

基于轨迹数据的山地城市干线交通运行评价探讨

林志红¹, 蔡晓禹^{1,2}, 陈永光¹, 张梦歌¹

(1.重庆交通大学 交通运输学院, 重庆 400074; 2.山地城市交通系统与安全重庆市重点实验室, 重庆 400074)

摘要:当前国内外干线交通运行评价在研究方法上不能准确、客观地反映路段或区域内拥堵所在层次,指标设置上缺少从交通拥堵及交通参与者角度进行考虑,且未考虑交通拥堵类指标和可靠性类指标。文中利用 GPS 浮动车轨迹数据包含车辆行为及数据丰富、精度高等特点,考虑排队长度、通行时间、交通拥堵类指标、可靠性类指标,建立多层次多指标综合评价模型,对山地城市干线交通运行进行评价。

关键词:城市交通;干线公路;交通运行评价;浮动车数据;山地城市

中图分类号:U491

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2020)04-0012-05

在多数城市处于城市化进程快速发展的今天,机动车保有量成幂次增长,交通拥堵加剧。据统计,截至 2017 年底,全国高峰期间超过 26% 的城市处于拥堵状态,55% 的城市处于缓行状态,2017 年因交通拥堵香港成为拥堵成本(达 15 890 元)最高的城市。交通拥堵不仅对居民出行造成一定困难,浪费时间的同时对国家的 GDP 造成损失,还造成空气污染、噪声污染。山地城市内部道路结构薄弱,城市干线同时承担出入境及过境交通,故保障其干线畅通至关重要。采取交通管控是缓解交通拥堵的有效方法之一,优质管控方案的提出前提是准确的交通评价,交通运行评价可为干线交通管控方案选择提供有效支持。

1 现有城市交通干线运行评价

1.1 评价指标

现有干线交通运行评价指标除早期美国 HCM 手册所使用的服务水平外,还包括交通参数类指标、拥堵类指数、可靠性指标等(见图 1)。

1.1.1 交通参数类指标

城市干线交通评价上交通参数类指标通常选取行程时间、排队长度、密度、速度、饱和度、占有率、交通量等,如文献[2]、文献[3]选取平均行程速度作为评价指标,文献[4]选取道路延误时间及饱和度作为评价指标,文献[5]选取延误、排队长度、服务水平作为评价指标,文献[6]选取流量、速度、占有率等作为评价指标,文献[7]以路段平均时间为权重系数建立

评价指数。

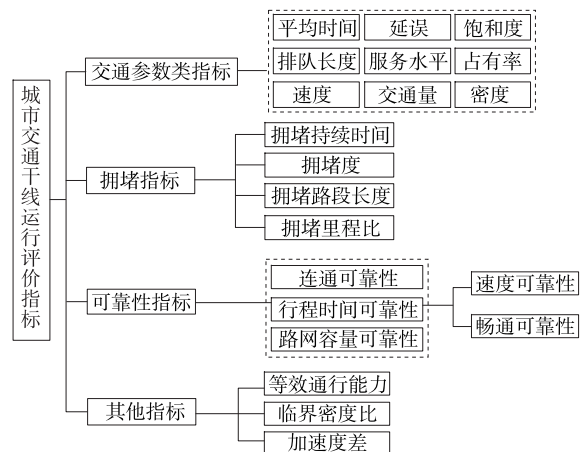


图 1 现状城市干线交通运行评价指标

1.1.2 拥堵类评价指标

拥堵类指标用于衡量道路拥堵严重程度,体现在拥堵持续时间、拥堵度、拥堵路段长度、拥堵里程比、交通拥堵指数等。文献[8]选取拥堵路段长度、高峰时段拥堵持续时间作为交通阻塞程度评价指标;文献[9]、文献[10]选取拥堵持续时间作为拥堵判别标准;文献[11]选定日交通拥堵指数、拥堵里程比、拥堵持续时间、常发拥堵路段数作为拥堵评价指标;文献[12]采用交通拥堵指数、拥堵里程比、拥堵持续时间、常发拥堵路段分布作为拥堵评价指标,实现了对北京五环路内路网运行状态的实时监测。

1.1.3 可靠性评价指标

交通领域的可靠性分为连通可靠性、行程时间可靠性、路网容量可靠性。连通可靠性由文献[13]

