

城市轨道交通站点地区协同效应研究

——以南京中心型轨道交通站点为例

邵天元, 钱才云*

南京工业大学, 江苏 南京

收稿日期: 2022年5月5日; 录用日期: 2022年7月1日; 发布日期: 2022年7月11日

摘要

本文选取南京市8个中心型轨道交通站点地区作为研究对象, 采集站点地区内城市物质空间与人口活动数据, 基于节点-场所模型, 选取节点和场所两个属性共六项指标, 建立指标体系并进行评估。评估结果表明, 中心型站点地区均有良好的协同性, 城市中心型站点地区比片区中心型站点地区协同性更高, 并分别对属于平衡、压力、从属状态的站点地区现状进行分析并给出相应优化建议。

关键词

节点-场所模型, 轨道交通站点地区, 南京市

Synergistic Effect Evaluation of Rail Transit Stations Areas

—Taking Central Rail Transit Stations in Nanjing as an Example

Tianyuan Shao, Caiyun Qian*

Nanjing Tech University, Nanjing Jiangsu

Received: May 5th, 2022; accepted: Jul. 1st, 2022; published: Jul. 11th, 2022

Abstract

In this paper, 8 central rail transit stations in Nanjing were selected as the research objects, and the data of physical space and population activity in station areas were collected. Based on the node-place model, a total of six indicators of node and place attributes were selected to establish an indicator system and evaluate it. The evaluation results show that the central station areas

*通讯作者。

have good coordination, and the city-level central station areas have higher coordination than the district-level ones. Finally, the status quo of the balanced, pressured and subordinate station areas are analyzed and corresponding optimization suggestions are given.

Keywords

Node-Place Model, Rail Transit Station Areas, Nanjing

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

轨道交通属于大运量的公共交通方式,可以促进居民低碳出行、激发城市空间活力,并对沿线地区的发展起到引导与提升作用。当前我国城市轨道交通建设发展进入高速阶段,截至2019年底,我国已有41个城市拥有轨道交通线路,而2019年我国全年各城市轨道交通客运量已达到2,387,796万人次[1]。由于轨道交通方式是将客流从一个“节点”运输至另一个“节点”的过程,其对沿线地区的影响实际通过作为“节点”的站点带来的周边地区人流聚集并串联实现。因此,对站点地区的发展与站点在轨道交通与城市空间网络节点的协同作用进行评估,可对站点地区发展潜力有客观认识,从而制定更合适的站点地区发展策略。

2. 基于“节点-场所”模型的站点地区协同效应评价研究

2.1. “节点-场所”模型

在城市中轨道交通与土地利用一体化发展的议题受到高度重视的背景下,贝托里尼(Luca Bertolini)提出了节点-场所模型,认为城市站点区域既是交通或非交通(地域空间的社会经济活动等)网络中的节点,又是作为多样密集活动的场所区域,站点地区同时存在节点与场所的双重属性[2]。站点地区城市功能的强化与多样性(即场所价值提升)将导致对交通联系的需求增加,从而有利于进一步发展交通设施;站点地区交通可达性的改善(即节点价值提升)也有利于促进站点地区功能强化与多样化[3]。节点-场所模型是对站点地区发展潜力的评价模型,将不同站点地区节点与场所两类不同属性指标数据进行量化与标准化处理,分别作为点的x坐标与y坐标分布于二维坐标系上,根据代表站点地区的点所在相对位置来判定其节点与场所特征的协同作用。

该模型把站点地区分为压力、平衡、从属、失衡场所、失衡节点五种典型状况(图1)。沿中间斜线两侧纺锤体区域中间属于平衡状态,表示节点与场所价值接近;节点与场所均高的区域为“压力”区域,表示站点地区交通容量大且功能及多样性较高;而节点价值与场所价值均低的为“从属”区域,表示站点地区交通容量较小且功能单一活动需求较少;“失衡场所”区域站点地区交通容量无法承载周边用地功能;而“失衡节点”区域站点地区交通容量远大于功能与活动需求[4]。

2.2. 国内外相关协同效应评价研究进展

“节点-场所”模型经过不同学者在模型维度、应用领域的拓展,逐渐成为分析站点地区协同发展效应、研究站点地区类型、预测站点地区发展潜力的重要模型[5]。国内外相关学者运用“节点-场所”

