

基于空间句法标准化系数对城市居民步行空间的设计评价

——以吉林市龙潭区南部为例

马 辉,张逸晨*

(吉林建筑大学艺术设计学院,长春 130118)

摘 要:城市空间功能的分布与城市空间结构存在显著的依赖关系。优化城市空间功能分布,可从优化城市空间结构入手,这不仅能够有效提升城市经济与社会的发展水平,还能促进环境的可持续发展。文章旨在探讨基于空间句法标准化系数对城市空间结构路网的优化方法,并以吉林市龙潭区南部为例进行实证分析。本次研究首先对空间句法理论和标准化系数的计算方法进行了梳理,然后应用高德地图的矢量路网数据,最后结合 AutoCAD 和 Depthmap 软件,对吉林市龙潭区东南部空间结构进行了分析。结果表明,吉林市龙潭区南部的步行空间存在明显的连通性不足,部分区域可达性较低的问题。此外,研究区域内的主要街道在全局尺度和局部尺度上有较高的可达性。但大同路以北区域空间仍存在问题,如空间碎片化,道路连通性不足等问题,可以对该区域进行道路层级上的整合优化,以提升该区域的空间活力。

关键词:空间句法;标准化系数;城市设计;吉林市

中图分类号:TU984

文献标志码:A

文章编号:1672-2736(2025)03-0012-9

0 引言

随着中国城市化进程从增量扩张向存量更新转型,优化居民生活空间品质已成为城市规划的核心议题。在城市化更新背景下,传统规划设计方法主要依赖定性经验和静态指标,难以精准量化居民行为与空间拓扑关系之间的内在联系,导致城市空间结构与资源配置错位的问题日益凸显^[1]。以老旧工业区为例,其历史遗留的空间割裂与设施老化等问题,亟需科学的诊断工具来揭示深层次矛盾^[2]。空间句法理论为解决这一问题提供了量化分析框架,该理论通过标准化系数(如整合度、深度值)构建空间拓扑模型,能够系统解析复杂城市空间系统^[3]。现大部分空间句法研究聚焦于单一情况下的空间类型(如公园、街道),缺乏对居民生活空间多维度、系统性的综合评价。因此,需要进一步探索新的理论方法和技术手段,以更深入地理解城市空间层次,优化空间布局,从而提升城市功能^[4]。作为一种基于描述、抽象认知和解析空间的分析方

法,空间句法注重研究局部空间、整体空间及社会属性之间的相互关系^[5]。尽管其标准化系数已在城市规划领域得到广泛应用,但普适性仍需在差异化区域场景中进行更深入的验证。国内外学者的相关研究为该理论提供了重要支撑,为城市空间优化设计提供了有益指导^[6]。吉林市龙潭区南部作为东北老工业基地转型的典型区域,空间结构受制于厂区封闭式布局,导致公共服务设施配置失衡,居民活动范围受限等问题。本研究运用空间句法理论,通过整合标准化系数构建量化评价体系,旨在客观评估该区域城市空间结构特征,弥补传统规划设计方法在定量分析方面的不足。同时,研究成果可为东北老工业区存量更新提供数据依据,以便未来提高居民生活空间结构的持续提升。

1 空间句法标准化系数概述

空间句法(Space Syntax)是描述空间与社会之间几何、拓扑和距离的理论体系。自 20 世纪 70 年代比尔·希列尔(Bill Hillier)提出空间

句法理论体系以来,该理论体系在空间网络结构、人类活动关系和城市形态分析等具体使用中得到广泛应用^[5]。空间句法的核心理念认为,单一的空间元素并不足以影响社会经济活动的演变,反而是整体空间元素之间复杂的相互作用决定了社会经济活动的开展^[7]。在空间句法研究中,空间句法标准化系数起到了至关重要的作用。这些系数可以帮助人们对比不同城市或街道的空间属性,从而洞察差异化场景之间的异同。

