

基于最小累积阻力模型的太原市绿道选线研究

Research on Greenway Route Selection in Taiyuan Based on Minimum Cumulative Resistance Model

王 珊 颜 祯 徐 敏 俞诗音 王美仙*
WANG Shan YAN Zhen XU Min YU Shiyin WANG Meixian*

(北京林业大学园林学院, 国家花卉工程技术研究中心, 城乡生态环境北京实验室, 北京 100083)
(School of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, National Engineering Research Center for Floriculture, Beijing Laboratory of Urban and Rural Ecological Environment, Beijing, China, 100083)

文章编号: 1000-0283(2025)03-0073-10
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2025. 03. 0073. 009
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2024-10-28
修回日期: 2025-01-15

摘 要

合理的绿道线路布局是关乎绿道规划能否付诸实践并发挥有效功能的关键。以太原市为研究对象, 采用最小累积阻力模型方法, 对太原市绿道建设的生态适宜性和可达性进行评价, 借助GIS空间分析技术判别绿道建设的关键区域与潜在线路, 实现参数化的绿道选线结果, 并结合实地情况对绿道选线的可实施性进行分析, 最终确定太原市市级绿道与社区级绿道的结构布局。结果表明:(1)市级绿道呈现“一横两纵三环”的分布格局, 社区级绿道呈现“一环一脉两横”的分布格局。(2)初步确定6条市级绿道(共计695.2 km)和4条社区级绿道(共计130 km)。(3)结合绿道选线的实地可实施情况, 6条市级绿道中除汾河东西景观绿道部分路段因经过隧道而不具备可行性外, 其余5条绿道均具有较高的可行性; 4条社区级绿道均具有较高的可行性。旨在为今后的太原绿道选线规划提供参考。

关键词

绿道; 选线; 最小累积阻力模型; GIS空间分析技术; 太原

Abstract

A reasonable greenway route layout is key to implementing greenway planning effectively. Focusing on Taiyuan, the minimum cumulative resistance model method evaluated the ecological suitability and accessibility of greenway construction in the area. Key areas and potential lines for greenway construction were identified using GIS spatial analysis technology, leading to the selection of parametric greenway lines. Additionally, based on field circumstances, the line selection results were optimized and adjusted to finalize the structural layout of municipal and community-level greenways in Taiyuan. The results indicate that: (1) The selected greenway routes exhibit a distribution pattern of "one horizontal, two vertical, and three rings" in the overall study area, with "one ring, one vein, and two horizontal" in the central urban area. (2) Six municipal greenways (totaling 695.2 km) and four community greenways (totaling 130 km) were initially identified. (3) In the six municipal greenways, while some sections of the Fenhe River East to West Landscape Greenway are not feasible, the other five greenways show high feasibility. All four community-level greenways demonstrate high feasibility. These research findings can serve as a reference for future route selection planning of the greenway in Taiyuan.

Keywords

greenway; route selection; Minimal Cumulative Resistance model; GIS spatial analysis; Taiyuan

王 珊

2000年生/女/内蒙古乌兰察布人/在读硕士研究生/研究方向为植物景观规划设计

颜 祯

1999年生/女/广东广州人/硕士/研究方向为植物景观规划设计

王美仙

1980年生/女/安徽黄山人/博士/副教授/研究方向为植物景观规划设计、园林植物应用、景观生态修复

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

绿道是以自然要素为依托和构成基础, 串联城乡游憩、休闲等绿色开敞空间, 以游憩、健身为主, 兼具市民绿色出行和生物迁徙等功能的廊道^[1]。太原为创建国家生态园

林城市, 于2012年提出实施绿道绿廊建设, 逐步建成分级连通的绿道体系, 目前已实施市级绿道“两环一纵”全长401.9 km的建设。为实现绿道建设的长足发展, 进行绿

基金项目:

北京市教委科学研究与研究生培养共建科研项目“北京城乡节约型绿地营建技术与功能性植物材料高效繁育”(编号: 2019GJ-03); 北京林业大学建设世界一流学科和特色发展引导专项(编号: 2019XKJS0322)

道相关的研究工作尤为重要。目前，绿道研究主要侧重于绿道评价与优化^[2-5]、遗产保护与绿道的结合研究^[6-7]、绿道选线与网络构建^[8-10]等方面。其中，绿道选线的研究方法从麦克哈格最初提出的土地适宜性评价法（千层饼垂直叠加评价法）^[11]发展到利用GIS技术进行多目标绿道选线研究^[12-13]。从具体方法来看，传统的土地适宜性评价方法包括神经网络模型^[14]、模糊综合评价^[15]等，这些方法基本延续了麦克哈格的千层饼分析方式，强调发生在景观单元内的垂直生态过程，而忽略发生在景观单元之间的水平生态流和生态关系。而最小累积阻力（Minimum Cumulative Resistance, MCR）模型可以处理景观的空间异质性，通过赋予不同的阻力值来反映不同土地利用类型或自然特征对生态流动的影响，同时关注垂直生态过程和水平生态过程，计算高效简洁，可以用于构建最优的绿道网络路线^[16-18]。

因此，以太原市为研究对象，采用MCR模型，对太原市绿道建设的生态适宜性和可达性进行阻力评价，借助GIS空间分析技术模拟使用者的游憩过程，判别绿道建设的关键区域与潜在线路，实现参数化的绿道选线结果。进一步结合实地情况对选线结果的可实施性进行判别并优化调整，最终确定太原市绿道的结构布局，为太原市的绿道选线提供参考和借鉴。

1 太原市已建绿道空间分布

太原市位于山西省中部，城市北、东、西三面群山巍峙，南接晋中平原。汾河由北而南纵贯全市，沿途有几十条支流汇入，流域面积6 331 km²，占全市流域总面积的90.6%。太原市文化底蕴深厚，名胜古迹众多，较为著名的有晋祠、天龙山石窟等国家级重点文物保

