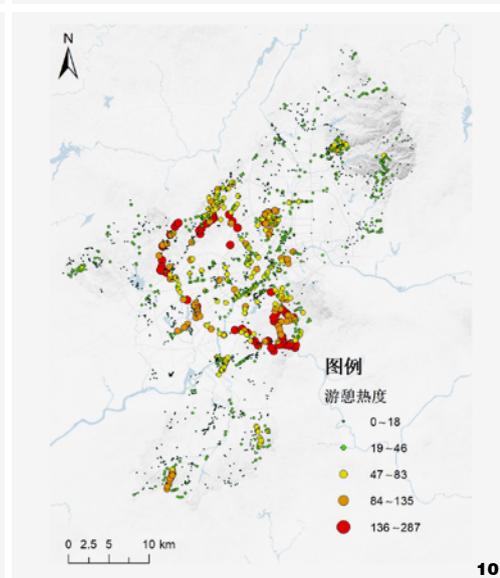
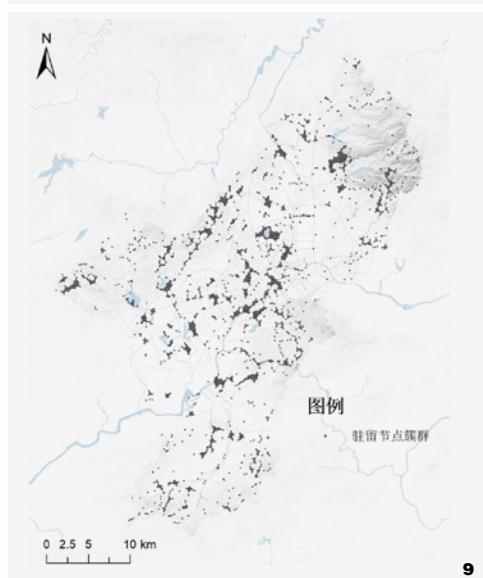
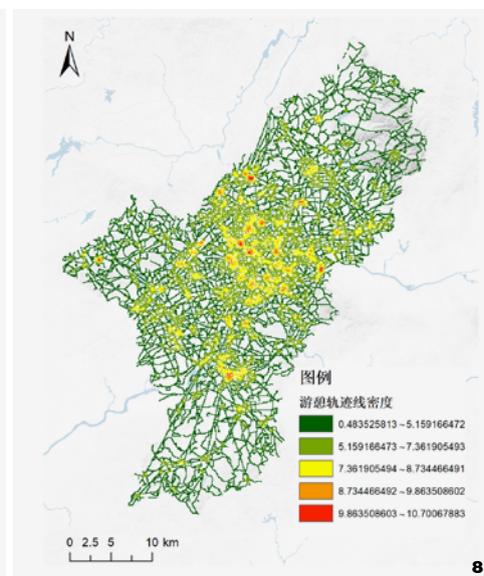
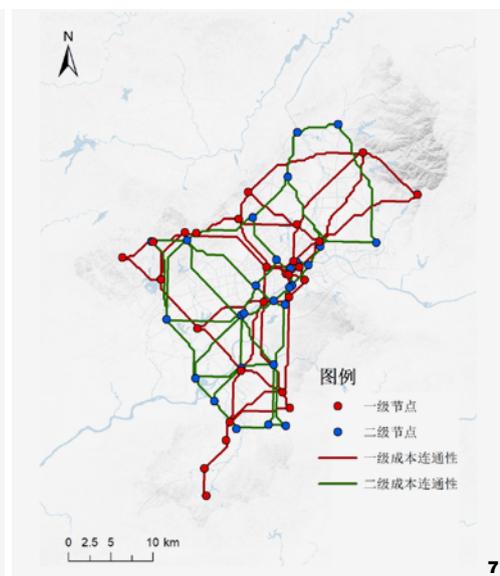
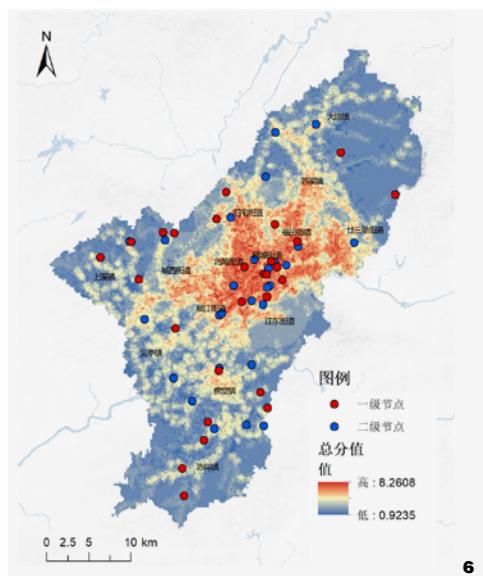