提出,它是研究两地间是否连通的评价指标,适用于极端条件。文献[14]、文献[15]分别基于出租车智能卡数据、浮动车数据,选取行程时间可靠性作为可靠性评价指标;文献[16]从道路使用者角度提出行程时间可靠性;文献[17]建立了路网容量可靠性双层规划模型。为满足日益复杂的城市交通,延伸出速度可靠性、畅通可靠性等高层次可靠性指标,如文献[18]计算了不同速度可靠性对应的服务水平等级,文献[19]提出了畅通可靠性指标。

1.1.4 其他评价指标

除上述评价指标外,还有部分应用较少的指标,如文献[20]中的等效通行能力,文献[21]中的临界密度比。

1.2 评价方法

目前,城市干线交通运行评价方法主要有聚类评价法、综合评价法和神经网络法(见图2)。

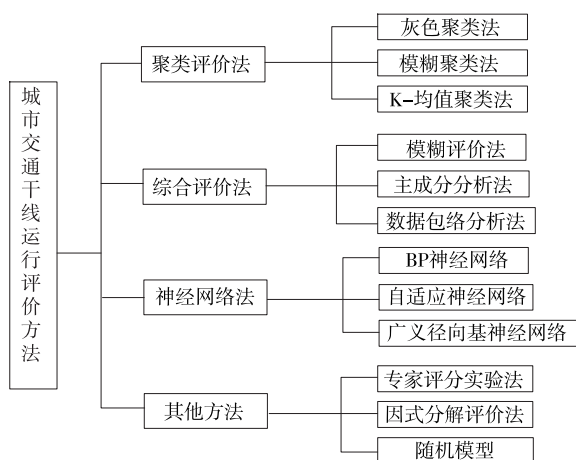


图2 现状城市干线交通运行评价方法

1.2.1 聚类评价法

聚类是指对对象进行分类,包括灰色聚类、模糊聚类、K-均值聚类等。文献[22]运用灰色聚类评价法评价了快速路基本路段的服务水平;文献[23]根据灰色聚类理论计算指标权重,使指标之间的权重在评价过程中自动产生而无需经过人为判断;文献[24]引入灰色聚类理论分析高速公路基本段的服务水平。文献[25]利用模糊聚类理论对道路交通状态进行分类;文献[26]、文献[27]利用传统模糊C均值判断速度极值、占有率极值处的交通状态;文献[28]、文献[29]提出模糊C均值聚类算法及其改进算法;文献[30]将已知模糊聚类模型扩展到约束原型;文献[31]利用模糊C均值聚类法解决指标权重问题;文献[32]引入K-均值聚类算法实现对道路

拥堵程度的定量分析和等级划分。

1.2.2 综合评价法

综合评价法是将多个评价指标转化成一个反映综合情况的评价指标,包括模糊评价法、主成分分析法、数据包络分析法等。文献[33]建立了道路服务水平的模糊综合评判模型;文献[34]基于模糊系统实现了对交通流状态的划分;文献[35]利用层次分析法和模糊综合评价法建立了快速路系统服务水平二级综合评价模型;文献[36]采用模糊综合评价法建立了城市道路动态权重评价模型;文献[37]基于主成分分析法建立了城市快速路基本路段服务水平综合评价模型;文献[38]提出了主成分分析法和模糊综合评价法相结合的城市区域交通拥挤定量评价法;文献[39]基于DEA法构建了城市主干道交通拥堵评价模型。

1.2.3 神经网络法

神经网络系统是20世纪40年代后出现的,随着交通动态系统越发复杂化,神经网络评价法被应用于交通行业。文献[40]、文献[41]根据交通流特性,分别建立了交通状态神经网络判别模型、BP神经网络状态判别模型;文献[42]基于车辆视频识别,建立了快速路交织区运行状态BP神经网络判别模型;文献[43]采用效率、安全性、舒适性指标,构建了城市交通系统BP神经网络评估模型;文献[44]通过广义径向基神经网络法计算各路段拥堵度,使用加权平均法对整个路网运行状态进行了评价。

1.2.4 其他评价方法

在道路运行评价上,除上述主流评价方法外,还有其他评价方法,如文献[45]中的专家评分实验法、文献[46]中基于因式分解的评价方法、文献[47]中基于拉格朗日坐标的交通流随机模型。

1.3 现有研究评述

(1) 较多选取交通参数作为交通运行状态评价指标,拥堵指数仅应用于交通拥堵研究,可靠性指标仅应用于交通可靠性研究,较少将二者应用于交通评价中。拥堵指标旨在反映交通拥堵严重性,可靠性指标是从交通使用者方面反映交通运行效率,交通运行状态评价中可综合这两类指标。