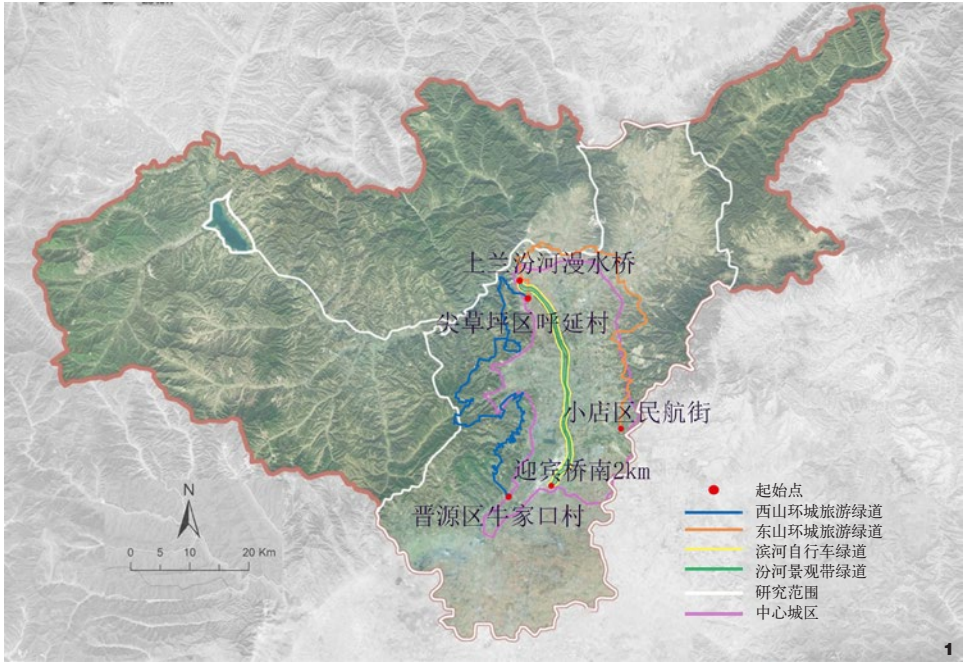


图1 太原市已建绿道现状图
Fig. 1 Present situation map of greenway in Taiyuan

护单位6处和省级重点文物保护单位17处。

目前，太原市着力构建“两环一纵”市级绿道网络，已形成基本骨架（图1）。两环是指东山环城旅游绿道综合道（小店区民航街—尖草坪区呼延村，93.5 km）、西山环城旅游绿道综合道（晋源区牛家口村—汾河二库景区，136 km），两条绿道在太原的西北方相交，将太原的东山、北山、西山串联起来，形成了一条环山而建的旅游公路绿道；一纵是指滨河自行车绿道骑行道（上兰汾河漫水桥—迎宾桥南2 km，86.4 km）和汾河景观带绿道步行道（上兰汾河漫水桥—迎宾桥南2 km，86 km），通过水环境治理、水生态修复、水资源保护一体化推进措施，为市民呈现出不是江南胜似江南的生态美景。

2 绿道选线 MCR 模型构建

MCR是指从“源”出发经过不同类型的景

观所克服的最小阻力或者耗费的最小费用^[19]。MCR的计算是在空间距离的基础上对阻力值进行加权计算并累积，从而科学地反映“源”在空间运动中穿越不同阻力的景观界面所耗费的功^[20]。在具体实践过程中主要分为4个步骤：明确阻力因子及权重、建立阻力面、确定源—汇点、计算最小路径。首先通过层次分析法设置不同景观界面的阻力值和权重，然后将“源”运动穿越不同阻力景观界面的阻力值叠加得到阻力面，最后在阻力面构建的基础上，进行不同的“源”和目的地的最低成本路径分析，以计算出线路的难易程度，从而构建潜在廊道^[21]。

2.1 明确绿道选线阻力因子及权重

绿道的骑游过程可理解为一种克服空间阻力从某地出发到达另一地点的空间运行过程^[22]。因此城市用地的生态适宜性越低对绿

道建设的阻力越大，交通可达性越低对绿道建设的阻力也越大。在此基础上，结合太原市的自然环境、城市布局和绿道现状，采用层次分析法构建太原市绿道选线阻力因子体系，确定生态适宜性和绿道连通性两个准则层以及13个指标层^[21]。各指标权重的确定是通过构建一对对判断矩阵，运用德尔菲专家打分法对各指标的相对重要性进行打分。共收集30份一致性检验合格的问卷，并对其进行统计分析，两两比较值取其所有的几何平均数，得到各指标权重判断矩阵。再基于判断矩阵结果，运用Yaahp软件对各评价指标的权重值进行计算，并对结果进行一致性检验，最终权重计算结果如表1。

2.2 建立绿道选线阻力表面模型

首先运用分级赋值的方法，对准则层的指标进行定量分析。依据文献综述法^[21-24]及自然裂点法制定指标分级的标准，并按照德尔菲法打分原则，根据各级指标的阻力值大小程度，将其分为极高、高、中、低和极低5个等级，分别赋值9、7、5、3和1，分值越高代表选线阻力越大。不同阻力值在空间上的分布构成了阻力面（图2），运用GIS中的叠加分析工具，对各指标因子的赋值结果进行加权总和，得到最终可以体现使用者水平活动阻力值在空间中的分布情况，即太原市城市绿道选线模型的综合成本数据集（图3）。

2.3 确定源—汇点

通过绿道游径系统到达重要自然与人文节点可认为是一种源—汇关系，源点、汇点的位置代表游径的起点和终点，对线路规划布局有直接决定作用^[25]。绿道的源—汇点代表了使用者的潜在行为方式与特征，应尽可能选取体现地方特色的自然景观、人文景观

节点。对收集的太原市基础资料进行梳理归纳，总结出99个重要节点，其中自然景观节点可分为风景名胜区（3个）、生态旅游景区（15个）、城市公园（36个）、口袋公园（8个）4类，人文景观节点可分为历史文化景区（19个）、历史名居（18个）两类（表2）。

表1 绿道选线指标及权重汇总
Tab. 1 Greenway line selection index and weight summary

一级指标（准则层） First grade indicator (criterion layer)		二级指标（指标层） Second grade indicator (indicator layer)		综合权重 Comprehensive weight
指标因子	一级权重	指标因子	二级权重	
生态适宜性	0.6496	高程	0.1012	0.0657
		坡度	0.0477	0.0310
		坡向	0.1962	0.1275
		水文	0.3870	0.2514
		植被覆盖度	0.0761	0.0494
		土地利用类型	0.1918	0.1246
绿道连通性	0.3504	距公园距离	0.2478	0.0868
		距居民点距离	0.2951	0.1034
		距旅游景点距离	0.2444	0.0856
		距公交站点距离	0.0490	0.0172
		高速路	0.0782	0.0274
		主要道路	0.0538	0.0189
		二级道路	0.0315	0.0110

表2 太原市自然与人文景观重要节点
Tab. 2 Important nodes of natural and cultural landscape in Taiyuan

