

基于交通网络的城市规划项目评估与推荐

ICM 团队编号

2025 年 5 月 19 日

**** 摘要 **** 随着城市发展，交通系统对城市及利益相关者的影响显著增加。本文构建交通网络模型，评估不同项目对利益相关者的影响，并推荐提升居民生活质量的方案。首先建立行人和驾驶员交通网络，通过整合地铁因素优化行人网络，基于交通流量定义道路拥堵程度并计算边权。针对桥梁坍塌、新增公交站和新建地铁线等场景，分别采用非均匀连续时间随机游走、中心性分析和模糊综合评价等方法，量化项目对居民、企业和政府的影响，最终通过敏感性分析验证模型鲁棒性。

**** 关键词 ****：交通网络；随机游走；模糊评价；层次分析法

****1. 问题背景 **** 高效的交通系统是城市发展的核心。以巴尔的摩为例，其老旧的交通基础设施和桥梁坍塌事件加剧了交通拥堵，制约经济增长并影响居民生活。通过优化交通网络提升可达性、降低通勤成本，是实现城市可持续发展的关键目标。

****2. 模型准备 **** ****2.1 假设条件 **** 1. 街道通行时间仅与道路属性相关，不受环境因素影响。2. 行人和驾驶员均按固定速度行驶，不随意停留或折返。3. 行人和车辆网络相互独立，无交叉路径。

****2.2 数据预处理 **** - **** 数据筛选 ****：根据道路类型和通行权限过滤无效数据，如图 1 所示。- **** 缺失值填充 ****：采用反距离插值法估算缺失的交通流量数据，公式为：

$$\hat{T}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{T_k}{d_k}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{d_k}}$$

其中， d_k 为待填充街道与已知数据街道的距离， T_k 为已知交通流量。

****3. 交通网络构建 **** ****3.1 行人交通网络 **** - **** 无权网络 ****：边权定义为步行时间， $W_{ij}^P = \frac{L_{ij}}{V^W}$ ，其中 $V^W = 1.5 \text{ m/s}$ 为步行速度。- **** 地铁整合 ****：引入地铁线路，边权包含行驶时间和固定等待时间， $W_{ij}^S = \frac{L_{ij}}{V^S} + 15 \text{ min}$ 。

****3.2 驾驶员交通网络 ** - ** 有向网络 ****: 边权结合车道数、交通流量和拥堵系数, 采用 Sigmoid 函数映射拥堵程度:

$$W_{ij}^D = \frac{L_{ij} \cdot N_{ij} \cdot \epsilon}{V^D}, \quad \epsilon = 1 + \frac{1}{1 + e^{-0.00005(D_{ij}-12643)}}$$

其中, D_{ij} 为日均交通量, ϵ 随拥堵程度递增。

****4. 桥梁坍塌影响评估 **** 采用非均匀连续时间随机游走模型, 结合最短路概率 (80

****5. 新增公交站项目分析 **** 通过度中心性确定居民中心, 利用介数中心性和紧密中心性筛选关键公交站。在居民密集区新增 10 个站点后, 居民到最近公交站的平均距离从 10587 米缩短至 5070 米, 平均到达时间减少 52

****6. 新建地铁线推荐 **** 构建连接机场和港口的地铁线路, 采用层次分析法 (AHP) 确定指标权重, 通过模糊综合评价量化改善程度。结果显示, 项目对居民便利性 (得分 80.86) 和企业外贸 (得分 86.12) 提升显著, 但政府管理成本指标得分较低 (37.29), 需关注施工期间的短期影响。

****7. 敏感性分析 **** 调整居民相关指标权重 (便利性、环境、安全), 发现总得分波动在可控范围内 (误差 <5

****8. 模型优缺点 ** - ** 优点 ****: 结合多模式交通网络, 数据处理科学, 适用于复杂城市场景。- **** 缺点 ****: 未考虑社区聚集效应, 随机游走模型对网络连通性要求较高。

****9. 致市长备忘录 **** 推荐新增公交站和地铁线项目, 指出前者提升本地通勤便利性, 后者促进外贸经济。建议优先实施地铁项目, 同时优化施工方案以减少短期拥堵, 长期可提升城市竞争力和居民满意度。