

基于空间句法的骑行尺度城市道路特征研究

——以长春市南关区为例

马辉,莫霆恩*

(吉林建筑大学艺术设计学院,长春 130118)

摘要:随着城市交通系统的快速发展,城市道路骑行需求日益增长,对城市空间结构的优化提出了新的要求。以长春市南关区为研究对象,基于空间句法理论,通过整合度、选择度等指标参数量化分析城市道路特征,并整合道路参数用以评价骑行空间。通过 AutoCAD 和 Depthmap 软件,对南关区的城市道路空间结构进行了深入分析。结果表明,在骑行尺度下南关区北部道路布局较好,但有部分路段空间连通性存在不足,南部地区道路可达性和选择度较低,影响骑行体验和效率。针对分析结果,提出了优化城市道路骑行空间的策略,包括改善关键节点的连通性、增强道路网络的整合度以及提升骑行环境的安全性和舒适性,这些策略旨在提高南关区的城市道路骑行满足度,促进城市交通系统的可持续发展。不仅为城市道路骑行环境提供了量化评价的新视角,也为城市规划和交通管理提供了理论依据和实践指导。

关键词:空间句法;城市道路;骑行尺度;城市设计

中图分类号:TU984.16

文献标志码:A

文章编号:1672-2736(2025)04-0003-8

0 引言

在当前城市化进程不断加速的背景下,城市交通领域所面临的诸多挑战,如交通拥堵、空气污染和能源消耗等问题正日益凸显,对城市的可持续发展构成了严峻挑战^[1]。同时,响应《中共中央国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》中提出的“加强人行步道和自行车专用道等城市慢行系统建设”的要求,推动“步行和自行车友好城市”建设,成为当前城市交通发展的重要方向。非机动车出行作为城市交通网络的重要组成部分,其对于提升城市居民的生活质量、减少环境污染以及促进城市的可持续发展具有不可忽视的作用^[2]。因此,优化非机动车出行环境,构建高效、便捷、安全的非机动车交通系统,对于实现城市交通的可持续发展具有重要意义。

空间句法作为一种分析城市空间结构和行为模式的科学工具,在城市慢行系统的设计和优化中扮演着重要角色。通过轴线分析等量化技

术,能够精确识别慢行系统中的关键节点与主要路径,为慢行网络的科学规划提供理论依据,增强空间的连贯性与通行效率。同时利用整合度和选择度等指标,量化评估不同区域的慢行可达性,揭示可达性不足的区域,为改善慢行系统的可达性提供数据支持^[3]。空间句法通过优化慢行路径布局,提高慢行网络的吸引力和使用频率,促进了城市规划、交通工程、环境设计等多个学科的融合,为城市慢行系统的设计提供了跨学科的视角和方法。

本研究选择南关区作为研究对象,目的在于运用科学的分析方法,为该区域的非机动车出行需求分析及道路优化提供理论依据和实践指导。通过这些研究,旨在推动城市交通系统的绿色转型,提升居民出行效率,进而促进城市交通系统的可持续发展。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

南关区作为吉林省长春市主城区的重要组

成部分,扮演着推动长春市现代化城市发展战略的关键角色(图 1)。该区域融合了高新技术产业园区、现代服务业集聚区以及生态居住区等多种功能,展现了其综合性和前瞻性的区域发展特色^[4]。南关区致力于发展高新技术产业、现代服务业以及绿色环保产业,以实现区域经济的可持续增长。面对城市发展中的多元化需求,南关区正积极推进交通、公共服务及生态环境设施的建设,努力打造一个功能完善、生态友好的现代城区。