模型对站点地区进行协同效应评价时, 在节点价值与场所价值指标的意义解读与选取上有一定差异性。周青峰等采用该模型分析深圳轨交站点周边土地利用与交通的协调性, 节点指标主要为站点的公共交通通达能力与周边步行性, 场所指标主要为周边人口与就业岗位密度[6]; Ivan 等评估捷克斯特拉瓦地区站点区域协同性时, 节点指标关注公交运营频次及周边停车能力, 场所指标关注人口、工作岗位、教育、地价等社会经济属性配置[7]; 吴韬与严建伟对天津市轨道交通站点地区可达性进行评价时, 节点与场所指标则倾向于狭义的轨道交通站点可达性与站域内道路可达性[8]。基于以上研究, 本文将利用节点场所模型, 节点角度同时关注公共交通与站域道路可达性, 场所角度关注居民活动与物质空间利用, 评估南京市中心型轨道交通站点地区的协同效应, 以期把握站点地区发展方向, 完善站点地区协同效应实践研究。

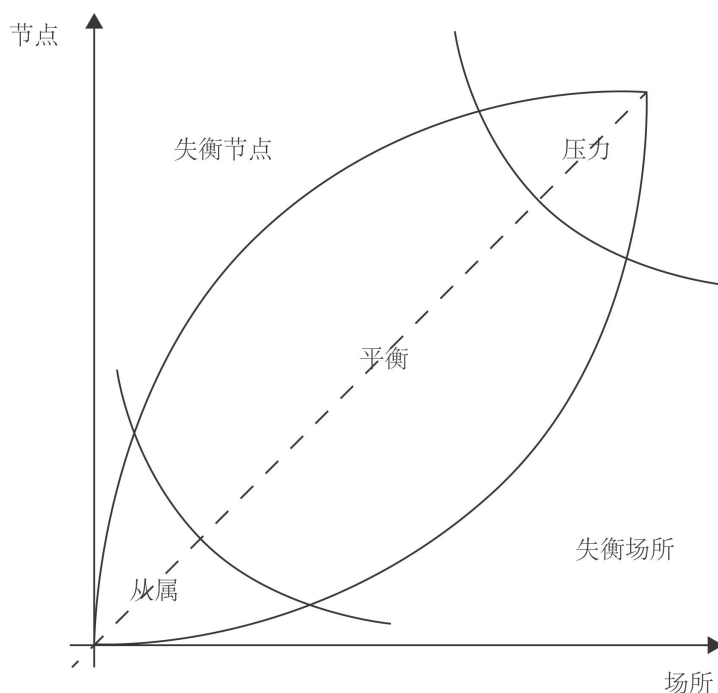


Figure 1. Schematic representation of the node-place model
图 1. 节点 - 场所模型示意

3. 研究区域及数据来源

位于城市级中心与片区级中心的轨道交通站点地区, 规划目标土地利用集约、交通客流量大, 因此需基于协同效应评估其进一步发展方向。本文选取南京市 4 个城市中心型站点(新街口、珠江路、大行宫、夫子庙)、4 个城市片区中心站点(龙江、元通、百家湖、雄州)作为研究对象进行分析, 并以站点为中心向四周扩展 800 m 范围作为站点地区研究范围。

研究区域内的物质空间数据源采集于百度城市空间地理数据、OSM (Open Street Map) 开放街道地图等, 结合实地踏勘调研、数据比对与补充, 基于 ArcGIS10.2 平台整理为包含公共交通分布现状、城市道路网布局现状、建筑形态数据、城市土地利用现状四类基础数据。站点地区的居民活动数据采集自百度城市人口地理大数据, 采集日期为 2021 年 5 月底至 6 月初无极端天气、重大节假日、疫情及其后恢复期的四个工作日与四个周末休息日, 计算这几日站点地区范围内居民时均活动量作为区域内居民空间活动指标。

4. 节点与场所指标采集量化及评价方法

4.1. 节点属性指标

4.1.1. 公共交通可达性

站点地区公共交通方式主要包含轨道交通可达性与常规公交可达性。轨道交通可达性指标通过空间设计网络分析软件 sDNA 计算。拓扑网络建模方法参考庄宇与张灵珠构建上海市轨道交通网络[9], 以及 Alan Chiaradia 构建伦敦地铁网络系统[10]的方式, 建立单一的地铁网络拓扑模型, 每两个相邻站点间计算为一步, 每换乘一次增加两个拓扑步数作为换乘阻尼, 以符合人们乘坐地铁换乘的心理。选取 sDNA 中反映空间网络流量潜力的穿行度(Betweenness)作为可达性指标, 计算得到全局半径(n)下每条线路的拓扑可达性(BtCn), 考虑到其中的换乘站点, 站点可达性使用经过站点的线路可达性数值总和(Sum_BtCn)表示。

