

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2023.01.025

天津轨道交通复杂网络和 应急选址研究

王宝顺^{1,2}, 姜卉¹

(1. 中国科学院大学工程科学学院, 北京 100049; 2. 天津轨道交通运营集团有限公司, 天津 300392)

摘要: 天津已逐步形成轨道交通网络化运营模式, 但各线路间的应急管理相对独立、协同性差, 导致应急资源利用效率低, 应急响应不及时。建立基于 11 条天津轨道交通线路的复杂网络模型, 对其进行统计特性分析, 开展车站站点失效的脆弱性研究。在考虑需保护的脆弱站点的基础上, 建立适用于天津轨道交通网络化运营条件下的应急设施中心选址模型, 确定应急设施中心共计 26 个, 同时明确其覆盖范围。选址结果可提高未来线网的应急效率, 其分析过程适用于其他轨道交通网络。

关键词: 轨道交通; 网络化运营; 复杂网络; 应急设施中心; 选址

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2023)01-0174-06

Complex Network and Emergency Site Selection of Tianjin Rail Transit

WANG Baoshun^{1,2}, JIANG Hui¹

(1. School of Engineering Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;
2. Tianjin Rail Transit Operation Group Co., Ltd., Tianjin 300392)

Abstract: Tianjin has gradually formed a network operation mode of rail transit, but the emergency management of each line is independent and poorly coordinated, resulting in low efficiency of emergency resource utilization and delayed emergency response. A complex network model based on 11 Tianjin rail transit lines is established, statistical characteristics are analyzed, and the vulnerability to station failure is examined. Based on the vulnerable sites to be protected, a site selection model for emergency facility centers suitable for the networked operation of Tianjin rail transit is established, 26 emergency facility centers are identified, and their coverage is clarified. The site selection results can be used to improve the emergency efficiency of future network operations. The analysis process is also applicable to other rail transit networks.

Keywords: urban rail transit; networked operation; complex network; emergency facility centers; site selection

2020 年, 全国城市轨道交通运营线路增至 244 条, 新增运营线路长度 1 233.5km^[1], 网络化运营趋势已成为必然。城市轨道交通相对封闭、人员密集、设备集中^[2], 一旦发生影响运营的突发事件, 将造成不可预估的影响, 轻则造成短时行车延误和乘客积压, 重则导致

长时间停运, 波及整个线网, 甚至造成路面交通瘫痪。

目前, 天津轨道交通已运营 1~6(含二期)、9 号线共 7 条城市轨道交通线路, 各线路突发事件响应相对独立, 这样的应急模式无法适应网络化应急响应需求, 易造成响应不及时和应急人力、资源的浪费。下

收稿日期: 2022-01-27 修回日期: 2022-03-27

第一作者: 王宝顺, 男, 硕士, 工程师, 从事城市轨道交通技术管理工作, 602869929@qq.com

通信作者: 姜卉, 女, 博士, 教授, 从事应急管理研究, huijiang@ucas.ac.cn

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目(E0E48947)

引用格式: 王宝顺, 姜卉. 天津轨道交通复杂网络和应急选址研究[J]. 都市快轨交通, 2023, 36(1): 174-179.

WANG Baoshun, JIANG Hui. Complex network and emergency site selection of Tianjin rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2023, 36(1): 174-179.

面通过构建复杂网络，对统计特性进行分析，研究合理的应急设施中心选址方案，缩短应急响应时间，提高应急资源利用率，为迅速、高效、妥善的应急处置提供依据。

1 复杂网络脆弱性研究

1.1 构建复杂网络

研究复杂网络时，研究对象通常置于原始法 L 空间和对偶法 P 空间之中。 L 空间较为直观地反映站点的连接状态，因此采用 L 空间建模^[3]。基于图论，考虑双向载客，将城市轨道交通网络映射到无向图 $G=(V, E, d)$ 之中，其中 $V=\{n_1, n_2, n_3, \cdots, n_N\}$ 是无向图 G 的节点，即车站站点， E 为 G 的边集， $e=(v_i, v_j)$ 是图 G 中一条边，即区间， G 中每一条边 $e=(v_i, v_j)$ 均有一个数 $a(e)=a_{ij}(a_{ij} \geq 0)$ ^[4]。 A 为对称矩阵，有一个数 $a(e)=a_{ij}(a_{ij} \geq 0)$ ^[4]。 A 为对称矩阵，有一个数 $a(e)=a_{ij}(a_{ij} \geq 0)$ ^[4]。

平均度值为 2.225，即各站点平均与 2.225 个站点直接相连；站点交叉较少，主要原因是中心城区线路向郊区延伸站点较多，9 号线直接延伸至滨海新区。度值越大，在网络中发挥的连接作用越大，对相邻站点影响也越大^[6]。如图 2 所示，度值为 2 的站点数量最多，这与大部分城市的规律相符^[7]，度值前 5 的站点分别为天津西站、下瓦房、天津站、文化中心、肿瘤医院。

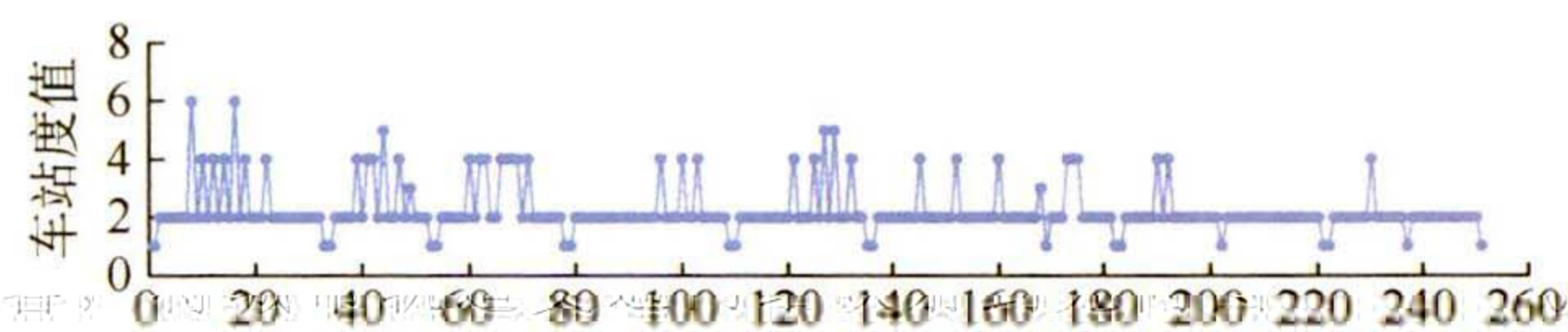


Figure 2 Degree of Tianjin rail transit station

1.2 网络特征分析