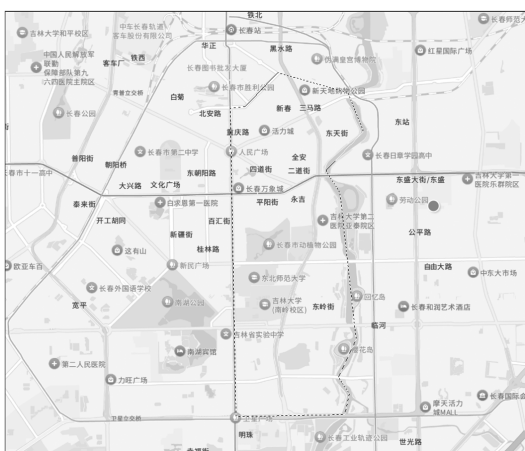


图 1 南关区城区行政范围

1.2 研究方法

空间句法理论由 Bill Hillier 教授及其团队提出,是一种用于量化分析建筑与城市空间的科学方法,该理论通过对空间进行尺度划分和分割,研究空间之间复杂的关系,并探讨空间与人类活动之间的联系^[5]。在本研究中,轴线与线段模型的应用旨在分析出行特征和空间利用状况,进而为城市道路骑行需求预测提供科学依据。轴线模型将连续的空间抽象为线性路径(图 2),表示人们在空间中的运动轨迹以及凸空间之间的连接趋势^[6]。线段模型则是轴线模型的精细化延伸,它通过将轴线模型中的线性路径进一步分解为更小的线段单元,考虑线段之间的角度和距离关系,从而实现对空间可达性和连贯性的精确分析。这种模型的应用为设计师在优化空间布局、提升空间使用效率中提供了有力的工具。

2 长春市南关区空间布局分析

2.1 长春市南关区空间句法模型建立

本研究基于高德地图 2025 年的矢量路网数据,通过 ArcGIS 软件完成所选道路数据整合与预处理;随后将优化后的数据集导入至 CAD 中,并运用该平台绘制轴线图;最终将其输出至 Depthmap 空间句法软件,完成空间构型指标的量化解析。考虑空间句法绘图中的边界效应,为保证模型的准确性,研究将模型范围扩至 2-3km 以外的边界^[7]。根据中国城市规划设计研究院发布的《2024 年度中国主要城市共享单车和共享电单车骑行报告》,我国主要城市单车单次骑行平均距离为 1.5km^[8],在空间句法软件 Depthmap 中通过预设的线段模型、距离和角度选择等算法,结合南关区的街道尺度,选取 1000m、2000m 的半径参数代表骑行空间尺度。

2.2 长春市南关区节点密度分析

通过对长春市南关区不同尺度范围内路网节点数量的空间分布进行可视化分析,能够显著揭示区域内路网密度的空间异质性特征。在路网分析图中,颜色梯度从深到浅的变化直观反映了节点数量的多寡分布,其中深色区域代表高节点密度,浅色区域则对应低节点密度。

路网节点数量作为衡量城市道路网络复杂性和连通性的核心指标之一,其分布特征直接反映了区域交通基础设施的完善程度。在节点密度较高的区域,道路交叉口和连接点数量显著增加,形成了更为复杂的路网结构,这种高密度的路网布局不仅提升了区域的交通可达性,还为居民提供了多样化的路径选择,从而有效缓解交通拥堵并提高出行效率。此外,高节点密度区域通常与居民区和商业区高度重合,这种空间匹配性使得自行车成为短途出行的理想选择,进一步促进了绿色交通方式的发展。

在 1000m 尺度的节点分布图分析中,长春市主城区路网布局呈现出明显的密集性,其中南关区北部区域的集聚现象尤为突出(图 3)。

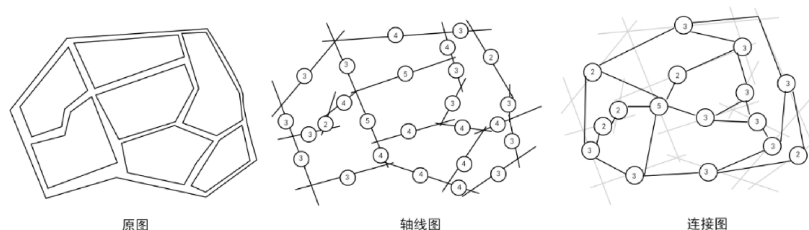


图2 空间句法轴线模型原理



图3 1000m 尺度下节点密度

该区域的路网颜色以深色为主,代表路网密度高,其中包含了主要的交通干道和关键节点;其路网节点数量显著高于周边地区,表明其道路交叉口的频繁和网络系统的高连通性。这种高度密集路网布局不仅反映了该区域交通基础设施的完善程度,也揭示了其在城市交通系统中的核心地位。

