

大数据背景下北京市大型居住区通勤绿道选线研究

Big Data-based Commuter Greenway Selection in Large Residential Areas of Beijing

梁军辉 杜洋* 赛金波 黄昱然

LIANG Junhui, DU Yang*, SAI Jinbo, HUANG Yuran

中图分类号: TU986

文献标识码: A

文章编号: 1673-1530(2018)08-0030-06

DOI: 10.14085/j.fjyl.2018.08.0030.06

收稿日期: 2018-05-23

修回日期: 2018-07-03

梁军辉/1989年生/男/河南人/硕士/北京清华同衡规划设计研究院规划师/研究方向为大数据挖掘与分析(北京 100085)

LIANG Junhui, born in 1989 in Henan Province, is an urban planner with a master's degree in the Beijing Tsinghua Tongheng Urban Planning and Design Institute. His research focuses on big data mining and analysis (Beijing 100085).

杜洋/1991年生/男/河南人/硕士/北京清华同衡规划设计研究院规划师/研究方向为行为地理(北京 100085)

通信作者邮箱(Corresponding author Email): duyang@thupdi.com.

DU Yang, born in 1991 in Henan Province, is an urban planner with a master's Degree in the Beijing Tsinghua Tongheng Urban Planning and Design Institute. His research focuses on behavioral geography (Beijing 100085).

赛金波/1992年生/女/山东人/硕士/北京清华同衡规划设计研究院景观规划设计师/研究方向为风景园林规划与设计(北京 100085)

SAI Jinbo, born in 1992 in Shangdong Province, is a landscape architect with a master's degree in the Beijing Tsinghua Tongheng Urban Planning and Design Institute. Her research focuses on landscape planning and design (Beijing 100085).

黄昱然/1991年生/男/湖南人/北京大学政府管理学院在读博士研究生/研究方向为区域经济(北京 100871)

HUANG Yuran, born in 1991 in Hunan Province, is a doctoral candidate in the School of Government, Peking University. His research focuses on regional economies (Beijing 100871).

摘要:近年来,随着城市交通拥堵和环境污染等问题的日益凸显,自行车作为通勤出行方式的地位逐渐上升,通勤者对建立不受机动车干扰的、连续的、具备通勤功能的城市绿色道路的需求也在不断增加。绿色道路的线路建设不仅要保障空间可实施性和交通环境质量,还要与居民的通勤出行需求紧密结合,实现绿道使用的综合效益最大化。基于此,研究以北京市回龙观地区为对象,采用与居民出行行为有关的数据,识别郊区居民中短程通勤特征,划定主要通勤范围,探究基于居民真实出行的多源大数据的选线方法,通过基于通勤出行需求强度与吸引强度的绿道节点甄选与路段适宜性的评价分析。最后,通过GIS网络分析功能进行最优线路选择,并结合城市公园、绿地、河流等资源的分布情况进行修正,形成一条满足居民通勤需求的、完整互联的、安全的且具备较强实施性的绿色通道。最终达到降低居民通勤时耗、提升区域可达性、完善城市慢行系统网络的目的。
关键词:风景园林;绿道;通勤绿道;选线;大数据;北京市

Abstract: In recent years, the problems of urban traffic congestion and environmental pollution have become increasingly more obvious, which makes bike riding more popular in big cities. The need to build a continuous, non-motorized greenway for commuters is increasing in many cities. The construction of greenway should not only ensure the space availability and quality of traffic environment, but also meet the needs of residents for maximized comprehensive benefits. Based on this, with Huilongguan communities in Beijing as the research object, we evaluate and analyze the node elements of demands and attractions, in view of the metropolitan suburban short and medium-distance commuting requirements, to explore greenway selection method, based on real commuting big data of the residents. Finally, the best route is selected with the aid of GIS, and the attracting nodes are modified according to the distribution of resources such as city parks, green land, rivers, in order to build a well-connected and safe commuting greenway equipped with good infrastructures. The greenway may save commuting fare and time, improve the region accessibility and non-motorized traffic of big cities.

Keywords: landscape architecture; greenway; commuting greenway; route selection; big data; Beijing

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],是城市规划中一种重要的空间类型,与城市居民的生活息息相关。近年来,随着城市交通拥堵和环境污染等问题的日益凸显,居民健康意识的快速提升,人们寻求绿色、低碳出行方式的愿望愈加强烈。城市绿道的建设发展正是人们为改善城市绿色空间环境、倡导绿色健康出行以及践行低碳出行方式所采用的

一种重要措施,这对于缓解城市交通拥堵、提升居民出行满意度和实现城市资源的有效利用具有重要意义^[2-3]。然而,已有城市绿道多以休闲游憩为主要功能,随着骑行作为通勤出行方式地位的上升,特别是在2016年之后,兴起的“共享单车”更是将居民的骑行出行热潮推向一个新高度,通勤者对建立与居民通勤出行需求紧密结合绿色道路建设提出了新的挑战。