常规公交的可达性指标侧重于在整个公交线路网络中的可达性, 选取经过轨道交通站点地区的公交线路数目, 其影响站点地区居民出行的可选择度及居民采用公共交通出行可达区域范围。

4.1.2. 站点地区道路可达性

站点地区内部道路的可达性用 sDNA 中的中介中心性流量模型表示, 以反映通过单条道路的流量潜力。本文对上述已获取的城市道路网进行修剪, 去除封闭园区和住宅区内部道路。在此基础上, 为避免因“边界效应”(Edge Effect)导致的分析误差, 对范围为各站点向外扩展约 2000 米内的路网进行检查与补充建模, 并保持区域间道路线段连通性。在各类距离度量方式(Metrics)中, 角度可达性已被证实与人车流量具有更好的相关性。本文采用步行 10 分钟约 800 m 范围作为搜索半径, 单个站点地区所有道路角度中介中心性均值 Mean_BtA800 作为轨道交通站点地区的道路可达性指标。

4.2. 场所属性指标

4.2.1. 土地利用现状指标

本文站点地区土地利用现状指标主要包括土地利用开发强度指标与功能混合度指标。鉴于数据的可获取性与准确性, 开发强度指标主要使用平均建筑高度与建筑密度表征, 分别表示站点地区的建筑空间形态与建筑密集程度。土地利用功能混合度表示站点地区功能丰富程度与用地均衡性, 采用数据熵指数表示, 具体公式为:

$$Landuse(m) = \frac{-\sum_{i=1}^k P_{im} \ln(P_{im})}{\ln k} \quad (\text{公式 1})$$

其中, k 为第 m 个轨道交通站域内用地类型数量, P_{im} 为站点第 i 种土地利用类型在第 m 个轨道交通站域的面积占比。本文选取与居民活动相关的居住用地、商业服务用地、商务及商办混合用地、公共管理及公共服务设施用地、工业及仓储用地、绿地水域及广场用地等 6 种用地分类, 其他用地类型被统归为一类。

4.2.2. 时均居民活动量

站点地区的时均居民活动量可以体现站点地区人流聚集与实际空间利用现状, 取采集的工作日与休息日居民活动数据取每小时均值作为时均居民活动指标。

4.3. 指标数据处理与评价

采集各站点地区指标数据(见表 1), 并在此基础上, 采用极差标准化法(min-max)进行数据标准化处理,

各自转化为[0,1]范围内的无量纲值作为各指标评价基准值,即每个指标中站点最高评价值为1,最低评价值为0。其中土地利用开发强度的两个指标合并取平均值。站点地区所有节点维度指标的评价基准值之和为节点维度评价价值,所有场所维度指标的评价基准值之和为场所维度评价价值。将节点与场所维度评价价值分别作为点的纵坐标与横坐标在二维坐标图中分析各中心型轨道交通站点地区的协同效应进行综合评价。

Table 1. Node and place data in sample rail transit station areas

表 1. 样本站点地区节点与场所指标数据

| 站点 | 节点属性指标 | | | | 场所属性指标 | | | |
|---------|-----------|-------|---------|---------|-------------------|-----------|--------------------|---------|
| | 建筑平均高度(米) | 建筑密度 | 土地利用混合度 | 日均居民活动量 | 轨道交通可达性 /Sum_BtCn | 公交线路条数(条) | 道路可达性 /Mean_BtA800 | |
| 城市中心型站点 | 新街口 | 58.02 | 0.32 | 0.89 | 3735.68 | 1180.80 | 40 | 1753.38 |
| | 珠江路 | 55.84 | 0.29 | 0.85 | 2177.13 | 731.45 | 31 | 1411.98 |
| | 大行宫 | 43.06 | 0.32 | 0.89 | 2241.18 | 1313.18 | 31 | 1361.51 |
| | 夫子庙 | 40.78 | 0.32 | 0.90 | 1982.85 | 847.38 | 24 | 1414.90 |
| 片区中心型站点 | 龙江 | 52.15 | 0.21 | 0.81 | 1456.54 | 17.42 | 32 | 839.90 |
| | 元通 | 59.05 | 0.18 | 0.95 | 1121.92 | 486.01 | 10 | 776.50 |
| | 百家湖 | 36.41 | 0.20 | 0.89 | 1053.03 | 116.49 | 20 | 314.01 |
| | 雄州 | 70.11 | 0.10 | 0.77 | 592.35 | 78.82 | 29 | 279.92 |