在 2000m 尺度的路网节点分布分析中,长春市南关区的节点密度中心向南偏移,主要集中于人民广场周边区域(图 4)。尽管在中心区域周边 1km 范围内节点密度有所降低,但该区域的次级道路网络仍然构成了一个高密度的城市交通网络,显示出南关区在核心区域及外围区域均保持了良好的连通性和可达性。这种路网布局特征表明,南关区不仅在中心区域具有高密度的路网特征,而且在周边区域也维持了一定的交通连通性。因此,在对长春市慢行交通网络的出行特征进行研究时,选择南关区作为研究对象更具代表性,能够更好地反映自行车出行的实际需求和交通特征。

2.3 长春市南关区整合度分析

在进行不同尺度半径的局部整合度分析时,



图4 2000m 尺度下节点密度

南关区内部空间分异特征得以系统性呈现。颜色的深浅直观地映射了区域整合度的高低,其中深色区域代表高整合度值,表明这些区域对周边城市空间具有较高的吸引力,与低整合度区域(浅色)成的空间洼地形成鲜明对比;不仅揭示了南关区内部各部分的空间连通性,也反映了区域的可达性特征^[9]。这种视觉化的明暗呈现表示方法为理解南关区的空间结构和功能布局提供了一种直观的分析工具,有助于城市规划者和研究者识别和优化城市空间的连通性和可达性,进而提升城市空间的整体功能性和吸引力^[10]。

基于南关区核心道路网络结构进行 1000m 半径尺度的局部整合度分析发现南关区北部区域的整合度值显著高于其他地区(图 5、图 6),特别是在人民大街、北京大街沿线及其邻近道路,其中南关区整体平均值为 60.73,人民大街路段平均值为 203.95,北京大街路段平均值为 221.45。此外,解放大路南侧也呈现出次级整合度中心,对周边城市道路产生了明显的中心控制效应。这种整合度的空间分布特征不仅揭示了南关区内部道路网络的连通性和可达性,也反映了不同区域在城市空间结构中的功能定位和影响力。



2000m 半径尺度的整合度分析结果显示,南关区的城市中心呈现出向东南方向的偏移趋势,形成了以北京大街为轴线,向两侧展开的梯形城市道路网络结构(图 7)。这一结构特征表明,在该尺度下,南关区展现出了较强的空间辐射能力,其空间整合度呈现出明显的层级分化,其中南关区平均值为 153.61,北京大街路段平均值为 501.78。高整合度区域意味着这些地区与城市其他区域的连接更为紧密,能够提供多样化的路径选择,并且为区域内的出行提供更为便捷的条件。这种空间整合度的层次性不仅反映了南关区内部道路网络的连通性,也揭示了不同区域在城市空间结构中的功能定位和影响力。



图 7 2000m 尺度下整合度分析
在对南关区不同尺度的整合度值进行分析



时,南部边缘地带表现出了显著的低整合度特征。这些区域通常位于主要交通干道之外,道路布局较为单一,且道路长度较长,导致道路网络的密度较低。由此产生的连通性和空间控制力的不足,表明这些地区与城市其他区域的联系不够紧密。低整合度的区域特征暗示了这些区域的居民可能面临较为不便的出行条件,与城市中心区域相比,他们的出行选择受限,且通达性较差。这种空间整合度的不均衡分布对于城市规划和交通系统优化提出了挑战,需要通过增加交通基础设施和改善道路网络布局来提升这些区域的连通性,以缓解居民出行不便的问题,促进区域间的均衡发展。

2.4 长春市南关区选择度分析

通过对长春市南关区局部选择度分析图的深入解析,可以显著识别出区域内不同地段的选择度差异。该分析图利用颜色深浅直观地展现了南关区各区域的道路布局和交通网络的通行性及重要性,其中深色区域代表高选择度值,浅色区域则代表低选择度值^[11]。

在 1000m 半径尺度的选择度分析中,北京大街路段的选择度最高,而南北向的人民大街则构成了第二高选择度的街道;其中南关区整体平均值为 544.50,人民大街路段平均值为 3356.23,



