

基于蚁群算法的都市商业街景观空间路径优化研究—— 以南京湖南路商业街为例

武双

东南大学建筑学院，江苏南京，210000；

摘要：本研究以都市商业街景观空间路径优化为研究对象，基于蚁群算法，构建“吸引点评价—概率赋权—路径寻优—提出策略”的研究框架，旨在提升街道通行效率与游览体验。以南京湖南路商业街为例，确定出入口，选取吸引点，建立吸引点评价体系，采集吸引点指标数据，通过熵权分析得出各吸引点的综合评分。通过 Matlab 平台进行蚁群算法编程，进行场地格栅化建模、出入口与吸引点坐标与参数设置、吸引点综合评分与空间距离加权共同确定路径转移概率等一系列流程，完成对湖南路商业街景观空间的路径探索。分析探索结果，提出都市商业街景观空间路径优化策略，完成湖南路商业街路径优化设计，进行设计前后路径探索对比验证。本研究形成了一种基于蚁群算法的都市商业街景观空间路径优化研究方法，为街道空间路径优化提供了新的技术参考与实践例证。

关键词：都市商业街；蚁群算法；路径优化；南京湖南路；风景园林

DOI: 10.69979/3029-2727.25.09.049

引言

都市商业街是城市公共空间的重要组成部分，路径优化是风景园林领域的重要研究课题。以蚁群算法为代表的智能算法为路径优化提供了新的量化研究方法。然而，在风景园林领域，现有研究多聚焦于旅游线路规划^[1]，对城市街道路径优化研究尚显不足。本研究首次将蚁群算法引入都市商业街景观空间路径优化，填补该领域研究空白。

1 研究方法

1.1 都市商业街景观空间吸引点评价

吴莞姝等^[2]从密度、多样性、交通便利性、街道设计和可达性 5 个维度，选取 13 个指标评价建成环境对街道活力的影响。黄丹与戴冬晖^[7]从街道日常行为和街道构成要素 2 个维度，研究生活性街道构成要素对街道活力影响。本研究借鉴前人研究成果，基于都市商业街景观空间的特性，从物理形态、景观品质与业态结构 3 个维度，筛选 10 个指标，构建了都市商业街景观空间吸引点评价体系（表 1）。

表 1 都市商业街景观空间吸引点评价体系

维度	指标	说明
物理形态	尺度	水平投影总面积
	围合度	平均宽高比 D/H
	遮阴率	建筑、植物等物体阴影面积/总面积
	灰空间占比	灰空间面积/总面积
	步行基面宽度	步行空间底界面宽度
景观品质	绿化率	植被垂直投影面积/总面积
	铺装质量	铺装质量情况
	设施完善度	设施完善情况，如座椅、路灯、无障碍设施等
业态结构	店铺密度	吸引点内店铺数量/总面积
	业态混合度	业态多样性香农熵指数

熵权法是一种基于信息熵理论的客观赋权方法，能够有效处理多维度、多指标的数据，避免主观赋权带来的偏差。本研究运用熵权法确定各指标的权重，计算各吸引点的综合评分，为后续路径探索与分析优化提供科学依据。

1.2 路径转移概率赋权

影响行人路径选择的因素不仅包括各吸引点的综合评分,还涉及吸引点与人群之间的相互作用力。本研究借鉴距离衰减规律,通过吸引点综合评分与空间距离加权,共同确定路径转移概率。考虑到实际应用情况,本研究对距离衰减规律做了简化处理,采用线性衰减模型来描述节点间的通行概率与距离的关系,并设定最远和最近的距离阈值,在贴近现实的同时保证计算效率。

1.3 蚁群算法路径寻优

蚁群算法是一种基于模拟蚂蚁觅食行为的智能优化算法,适用于组合优化与路径规划问题。其基本思想是多只“蚂蚁”在解空间中并行构建可行解,通过信息素的释放、挥发与更新,引导后续蚂蚁向优质区域集中,从而实现全局最优解的搜索。

栅格化模型采用二维数组(1 表障碍物,0 表可通行空间)直观表达空间环境,兼具计算高效性与路径规划适用性。本研究以左上角为原点建立坐标系(x 轴向右, y 轴向下),节点状态二值标识且路径沿白格中心延伸,并采用八连通移动策略支持直线与斜向行进,为蚁群算法等路径搜索提供高效数据结构基础^[4]。

基于 Matlab 平台编写蚁群算法代码,设置蚁群算法基本参数,设置出入口与吸引点坐标与相关参数,运行蚁群算法代码进行路径探索,为后续提出策略与优化设计提供参考。

2 南京湖南路商业街景观空间路径探索

2.1 研究场地概况

南京湖南路商业街位于南京市鼓楼区,曾是南京核心商圈,近年活力严重衰退。2006 年启动的地下项目长期烂尾,施工阻滞导致地面交通混乱、商业活动受阻、客流量锐减。作为承载市民记忆的地标,亟需提升空间品质,重振商业繁荣。

本研究场地范围涵盖湖南路全路段及其周边区域,包括马台街、湖北路、丁家桥、狮子桥步行街,以及两侧沿街建筑,旨在实现路径优化,进而提升商业活力。

2.2 南京湖南路商业街景观空间路径探索

依据场地交通情况,本研究选取地铁站出入口、公交车站、地下通道出入口、城市道路交汇处及人行斑马线通道等 12 处作为场地主要出入口。基于建筑性质、

功能业态、人群聚集特征和空间分布等因素,选取 15 处具有代表性的吸引点(图 1)。



图 1 湖南路商业街出入口与吸引点分布

通过现场测绘统计、卫星影像数据、专家打分、数理分析等方式,获取吸引点评价指标数据集。通过 SPSS 平台,运用熵权法对吸引点数据集进行处理,得到各吸引点的综合评分(图 2)。