(2) 对交通运行状态的评价一般基于交通流的模糊性,较多使用模糊聚类法、模糊评价法及BP神经网络法,较少建立简单可行的多层次评价模型找出交通拥堵所在层次,且多数依赖于线圈检测数据、人工检测数据、单一类型数据。

(3) 对干线交通运行的研究集中在平原城市连续流及间断流,较少考虑山地城市,且干线连续流研究对象集中在基本路段、立交、交织区,较少考虑匝道对干线的影响并将干线作为一个整体考虑。

2 研究热点及挑战

2.1 研究热点

(1) 基于大数据的干线交通评价。城市交通设施的快速发展,使小样本、人工调查、道路固定检测器数据无法满足当前日渐复杂的交通评价,基于巨量、多源的车辆轨迹数据成为交通运行评价的热点之一。

(2) 挖掘基于大数据的评价方法。评价指标从交通流参数类指标向全面、多角度转移,评价方法从模糊综合评价法、层次分析法等数学模型法向挖掘大数据背后交通流规律的评价方法转变,挖掘基于大数据的干线评价方法成为必然趋势。

2.2 干线交通运行评价面临的挑战

(1) 大数据的处理。如今交通出行量暴增,交通数据量成倍增长,大数据为交通研究更贴合实际带来了可能。但如何处理海量数据,如何剔除匹配错误的的数据,如何从大数据中计算各指标值成为一大挑战。

(2) 干线及影响区的复杂性。连续流干线由匝道、交织区、基本路段组成,干线交通流极其复杂,不同组成之间的交通流相互影响,且与干线相连接的影响区与干线交通流之间相互作用。干线及其影响区的复杂交通流给准确的交通运行评价带来困难,也是未来对干线交通运行评价的极大挑战。

(3) 准确、客观的评价模型。交通管控的前提是准确的交通运行评价,而准确的交通运行评价的前提是客观、精准的评价模型。需选取表征匝道运行的微观评价指标及表征主线运行的宏观评价指标,依次建立包含匝道、立交内主线段、立交、基本路段、干线的多层次多指标综合评价模型。

3 城市交通干线运行评价研究

3.1 轨迹交通数据

交通数据可通过固定式数据采集器及移动式数据采集器得到,固定式数据包括地磁、传感器、卡口等不可移动式交通设施获取的数据,移动式数据分为GPS、视频、图片、移动通信等移动设施采集获得的数据。由于固定式采集器具有布设不密集、设置

于露天环境、使用通信线路等特性,这类数据的获取无法保证其有效性。GPS等移动信息采集器具有数据回传密集、反映出行者轨迹、覆盖范围广、数据连续、稳定的特点,能反映交通运行规律。为保证交通运行评价数据的可靠性,选取基于GPS的移动数据采集器所获得的交通数据如出租车数据、驾图数据作为研究数据,采集的信息包含车辆经纬度、回传信息时刻、车辆ID、瞬时速度等。

3.2 研究思路

3.2.1 评价指标体系构建

选取能表征干线交通运行特征的指标,如匝道、立交内主线排队长度、车辆群体通行时间、停车率等,立交评价指标选取上考虑主线和匝道的重要性及二者的不均衡性构建综合指标;基本路段进一步提取停车率、通行时间等交通参数,升化为交通拥堵指数、时间可靠性等指标;干线评价指标的选取则综合考虑立交及主线评价指标,通过权重系数融合为干线综合评价指标(见图3)。

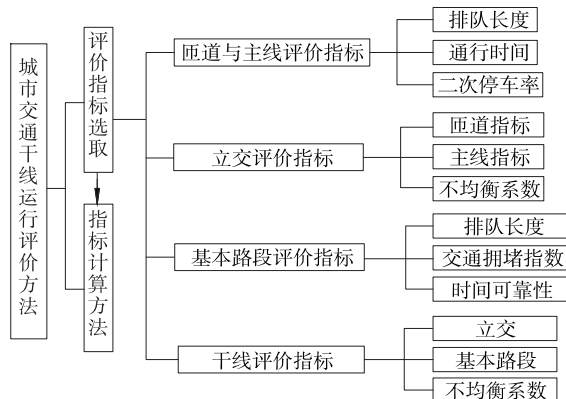


图3 城市干线交通运行评价指标

3.2.2 多指标综合模型构建

考虑匝道与主线的交通重要性、立交与基本路段的交通重要性,利用客观权重系数确定法确定各综合指标的权重系数,同时考虑同一层次各组成部分的不均衡性(如立交层次内匝道与立交主线间的不均衡性)建立面向匝道(立交内主线)、立交、干线的多指标多层次综合评价模型,并划分交通运行评价等级。