图6 适宜性评价叠加结果
Fig. 6 Suitability evaluation overlay results

图7 绿道网络成本连通性结果
Fig. 7 Greenway network cost connectivity results

图8 游憩轨迹线密度分析
Fig. 8 Analysis of linear density of recreational trajectories

图9 HDBSCAN聚类识别驻留节点
Fig. 9 HDBSCAN clustering recognition of resident nodes

图10 驻留节点游憩热度
Fig. 10 Leisure heat of resident nodes

接近中心性作为统计量进行停留点分析。驻留节点的度中心性指标大小既表示了驻留节点在网络中的位置，也表示了与其他节点之间的连通性。中介中心性是指在游憩网络中的节点与其他节点之间的联系方便程度。接近中心性则代表了游憩网络中节点与其他节点之间的距离，接近中心性的值越低，则说明驻留节点与其他节点建立起旅游流联系

的难度就越大。

3 结果分析

3.1 适宜性评价分析与成本连通性结果

结合研究区域内道路和街巷实地调研数据，依托ArcGIS平台对义乌市范围内涉及到的全部数据进行预处理，并通过GIS软件给上述指标层的10个影响因子进行可视化分析，

同时将其评价结果进行分级赋值（优：9；良：5；差：1），最后将各因子根据权重值进行叠加（图5），最终赋值的分值高低意味着建设绿道适宜性的强弱，同时适宜性评分叠加结果（图6）也是初步构建义乌市绿道网络选线的成本栅格数据来源。