空间句法标准化系数是量化空间的主要计算方法,通过这种方法使得不同尺度的城市空间的复杂空间形态具有了可比性,更大程度上减小了城市空间尺度和研究范围所带来的误差,同时提升了空间分析的准确性,为研究城市空间结构的人们带来了更深入的理解,并为设计师提供了坚实的理论基础。空间句法标准化系数主要分为:标准化角度可达性(Normalized Angular Choice, NACH)和标准化角度集成度(Normalized Angular Integration, NAIN)这两个标准化系数。通过标准化角度可达性,可以观察到社区的步行道路规划和该区域的可达性水平,并进行道路的优化,确保功能性空间与重要设施易于到达^[10]。标准化角度集成度则显示出了步行道与车行道、主干道与次干道之间的连通关系,保证了各个道路及功能区的连接程度。通过这两组数据可以分别得到研究范围的可达性与集成度两个数据,并以此优化城市空间网络,能够提升交通通行的流畅性及各层级路线的使用效率^[8]。这将会为城市空间结构和街道空间的衡量对比提供更为科学和准确的方法与手段。

2 研究方法

空间句法标准化系数在现在的都市规划与设计实践中所代表的意义至关重要。本篇论文采取视角分析的方法,运用 Depthmap 软件解析区域街道可达性与集成度的数值,分析都市街道的可改善问题以及都市功能区划分的运用效能,将计算结果数据以可视化形式展现。本次研究

实践中使用了高德地图 2024 年的矢量道路网络数据。结合吉林市龙潭区南部居民集中区域的实地调研验证其精确性,确定了居民区的界限。考虑到研究的范围,将模型范围拓展至 1500m 以外的边界。运用 AutoCAD 和 Photoshop 软件绘制初步分析图后,将图像导入 Depthmap 进行规范化指数计算,通过对计算结果的分析 and 阐释,最终得出研究结论。

3 标准化系数在步行空间中的应用思路

在步行空间设计中,空间句法的分析结果可以充分的展现出城市步行空间对于居民出行交通和生活体验的重要关系,以及功能性空间与人之间的互动关系。空间句法标准化系数对于步行空间的应用是多维度多层次且深入的^[9]。分析得出的系数在不同空间情况下可以进行对比,并发现其中的异同点。在步行空间分析中,可以使用标准化角度可达性和标准化角度集成度进行空间的优化。通过对空间句法标准化系数的分析,能够有效的从多个角度,深层次的探讨城市社区空间的结构优化和改良方法^[11]。空间句法标准化系数在城市空间结构中具有广泛且深远的应用意义。以下将具体探讨如何应用标准化系数对龙潭区南部居民聚集区起到更好的改良空间设计。

3.1 步行空间的布局

在步行空间方面,可以根据标准化系数的分析结果优化步行空间布局。通过对龙潭区龙山路以北、承德街以东的区域进行空间句法应用分析可以明确的观察出,一些区域仍旧存在着公共空间整合度较低,道路交通琐碎的问题。因此,在未来的公共空间设计上,应该考虑到适当增加这些区域的通行度,提高整合度,且在优化的同时,应该着重考虑空间设计上的层次区分,让主干道和次干道,以及车行道与步行道,步行道与步行道之间更好的整合衔接。以提高该区域居民的出行效率。

在 15 分钟生活圈政策的提出下,可以利用空间句法标准化系数的结果进行多维度的

空间分析。社区生活圈范围的划分研究在不同尺度有不同应用价值,在市域或都市圈的宏观尺度上,对生活圈建设评价及分类建设提供指导。在单个社区生活圈尺度上,基于微观行为调查有助于深化对生活圈的活动空间与物质空间结构的调整^[11]。通过分析龙山路以北,承德街以东区域的空间句法可以得出,在标准化系数选择度方面显示,武汉路、营口路、承德街等主干道,选择度较高,证明其主干道的连通性优秀,但下一层级的次干道和支路选择度明显降低。主干道选择度高,其余选择度低的分析结果,说明该区域的空间过度分割和单一化。底层级步行道的连通性有待优化,分布不均匀。因此,为了提高城市步行空间的实用性和穿行度,在未来的城市空间设计中可以着重增加步行街道的连贯性和通行性,为城市社区居民提供更加适宜的生活条件,改善居民的生活水平。