因此,研究所指的“通勤绿道”正是以居民通勤出行为主要出发点提出的绿道概念,属

于交通型城市绿道，是城市慢行交通系统的一部分。即在居民通勤出行的密集区域，依据居民通勤出行需求特征，构建在满足居民自行车+步行出行需求的主要条件下，又兼具展示城市地域景观或历史特性、休闲游憩、城市生态资源保护等功能于一体的、一条不受机动车干扰的、安全的、完整连续的上下班通行专用绿道^[4-5]。那么，如何在有限的土地资源、破碎的绿色空间架构下，通勤绿道如何选线对于重新构建高效的道路绿色通勤功能显得尤为重要。

中国城市绿道网络规划依靠自上而下的政府决策，对选线落位缺乏科学支撑，同时由于行政界线和规划片区的分割，对网络结构、形态以及空间联系上缺乏整合，客观上强化了绿道的破碎化^[6]。近年来，基于多因素模拟评估的选线方法逐步受到重视，比较成熟的包括适宜性分析法、AHP 层次法、德尔菲专家打分法等，选线流程概括为：评价各项资源—论证连接路径—得分计算与处理—依据得分选线^[7]。已有基于这些方法的研究，都在试图构建多因素模型，模拟绿道空间对使用者感受的影响，努力实现空间意义上绿道线路的最优。但是，由于数据获取的局限，研究往往缺乏对绿道使用者的研究以及对居民自身习惯的学习和出行需求的认知^[8-9]。

随着大数据分析方法与数据采集方法的发展，在城市微观尺度上认知居民的出行需求和出行特征成为可能，为多因素模拟评估方法的优化提供了机遇。本研究基于多源数据融合方法与 GIS 网络分析方法，以北京市回龙观地区为例，综合该区域居民中短程通勤出行特征、区域空间建设条件，对绿道布局的供需影响因素加以整合，来探究基于居民真实出行多源大数据的通勤绿道选线方法，为今后城市通勤绿道布局方案的规划与实施提供一定的参考。

1 基于大数据分析的通勤绿道选线技术路径

1.1 研究区域确定

本文选取包含北京郊区大型居住区的回龙观地区作为研究对象（图 1），北京市最大的

居住社区——回龙观社区居住人口数量达 30 多万^[10]，是典型的“卧城”，其大部分居民工作于上地、中关村等的商业或科技园区内，居民职住分离程度较高。据 2016 年调查数据显示，回龙观社区有近 20% 的人在中关村上班，有超过 16% 的人在上地工作；有超过 40% 的居民习惯用自驾车进行通勤出行，经常因交通拥堵而使得每天需花费 1~1.5h 到达目的地。而回龙观到上地的距离只有 6.3km，若按照直线距离计算，骑自行车上班只需要 20~30min 就可到达（自行车时速一般是 10~20km/h）^[11]。

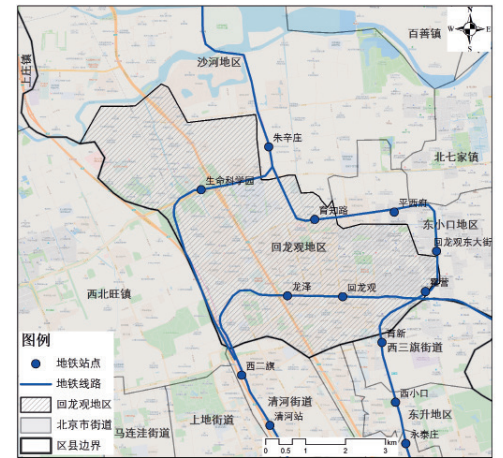
1.2 研究数据

本文研究数据主要包括：

1) 北京市 2016 年 9 月完整 2 周的 1km×1km 手机信令网格数据，数据来源于移动电话运营商。网格数据内容主要包括居民的居住地网格与对应的工作地网格位置，以及各网格之间的联系人数。2) 北京市 2016 年 9 月完整一周的公交、地铁刷卡记录，数据来源于北京市公交公司。数据内容主要包括刷卡上下车地点与对应的上下车时间等信息。3) 北京市 2016 年 9 月份完整一个月的共享单车数据，数据来源于摩拜科技有限公司。数据内容主要包括单车骑行的起点、终点以及对应的起点、终点时间等信息。4) 北京市 2016 年 POI 数据，数据来源于高德地图（ditu.amap.com）。数据内容主要包括北京市各类社会基础设施的类别、位置等属性信息。5) 北京市 DEM 数据与北京市 2016 年 9 月 Landsat-8 遥感影像数据，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（www.gscloud.cn）。