5. 站点地区协同效应评价

将所求得的轨道交通站点地区节点与场所属性指标评价价值导入节点-场所模型中,结合相关文献研究与节点-场所模型定性示意图,以绝对平衡线三等分线划分平衡状态区为压力、平衡、从属三个区域,评价结果见图2。选取的8个中心型轨道交通站点地区均位于纺锤体内,即节点与场所指标评价价值较为接近,其中城市级中心型站点地区均位于片区级中心型站点地区右上方,无处于失衡状态的站点地区,表明作为站点地区内的土地利用与交通发展有良好的协同性,城市级中心型站点地区比片区级中心型站点地区协同性更高。其中新街口、大行宫站点地区处于纺锤体上三分之一区域,即压力状态;珠江路、夫子庙、龙江、元通处于纺锤体中间部分内,即平衡状态;雄州与百家湖处于纺锤体下三分之一区域,即从属状态。以下将对不同状态站点地区进行分析并提出引导性建议。

5.1. 平衡状态站点地区

根据评估结果,珠江路、夫子庙、龙江、元通站点地区协同性处于平衡状态,表明站点地区土地利用和承载的居民活动,与交通能力达到了良好的平衡,其中珠江路、夫子庙、龙江站在绝对平衡线附近,而元通站有向失衡场所偏离的风险。元通站节点属性指标中公交线路条数与站域内道路可达性评分偏低,其作为河西新城中心站点地区,以商务商业办公等功能为主,宜配置更多的公交线路,细化道路步行网络,以避免区域交通拥堵,承载更多的人流活动。龙江站虽处于绝对平衡线附近,但两类属性指标整体略低,节点指标需改善用地功能配比,通过住宅底商等方式增加地块内功能混合,场所指标方面该站点当前属于轨道交通端点站,需主要提升轨道交通的可达性。

5.2. 压力状态站点地区

由评估结果可知,新街口与大行宫站点地区处于压力状态,其节点与场所属性指标评分都较高,这

两个站点地区均位于南京主城中心, 与常规认知相符, 功能配置丰富, 交通客流量大, 每日全时段活力高。这类站点地区已建成区域占比极高, 进一步提升的空间小, 需着重平衡节点与场所关系, 对地区内老旧小区更新, 并优化功能配比, 解决交通拥堵问题。

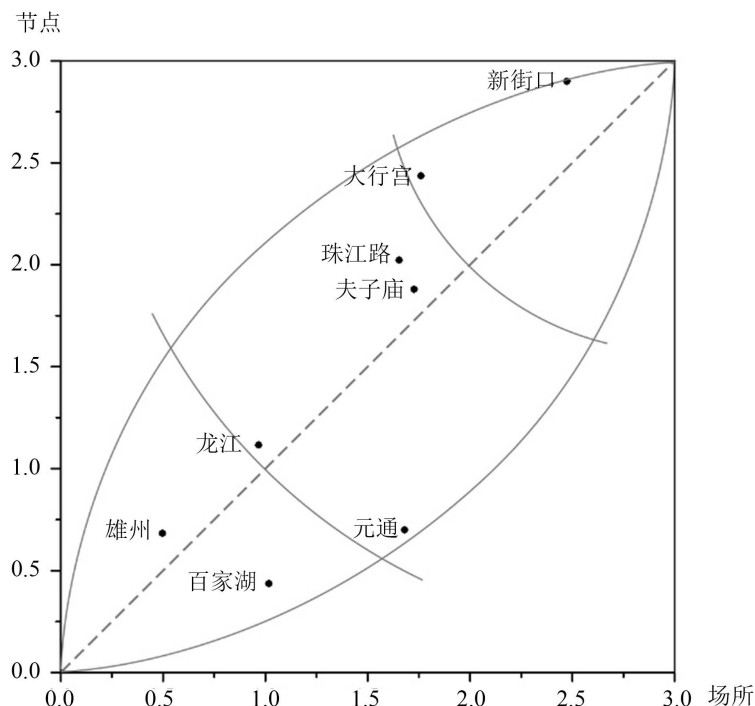


Figure 2. The node-place model evaluation result graph of rail transit station areas