3.2 步行空间对功能性空间的影响

在功能性空间方面,空间句法标准化系数的数据分析结果也可作为城市空间设计的参考标准,并以此进行调整。运用空间句法分析后发现,空间句法可以主观的改善某些区域的功能性空间的使用情况。因此,增加居民在功能性空间的停留时长,可以有效地提高主体与环境空间之间的互动可能性^[12]。

通过空间句法的标准化系数分析结果,可以优化社区功能性空间的设计,从而提高其使用率。例如,在公共空间设施分布规律上,运用标

准化系数的分析结果可以优化设施与城市空间与居民三者之间的空间关系。功能性空间往往是社区空间内必不可少的空间结构。经过空间句法的计算显示,可以发现该研究区域的功能性空间的分布不均匀,可能会导致居民不易到达目标的功能性空间、距离远、路线绕等问题。同时,也需要着重考虑支持和投入多种出行方式,包括轮椅,自行车和公共交通等方式,以提高居民生活空间的舒适度^[13]。

4 吉林市龙潭区南部空间设计分析

本研究采用高德地图 2024 年矢量路网数据,以龙潭区龙山路以北、承德街以东的居民生活区为研究范围,该区域包含 11 个住宅小区和 10 所学校。为降低空间句法分析中的边界效应影响,确保模型计算数据的准确性,研究将建模范围扩展至研究区域外围 1.5km 处。

4.1 线段模型整合度选择度分析

运用地图截获器在高德地图中获取的道路路网,并在 AutoCAD 软件中进行检查和修改,完成了龙潭区南部的地图(图 1)。导入到 Depthmap 软件中对预设好的线段模型包含角度选择度进行分析。研究通过全局尺度来进行整合度和选择度的研究分析(图 2 - 图 4)。整合度表现了空间系统中某空间与其他空间的离散聚合程度,通常用来衡量某空间吸引流量到达的潜力,因此,空间的整合度越高则该空间的可达性越高^[14]。而选择度是指空间结构中的某一空间到



图 1 吉林市龙潭区南部研究范围



图 2 吉林市龙潭区南部的半径为 n 的整合度

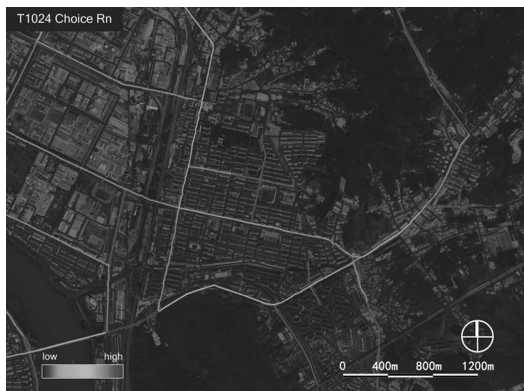


图3 吉林市龙潭区南部的半径为 n 的选择度

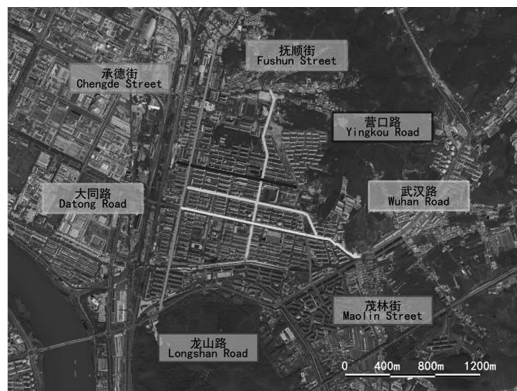


图4 吉林市龙潭区南部主要道路空间

其他空间的最短路径的次数,这是衡量某空间吸引流量穿越的潜力,因此,选择度越高的道路在空间路网中位置越重要,流量经过的可能性越大^[14]。龙潭区南部道路中,龙山路、武汉路与承德街在全局整合度和全局选择度两项指标上均呈现较高数值。