1.3 通勤绿道连接对象特征

通勤绿道连接对象特征从其功能类型上看，主要为城市居民提供短距离接驳公共交通和中、短距离通勤出行的服务；从空间作用上看，主要是将具有中、短距离职住需求的两地建立安全、快速的空间联系，同时兼具提升城市景观生态的功能作用。根据通勤绿道的功能特点，本文将连接对象分为两大类，即通勤出行需求端与通勤出行吸引端。其中，通勤出行需求端是居民出行向外扩散的起点，主要是以城市社区为核心的城市居民聚集地区、公共交通站点等区域，这部分区域通勤出行最为强



1 研究区域
Research areas

烈，应优先考虑通勤绿道的建设。通勤出行吸引端是吸引居民通勤出行经过或到达的被连接对象，主要包括公司企业、科研教育机构等就业、教育资源聚集区，以及公园绿地、风景区等绿地生态型游憩资源聚集区。通常越具有吸引力的区域通勤绿道建设的价值越高。通勤绿道选线规划则是在通勤出行需求端和通勤出行行为吸引端之间建立联系，构建兼具通勤和景观生态服务的绿道网络^[8]。

1.4 基于大数据的通勤绿道选线方法

具体选线思路过程如图 2 所示（图 2），根据通勤绿道连接对象特征，本文利用手机信令识别的回龙观地区居民居住地与就业地，研究回龙观地区有工作人口的通勤出行空间分布特征，以确定该地区有工作人口的主要通勤方向与主要通勤范围。

在此基础上，利用公交与地铁站点的刷卡数据，确定回龙观地区频率高的通勤出行需求站点与其通勤范围内频率高的通勤出行吸引站点，作为居民公共交通通勤出行的需求与吸引节点；利用共享单车数据研究居民通勤出行中单车骑行行为特征，以确定居民单车通勤出行的需求与吸引节点；利用 POI 数据，提取主要通勤范围内的商业大厦、公司企业、科研教育机构、公园绿地、风景区等类别进行密度计算，然后筛选出主要通勤范围内基础设施分布密集的区域，从而确定通勤绿道网络重点连接的吸引通勤出行经过或到达的上学、工作与游憩资源聚集的区域。

综合分析路段两侧一定范围内的供需信息与其他要素信息（如坡度、绿化覆盖率等），采用 AHP 方法获得通勤绿道选线所需的路段适宜性得分；利用 ArcGIS 的网络分析模块进行通勤绿道选线的最佳路径分析。在此基础上根据实地路线状况进行适当调整，最终形成的线路即为回龙观地区的通勤绿道最优选线结果。

2 通勤绿道选线规划

2.1 基于大数据分析的通勤绿道节点筛选

2.1.1 主要通勤范围分析

基于手机信数据对回龙观居民的职住关系分析可看出（图 3），回龙观地区居民的就业地主要分布在回龙观南部与西部区域，其中就业人口数量在上地街道、西北旺镇、中关村街道、清河街道等区域分布最多。基于此，本文拟定回龙观地区主要通勤范围：如图 3 中斜线部分区域所示。回龙观地区在该范围内工作的人口数量占在全北京区域工作人口全部数量的 50.31%。

2.1.2 主要通勤范围内通勤绿道节点筛选

对应通勤绿道的功能特点，绿道的连接节点应设置在人群出行活动密集的居住区、就业 / 科研教育集聚区、公共交通枢纽区以及景观生态条件好的游憩资源等区域。在路线选取方面，除考虑路段两侧区域的吸引或需求强度外，还考虑路段的坡度变化、路段绿化覆·盖率以及路段等级等因素。为便于对各连接功能节点进行整合叠加，最终形成通勤绿道选线的适宜性评价价值，本文对连续性数值的指标均采用 9 分制，并以自然间断点分级方法，将通勤出行需求端与吸引端指标按强度大小分为 5 级，各级别分值分别为 1、3、5、7、9，分值越高越适合作为通勤绿道的节点；对于离散性指标如游憩资源，按照绿地面积大小、景点级别与重要性程度进行分级赋值 [12]。

1) 通勤绿道需求端要素评价。

通勤出行需求节点评价指标如表 1 所示（表 1），数据分析发现史各庄居住社区与回龙观居住社区是回龙观地区居住人口密集区，也是共享单车需求较高的区域（图 4）。公共

交通需求水平较高区域主要位于龙泽地铁站、回龙观地铁站与霍营地铁站，以及史各庄居住社区周边的公交站点，回龙观居住社区距离地铁站较远的区域公交站点的需求水平要高于其他区域的公交站点（图 5）。

2) 通勤绿道吸引端要素评价。

通勤出行吸引端节点评价指标如表 2 所示（表 2），数据分析发现：

A：就业集聚区域主要分布在上地街道、海淀街道、中关村街道等区域（图 6-1）；科研教育集聚区域主要分布燕园街道、清华园街道、海淀街道、中关村街道以及学院路街道和花园路街道，这些街道是大学、中学以及各类科研院所的集聚区（图 6-2）。

