

# 交通系统运营可靠性研究方法综述

孙梦迪, 张毅

吉林建筑大学, 电气与计算机学院, 吉林 长春  
Email: 924129153@qq.com

收稿日期: 2020年11月23日; 录用日期: 2020年12月16日; 发布日期: 2020年12月23日

---

## 摘要

在对国内外交通系统运营可靠性分析和研究的基础上, 论述了目前有代表性的可靠度指标的定义和研究方法, 如连通可靠度、时间可靠性、服务水平可靠度等, 并讨论了该领域研究所存在的局限性, 最后对在交通系统运营下的可靠性分析进行了展望。

## 关键词

交通系统运营, 可靠性分析, 局限性, 应用前景

---

# Summary of Research Method on Operation Reliability of Traffic System

Mengdi Sun, Yi Zhang

School of Electrical and Computer Science, Jilin Construction University, Changchun Jilin  
Email: 924129153@qq.com

Received: Nov. 23<sup>rd</sup>, 2020; accepted: Dec. 16<sup>th</sup>, 2020; published: Dec. 23<sup>rd</sup>, 2020

---

## Abstract

On the basis of the analysis and research on the operational reliability of transportation systems at home and abroad, the definition and research methods of representative reliability, such as connectivity reliability, travel time reliability, service level reliability and so on, are discussed, and the limitations of the research in this field are discussed. Finally, the reliability analysis under traffic system operation is prospected.

## Keywords

Transportation System Operation, Reliability Analysis, Limitation, Application Prospect

---

Copyright © 2020 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

随着中国特色社会主义进入新时代,我国经济社会和城市化进程飞速发展,汽车保有量持续增加,交通供应和需求之间的不平衡问题日愈明显,人们的生活、学习和工作受到交通拥堵的惨重影响。另外,交通系统运营的可靠性在自然灾害频发的情况下的被提出了更高的要求,同时,如何在日常出行或群体活动期间为出行者提供更为可靠有效的交通出行方案也越加重要。因此在交通系统运营中研究可靠性尤为为重要。文献[1]指出,国内外对交通系统运营的可靠性评价指标多限于平均车速、用户满意度、服务水平等测度指标,但实际上,交通系统作为一个受交通供给和交通需求的影响巨大的复杂系统,具有多维、随机和动态的本质特征。

## 2. 国内外交通系统运营可靠度研究近况

### 2.1. 连通可靠度

Fang Jian 等人[2]运用了传统的蒙特卡罗方法计算连通可靠性,并通过改善传统的蒙特卡罗方法的准确性和速度,从侧面提高了计算速度,通过对比结果验证了改进的蒙特卡罗方法在计算道路连通可靠性上具有一定的正确性和优越性,并对评估道路有积极的参考价值。

葛国钦等人[3]揭示了不同空间地理环境差异下农村公路网络的连通可靠性差异规律,为不同地貌区域的公路专项规划提供科学性参考,综合运用了复杂网络分析方法和计算机仿真技术,从静态可靠性和动态可靠性两个层面建立综合评价指标体系和多情景干扰机制,对典型平原和山地区域农村公路网络连通可靠性特征进行量化对比分析,研究发现,山地区域农村公路网络遭受干扰时的连通可靠性相对较低,与其路网结构的完备性较差存在直接关联;重要路段的空间分布方面,平原区域高敏感道路空间分布相对集中,而山地区域的高敏感道路空间分布离散化趋势明显。

李宁等人[4]通过对网络实证研究进行分析,阐述了以城市轨道交通作为现实网络复杂网络理论的相关研究,引入了以复杂网络理论为基础的连通可靠性测度指标,打破原有基于设备的可靠性分析,将其拓展为基于交通管理者和使用者的全局分析。

刘杰等人[5]为衡量城市轨道交通网络的连通可靠性,提出容忍系数确定车站间的可容忍路径来衡量车站间的连通可靠性,并以成都地铁为例,据此计算考虑车站权重和不考虑车站权重时成都地铁网络的连通可靠性,由此确定了连通可靠性最强和最弱的车站并分析了成都地铁在不同时间段、不同容忍系数下的连通可靠性。