源—汇点类型 Source-sink type	源—汇点名称 Source-sink name	数量 / 个 Quantity
风景名胜区	崛围山风景名胜区、汾河水库风景名胜区、天龙山风景名胜区	3
生态旅游景区	紫林醋文化旅游园、太山景区、青龙谷景区、九院狼坡狮子崖生态景区、二龙山景区、台骀山景区、新阳森林公园、杜儿坪桃花沟景区、龙城森林公园、蒙山景区、香水泉森林公园、涧河生态公园、金牛森林公园、龙山景区、天龙山国家森林公园	15
城市公园	迎泽公园、龙潭公园、森林公园、南寨公园、玉门河公园、万亩生态园、晋阳湖公园、晋祠公园、玉泉山城郊森林湿地公园、国信城郊森林湿地公园、摄乐公园、漪汾公园、西山长风城郊森林湿地公园、东篱公园、汾河生态公园、铁猫生态公园、汾河湿地公园、金桥公园、太白铁路遗址公园、和平公园、晋阳街区公园、高新公园、长风公园、晋城北公园、清徐公园、湿地郊野公园、和谐公园、嘉节公园、迎宾公园、龙城公园、学府公园、狄村公园、双塔公园、南海子公园、西海子公园、饮马河公园	36
口袋公园	解放路双塔西口、解放南路南内环街口、解放路东三道巷西洋记忆、五一东街南二巷口、文庙小广场、太原五一路景观、王村南街长治路口、缉虎营地铁口	8
历史文化景区	晋阳古城遗址、晋祠景区、太原古县城、彭城太妃墓、黄坡遗址、大井峪遗址、开化寺旧址、蒙山大佛、太山龙泉寺、清源文庙、史匡翰墓碑、山西大学主楼、永祚寺、窦大夫祠堂、千佛洞、店头古村落、狐突庙、青龙镇、多福寺	19
历史名居	晋商博物馆、赵树理旧居、徐永昌旧居、开化寺民居、亨升久鞋店旧址、书业诚旧址、新民街东花园、王琼故里文化街、万寿宫民居、前双龙巷民居、精营东边街民居、精营西边街民居、裕德东里民居、三桥街民居、教场巷民居、坝陵北街民居、东夹巷民居、拱极门文道	18
总计		99

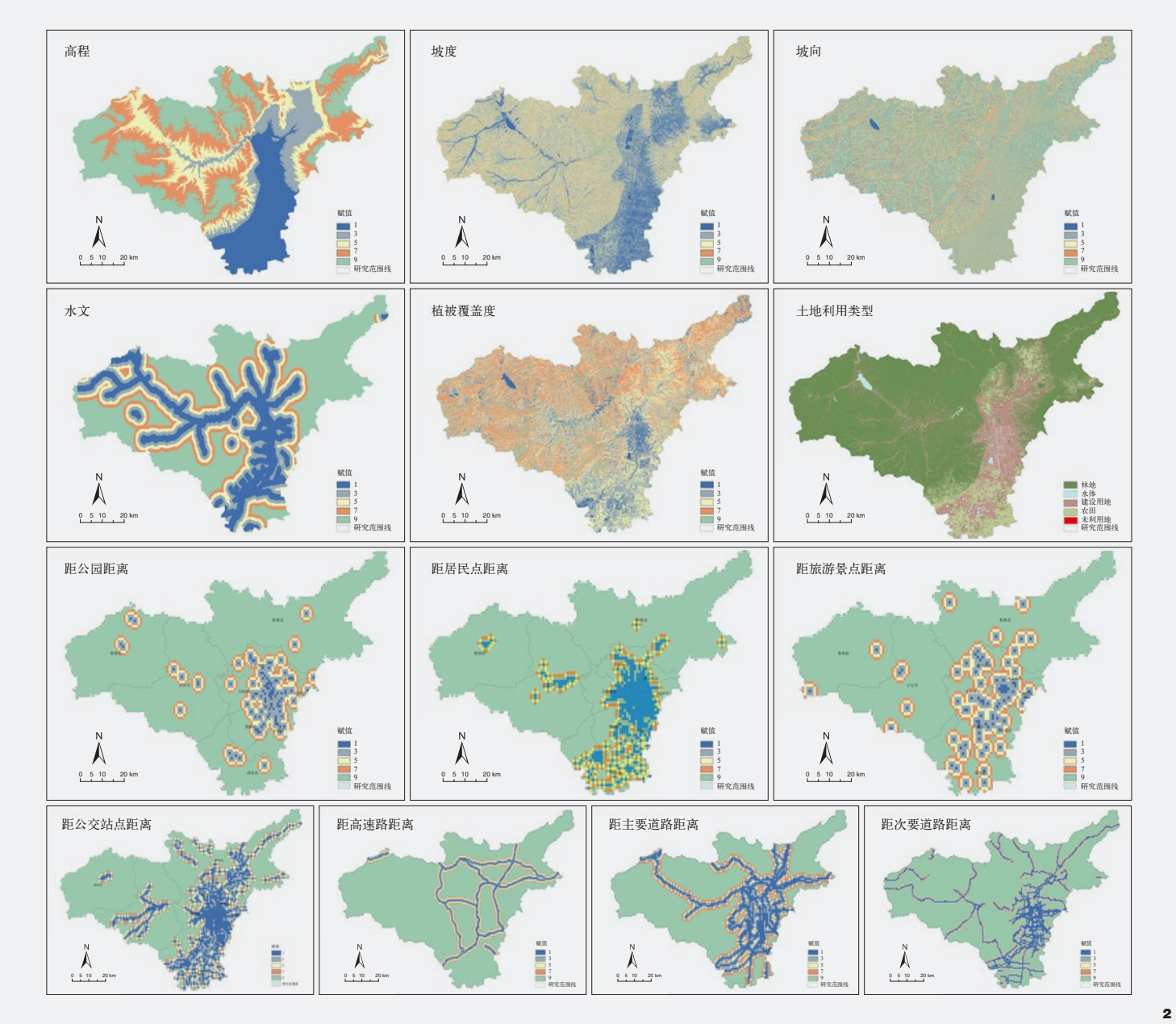


图2 阻力因子赋值图
Fig. 2 Resistance factor assignment diagram

2.4 生成最低成本路径

将综合成本数据集与已确定的源—汇点作为数据源，运用MCR模型模拟一个源点克服综合成本数据集到达多个目标汇点的过程，从而计算两两间的最小成本距离。首

先利用ArcGIS中的成本距离工具对每个绿道源—汇点的成本距离进行计算，依次生成99个成本距离数据和成本回溯链接栅格数据。再利用ArcGIS中的成本路径工具，生成99个最低成本路径，将数据进行合并生成初步的