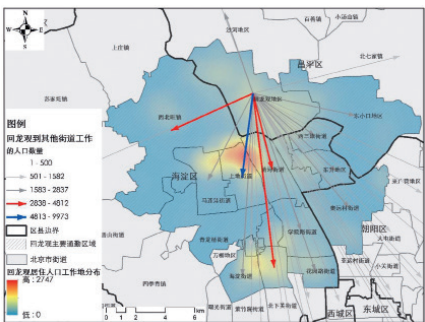
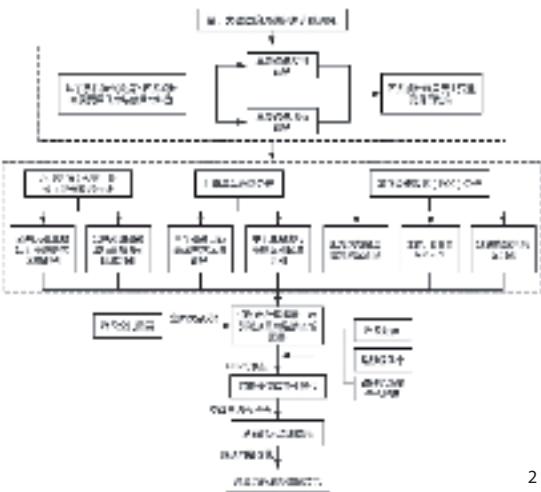
B：公共交通下车刷卡量较大的站点主要分布在就业与教育集聚区内，如地铁下车刷卡量较大的站点主要分布在西二旗站、上地站、五道口站、中关村站、知春路站、大钟寺站等站点（图 7-1）。公交出行客流量较大的站点主要分布在回龙观地区内部及其周边地铁站点周边，少部分客流量较大的站点分布在祁家豁子、马甸桥南等站点（图 7-2）。

C：骑行主要以近距离出行为主，主要分为两类：一类是接驳回龙观地区内的地铁或公交站点，然后利用地铁或公交进行通勤，如生命科学园站、回龙观站、龙泽站等地铁站周边有非常活跃的骑行到达活动。另一类是直接利用单车骑行到达目的地，如直接到达中关村软件园、新浪总部大厦、东升科技园等就业区域（图 8-1）。

D：游憩资源集聚区主要分布着颐和园、奥林匹克森林公园、百望山森林公园等大型公园绿地，以及零星分布的风景名胜与河流湖泊区域（图 8-2）。

3) 通勤绿道其他相关要素评价。

根据通勤绿道具备的安全、快速、景观生态的功能作用，本文选择道路等级、道路两侧的植被覆盖状况（绿化覆盖率）以及道路坡度变化（图 9）作为连接路段适宜性的评价指标（表 3），分值计算原理如图 10 所示。其中，城市道路等级是按照《城市道路设计规范》（CJJ37-90）将城市道路分为支路、次干道、主干道和快速路。一般来说，城市快速道路车流量较大，相