4 结语

城市干线交通运行评价经历了3个阶段:第一阶段是早期的以美国HCM手册为代表的干线服务水平评价,数据采集主要依靠人工;第二阶段利用平

均速度、饱和度、服务水平等交通流参数作为指标,数据采集通过线圈等固定检测器及人工获取,引入综合评价等评价方法;第三阶段尝试基于GPS信息的多源轨迹数据采集技术,选取更贴合实际交通流特征的评价指标,并采用通过大数据挖掘干线运行特征的评价方法,实现交通干线运行的精准评价。近年来,随着对大数据的深入研究及应用技术的逐渐成熟,运用大数据分析交通运行特征、挖掘交通流运行的根本规律及分析交通流存在的问题成为必然趋势。如何借助GPS浮动车数据,结合交通流特征分析,选取交通干线各组成的运行评价指标构建综合评价模型及评价标准是未来对交通干线准确评价的研究方向。

参考文献:

- [1] 高德地图.2017年度中国主要城市交通分析报告[EB/OL].[2018-01-22].<https://report.amap.com/share.do?id=8a38bb8660f9109101610835e79701bf>.
- [2] 孙超.城市道路交通状态评价分析研究[D].广州:华南理工大学,2010.
- [3] 杨富社,邹群,李明,等.基于行程速度指数的城市快速路服务水平评价方法[J].交通运输工程学报,2014,14(5):68-73.
- [4] WANG Q, SHAO C F. Evaluation of signalized intersection service level in the traffic impact assessment [J]. Advanced Materials Research, 2013, 869-870: 327-333.
- [5] 章洵,陈铮铮,杨超.基于随机通行能力的快速路运行评价[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2016,40(1):71-76.
- [6] 雷宁,张光德,陈玲娟.基于改进模糊聚类算法的快速路交通状态分类评价[J].公路,2017(11):139-144.
- [7] 朱琳,宋国华,于雷,等.基于公众出行感知调研与测算的交通状态实时评价指标[J].北京工业大学学报,2013,39(10):1526-1531.
- [8] TURNER S M. Examination of indicators of congestion level[J]. Transportation Research Record, 1992, 1360.
- [9] ABADIE R R, EHRLICH T. Contrasting the use of time-based and distance-based measures to quantify traffic congestion levels: An analysis of New Jersey Counties[C]//Proceedings of the 81st Annual Meetings of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2002.
- [10] ANTONY Stathopoulos, MATTHEW G Karlaftis. Modeling the duration of urban traffic congestion [C]//Transportation Research Board Annual Meeting, 2002.
- [11] 北京市交通委员会.城市道路交通运行评价指标体系:DB11/T 785-2011[S].北京:北京市质量技术监督局,2011.
- [12] 全永燊,郭继孚,温慧敏,等.城市道路网运行实时动态评价理论和技术研究[J].中国工程科学,2011(1):43-48.
- [13] MINE H, KAWAI H. Mathematics for reliability analysis[M]. Asakura-shoten, 1982.
- [14] 李先,温慧敏,高永,等.北京市路网单位距离行程时间可靠性评价[J].交通运输系统工程与信息,2007,7(2):72-76.
- [15] WEN H M, LIU X J, YONG G. The distribution characteristic of travel time reliability in Beijing road network [C]//2009 International Joint Conference on Computational Sciences & Optimization. Sanya, Hainan, China, 2009.
- [16] 李小静,牟海波,杨菊花.基于道路使用者的城市路网动态行程时间可靠度[J].公路交通科技,2014,31(4):106-113.
- [17] 冷军强,张亚平,赵莹萍,等.基于路段服务水平约束的路网容量可靠性分析[J].交通运输系统工程与信息,2016,9(5):148-152.
- [18] 邓晓义,宋瑞,郑锂,等.北京市快速路可靠性分析及应用[J].交通信息与安全,2011,29(4):124-129.
- [19] 陈艳艳,梁颖,杜华兵.可靠度在路网运营状态评价中的应用[J].土木工程学报,2003,36(1):36-40.
- [20] 邵敏华,汪洋,涂辉招,等.城市快速路交通评价方法研究[J].山东交通学院学报,2005,13(4):15-19.
- [21] 郝媛,徐天东,干宏程,等.城市快速路基本路段运行状况评价方法研究[J].交通信息与安全,2006,24(5):24-27.
- [22] 王华荣,裴玉龙,邢世玲.灰色聚类法在快速路基本路段服务水平评价中的应用[J].公路,2005(5):75-81.
- [23] 王媛媛,陆化普,秦旭彦.基于灰色聚类分析的城市交通路网综合评价方法研究[J].公路交通科技,2005,22(8):118-121.
- [24] 朱昌锋,王庆荣,朱昌盛.基于灰色聚类的高速公路基本路段服务水平分析[J].交通运输系统工程与信息,2007,7(4):101-105.
- [25] CHRISTIANE S, THOMAS A. Classification and prediction of road traffic using application-specific fuzzy clustering[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2002, 10(3):297-308.
- [26] 陈德望.基于模糊聚类的快速路交通流状况分类[J].交通运输系统工程与信息,2005,1(1):62-67.
- [27] CHENG Z Y, WANG W, LU J, et al. Classifying the