绿道选线计算结果（图4）。

3 结果与分析

3.1 绿道选线初步结果及优化调整

根据MCR模型得到串联99个关键源—汇

点的最低成本路径合并数据，即初步的绿道选线计算结果。在此基础上，综合考虑研究区内外现有及规划中的绿道线路，最大限度地整合绿道资源，并将其融入城市综合交通体系。对初步选线方案进行优化调整并确定太原市绿道层级分为市级与社区级，实现整体贯通的绿道网络布局（图5）。其中市级绿道呈现“一横两纵三环”的分布格局（图6），社区级绿道则呈现“一环一脉两横”的分布格局（图7）。

3.2 市级绿道可行性评价

市级绿道呈“一横两纵三环”布局结构，在原本“两环一纵”的布局基础上增加了“一横一纵一环”。新“一横”指的是汾河东西景观绿道（府东街—古交市S252，94.6 km），新“一纵”指汾河北北景观绿道（太忻大道一二淅线，102.2 km），新“一环”指历史文化生态观光绿道（晋阳大道—唐城公路，60.5 km）。并将原本的“两环”（东山环城旅游绿道综合道、西山环城旅游绿道综合道）进行延长并形成闭环——环城旅游公路绿道（晋阳大道—龙城大街—晋阳大道，265.5 km），原本的“一纵”（滨河自行车绿道骑行道和汾河景观带绿道步行道）保持不变。

3.2.1 汾河东西景观绿道

沿汾河东西岸走向进行布置，由杏花岭区连接至古交市，主要经过府东街—府西街—漪汾街—和平北路—玉门河沿岸—西中环路—石膏厂街—玉泉街—玉兰路—太原西山隧道—滨河南路—腾飞路—雁鸿路—古交市S104—古交市S252。该绿道共串联一个历史名居（晋商博物馆），三个城市公园（玉泉山城郊森林湿地公园、汾河生态公园和汾河湿地公园），一个风景名胜区（汾河水库风景