2 选线方法框架图

Framework of path-selection method

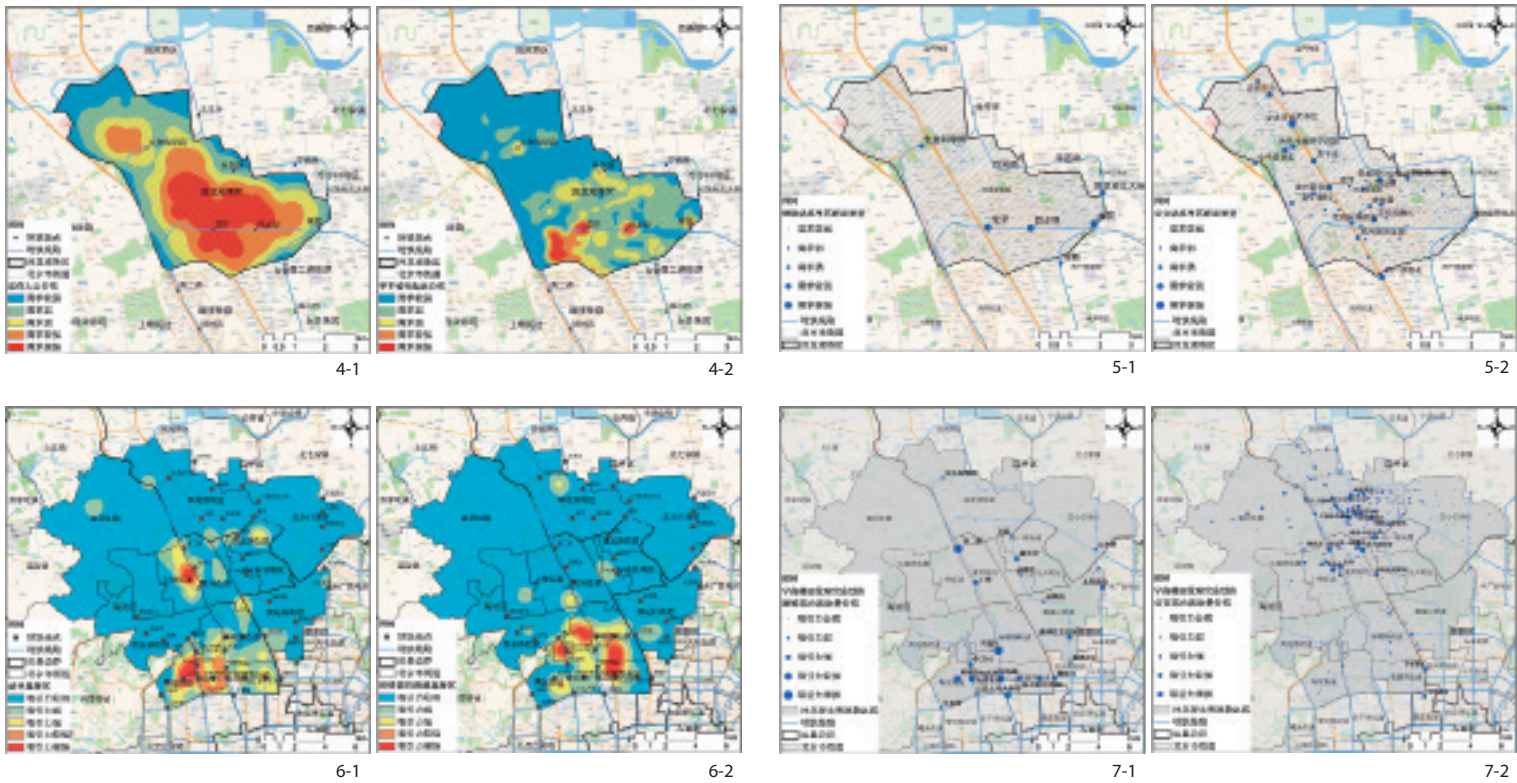
3 回龙观居民主要通勤范围与工作地分布

The main commuting range and main workplace of Huilongguan residents

表 1 需求端节点要素分级评价

Tab. 1 Node elements grading evaluation of demand side

需求端节点要素类别				通勤需求强度	需求强度得分
早高峰公交站需求量 (上车刷卡量) / 人次	早高峰地铁站需求量 (上车刷卡量) / 人次	骑行需求量 (核密度)	回龙观地区居住人口分布 (核密度)		
6~335	4 325~4 830	0~109	28~268	较弱	1
335~960	4 830~13 127	109~382	268~431	弱	3
960~1 906	13 127~13 685	382~819	431~598	强	5
1 906~3 083	13 685~19 331	819~1 452	598~773	较强	7
3 083~6 311	19 331~28 340	1 452~2 784	773~1 017	很强	9



4-1 回龙观地区居住人口分布
Resident distribution in Huilongguan area
4-2 回龙观地区单车骑行起点分布
Bicycle starting point distribution
5-1 早高峰回龙观地铁站点出发客流量
Departure passenger flow of Huilongguan subway station during early peak
5-2 早高峰回龙观公交站点出发客流量
Departure passenger flow of Huilongguan bus station during early peak
6-1 就业集聚区分布
Distribution of employment and research
6-2 科研教育资源集聚区分布
Distribution of education center during early peak
7-1 早高峰回龙观出发到达地铁站点客流分布
Subway station passenger flow departed from Huilongguan during early peak
7-2 早高峰回龙观出发到达公交站点客流分布
Bus station passenger flow departed from Huilongguan during early peak

对非机动车使用者危险性较高，往往不适宜通勤绿道建设，而等级较低的道路则相对适宜^[6]。道路两侧的植被覆盖度是衡量道路绿化水平的重要指标^[12]。

2.2 通勤绿道选线适宜性评价

综合通勤出行吸引端、需求端与其他相关要素的分析，通勤绿道选线影响因素的类别主要分点状要素与面状要素两部分。为便于将指标因子评价分值归于路段要素上，本文首先将点要素进行 300m 缓冲分析，用点要素评价分值对该范围内的路段进行赋值；将路段要素中心线向两侧缓冲 100m，统计其缓冲范围内栅格要素均值即为该路段分值^①。然后对吸引端（就业集聚区、科研教育集聚区与骑行到达区域核密度分布）与需求端（居住人口与单车骑行起点核密度分布）栅格要素分别进行等权重叠加，得出面状栅格要素吸引强度值与需求强度值。最后用层次分析法得出处理后归并到路