北京大街路段平均值为 5498.57, 这两条主要街道周边形成了密集的穿行层级网络(图 8)。城区内高选择度的街道表明这些区域是城市交通网络中的关键道路, 承担着高频次的交通流量, 对城区交通的顺畅运行具有决定性的影响。因此, 这些高选择度区域的交通状况对整个城区的交通效率和可达性起着至关重要的作用, 是城市交通规划和管理的重点区域。

2000m 半径尺度下选择度分析结果显示, 人民大街和北京大街成为区域内穿行度最高的街道, 而周边街道的穿行效率则显著下降, 其中南关区平均值为 3361.16, 人民大街路段平均值为 54120.71, 北京大街路段平均值为 49676.50(图 9)。这一现象表明, 南关区的核心交通流量主要集中在这两条主干道上, 而相邻街道的交通选择频次相对较低, 反映出这些次级道路在城市交通网络中扮演的角色较为边缘化。这种交通流量的分布特征提示城市规划和交通管理者, 需要关注主干道路的承载能力和次级道路的优化, 以实现更均衡的交通流量分配, 提升整个城区的交通效率和可达性。

通过不同尺度下的选择度分析发现, 南关区北部区域在城市交通中扮演着关键角色, 承受着较高的出行需求和交通流量。因此, 该区域应被视为低尺度出行规划的重点, 通过优化核心交通网络, 可以有效提升交通系统的运行效率, 并减轻交通拥堵等出行问题。针对该区域的交通网络进行细致规划和改善, 不仅能够提高交通流的



顺畅度, 还能对整个城市的交通状况产生积极影响, 为居民提供更加便捷的出行选择。

3 长春市南关区骑行空间参数分析及优化

3.1 长春市南关区骑行空间参数计算

在不同计算半径尺度下, 南关区城区的整合度和选择度特征数值呈现出明显差异。整合度作为衡量街道对城区空间集聚能力和吸引力的指标, 能够反映一个区域的中心性, 从而指示出居民生活出行的核心区域, 并与较高的骑行出行需求相关联^[12]。而选择度则是基于路径角度产生的选择偏差进行综合考量, 衡量作为最优路径的优势, 揭示特定空间被穿行的可能性, 同时也反映出在骑行状态下, 可能产生的路径及终点选择。在充分考虑整合度和选择度对骑行出行情况的影响下, 本研究对城市道路中的骑行空间参数进行整合, 公式含义为相同尺度下的整合度值加相同尺度下的选择度值, 来综合评价南关区骑行空间。根据空间句法参数计算公式^[13], 半径为尺度下的骑行空间参数为, 公式表达式为:

$$Rnx = \frac{A_{R,i}}{D_n} + 1/(g_1) + 1/(g_2) + 1/(g_3) + \dots + 1/(g_n) \quad (1)$$

$$A_{R,i} = \frac{1(\bar{D} - 1)}{n - 2} \quad (2)$$

其中, Rnx 就半径为 R 尺度下的 n 节点骑行空间参数 x , $A_{R,i}$ 为全局整合度, n 是空间句法模型中的总轴线数或总节点数, \bar{D} 为全局平均深度

值, D_n 为在 n 尺度范围内平均深度值, g_1 为序号为的线段连接度。

3.2 长春市南关区骑行空间参数分析

骑行空间参数的评估融合了空间整合度和空间选择度两个关键维度,旨在全面捕捉城市道路骑行出行的影响因素。其中,整合度指标揭示了城市空间内的核心区域,城市中心区域的高整合度值表明了居民出行需求的集中性,这不仅代表了居民出行的起点和终点需求,也反映了城市活动和目的地的集聚效应。另一方面,选择度指标评估了城市道路在出行时被选择的频率,其高值指示了街道的繁忙程度和作为城市交通网络中中心道路的重要性。这两个空间参数指标的结合,为城市规划者提供了一个多维度的框架,用以识别和优化骑行出行的关键区域,进而提升城市交通系统的效率和可达性。