考虑到绿道网络建设的实际情况，绿道建设工作需循序渐进，因此本研究主要采

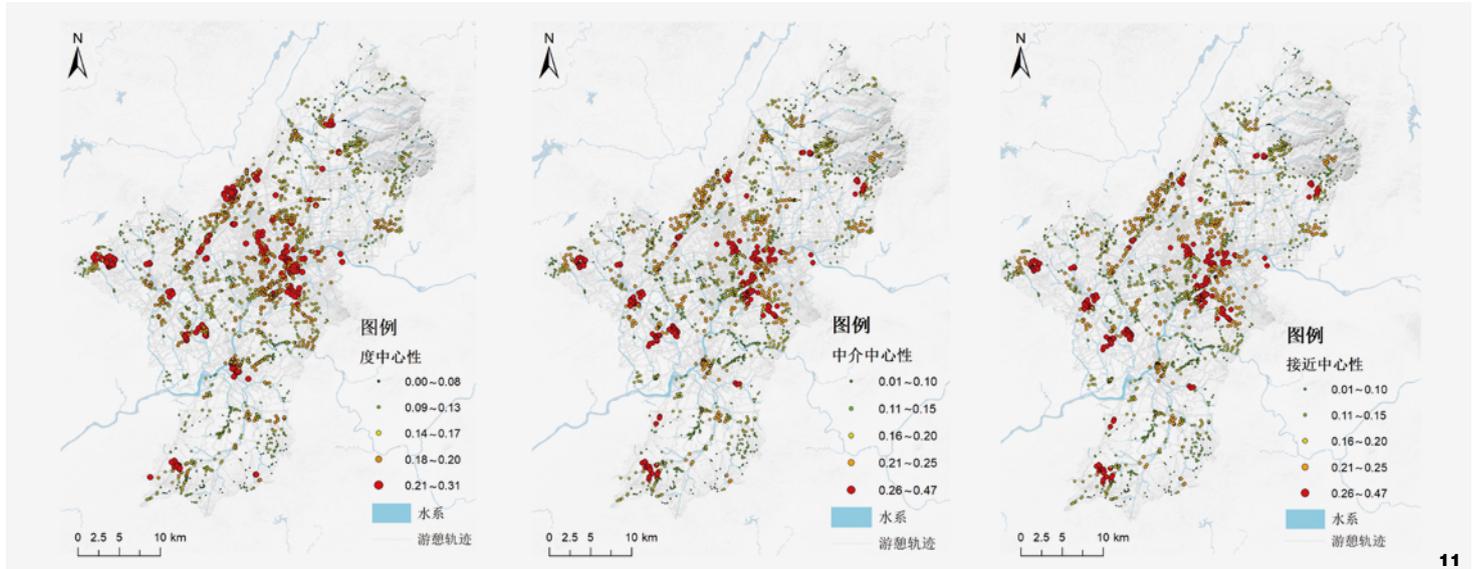


图11 驻留节点度中心性、中介中心性及接近中心性分析
Fig. 11 Analysis of resident node degree centrality, intermediary centrality, and proximity centrality

取ArcGIS平台的成本连通性和成本距离工具,分别以一级、二级节点为输入区域,进行成本连通性和成本距离计算,最终得到义乌市绿道网络线路(图7),以期为下一步义乌市绿道网络优化及构建打下基础。

3.2 轨迹数据热点检测与网络分析结果

3.2.1 路径特征分析

将爬取到的义乌市近三年的7 624条户外步行游憩轨迹数据导入ArcGIS软件中进行可视化表达,通过ArcGIS的线密度分析工具,对游憩轨迹线性数据进行密度分析,以自然断点区分低、较低、一般、较高、高热度的游憩路径(图8)。从分析结果可以看出,高热区域主要集中于后宅街道、北苑街道、江东街道等中心城区范围及佛堂镇镇区,由此可见市区的江滨公园、绣湖公园、植物园、义乌国际商贸城,及佛堂古镇等自然人文节点附近游憩热度较高,对绿道线路规划具有一定的指导。

3.2.2 停留点特征分析

游憩路径作为旅游流的空间载体,其停留点则成为市民户外活动的主要集聚场所。为研究停留点的空间特征,首先要识别停留点的空间范围,游憩停留点依据不同的游憩空间可活动范围,分布也相应地会呈现不同的集聚状态,因此采用HDBSCAN密度聚类方法识别游憩停留点,将mints设定为25,并以25个停留点数量作为阈值来识别驻留节点,如图9所示,驻留节点的空间分布于义乌市各城镇街,能够反映游客在城市内部的真实户外游憩停留分布。

统计以驻留节点作为一个空间单元的游憩轨迹数量(图10),游憩节点热度分布充分说明了游憩人流更倾向于向知名旅游景点、城镇中心区、公园绿地、重要开放空间集聚,游憩热度与游憩需求分布、资源吸引力密切相关。

居民在游憩路线中选择不同的驻留节点停留并进行观赏体验等活动,其游憩路径将

这些驻留节点串联从而构成旅游流。旅游流空间网络既体现了游憩人群在各节点间的迁移关系,又体现了各节点在整个网络中的中心性。因此,本文以度中心性、中介中心性及接近中心性(图11)作为统计量对驻留节点进行网络分析,以期指导绿道网络体系中驿站的规划。分析结果显示,义乌市户外游憩网络中江滨公园、桃花坞景区、雅端村、马畈奇幻乐园、南山公园等区域的中心性值明显较高,宜在绿道网络驿站规划时优先考虑。