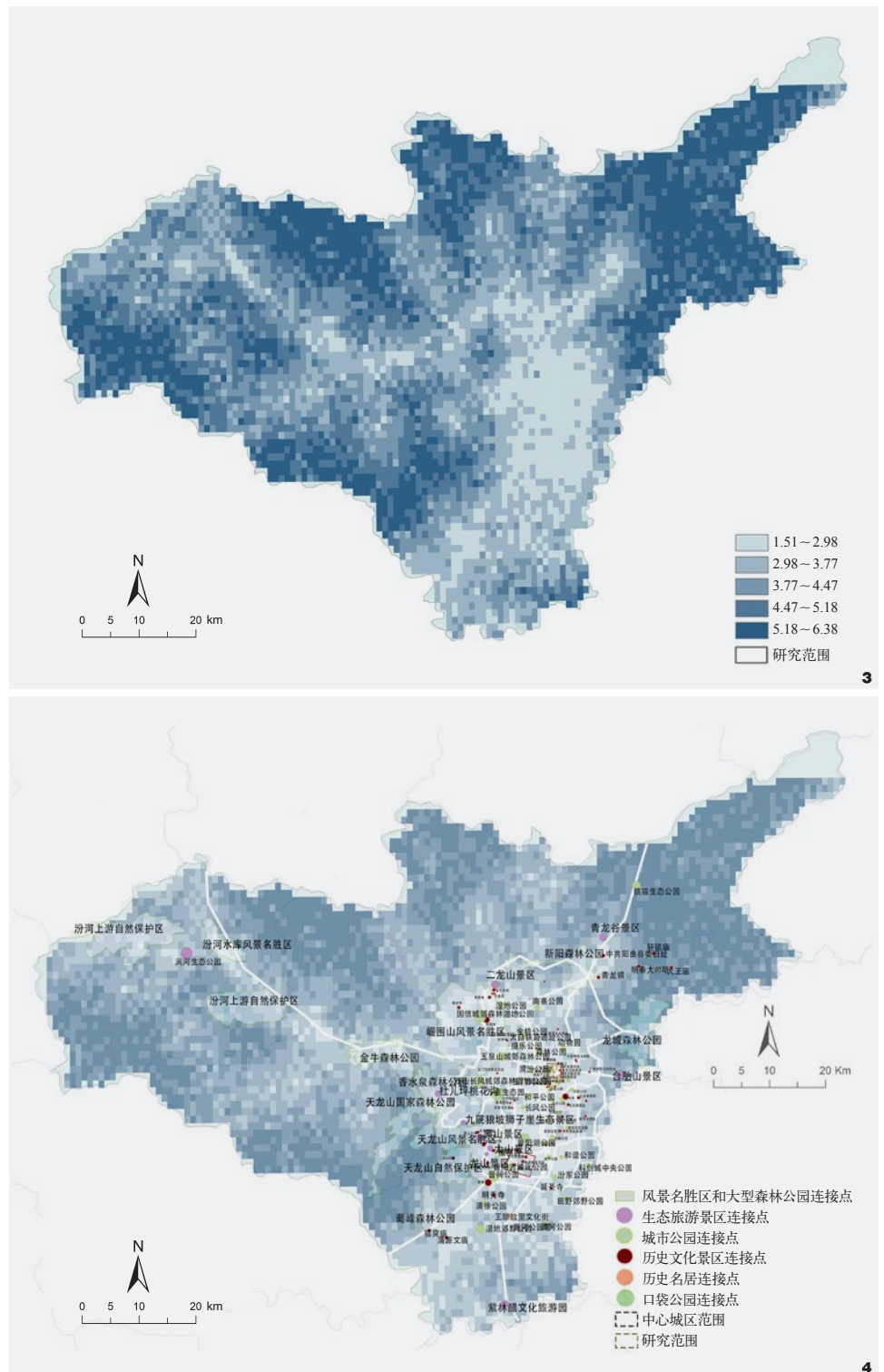


图3 绿道选线最终成本数据集
Fig. 3 The final cost data set of greenway route selection

图4 初步绿道选线计算结果
Fig. 4 Preliminary calculation result of greenway route selection

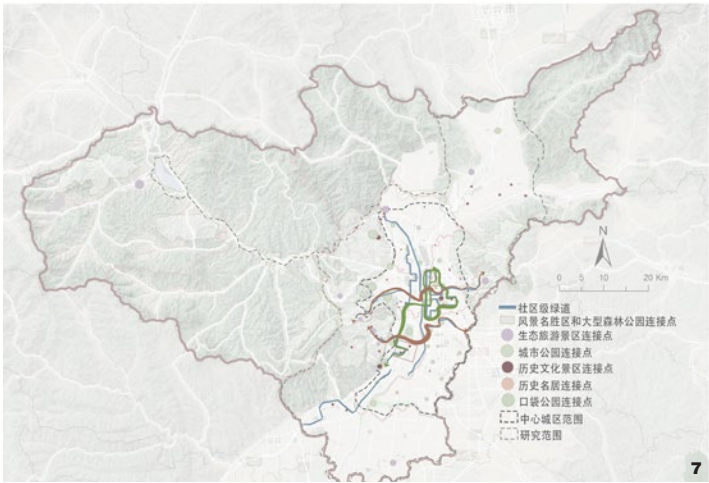
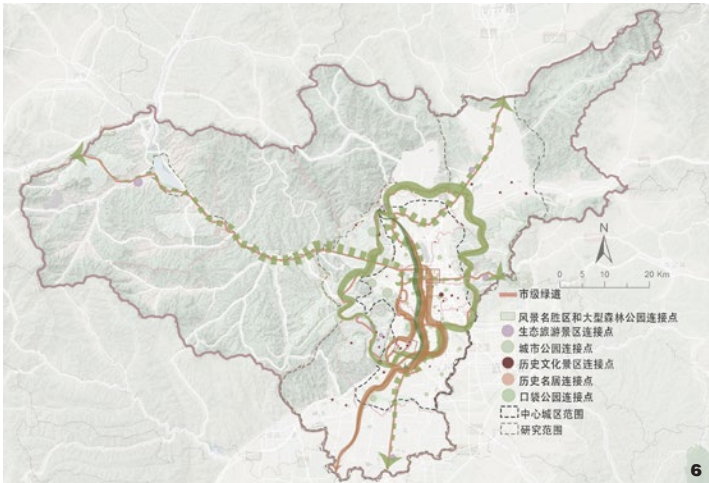
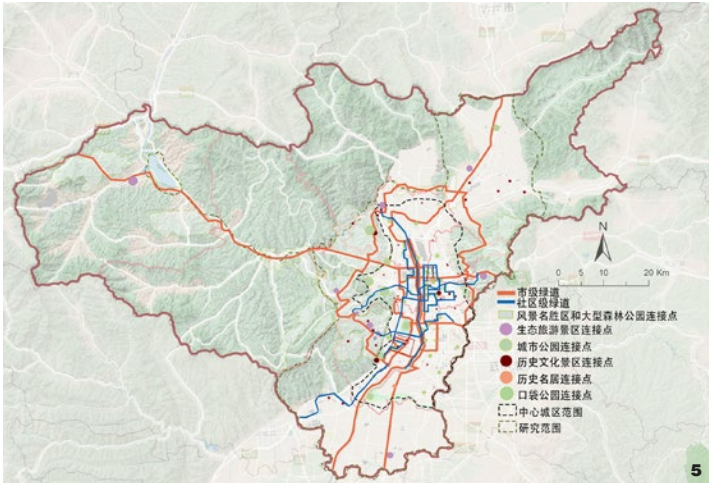


图5 太原市绿道网络布局图
Fig. 5 Taiyuan greenway network layout map

图6 市级绿道整体位置图
Fig. 6 The overall location map of municipal greenway

图7 社区级绿道整体位置图
Fig. 7 The overall location map of community level greenway

名胜区) (图8-a)。景观风貌呈现出东部现代都市风貌、中部山林野趣风貌、西部分河滨水风貌。目前该路段仍未有绿道建设,但是大部分道路有较宽敞的辅路可以利用,如府东街、府西街、西中环路、漪汾街、玉门河南沿岸等,并且道路经过多处居民区和公园绿地,可以起到利民便民的作用,有较好的景观基础。但中心城区前往古交市路段需经过太原西山隧道,该段线路不具备可行性,仍需斟酌选择。

3.2.2 汾河南北景观绿道

沿汾河南北走向进行组织,由阳曲县连接至清徐县,主要经过太忻大道—京昆线—首邑北路—阳兴大道—新兰路—柴西路—呼兴街—汾西北路—金桥北街—滨河东路、滨河西路—蒲寨街—刘家堡路—一二浙线。该绿道共串联两个城市公园(铁猫生态公园、国信城效森林湿地公园),一个历史文化景区(青龙古镇),两个风景名胜区(崛围山风景名胜、汾河水库风景名胜),一个历史名居(王琼故里文化街)以及一个生态旅游景区(紫林醋工业园区)(图8-b)。景观风貌呈现出北部山水生态风貌、中部分河滨水风貌、南部田园农歌风貌。目前滨河东路与滨河西路一段依托于汾河景区,已建成较为成熟的绿道系统。汾河景区南北两端已建道路基础条件好,如首邑北路和阳兴大道等都有较宽敞的辅路,金桥北街和新兰路等路旁绿地较为宽敞,可以加以利用,因此该段绿道具有较高的可行性。

3.2.3 历史文化生态观光绿道

以晋祠景区为起点,沿太原市中心城区内主要道路构建一段环状绿道系统,主要经过晋阳大道—贞观街—万康路—乾阳街—晋源外环街—龙泉南路—唐城公路—新晋祠路—冶峪河沿岸—晋阳大道—西中环路—兴华西街—北大街—新建路—旱西门街—解放路—长治路—真武路—通达街—唐城公路。该绿道共串联4个历史文化景区(晋祠景区、太原古县城等),5个城市公园(晋阳湖公园、饮马河公园等)(图8-c)。景观风貌呈现出古今贯穿的历史文化风貌。该段绿道还未有绿道建设,但大多数道路基础条件好,如晋阳大道经过稻田公园、贞观街和万康路连通山西省体育主题公园,可以利用公园绿地建设绿道;通达街等道路则可以利用人行道等位置进行建设,具有较高的可行性。