### 2.2. 时间可靠度

葛显龙等人[6]基于交通拥堵对车辆行驶时间的影响,建立了时变的随机旅行时间车辆路径模型,同时引入时间可靠度评价模型以评估车辆行程的可靠性,结合重庆某超市案例给出详细配送方案和路径可靠度,并设计了混合模拟退火算法对模型进行求解。

Barahimi Amir Hossein 等人[7]提出了一个基于增强旅行时间可靠性的城市交通网络设计模型,时间可靠性的计算依据旅行和旅行时间遵循对数正态分布,并引用了粒子群优化算法求解模型。

Farida Mansour 等人[8]提出了一种基于旅行时间的自适应最优算法,该算法考虑了行程旅行时间的可靠性和行程的鲁棒性,通过支持行程时间和可靠的替代改道,在连接失败的情况下,对线路提供替代品。

Ramin Saedi 等人[9]将道路网的行程时间可靠性表示为一个关系网络,提高了网络行程时间可靠性与网络分区的评估,通过大规模异构网络分割成均匀的区域(集群)和定义良好的网络基础图,使用定向和无方向性的分区方法来估计行程时间可靠性和线性关系的平均旅行时间的标准差,运用分区和旅行时间可靠性估算进行上午和下午高峰时期来展示芝加哥大型网络使用 24 小时动态交通仿真。

戴杨铖[10]将行程时间可靠性理论与线路准点率相结合,加入到线路优化的考量中,以北京市区为背景设计实例,构建了考虑行程时间可靠性的路径设计模型,并证实了此模型能够很好地兼顾运营效益与线路准点率,线路优化效果显著,具有一定的实用性。

### 2.3. 服务水平可靠度

服务水平是指出行者在交通系统运营中所感受到的一种服务效果的量度,即交通运营状态给出行者提供的服务水平质量。服务水平可靠度是从出行者的角度出发,描述交通系统的运营状态,能够比较全面的衡量整个交通系统的服务效果,因而受到了广泛的认可。国内外评价交通服务水平的指标有平均车速、饱和度、车到占有率等,大多数研究是基于如路口、路段、区段等的微观角度,对于宏观角度的研究当前介乎探索阶段。

望爱诗[11]建立了基于乘客感知的轨道交通综合服务水平可靠度模型和不同责任主体服务水平可靠度模型,并以武汉市轨道交通为例进行实证分析。

张冬雪等人[12]从线路运营载体(列车)与运营主体(乘客)两方面考虑,综合考虑列车运行特征、车厢内乘客立席密度以及延误条件下的客流积压程度,结合“奖优罚劣”参数融合理论,提出线路运营服务可靠性模型,并对线路运营服务可靠性提升策略进行了研究。

### 2.4. 其他可靠度

蔡两[13]建立了动车组整车和关键系统可靠性模型和相应的可靠度计算公式,归纳出可应用于动车组的四种可靠性,进行了基于 FMEA 的动车组可靠性优化预测,预测结果表明对占比较高的故障产品或故障模式采取有效措施可以显著降低动车组故障率,提升动车组可靠性。

王梦琪等人[14]通过分析城市公交的实时运行数据和城市公交运行特征,对实际的公交线路分时段进行分析,构建了公交运行可靠度评价指标体系,对运行可靠性低的公交线路进行优化,验证表明,该评价体系可以准确评价公交线路运行可靠性,为提高公交运行效率提供了参考。

## 3. 交通系统运营中可靠性研究所存在的局限性

### 3.1. 没有对全面整体的交通系统进行可靠度分析

目前对可靠性的研究,多数是对小型交通网络进行分析,然后验证结论对大型或者整个交通网络同样适用,这种研究方法没有考虑到整个交通系统的不确定性和复杂性,因而对整体性的交通系统的可靠性研究有待探索。

### 3.2. 突发事件下对可靠度分析的研究不充分

虽然突发事件的发生概率较小,但也不能忽略其对交通系统的影响。如果交通主干线上发生像重大车祸等突发事件,就会对出行者造成很大的困扰,同时,也要考虑到路网结构在紧急情况下的影响。