图 2. 站点地区节点 - 场所模型评价结果图

5.3. 从属状态站点地区

雄州与百家湖站点地区节点与场所属性指标值均较低, 处于从属状态。这两个站点地区分别属于雄州片区与城南片区中心的轨道交通站点地区。作为城市新城或片区中心, 即使节点与场所指标处于协同状态, 评价价值仍相对于主城中心有较大差距。客观原因是其处于城市非中心区域, 公共交通网络中的位置与人流集聚相对主城中心差。但雄州与百家湖站点地区内部开发强度较低, 地块内功能配置多为单一功能, 站点地区内部街区尺度大, 步行可达性低也是其协同水平较低的重要因素, 针对此类问题, 应主要围绕副城或片区中心定位, 增加站点地区功能多样性, 提高开发强度, 优化步行网络, 并增加常规公交线路, 长期规划上对于如百家湖这类发展状态较好, 场所属性评分高于节点属性评分的从属状态站点, 可增加轨道交通线路以满足客流需求, 整体提升站点地区协同水平。

6. 结论

轨道交通是引导城市发展的重要因素, 对轨道交通站点地区的“场所”发展现状与“节点”交通能力的协同性进行评估有助于明确站点地区发展潜力, 为进一步优化方向提供依据。

本研究运用节点 - 场所模型, 节点属性选取轨道交通可达性、常规公交可达性、站点地区内部道路可达性三个指标, 场所属性选取土地利用开发强度、土地利用功能混合度、时均居民活动量三个指标, 评估了南京市八个中心型轨道交通站点地区的协同性, 发现中心型站点地区均有良好的协同性, 城市级

中心型站点地区比片区级中心型站点地区协同性更高, 对处于平衡、压力、从属三个状态的站点地区现状进行分析, 对于压力型站点地区主要以维持现状、平衡站点地区节点与场所为优化目标; 平衡状态站点地区需立足于站点定位, 城市级中心型站点地区应进一步分别提升两类属性指标值, 片区级中心型站点地区宜以避免节点与场所指标在发展中出现失衡状态为主要优化目标; 从属型站点地区处于较低协同状态, 地区对开发活动、交通建设仍有较大容纳能力, 需全面提升站点地区的各项指标。

基金项目

国家自然科学基金面上项目(项目批准号: 51578282)。

参考文献

- [1] 国家统计局. 2010-2019 年全国城市公共交通统计数据[EB/OL]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0B07&sj=2020>, 2021-08-31.
- [2] Bertolini, L. (1996) Nodes and Places: Complexities of Railway Station Redevelopment. *European Planning Studies*, 4, 331-345. <https://doi.org/10.1080/09654319608720349>
- [3] 任利剑, 运迎霞, 权海源. 基于“节点 - 场所模型”的城市轨道站点类型及其特征研究——新加坡的实证分析与经验启示[J]. 国际城市规划, 2016(1): 109-116.
- [4] 赫特·约斯特·皮克, 卢卡·贝托里尼, 汉斯·德扬, 等. 透视站点地区的发展潜能: 荷兰节点 - 场所模型的 10 年发展回顾[J]. 国际城市规划, 2011, 26(6): 63-71.
- [5] 陆林, 邓洪波. 节点 - 场所模型及其应用的研究进展与展望[J]. 地理科学, 2019, 39(1): 12-21.
- [6] 周青峰, 刘苏, 王耀武. 城市轨道交通站点周边土地利用与交通协调关系研究[J]. 铁道运输与经济, 2018, 40(4): 100-106.
- [7] Ivan, I., Boruta, T. and Horák, J. (2012) Evaluation of Railway Surrounding Areas: The Case of Ostrava City. *Urban Transport XVIII—Urban Transport and the Environment in the 21st Century*, 128, 141-152. <https://doi.org/10.2495/UT120131>
- [8] 吴韬, 严建伟. 城市轨道交通站点可达性度量及评价——以天津市为例[J]. 地理与地理信息科学, 2020, 36(1): 75-81.
- [9] 庄宇, 张灵珠. 站城协同: 轨道车站地区的交通可达与空间使用[M]. 上海: 同济大学出版社, 2016: 75-76.
- [10] Chiaradia, A., Moreau, E. and Rford, N. (2005) Configurational Exploration of Public Transport Movement Networks: A Case Study, the London Underground. *Proceedings of 5th International Space Syntax Symposium*, Netherlands, 13-17 June 2005, 541-552.