3.3 义乌市绿道网络构建与布局

3.3.1 绿道网络的总体布局及分级规划

为确保绿道网络体系串联性以及绿道建设中的可操作性,采用百度卫星影像与现场调查相结合的方法,对绿道线路进行了部分区域的人为校正。在纠偏过程中,以道路建设适宜性与使用需求强度为重点,实现绿道网络线路的优化。

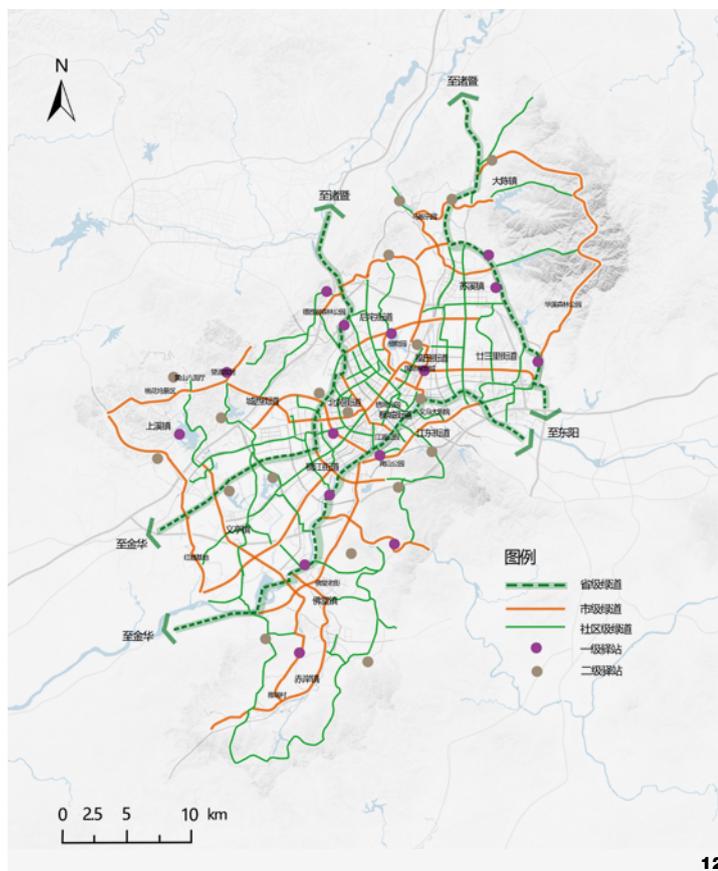


图12 研究区绿道网络总体布局
Fig. 12 Overall layout of greenway network in the research area

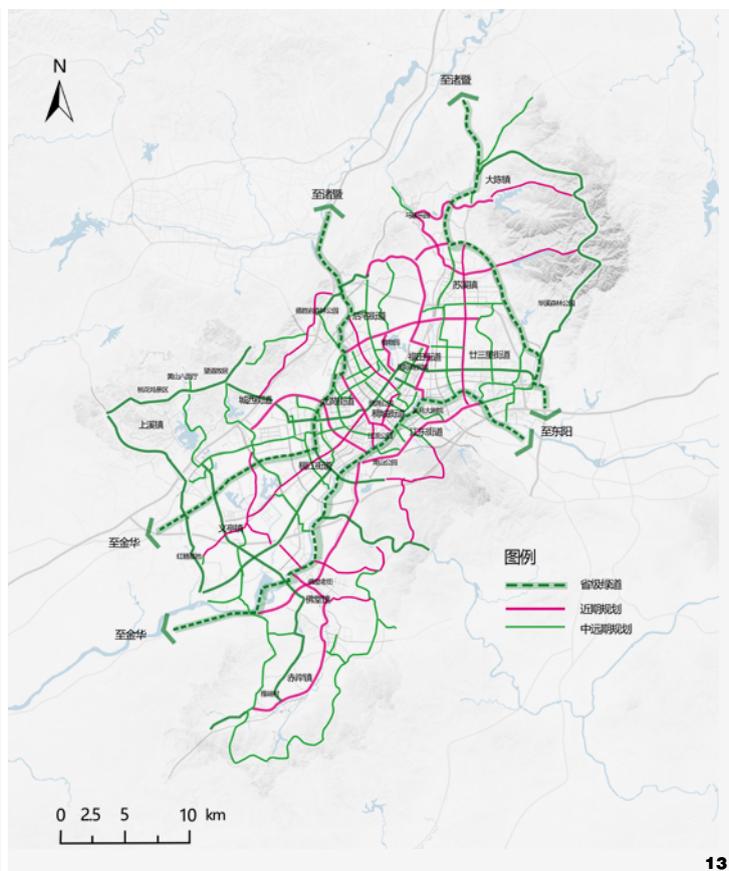


图13 研究区绿道网络近中远期规划
Fig. 13 Greenway network short, medium, and long term planning in the research area

基于适宜性评价及轨迹数据分析的结果，将3.1中初步构建的绿道网络进一步分类，同时结合现场调研情况矫正，根据不同的地理空间位置和功能片区，制定省级（已贯通）、市级和社区级三级绿道网络体系及一二级驿站布局（图12）。其中，省级绿道主要依托于主要的城市河流和交通主干道分布；市级绿道以部分主干道及次干道为基础，将镇街片区、城市功能片区等高利用率的线性空间串联起来，形成了绿道网络的骨干结构；社区级绿道主要分布于居住片区周围，与居民日常生活使用较为密切，大部分沿城市次干路及支路，将街心花园、重要开放区

域和居住片区紧密相连。通过对绿道进行分级布局，并结合上位规划，最终构建功能突出、结构完善的义乌市绿道网络。

3.3.2 绿道网络的分期规划

为了增强绿道网络的系统性，并考虑到绿道网络线路需更加切合实际建设情况，本研究将绿道网络根据连接节点等级分为近、中远期两个阶段规划（图13），使其更符合城市更新进程。

近期建设以一级节点为输入区域，其中市级绿道占比较多，作为主要的游憩使用线路，连接了大部分一级节点和滨水区域。中