3.2.4 环城旅游公路绿道

以晋祠景区为起点,经过晋阳大道—西山旅游公路—东西山旅游公路—龙城大街—新晋祠路—迎宾路—晋阳大道,形成一个闭环的

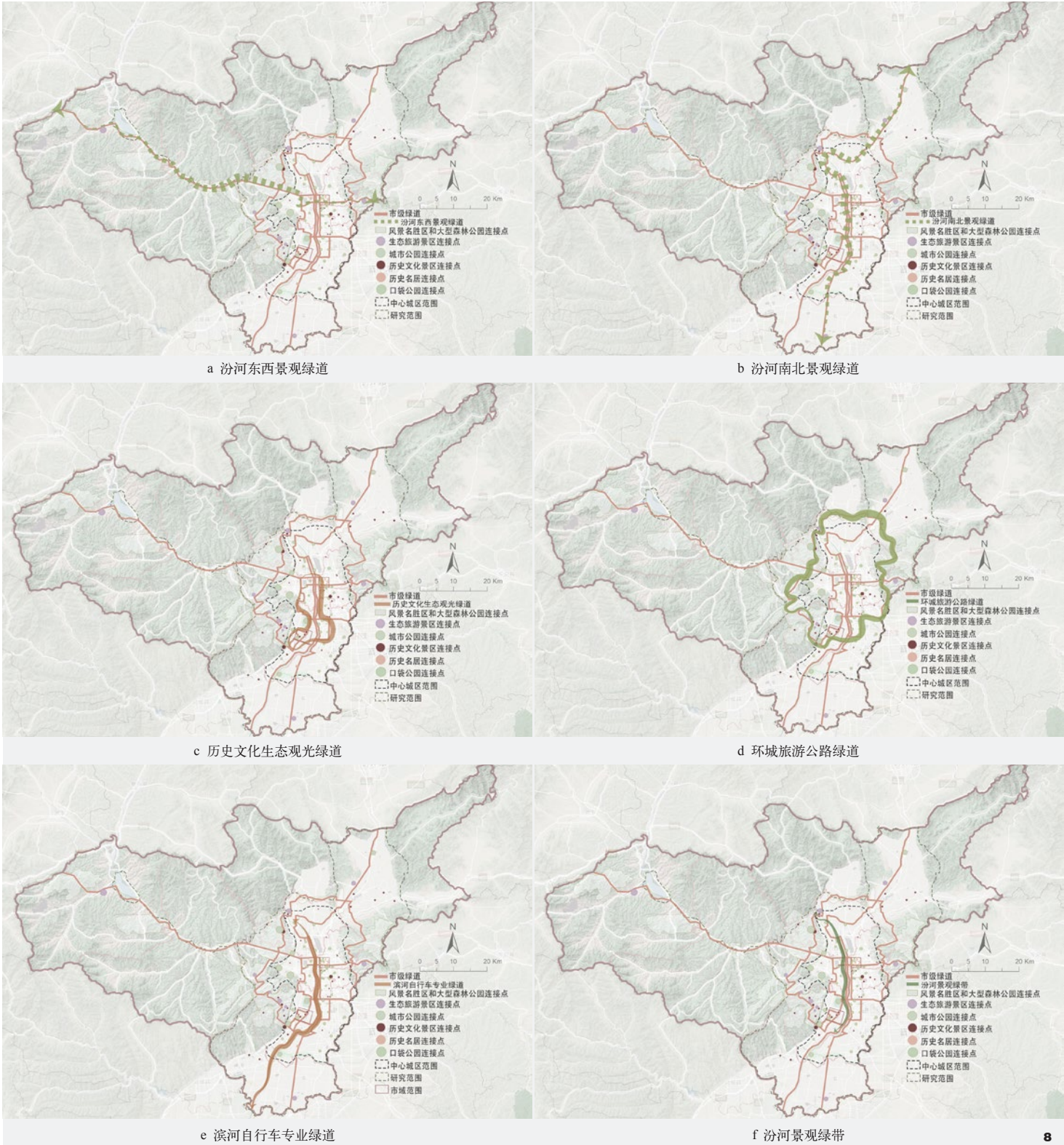


图8 市级绿道位置图
Fig. 8 The location map of the municipal greenway

城市绿道骨架。该绿道共串联4个历史文化景区(晋祠景区、太原古县城等),2个风景名胜区(天龙山风景名胜区、崛围山风景名胜区),5个生态旅游景区(龙山景区、太山景区等),5个城市公园(国信城郊森林、湿地公园等)(图8-d)。景观风貌呈现出以晋祠和太原古县城组成的历史文化景观风貌、以东西山景区组成的山林野趣景观风貌和以城市公园组成的都市活力景观风貌。目前东西山旅游公路绿道已建成,并且规划绿地所经过的线路大多有较好的基础条件,如龙城大街有宽敞的辅路和丰富的植物景观,还与东篱公园、龙城公园相接;新晋祠路也有较好的道路基础条件,且与晋阳湖公园、太原古县城相接。

3.2.5 滨河自行车专业绿道

滨河自行车专业绿道沿滨河东路和滨河西路进行修建,北至中北大学,南达清徐县清东路,主要利用道路两边的绿化带和汾河公园外侧绿化带进行布设。该绿道共串联一个生态旅游景区(二龙山景区),一个风景名胜区(汾河水库风景名胜区),三个城市公园(森林公园、滨河公园等)(图8-e)。景观风貌呈现出东岸都市绿意风貌、西岸都市商务风貌。该绿道已列入太原市的城市规划范围,具体将项目沿线划分为三段:中北大学至太古岗铁路桥(北段,长度约10 km)、太古岗铁路桥至迎宾桥以南约2 km段(中段,长度约33 km)、迎宾桥以南约2 km至清东路段(南段,长度约18 km)。目前已完成了太古岗铁路桥至迎宾桥以南约2 km段(南段)的绿道建设。

3.2.6 汾河景观绿带

利用汾河景区一、二、三和四期的公园路,沿汾河形成一条纵向的步行游览道(图8-f)。其从1998年一期工程开建,到2021年4

期工程已完工。

3.3 社区级绿道可行性评价

社区级绿道呈“一环一脉两横”布局结构,其中“一环”指环文脉历史文化绿道(新建路—北大街,41.4 km)、“一脉”指古城文化复合绿道(解放路—晋阳大道,27.4 km)、“两横”指风峪河—南外环生态景观绿道(风峪河北沿岸—太榆路,24.3 km)和九院沙河—南沙河生态景观绿道(南沙河快速路—九沙河沿岸,36.9 km);社区级绿道目前均未有绿道建设。

3.3.1 环文脉历史文化绿道

经过新建路—平阳路—高新街—长治路—学府街—坞城路—并州南路狄村街—并州北路—南内环街—双塔北路—朝阳街—建设南路—建设北路—北大街,共串联7个城市公园(龙潭公园、饮马河公园等),一个历史名居(拱极门文道),三个口袋公园(解放路双塔西口、解放南路南内环街口等)(图9-a)。该段绿道还未有绿道建设,但大多数道路基础条件好,如高新街、学府街、狄村街和朝阳街与高新公园、学府公园和狄村公园相连接,可以充分利用公园中的公园路以形成可供游憩和观赏的绿道步行道。

3.3.2 古城文化复合绿道

经过解放路—长治路—长风街—西中环路—晋阳大道—晋源北外环街—新晋祠路—迎宾路—晋阳大道,共串联一个历史名居(晋商博物馆),4个城市公园(迎泽公园、狄村公园等),两个历史文化景区(晋阳古城、晋祠景区)(图9-b)。该段绿道还未有绿道建设,但大多数道路景观条件佳、基础条件好,如解放路和长治路上有多处口袋公园可以利用,并经过多处历史名居,能够更好地