运用空间句法软件 Depthmap 对骑行空间参数深入分析,以识别出骑行空间参数较高的区域。通过筛选出不同尺度下骑行空间参数前 30% 的区域道路,并合并相同道路,精准地确定了高骑行参数区域(图 10)。在长春市南关区城市道路网络中,骑行空间参数前 30% 区域集中在四条街道及其周围次级道路上,分别是人民大街(北京大街—平泉路)路段、大经路(北京大街—解放大路)路段、大马路(上海路—长春大街)路段和亚泰大街(上海路—东三道街)路段。城市中心区域因其与轨道交通站点和商业中心等关键城市功能区高度重叠,成为了城市最优骑行区域。这些区域的骑行空间参数显著超过其他地区,显示出非机动车出行的高密度需求^[14]。由于这些区域的交通便捷性和功能集聚效应,为非机动车出行提供了良好的道路环境和空间便利,从而在城市交通系统中占据了重要地位。

3.3 长春市南关区骑行空间优化策略

通过多尺度分析长春市南关区骑行空间的差异化特征,研究发现在 1000m 半径尺度下,南关区北部区域呈现显著的空间聚合优势,核心轴



图 10 骑行空间参数前 30% 道路

线如人民大街与北京大街构成高连通性骨架,但局部路段存在非机动车道断裂现象,导致骑行路径的连续性受损。而南部区域受限于低节点密度与次级路网单一化布局,形成明显的可达性洼地。对比 2000m 尺度分析,人民大街承载的交通流量呈现极化特征,同时存在次级道路功能边缘化问题,在该尺度下,城市中心向东南偏移形成的梯形路网结构表明高整合度区域的空间辐射呈现梯度衰减规律,进一步加剧了南部边缘地带的出行壁垒。

为提高城市道路骑行满足度与需求度,促进城市交通系统的可持续发展,根据长春市南关区骑行空间的特点,本研究提出以下优化策略:针对南关区南部地区连通性不足的问题,重点实施“关键节点疏通工程”。通过增加道路交叉口和连接点数量,形成更为复杂的路网结构,提升区域的交通可达性;增设骑行廊道或短接驳通道,消除非机动车道断头路现象,强化道路拓扑网络韧性。同步完善“主干道—次干道—支路”三级骑行网络衔接体系,强化次级道路与主干道的衔接,例如在大经路与北京大街交汇处优化转向设计,提升路径选择多样性。此外,从人性化设计角度完善骑行环境、优化骑行体验,如改善道路照明、街道绿化,植入骑行休憩驿站(如口袋公园),优化交通信号灯设置等,为居民提供更加

舒适、便捷的出行选择。

长春市南关区骑行空间优化策略的实施,不仅需要关注道路网络的布局和连通性,更需要从提升骑行环境的安全性和舒适性出发,综合考虑城市交通系统的可持续发展。

4 结语

本文依据空间句法理论对长春市南关区城市道路特征进行量化分析,结合整合度和选择度及骑行空间参数等指标,揭示了非机动车出行空间分布特征。研究发现,骑行出行优势区域主要集中在南关区北部区域,该区域与轨道交通站点和商业中心等关键城市功能区高度重合,表现出高密度的非机动车出行需求;南关区南部在骑行尺度下的空间连通性不足,部分路段的可达性和选择度较低,这些因素共同影响了骑行体验和效率。因此,城区核心区域因其交通便捷性和功能集聚效应,成为非机动车出行的主要集中地,对城市交通系统具有重要影响。综上,本文提出了优化城市道路骑行空间的策略,旨在改善关键节点的连通性、增强道路网络的整合度以及提升骑行环境的安全性和舒适性。这些策略的实施有望提高南关区的城市道路骑行需求满足度,促进城市交通系统的可持续发展。

参考文献(References):

- [1] 李定洲. 慢行交通系统空间优化设计——以成都为例[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(05): 40 - 42.
- [2] 王晴. 构建可持续城市交通系统的绿色出行策略与实践[J]. 市政技术, 2025, 43(01): 26 - 32 + 40.
- [3] Chu X Z, Xiang J Z. Evaluation of Recreation Service Quality of Slow Traffic Space in Urban Parks Based on IPA - Space Syntax Model[J]. Journal of Landscape Research, 2023, 15(4): 21 - 30.
- [4] 田文波, 常芳. 基于 GIS 的长春市南关区中小学校空间布局特征研究[J]. 安徽建筑, 2022, 29(02): 29 - 31.
- [5] 比尔·希列尔, 盛强. 空间句法的发展现状与未来[J]. 建筑学报, 2014, 61(08): 60 - 65.
- [6] 解旭东, 薛颖, 栾学臻, 等. 基于空间句法的青岛滨海地铁站域步行空间研究[J]. 城市建筑, 2023, 20

(03): 168 - 171.