4.2 线段模型标准化系数整合度分析

研究基于15分钟生活圈理论提到的半径1200m以及正常人实际步行10分钟可达距离800m和全局尺度三个空间尺度,进行了多维度分析。通过在Depthmap软件中的标准化系数的公式运算,得出了龙潭区南部的标准化系数模型和对应的数据(图5-图8,表1)。可见在全局尺度下,龙潭区南部的标准化系数整合度多集中在0.6到1.0之间,呈现出了东西走向由武汉路和龙山路为主,南北走向由承德街为主的路网分布特征。其中主干道与次干道层次分明,并依次

递减形成了相对规整的路网。近龙山路一侧的路网标准化系数整合度普遍较高,大同路以北方路网杂乱,标准化系数整合度逐步降低。这说明,龙潭区南部路网空间分布呈现出了南整北杂的特征,得出靠近龙山路交通可达性相对较优秀,车行空间也满足了居民生活行车的日常需求,在龙山路以北,中石油D5小区为数值较高的中心区域,向北面均匀扩散。在局部整合度下,龙潭区南部被几条主干道均匀的分割成数个空间网络,形成了相对平衡的结构分布。证明在人行尺度下该片区域的空间可达性较为优越。值得注意的是,不同尺度下NAIN值的空间耦合特征(高值区与低值区的空间重合度)可能对城市功能布局具有重要指示意义。

4.3 线段模型标准化系数选择度分析

进一步对龙潭区南部进行空间句法标准化系数分析研究,计算标准化系数选择度,并与对

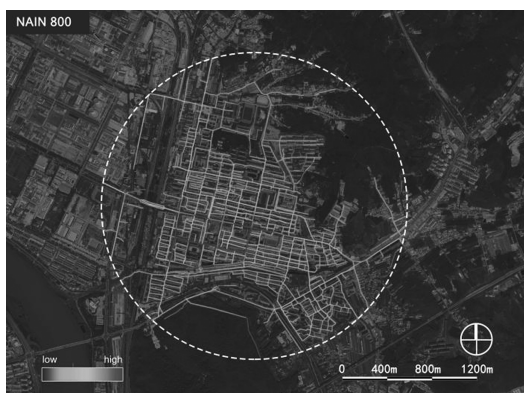


图5 NAIN R800 线段模型图

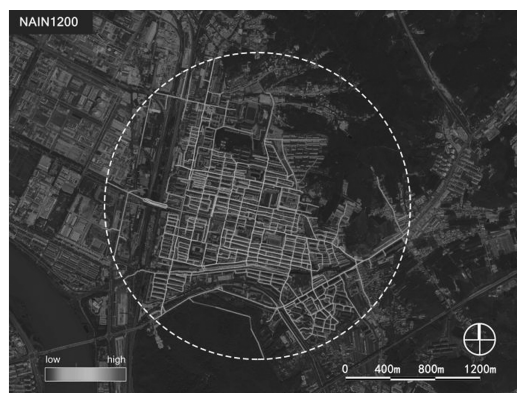


图6 NAIN R1200 线段模型图

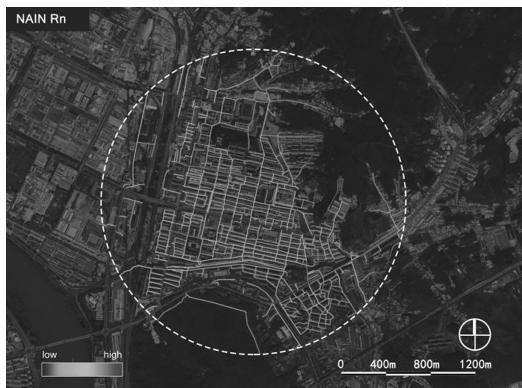


图 7 NAIN Rn 线段模型图

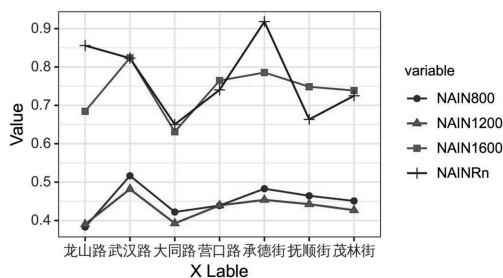


图 8 线段模型标准化系数整合度线图

表 1 标准化系数整合度数值图表

名称	NAIN800	NAIN1200	NAIN1600	NAINRn
龙山路	0.382987	0.390198	0.684491	0.855860
武汉路	0.516614	0.481811	0.823832	0.823019
大同路	0.422106	0.392573	0.631216	0.650317
营口路	0.438986	0.439416	0.764564	0.740438
承德街	0.482848	0.453751	0.785661	0.918254
抚顺街	0.464336	0.442536	0.748427	0.663382
茂林街	0.450973	0.426823	0.738726	0.725016