段的各指标因子权重（表 4）^②，并对具体结果用自然间断点分类方法分为 5 级，最终得到通勤绿道选线适宜性评价结果（图 11）。

结果显示，需求强度较大路段均集中在通勤出行需求较大的龙泽、回龙观地铁站周边的居住区，吸引强度较大的路段则主要分布在西二旗、上地以及中关村等回龙观居民通勤主要目的地区域。这表明，以上路段适宜性得分处理方法得当，可以作为回龙观居民实际通勤出行范围内通勤绿道选线的可靠依据。

2.3 通勤绿道选线

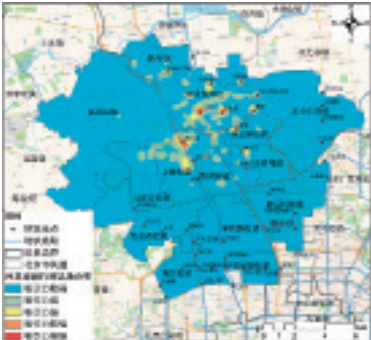
由于居民出行的起点与终点行为均发生在路段，且路段的需求强度与吸引强度能够反映区域范围内居民的通勤出行状况。因此，根据路段适宜性得分结果，通过 GIS 中的 Network Analyst 模块创建通勤绿道选线适宜性网络，以路段的适宜性得分的倒数作为路段的阻抗值，设置需求 / 吸引力很强与较强的

路段中点为“停靠点”，然后依次进行最优路径分析。最后，将最优路径进行人工修正，使大型公园绿地、居住社区、大学校园等开放、半开放地块周边的绿道线路尽可能穿园（区）或紧邻园（区）而过，以提升通勤绿道的可达性与游憩功能。通勤绿道的最终选线方案如图 12 所示，根据通勤绿道需求端与吸引端强度特点，将需求力很强与吸引力很强节点之间的连接线路定为主干道，以承载回龙观地区主要通勤人流，将需求力很强与吸引力较强、需求力较强与吸引力很强、需求力较强与吸引力较强节点之间的线路定为次干道，以分流通勤绿道主干道上的人流（图 12）。此外，从图中还可以看出，选线方案中的主次干道均连接了通勤出行量较大的地铁站点与公交站点。

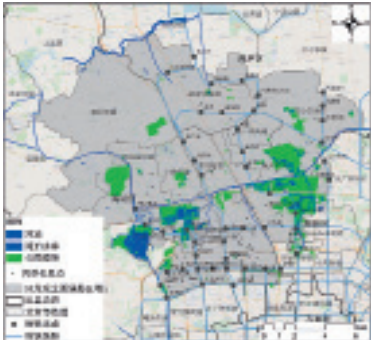
通勤绿道规划选线主干道总长度 83.3km（其中沿 G6 辅路绿道为双向线路），通勤绿

表 2 吸引端节点要素分级评价
Tab. 2 Node elements grading evaluation of attracting side

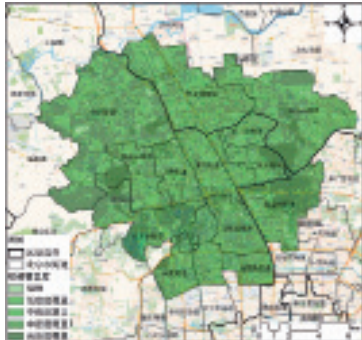
吸引端节点要素类别						通勤吸引强度 级别	吸引强度得分
早高峰公交站吸引力 (下车刷卡量)	早高峰地铁站吸引力 (下车刷卡量)	骑行吸引力 (核密度)	就业集聚区 (核密度)	教育集聚区 (核密度)	游憩资源集聚区		
1~110	33~453	0~91	0~28	0~9	公园绿地面积小于 5hm ² ; 零散的商业、体育、文化用地以及县、区级文物保护单位等	较弱	1
110~355	453~1 158	91~418	28~92	9~29	公园绿地面积介于 5~10 hm ² ; 市级文物保护单位、功能区博物馆、展览馆、艺术馆等	弱	3
355~787	1 158~2 698	418~1 180	92~193	29~59	公园绿地面积介于 10~20 hm ² ; 3A 级风景旅游区、省级文物保护单位、区级博物馆、展览馆、艺术馆等	强	5
787~1 329	2 698~4 563	1 180~2 433	193~358	59~102	公园绿地面积介于 20~50 hm ² ; 城市主要景观河道、4A 级风景旅游区、全国重点文物保护单位、省级历史文化街区与遗址公园等	较强	7
1 329~2 398	4 563~12 853	2 433~4 630	358~600	102~158	公园绿地面积大于 50 hm ² ; 世界文化遗产、国家级遗址公园、国家 5A 级旅游景区等	很强	9