远期建设以二级节点为输入区域，主要连接了余下一级节点及部分社区绿道，可以起到分散人流的作用。

4 结论与讨论

本研究就义乌市绿道网络体系破碎、居民使用率低等问题，进行了基于多源数据的城市绿道网络构建方法研究。本文先利用多源数据构建绿道建设适宜性评价模型，再根据游憩轨迹数据进行人工矫正及驿站规划，最终构建省级、市级、社区级绿道共计777.9 km。利用该选线方法得到的绿道网络布局表明，综合多源数据与游憩轨迹数据热

点检测的选线方法是较为理想的市域绿道网络构建方法。

基于多源数据的绿道网络构建方法其主要创新性如下：有别于传统的单一指标体系评价方法，而是以提高居民使用率为考虑因素构建双指标评价模型，并将两步路平台中使用者真实的出行轨迹特征融入绿道网络空间构建分析中进行量化评估，从而分析出使用者的游憩热点和停留特征来指导绿道线路选择和驿站规划。该研究希望对定量构建城市绿道网络、优化绿道线路选择及驿站选址规划等提供借鉴。然而，在研究过程中也引发了一些思考，有待于今后继续深入研究。

对于适宜性评价体系的完善。城市绿道网络对于其他类型的绿道规划而言，涵盖范围较大，且涉及到分级规划、驿站建设等，不同镇街之间存在的差异较大。而针对不同的研究对象，现有的城市绿道网络构建的评价指标因子设定存在局限性，因此，在未来的研究中，需要结合镇街的资源特色及基础设施服务能力等，进一步完善城市绿道网络的评价指标，以提高评价方法的可靠性^[22]。

对于多源数据的选取。本研究使用的百度热力数据和POI等多种开源数据在信度与效度上都有提升的空间。在今后的研究中，可整合多途径的开源数据进行核准，以提高研究的精确度。此外，游憩轨迹数据虽然在一定程度上可以反映社会人群的实际使用特征，但该类数据使用群体较单一，并不能覆盖所有的绿道使用者。因此希望未来随着用户群体的持续扩大以及更多的数据被广泛地运用，数据的覆盖度和准确度都能持续地得到提升，以期扩充和完善本研究提出的城市绿道网络构建方法，提升其科学性和准确性。 