地展示太原府城文化,同时道路上还有宽敞的人行道和非机动车道,可行性高。长风街、西中环路和晋阳大道等都有着宽敞的街旁绿地或是街边广场等现成的城市开放空间,能够直接进行利用,形成可供骑行的绿道线路。

3.3.3 风峪河—南外环生态景观绿道

沿风峪河展开,主要经过风峪河北沿岸—蒙山街—滨河西路—十里长桥—平阳南路—龙城大街—坞城南路—晋阳街—太榆路。该绿道共串联一个生态旅游景区(太山景区),5个城市公园(晋阳湖公园、迎宾公园等)以及太原市植物园(图9-c)。该绿道还未有绿道建设,所规划路线主要穿过晋源区和小店区,经过多数居民区和公园绿地,服务范围较广,可以更好地发挥服务市民的作用。大多数道路基础条件好,如蒙山街沿着风峪河有较好的滨水景观,且有宽敞的街旁绿地,具有较高的可行性。

3.3.4 九院沙河—南沙河生态景观绿道

经过南沙河快速路—南沙河北沿岸、南沙河南沿岸—滨河东路—南内环桥—滨河西路—九沙河沿岸。该绿道共串联4个城市公园(万亩生态园、和平公园等),一个生态旅游景区(台骀山景区)(图9-d)。该段绿道还未有绿道建设,大多数道路基础条件好,如南沙河沿岸路既有绿化条件较好的街旁绿地和宽敞的人行道,也连接着双塔公园和迎泽公园。

4 结论与讨论

4.1 基于MCR模型得到太原市绿道选线初步结果

为构建太原市绿道选线的MCR模型,梳理太原市景观资源要素,确定62个自然景观节点、37个人文景观节点作为模型的“源”;

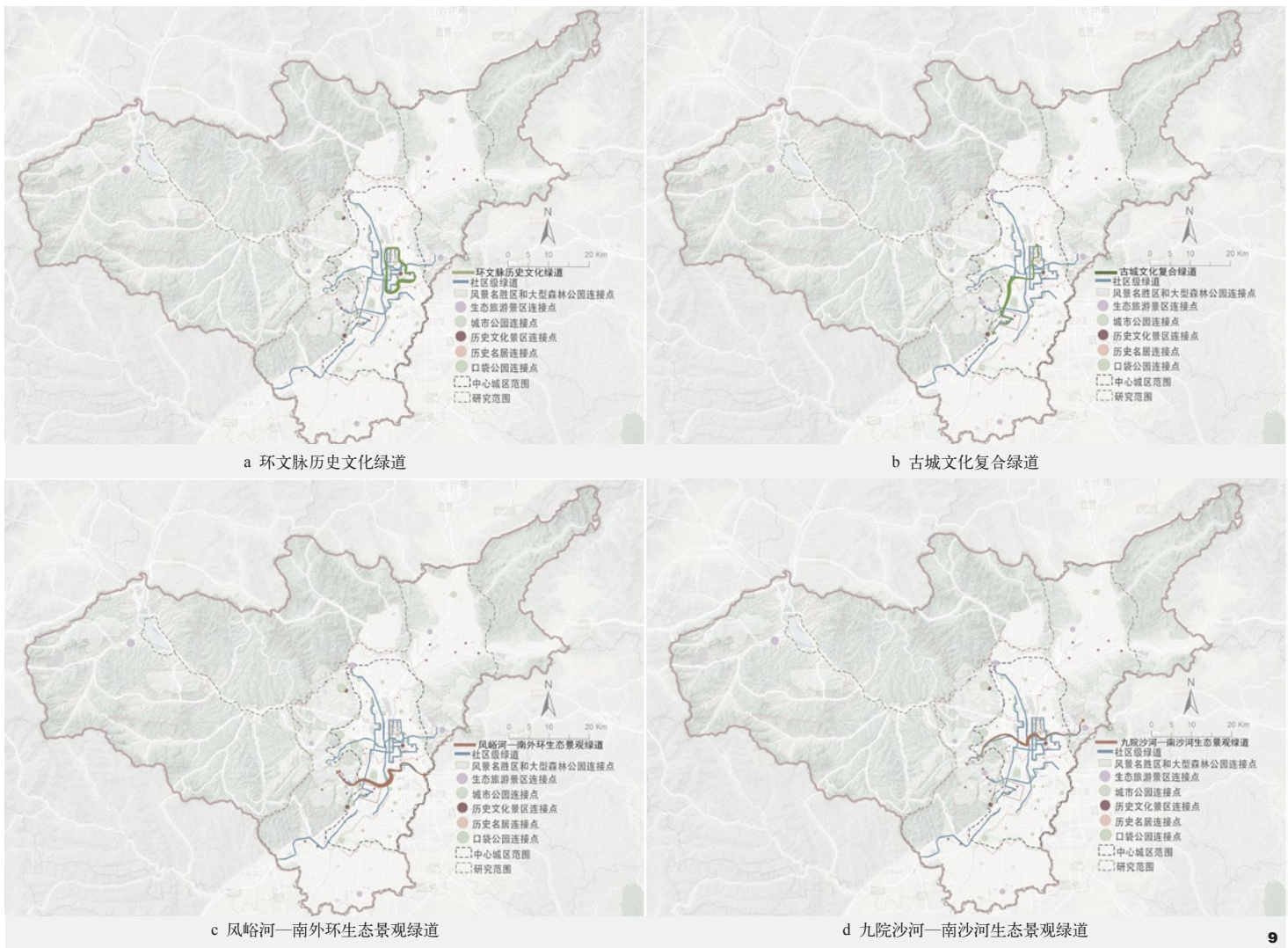


图9 社区级绿道位置图
Fig. 9 Community-level greenway location map

选择生态适宜性与绿道连通性作为准则层, 以及高程、坡度等13个指标层评价太原市景观界面的阻力值及阻力面分布; 利用GIS空间分析技术生成源—汇点间的最低成本路径, 得到初步的绿道选线计算结果。

4.2 太原市市级绿道布局规划

综合考虑研究区内现有的绿道路线, 对初步选线方案进行优化调整, 确定市级绿道

的布局结构为“一横两纵三环”, 在原有“两环一纵”的基础上增加了“一横”(汾河东西景观绿道)、“一纵”(汾河南北景观绿道)与“一环”(历史文化生态观光绿道)。对6条市级绿道(共计695.2 km)进行具体规划, 共串联15个城市公园、5个风景名胜、7个生态旅游景区、9个历史文化景区和1个历史名居。景观风貌涵盖汾河滨水风貌、田园农歌风貌、山林野趣风貌、现代都市风貌以及主要