### 3.3. 没有考虑到出行链对可靠性的影响

现代交通系统是一个多种交通方式并存的复杂网络结构,人们的日常出行可以看成是交通方式的组合。大多数的可靠性研究中,忽略了非机动车和步行的影响,忽略了复合式出行模式对交通系统的作用。

### 3.4. 交通数据的不全面性

获取较为全面的交通数据对研究交通系统可靠性尤为重要。研究中的交通数据大多来源于相关部门或者各种开发平台, 由于数据在获取时会存在遗漏情况, 再加上忽略了数据的时效性, 因而如何取得精确又有效的交通数据成为一个需要关注的问题。

## 4. 交通系统运营中可靠性研究展望

大多数现有的研究可靠性的评价方法较为单一, 还需将多种评价方法相结合, 综合考虑对可靠性的作用; 另外, 随着城市规模的不断扩大, 对组团式或多中心发展模式下交通系统可靠性的研究较少; 再者, 在考虑可靠性的影响因素时, 各子网络对交通系统网络的作用有待进一步探索。

## 参考文献

- [1] 王殿海, 祁宏生, 徐程. 交通可靠性研究综述[J]. 交通运输系统工程与信息, 2010, 10(5): 12-21.
- [2] Fang, J. and Sun, Y.N. (2020) Improved Monte Carlo method to Study Road Reliability. *Science Discovery*, **8**, 32-36. <https://doi.org/10.11648/j.sd.20200802.12>
- [3] 葛国钦, 刘玉龙, 刘畅, 万丹, 魏猛. 农村公路网络连通可靠性对比研究——以山东、重庆四镇为例[C]//中国城市规划学会、重庆市人民政府. 活力城乡 美好人居——2019 中国城市规划年会论文集(17 山地城乡规划). 中国城市规划学会、重庆市人民政府:中国城市规划学会, 2019: 13.
- [4] 李宁. 复杂网络理论的城市轨道交通网络连通可靠性研究[J]. 工程建设与设计, 2019(18): 80-81.
- [5] 刘杰, 彭其渊, 陈锦渠, 殷勇. 考虑乘客出行容忍度的城市轨道交通网络的连通可靠性分析[J]. 交通运输工程与信息学报, 2019, 17(4): 134-140.
- [6] 葛显龙, 张倩, 温鹏哲. 随机旅行时间的车辆路径问题及其可靠度评价[J]. 数学的实践与认识, 2020, 50(20): 13-22.
- [7] Hossein, B.A., Alireza, E. and Abdolah, A. (2020) Bi-Level Multi-Objective Model for Existing Link Capacity Expansion Problem across Urban Transportation Network Considering Travel Time Reliability: Presenting Dynamic Particle Swarm Algorithm. *Sāadhanā*, **45**, Article Number: 257. <https://doi.org/10.1007/s12046-020-01486-z>
- [8] Mansour, F., Farhi, N., Van Phu, C.N., Haj-Salem, H. and Lebacque, J.-P. (2020) Robust Routing, its Price, and the Tradeoff between Routing Robustness and Travel Time Reliability in Road Networks. *European Journal of Operational Research*, **285**, 159-171. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.10.053>
- [9] Saedi, R., Saeedmanesh, M., Zockaie, A., Saberi, M., Gerolimimis, N. and Mahmassani, H.S. (2020) Estimating Network Travel Time Reliability with Network Partitioning. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, **112**, 46-61. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.01.013>
- [10] 戴杨铖. 考虑行程时间可靠性的城市高铁快巴线路优化方法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [11] 望爱诗. 基于乘客感知的城市轨道交通综合服务水平研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2018.
- [12] 张冬雪. 城轨线路运营服务可靠性模型及提升策略研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [13] 蔡两. 动车组系统可靠性评价与优化研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2020.
- [14] 王梦琪, 蒙素兰, 程铅, 杜文凯, 林淦. 城市公交线路运行可靠度分析及优化[J]. 山西建筑, 2020, 46(3): 34-35.