注：文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] 贾行飞, 戴菲. 我国绿色基础设施研究进展综述[J]. 风景园林, 2015(08): 118-124.
- [2] 李方正, 李婉仪, 李雄. 基于公交刷卡大数据分析的城市绿道规划研究——以北京市为例[J]. 城市发展研究, 2015, 22(08): 27-32.
- [3] 梁军辉, 杜洋, 赛金波, 等. 大数据背景下北京市大型居住区通勤绿道选线研究[J]. 风景园林, 2018, 25(08): 30-35.
- [4] 陈希希, 李惊, 谭立, 等. 基于空间潜力和社会行为多源数据分析的城市绿道规划研究——以北京市海淀区城市绿道选线规划为例[J]. 景观设计学, 2019, 7(06): 50-65.
- [5] 戴菲, 杨超, 徐亚如, 等. 基于POI点数据的武汉汉阳区绿道线路选择[J]. 中国城市林业, 2020, 18(06): 26-31.
- [6] 叶宇, 黄镛, 张灵珠. 多源数据与深度学习支持下的人本城市设计: 以上海苏州河两岸城市绿道规划研究为例[J]. 风景园林, 2021, 28(01): 39-45.
- [7] 白骅, 落昊飞, 刘亚蕾. 公园城市背景下的城市型绿道布局适宜性评价研究[J]. 中国园林, 2022, 38(08): 93-98.
- [8] 周聪惠. 基于选线潜力定量评价的中心城绿道布局方法[J]. 中国园林, 2016, 32(10): 104-109.
- [9] 姜佳怡, 戴菲, 章俊华. 以提升空间热度为导向的上海花木—龙阳路绿道选线及优化研究[J]. 中国园林, 2020, 36(01): 70-74.
- [10] 梁锡燕. 基于两步路平台的佛山市户外游憩行为和空间感知研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2022.
- [11] 李敏雅, 翁旋莹, 赵晓莺. 广州历史城区绿道网络构建研究[J]. 城市规划, 2021, 45(12): 114-120.
- [12] 钱晶. 基于空间活力的城市绿道使用评价、影响分析及布局优化研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2019.
- [13] 翟贝贝. 苏州古城区绿道网络构建研究[D]. 苏州: 苏州科技大学, 2018.
- [14] 时慧. 生态与游憩双重导向下的市域绿道网络选线方法研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2020.
- [15] 王春枝, 斯琴. 德尔菲法中的数据统计处理方法及其应用研究[J]. 内蒙古财经学院学报(综合版), 2011, 9(04): 92-96.
- [16] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(07): 93-100.
- [17] 翟宇佳, 吴承照. 基于GPS数据与空间统计的城市森林公园景观偏好研究[J]. 中国园林, 2020, 36(06): 45-50.
- [18] 王德, 谢栋灿, 王灿, 等. 个体时空行为的规律性与可预测性研究——以上海市居民工作日活动为例[J]. 地理科学进展, 2021, 40(03): 433-440.

- [19] 张文佳, 季纯涵, 谢森镨. 复杂网络视角下时空行为轨迹模式挖掘研究[J]. 地理科学, 2021, 41(09): 1505-1514.
- [20] 吴承照, 刘文倩, 李胜华. 基于GPS/GIS技术的公园游客空间分布差异性研究——以上海市共青森林公园为例[J]. 中国园林, 2017, 33(09): 98-103.
- [21] 黄卓, 赵渺希, 师浩辰. 基于轨迹的城市游憩兴趣空间识别及特征研究——以南京市玄武区为例[C]// 2021中国城市规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.
- [22] 王春晓, 黄佳雯, 林广思. 基于选线适宜性评价的城镇型绿道规划方法研究[J]. 风景园林, 2020, 27(07): 108-113.