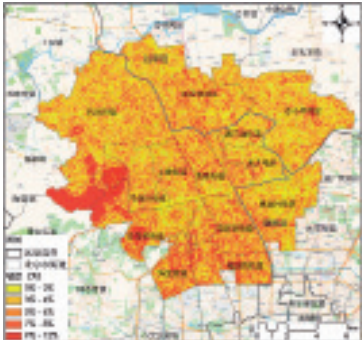
8-1



8-2

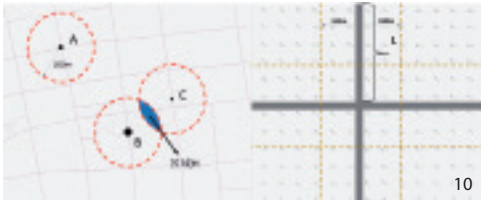


9-1



9-2

道规划选线次干道总长度 159.2km。其中，回龙观到上地产业园有两条路径，从回龙观地铁站出发经龙泽地铁站或南店北路，然后一直向南到达回龙观桥后向南沿 G6 辅路进入西二旗大街，或到达西三旗桥后进入安宁庄路，最后到达上地产业园，长度均约为 5km。从回龙观地铁站到达中关村地铁站主要有一条路径，前半段与到达上地产业园路径相同，后半段主要经过上地西街—信息路—中关村北大街—中关村大街，最终到达中关村地铁站，长度在 15km 范围内。从回龙观地铁站到牡丹园地铁站与五道口地铁站线路也主要有一条线路，到达牡丹园的线路主要沿 G6 辅路经过健德门地铁站，然后向西到达；到达五道口地铁站的线路主要沿 G6 辅路经西三旗桥后再一路向南进入双清路，最后进入荷清路到达五道口站，两条路径长度分别约为 14km 与 11km。若按照 15km/h 的骑行速度计算，通勤时段从回龙观骑行到达上地、中关村、牡丹园等就业区域，



10 赋值原理示意图
Schematic diagram of assignment principle

出行耗时要少于机动出行，提高了回龙观居民的出行便捷性。

3 结论与讨论

绿道的建设与发展已不再局限于满足居民的休闲、娱乐以及城市的景观生态功能，而是逐渐趋向于满足居民的通勤功能，以实现城市各区域间居民的便捷出行。本文正是根据绿道这一新的研究方向，针对大型居住区居民中短程通勤需求开展的通勤绿道选线研究。2016 年，北京市确定规划建设首条由回龙观至中关村的“自行车高速”^[11]，是通勤绿道建

- 8-1 早高峰回龙观地区单车出发到达地分布
Arrival distribution departed from Huilongguan by bicycle during early peak
- 8-2 游憩资源集聚区
Distribution of recreational resources cluster
- 9-1 植被覆盖度
Vegetation coverage
- 9-2 地形坡度
Topographic slope

设的首次尝试，但其基于经验确定选线的方法存在一定的局限性，难以基于不同区域进行大范围多条线路的选择。而本文基于多源大数据对通勤绿道选线方法的探究正弥补了这一不足之处。回龙观地区居民通勤绿道的选线案例表明，该选线方法可根据重要通勤节点区分为通勤绿道主干道与次干道，为通勤绿道的等级划分与落地实施提供一定帮助。此外，该选线方法可根据多个通勤节点之间的关系得出多种路径选择方案，且能够较为全面地覆盖区域内的主要通勤节点，并形成连续的道路网络系统。

- 11 路段需求及吸引强度值
- Segment demand and attraction strength value
- 11-1 路段需求强度
- Segment demand strength value
- 11-2 路段吸引强度
- Segment attraction strength value
- 12 通勤绿道的最终选线方案
- Final path-selection of commuting greenway

为此，在大城市郊区通勤绿道网络的建设实施中，应首先注重大尺度绿道空间网络骨架的搭建，优先考虑大型居住社区与城市就业中心长距离主干绿道建设；其次，强化城市公共空间建设与居民需求的衔接，结合绿道建设环境和居民真实的出行意愿，提出建设计划；最后，在建设过程中要注重吸取传统绿道建设的经验，注重人车分流，丰富游憩服务设施，改善绿道综合效能。但是，本文仍存在一定的不足，由于数据获取的困难，本文对道路沿线的绿色空间与道路本身的坡度变化这两个因子的表征粒度较粗，是论文今后要改进的方向。

致谢：
感谢清华同衡规划设计研究院技术创新中心副主任李栋博士在论文思路方面提供的指导。

- 注释：
- ① 图 10-1 为点要素赋值属性给路段原理示意图，区域 H 为 B、C 两站点缓冲区交叉区域，其中 B 站点吸引 / 需求强度大于 C 站点，其覆盖路段取 B 站点分值；图 10-2 为面状要素赋值属性给路段原理示意图，路段 L100m 缓冲区内栅格分值的均值即为 L 的分。
- ② 路段吸引强度与需求强度指标判断矩阵的一致性比率 CR 分别为 0.02 与 0.03，均小于 0.1，表明各指标权重设置较为合理。AHP 计算在该网站实现：<http://www.isc.senshu-u.ac.jp/~thc0456/EAHP/AHPweb.html>。
- ③ 文中图表均为作者根据研究结果自绘。

参考文献 (References)：

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 绿道设计导则 [Z]. 2016-9-21.

Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Guidelines for the Design of The Greenway[Z]. 2016-9-21.

[2] 徐文辉. 城市“慢行空间”与绿道建设 [J]. 风景园林, 2012 (6) : 155-156.

XU Wenhui. Urban Non-motorized Space and Greenway Construction[J]. Landscape Architecture, 2012(6): 155-156.

[3] 傅凡. 城市绿道与步行系统 [J]. 风景园林, 2012 (6) : 157.



表 3 通勤绿道其他相关要素分级评价

Tab. 3 Grading evaluation of commuting greenway and other relevant elements

适宜性要素类别			适宜性得分
坡度 /%	植被覆盖度	路段等级	
8%~75%	0%~10% 裸地	—	1
6%~8%	10%~30% 低密度覆盖	快速路	3
4%~6%	30%~45% 中低密度覆盖	主干道	5
2%~4%	45%~60% 中密度覆盖	次干道	7
0%~2%	60%~100% 高密度覆盖	支路	9

表 4 通勤出行选线适宜性各指标权重

Tab. 4 Index weight of commuting path-selection suitability

指标	权重	
路段吸引强度指标	路段两侧区域吸引强度	0.359
	路段两侧地铁站点吸引强度	0.241
	路段两侧公交站点吸引强度	0.159
	路段两侧游憩资源	0.105
	路段两侧植被覆盖度	0.066
	路段坡度变化	0.044
	路段道路等级	0.027
路段需求强度指标	路段两侧区域需求强度	0.637
	路段两侧地铁站点需求强度	0.258
	路段两侧地铁站点需求强度	0.105

FU Fan. Urban Greenway and Pedestrian System[J]. Landscape Architecture, 2012(6): 157.

[4] 曹亚妮. 城市高校密集区通勤绿道设计研究 [D]. 武汉: 湖北工业大学, 2017.

CAO Yani. Research of Commuting Greenway Design in Urbanuniversity-intensive Areas[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2017.

[5] 邱健. 基于通勤出行行为的城市通勤绿道设计探索 [D]. 成都: 四川农业大学, 2012.

QIU Jian. Research of Urban Commuting Greenway Design Based on Commuting Travel Behavior Theory[D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2012.

[6] 朱安娜, 王德. 基于“吸引—阻力”分析模型的城市高密度地区绿道建设选线研究 [C]// 中国风景园林学会. 中国风景园林学会 2016 年论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016: 312-316.

ZHU Anna, WANG De. A Research on Green Way Route Selection in Urban High-density Areas Based on 'Attract-Resistance' Analysis Model[C]// Chinese Society of Landscape Architecture. Chinese Society of Landscape Architecture Conference Proceedings 2016. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016: 312-316.

[7] 王晓晖. 都市型绿道选线方法研究 [J]. 城镇规划, 2016 (6) : 40-57.

WANG Xiaohui. Research on Urban Green Line Selection Method[J]. Urban Planning, 2016(6): 40-57.

[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.

ZHOU Conghui. Layout Planning Method of Greenways

in Central Urban Area Based on Route Selection Potential Quantitative Evaluation[J]. Chinese Landscape Architecture, 2016, 32(10): 104-109.

[9] 王树盛, 黄富民. 基于公共因子的慢行环境改善效果预评估方法: 以常州南部新城为例 [J]. 上海城市规划, 2015 (5): 93-98.

WANG Shusheng, HUANG Fumin. Evaluation Methods of Non-motorized Transportation Environment Improvement Based on Public Factors: A Case Study of Changzhou South New Town[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(5): 93-98.

[10] 许晓霞, 柴彦威, 颜亚宁. 郊区巨型社区的活动空间: 基于北京市的调查 [J]. 城市发展研究, 2010, 17 (11) : 41-49.

XU Xiaoxia, CHAI Yanwei, YAN Yaning. Activity Space of Suburban Mega-Community Residents : Evidence from Beijing Household Activity-Diary Survey Data[J]. Urban Studies, 2010, 17(11): 41-49.

[11] 耿诺. 回龙观要建全市首条自行车“高速” [N]. 北京日报, 2016-07-13(005).

GENG Nuo. Huilongguan Wants to Build the City's First Bicycle "High Speed"[N]. Beijing Daily, 2016-07-13(005).

[12] 周年兴, 俞孔坚, 黄震方. 绿道及其研究进展 [J]. 生态学报, 2006 (9) : 3108-3116.

ZHOU Nianxing, YU KongJian, HUANG Zhenfang. Perspectives on Greenway Development[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006(9): 3108-3116.

(编辑 / 陈汪丹)