由晋祠和太原古县城组成的历史文化景观风貌。并且经过实地考察与现状评估, 除汾河东西景观绿道部分路段不具备可行性外, 其他4条市级绿道均具有较高可行性。

太原市的绿道按照生态型、郊野型、都市型进行布局^[26], 与现状“两环一纵”的绿道相比, 市级绿道布局结构延长了东山、西山环城旅游绿道(生态型), 增加了汾河南北、汾河东西景观绿道(郊野型), 这与

《太原市国家森林城市建设总体规划(2020—2035)》中在太原东山、北山增加生态型绿道,在汾河滨河区补充郊野型绿道的规划内容相一致。因此可以将上述市级绿道列入远期规划,以构建一个集生态与景观功能为一体的太原市绿道体系。

4.3 太原市社区级绿道布局规划

经过对初步选线方案的优化调整,确定社区级绿道的布局结构为“一环一脉两横”。对4条社区级绿道(共计130 km)进行具体规划,共串联16个城市公园、4个口袋公园、2个生态旅游景区、2个历史文化景区和2个历史名居。并且经过实地考察与现状评估,4条社区级绿道均具有较高可行性。

在太原市历史文化绿道选线的相关研究中,提出的观点为“利用现存的传统街巷及城市支路,尽量避开城市主干交通,营造相对安静祥和的文化氛围”^[27],所规划的绿道线路布置灵活、氛围安静。而本研究所规划的两条历史文化绿道(环文脉历史文化绿道和古城文化复合绿道)均可以利用现有辅路和公园路,串联更多的历史文化节点与城市公园,可以作为太原市历史文化绿道相关研究的补充。

综上,采用MCR模型进行绿道线路规划的方法相对客观,分析过程科学,技术操作简便,结果直观明晰。在构建绿道选线阻力评价体系的过程中,虽然评价指标选择基于大量文献资料及现状研究基础,但不可避免带有一定的主观性,这可能会对选线结果产生一定的影响。此外,在绿道尤其是社区级绿道的选线和设计时,还可进一步加强对于公众多样性需求与居民活动轨迹的研究。

注:文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] 住房和城乡建设部. 绿道规划设计导则[Z]. 2016-09-21.
- [2] 董娜,张龙,宋钰红. 国内外绿道研究进展与趋势分析——基于CiteSpace的文献计量分析与可视化[J]. 现代园艺, 2024, 47(07): 64-68.
- [3] 付喜娥,吴人韦. 绿色基础设施评价(GIA)方法介绍——以美国马里兰州为例[J]. 中国园林, 2009, 25(09): 41-45.
- [4] 张薇. 基于活跃度的城市绿道规划评价体系研究[D]. 天津: 天津大学, 2018.
- [5] JULIEN C, JAMES M. Landscape Typology and Ecological Connectivity Assessment to Inform Greenway Designly[J]. Science of the Total Environment, 2019, 651(2): 3241-3252.
- [6] 王志芳,孙鹏. 遗产廊道——一种较新的遗产保护方法[J]. 中国园林, 2001(05): 86-89.
- [7] 王亚南,张晓佳,卢曼青. 基于遗产廊道构建的城市绿地系统规划探索[J]. 中国园林, 2010, 26(12): 85-87.
- [8] 张笑笑. 城市游憩型绿道的选线研究[D]. 上海: 同济大学, 2008.
- [9] 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.
- [10] TENG M J, WU C G, ZHOU Z X, et al. Multipurpose Greenway Planning for Changing Cities: A Framework Integrating Priorities and a Least-cost Path Modelly[J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 103(1): 1-14.
- [11] MCHARG L. Design with Nature[M]. New York: The Natural History Press, 1969.
- [12] MILLER W, COLLINS M G, STEINER F R, et al. An Approach for Greenway Suitability Analysis[J]. Landscape and Urban Planning, 1998, 42(2-4): 91-105.
- [13] CONINE A, XIANG W N, YOUNG J, et al. Planning for Multi-purpose Greenways in Concord, North Carolina[J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 68(2-3): 271-287.
- [14] 郑晓兴,孙铭,陈鹰,等. 基于GIS和人工神经网络模型的区域生态旅游适宜度评价——以浙江省为例[J]. 生态学杂志, 2006(11): 1435-1441.
- [15] 郭祥,范建容,朱万泽,等. 基于GIS的四川省油橄榄生态适宜性模糊综合评价[J]. 生态学杂志, 2010, 29(03): 586-591.
- [16] 吴晓安. 基于MCR的南京新港石刻绿道网络构建方法研究[D]. 南京: 东南大学, 2024.
- [17] 周盼,吴雪飞,陶丹凤,等. 基于多重目标的绿道选线规划研究——以草原丝绸之路(元上都至元中都段)文化线路为例[J]. 规划师, 2014, 30(08): 121-126.
- [18] 林墨飞,矫红运,李珍. 内蒙古沿边地区生态旅游绿

道选线研究——以陈巴尔虎旗为例[J]. 干旱区地理, 2024, 47(11): 1970-1980.

- [19] 陈燕飞,杜鹏飞. 基于最小累积阻力模型的城市用地扩展分析[C]// 和谐城市规划——2007中国城市规划年会论文集. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2007: 6.
- [20] 张玮. 基于最小累积阻力模型的绿道选线研究[D]. 太原: 山西农业大学, 2019.
- [21] 刘姣姣. 山水城市视角下的桂林市中心城区绿道选线研究[D]. 桂林: 桂林理工大学, 2023.
- [22] 查轩,黄少燕,陈世发. 退化红壤地土壤侵蚀与坡度坡向的关系——基于GIS的研究[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(02): 32-39.
- [23] 吴迪. 葫芦岛中心城区绿道网络规划研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2019.
- [24] 王燕. 基于生态适宜性分析的秦岭北麓西安段绿道选线方法研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2020.
- [25] 李海龙. 基于最小累积阻力模型的川西高原绿道游径系统线路规划方法研究——以康定市为例[J]. 城市发展研究, 2018, 25(11): 58-64.
- [26] 张进宝. 太原森林城市体系建设布局与发展目标[J]. 山西林业科技, 2020, 49(02): 58-60.
- [27] 李萍萍. 基于太原历史名城保护下的文化绿道规划研究[J]. 山西建筑, 2016, 42(17): 15-16.