应数据结果进行对比。从宏观视角审视龙潭区南部路网空间,主干道与步行道的数值差异显著(图 9 - 图 12,表 2)。主干道的标准化系数选择度数值主要分布在 0.9 至 1.0 区间内,揭示了以龙山路、武汉路、承德街为主导的空间布局。其中,武汉路与龙山路在东西向形成并行后相交的布局,与营口路共同划分该区域,展现出规整的空间结构(图 4)。南北向道路以承德街为主,其标准化系数选择度数值为 0.94,而其他南北向道路的数值介于 0.8 至 1.0 之间。由此可见,南北向道路的标准化系数选择度普遍较弱,表明其在空间路网中的重要性相对较低,流量通过的可能性小于东西向道路。由此可以发现龙潭区南部东西方向选择度较高,南北方向选择度较低,宏观的路网空间结构呈现出了东西强南北弱的空间特征。在局部尺度下,标准化系数选择度较高的道路主要集中在居民区及学校周边,这表明居民日常出行及学生上下学等活动对路网的选

择具有明显倾向性,这些道路在空间路网中扮演着重要角色,流量较大。因此,远离居民区和学校的道路标准化系数选择度较低,流量较小,空间重要性相对较低。这种空间结构特点影响了该区域居民的出行条件,为区域交通规划设计提出了优化导向。即优化东西向主干道的通行效率,提升南北向道路的连通性。在步行空间的尺度上,应注重步行道的优化与改善,确保其与主干道的衔接流畅,提升居民步行体验。在功能性空间的设置上,强化功能区与居民区的互动性,确保各类功能空间的便捷可达,以提升该区域空间的整体活力。

4.4 标准化系数下的复合可达性分析

由空间句法得到了该区域及其生活圈空间的相应数据结果并加以分析,通过复合可达性指数计算得出以下结论:

针对龙潭市南部步行空间,通过空间句法的数值分析方法进行宏观层面的评估。在全局尺

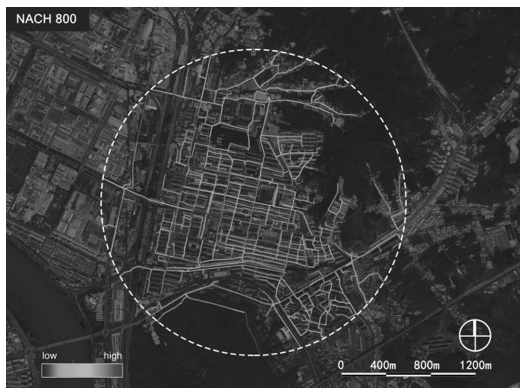


图9 NACH R800 线段模型图



图10 NACH R1200 线段模型图

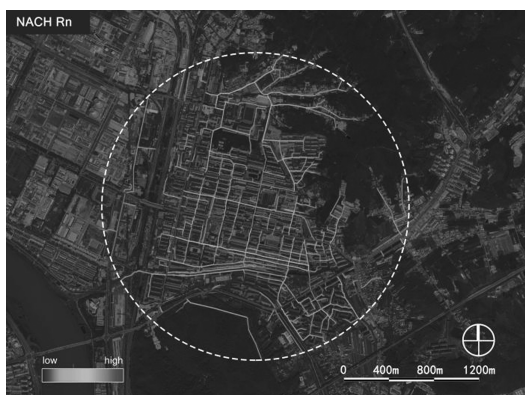


图11 NACH Rn 线段模型

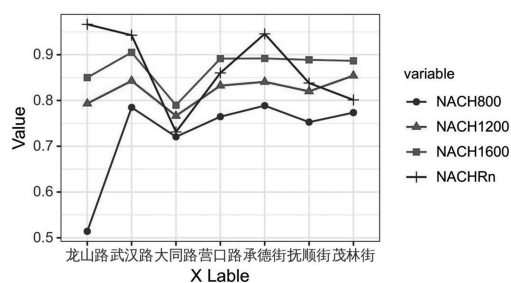


图12 线段模型标准化系数选择度线图

度下,标准化角度整合度的数值分布表现出显著的不均衡性。例如龙山路、武汉路、承德街等主要干道与多数次干道的连接性较好,这为居民的日常生活提供了便捷的交通条件。

在微观尺度上,研究范围被限定于15分钟生活圈。分析结果显示居民社区内的空间整合度与空间选择度的标准化值均处于较低水平,特别是社区内部的空间网络结构暴露出显著的缺陷。这些现象与社区内部以及社区间在空间设计、设施布局、步行路径规划等方面的不足密切相关。该区域南部数值相对较高,是该空间区域对同一小区,进行了整体的规划,其标准化角度整合度与选择度均较为均衡,居民步行体验良好。而北部数值较低,反映了空间规划的碎片化,社区多且杂乱导致,步行连贯性差。为提高居民步行空间的连贯性和居民生活体验,建议北部社区进行整体规划和空间优化,整合社区间的

步行网络。

在步行空间对功能性空间影响的方面来看,该区域标准化角度可达性 R1200 值大于 0.8 的道路主要集中在整个龙潭区南部空间路网的主干道上,例如承德街、武汉路、抚顺路、茂林街等呈网格均匀分布,纵横交错的格局,这有利于该区域的功能性空间高效利用。从空间句法标准化系数可达性的结果分析来看该区域的活力体现在主干道周边,尤其是商业区和公共服务设施的集中区域。因此,在社区功能性空间的设计中,根据标准化系数的结果来优化提升功能性空间与功能性空间之间的连接性,提高社区内的功能配置和装置的互动性。重点提升问题区域的空间质量,进一步提高居民的幸福感和^[15]。需要注意的是在社区内部需要加强功能性空间的可达性,例如设计高整合度的人行步道,方便社区内的居民到达各功能性空间。

表 2 标准化系数选择度数值图表

名称	NACH800	NACH1200	NACH1600	NACHRn
龙山路	0.514074	0.793319	0.850008	0.966384
武汉路	0.784866	0.842896	0.905092	0.942609
大同路	0.720599	0.766416	0.789771	0.73121
营口路	0.764615	0.832489	0.891479	0.860208
承德街	0.788691	0.840733	0.891915	0.945588
抚顺街	0.752689	0.819982	0.888858	0.838142
茂林街	0.773487	0.854303	0.886619	0.801192

5 结论

本研究基于空间句法标准化系数对吉林市龙潭区南部的空间结构特征进行量化解析。研究呈现出工业区转型背景下城市空间拓扑关系的异质性及其优化路径。研究通过研究区域路网呈现显著的东西向空间主导特征,主干道构成的交通轴线在全局尺度下标准化角度整合度(NAIN)和选择度(NACH)分别达到0.9和1.0,形成高强度通勤走廊。南北向道路标准化系数较东西向主干道降低,表明社区封闭式布局导致路网的连通性仍被制约。在15分钟生活圈尺度下,大同路以北区域的整合度较南部有明显下降,揭示出社区内部步行网络层级断裂、空间碎片化特征,这与居住区分散布局及次级道路连通不足密切相关。

研究结果对东北老工业区更新具有双重实践价值:一是在物质空间优化方面,通过加密南北向支路网、增设斜向步行道,改善拓扑结构;二是在功能组织方面,社区内部路网离散度偏高,建立差异化优化更新时,整合度较低的区域NAIN1200数值小于0.6的街道空间,可以通过整治街道界面,增加小型公共空间等方式,提高空间活力。需要说明的是,本研究未对不同空间尺度下NAIN值与NACH值的分级阈值体系及其空间叠加效应进行深入探讨,这一方向或可作为后续研究的重点。本研究证实了空间句法理论在寒地工业城市社区更新中的适用性,其技术可为同类型城市的空间评价与更新优化决策提供有益的参考。