- [7] 马辉, 梁思涵, 董一蓂. 空间句法标准化系数在城市设计中的应用——以长春市南部新城为例[J]. 工业设计, 2023, 19(05): 30 - 32.
- [8] 中国城市规划设计研究院. 2024 年度中国主要城市共享单车和共享电单车骑行报告[R/OL]. (2024 - 09 - 28) [2025 - 02 - 30]. <https://www.cswcr.com/2024年度中国主要城市共享单车、电单车骑行报告.pdf>.
- [9] 买买提祖农·克衣木, 祖力胡玛·阿布力克木, 艾山江·阿布都热西提. 基于空间句法的历史街区公共空间可达性研究——以莎车历史街区为例[J]. 城市建筑, 2025, 22(06): 16 - 19
- [10] Yang L, Fei S, Jia H, et al. Study on the Relationship between the Spatial Distribution of Shared Bicycle Travel Demand and Urban Built Environment [J]. Sustainability, 2023, 15(18): 13576.
- [11] 李娟, 陆衍安. 基于 Depthmap 的校园空间结构研究——以湖南科技大学昭潭书院为例[J]. 城市建筑, 2025, 22(08): 34 - 38.
- [12] 张晓瑞, 朱慧莲, 郭龙坤, 等. 基于句法测度的区域交通网络可达性评价研究[J]. 山东理工大学学报(自然科学版), 2025, 39(03): 9 - 17.
- [13] 张冰爽. 基于空间句法的有轨电车站点空间可达性评价研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2022.
- [14] Tian D, Wen Z, Sun Y. Analyzing the Spatial Interaction Characteristics of Urban Area Shared Bicycle Systems: A Case Study of Beijing's Central Area [J]. Buildings, 2023, 13(10).

作者简介:

第一作者: 马辉, 1974 年生, 女, 吉林长春人, 博士, 吉林建筑大学, 教授, 主要研究方向为建筑学。Email: 807889316@qq.com;

通讯作者: 莫霆恩, 2000 年生, 男, 吉林长春人, 硕士, 吉林建筑大学, 主要研究方向为环境设施设计, Email: 1692645782@qq.com

Study on the Characteristics of Cycling – Scale Urban Roads based on Spatial Syntax: A Case Study of Nanguan District, Changchun City

MA Hui, MO Ting'en *

(School of Art and Design, Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China)

Abstract: With the rapid development of urban transportation systems, the demand for city cycling is increasingly stronger, which puts forward new requirements for the optimization of urban spatial structure. This paper takes Nanguan District of Changchun City as the research object. Based on the theory of spatial syntax, the characteristics of urban roads are quantitatively analyzed through index parameters, such as integration degree and selection degree, and the road parameters are integrated to evaluate the cycling space. The research conducts an in – depth analysis for the spatial structure of urban roads in Nanguan District through AutoCAD and Depthmap software. The results show that under cycling scale, the road layout in the northern part of Nanguan District is relatively good, but there are deficiencies in the spatial connectivity for some sections. The road accessibility and selectivity in the southern area are relatively lower, affecting the cycling experience and efficiency. Based on the analysis results, this paper proposes strategies for optimizing the city cycling, including improving the connectivity of key nodes, enhancing the integration degree of the road network, and improving the safety and comfort of the cycling environment. These strategies aim to increase the satisfaction of urban road cycling in Nanguan District and promote the sustainable development of the urban transportation system. The research not only provides a new perspective for quantitative evaluation of city cycling environment, but also offers theoretical basis and practical guidance for urban planning and traffic management.

Key words: spatial syntax; urban roads; cycling scale; urban design