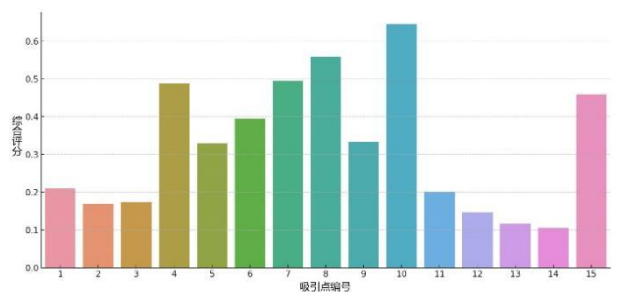


图 2 各吸引点的综合评分

在 Matlab 平台设置完成场地格栅化建模,格栅矩阵 220×110 ,每个单元格代表的实际尺寸为 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 。在此模型中,沿街建筑被视为不可通行的障碍物,以黑色表示;其他区域视为可通行区域,以白色表示。

将各吸引点的综合评分赋值于对应目标点。采用 A*算法计算各吸引点之间避开障碍物的最短距离,生成距离矩阵。设定通行概率阈值,当 $d > 300\text{m}$ 时,通行概率为 0; $d < 50\text{m}$ 时,通行概率为 1; $50 \leq d \leq 300\text{m}$ 时,通行概率随距离增加而线性递减。由此,路径转移概率由吸引点综合评分与空间距离共同确定。

运行蚁群算法代码,完成湖南路商业街景观空间路径探索(图 3)。

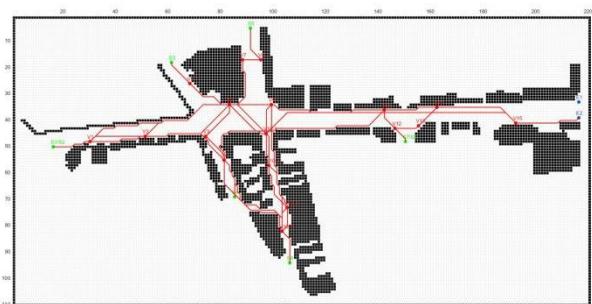


图 3 湖南路商业街景观空间路径探索图(现状)

3 路径优化

3.1 研究结论

研究结果显示,西侧区域路径交叉较多,探索可能性较多,应采取措施减少地面交通冲突。东侧区域的路径交叉较少,应采取措施加强道路两侧联系。

3.2 路径优化策略

(1) 系统梳理都市商业街的车行、骑行和人行等地面交通流线进行。科学规划组织交通,减少相互干扰,提高通行效率。

(2) 借鉴高线公园,设置空中廊道,加强商业街

各区域之间的联系,将都市商业街沿街步道转化为空中绿化步道,营造独特的景观体验。

(3) 设计地下车行与地上公园相结合的立体空间,缓解地面交通压力,释放地面空间用于公共绿地和休闲区域,提升绿化率与城市空间品质。

3.3 优化设计与验证分析

基于上述研究结论与策略,完成湖南路商业街路径优化设计(图4),并进行设计后场地路径探索路径,验证研究与设计的有效性(图5)。经检验,设计有效改善湖南路商业街通行状况。



图4 湖南路商业街景观空间路径优化设计总平面图

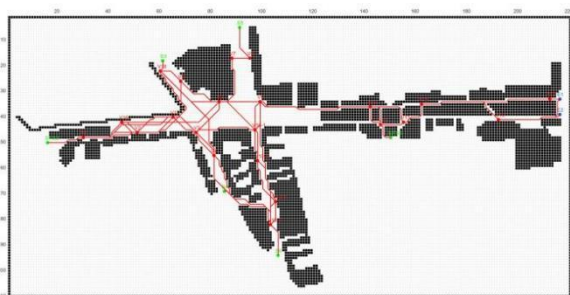


图5 湖南路商业街景观空间路径探索图(设计后)

4 结语

本研究形成了一种基于蚁群算法的都市商业街景观空间路径优化研究方法,为街道空间路径优化提供了新的技术参考。然而,本研究在数据精度与模型建构等方面仍存在一些不足。未来应进一步提高数据采集精度,深入探索模型改进与参数调优,构建更为高效和稳定的路径优化模型。

参考文献

- [1] 翟淞,吕宁,李烨,等.基于蚁群算法的多目标最优旅游线路规划设计[J].中国生态旅游,2022,12(05):848-860.
- [2] 吴莞姝,马子迎,郭金函,等.建成环境对街道活力的非线性效应——基于XGBoost模型的多源大数据分析[J].中国园林,2022,38(12):82-87.
- [3] 黄丹,戴冬晖.生活性街道构成要素对活力的影响——以深圳典型街道为例[J].中国园林,2019,35(09):89-94.
- [4] 王宇轩.基于改进蚁群算法的大型空港枢纽内部旅客疏散路径规划研究[D].长安大学,2023.

作者简介:武双(199703-),女,汉族,籍贯山西省晋城市,学生,硕士研究生,单位东南大学建筑学院,风景园林专业数字景观及其技术方向。