参考文献(References):

- [1] 张大玉,凡来,刘洋.基于空间句法的北京市展览路街道公共空间使用评价及提升对策研究[J].城市发展研究,2021,28(11):38-44+173.
- [2] 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,2023,18(05):30-32.
- [3] 刘玥,马辉.空间句法在生活性街道适老化设计中的应用——以宜宾市滨江路为例[J].美与时代(城市版),2024,12(02):46-48.
- [4] 苑思楠.城市街道网络空间形态定量分析[D].天津:天津大学,2012.
- [5] 周凌波.基于空间句法的临清中洲历史街区空间形态解析及更新策略研究[D].济南:山东建筑大学,2024.
- [6] Hillier B, Penn A, Hanson J, et al. Natural Movement: Or, Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1993, 20(01), 29-66.
- [7] 屈可申.基于空间句法的公共服务设施空间布局优化设计研究[D].抚州:东华理工大学,2022.
- [8] Pont M B, Stavroulaki G, Marcus L. Development of Urban Types Based on Network Centrality, Built Density and Their Impact on Pedestrian Movement[J]. Environment and Planning, 2019, 46(08): 1549-1564.
- [9] 李凤,黄永萍.基于慢行交通的长沙市老城区道路交通网络优化[J].中外建筑,2019,24(04):128-130.
- [10] 马辉,王炜欣.空间句法标准化系数在长春市南湖公园设计中的应用研究[J].工业设计,2025,20(01):86-89.

- [11] 刘伟中,张艳. 空间句法结合时空间行为分析的城市社区生活圈空间评价研究——以北京市当代—怡美社区生活圈为例[J]. 地理科学进展, 2024, 43(11): 2157 – 2170.
- [12] 马静. 交往需要契机——从“功能性空间引导”探索激发城市住区的居民互动[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2004.
- [13] 瞿蕊, 朱亚丹. 新时代城市公共空间景观设计探讨[J]. 工业设计, 2021, 16(02): 79 – 80.
- [14] 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.
- [15] Adi A F, Marlina A, Rahayu P. The Study of Con-

nnectivity at Jalan Slamet Riyadi, Surakarta Using the Space Syntax Analysis [J]. IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 2020, 447: 012006.

作者简介:

第一作者: 马辉, 1974 年生, 女, 吉林农安人, 硕士, 吉林建筑大学, 教授, 主要研究方向为环境设计。Email: 807889316@qq.com;

通讯作者: 张逸晨, 2000 年生, 男, 长春人, 硕士, 吉林建筑大学, 主要研究方向为机械。Email: 897716827@qq.com

Design Evaluation of Urban Residents' Walking Space based on Space Syntax Standardized Coefficients: Case Study of the Southern Part of Longtan District, Jilin City

MA Hui, ZHANG Yichen *

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

Abstract: The distribution of urban spatial functions is significantly dependent on urban spatial structure. The distribution optimization of urban spatial functions can start with optimizing the urban spatial structure, which can not only effectively enhance the level of urban economic and social development, but also promote sustainable environmental development. The article aims to explore the optimization method of urban spatial structure road network based on spatial syntax standardization coefficient, and conduct empirical analysis, using the southeastern part of Longtan District, Jilin City as an example. This study firstly sorts out the spatial syntax theory and the calculation methods of standardization coefficients, then apply the vector road network data of Gaode Map, and finally combines AutoCAD and Depthmap software to analyze the spatial structure of the southeastern part of Longtan District, Jilin City. The results indicate that there is a significant lack of connectivity in the pedestrian space in the southern part of Longtan District, and some areas have low accessibility. In addition, the main streets within the study area have high accessibility globally and locally. However, there are still problems in the northern space of Datong Road, such as spatial fragmentation and insufficient road connectivity. The integration and optimization of this area can be carried out from the road level to enhance the spatial vitality of the area.

Key words: space syntax; standardization coefficient; urban design; Jilin City