- traffic state of urban expressways: A (machine-learning approach [J]. Transportation Research Part A (Policy and Practice), 2018, 137.
- [28] 杨祖元, 黄席樾, 杜长海, 等. 基于 FFCM 聚类的城市交通拥堵判别研究[J]. 计算机应用研究, 2008(9): 2768—2770.
- [29] 张晓亮, 张可, 刘浩, 等. 基于 FCM—粗糙集的城市快速路交通状态判别[J]. 系统工程, 2010(8): 75—80.
- [30] SUN L, ZHANG H M, GAO R, et al. Gaussian mixture models for clustering and classifying traffic flow in real-time for traffic operation and management[J]. Journal of Southeast University (English Edition), 2011, 27(2): 174—179.
- [31] 张亮亮, 贾元华, 牛忠海, 等. 交通状态划分的参数权重聚类方法研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2014, 14(6): 147—151.
- [32] 方德春, 许虔虔, 万华森, 等. 基于 K—均值聚类算法的城市道路拥堵分级研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2017(2): 268—271.
- [33] 况爱武, 钱红波, 张伟. 道路服务水平的模糊综合评判[J]. 公路工程, 2003, 28(4): 36—38.
- [34] 郝媛, 徐天东, 孙立军. 城市快速路常发性交通拥挤分析[J]. 交通信息与安全, 2007, 25(2): 91—94.
- [35] 李洪萍, 裴玉龙. 快速路系统服务水平的模糊综合评价[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2009, 37(7): 26—30.
- [36] 谢亮成, 丁楚吟, 吴越, 等. 基于多源交通数据的城市道路实时运行状态综合评价方法[C]//中国智能交通协会. 第十三届中国智能交通年会优秀论文集. 北京: 中国智能交通协会, 2018: 329—340.
- [37] 郑铨, 宋瑞, 刘杰. 基于 PCA 的城市快速路基本路段服务水平评价[J]. 交通运输系统工程与信息, 2010, 10(2): 184—189.
- [38] 刘海青, 杨立才, 吴磊, 等. 基于 Fuzzy—PCA 的城市区域交通拥挤评价方法[J]. 山东大学学报(工学版), 2012, 42(6): 56—62.
- [39] 蒋金亮, 宋瑞, 李晋, 等. 基于 DEA 的城市道路交通拥堵评价[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(3): 10—15.
- [40] 曹成涛, 崔凤, 林晓辉. 基于神经网络的交通状态模糊判别方法[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(21): 5195—5199.
- [41] 巫威眺, 靳文舟, 林培群. 基于 BP 神经网络的道路交通状态判别方法研究[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(4): 71—74.
- [42] 郭淑霞, 周正全, 崔新书. 北京市快速路交织区运行状态判别模型[C]//中国土木工程学会. 科技创新 绿色交通: 第十一次全国城市道路交通学术会议论文集. 北京: 中国土木工程学会, 2011: 217—221.
- [43] LI B, CHEN Y, FANG S. Multi-objective evaluation of urban traffic network state based on BP neural network[C]//Cota International Conference of Transportation Professionals, 2015: 2250—2260.
- [44] 王来军, 许晓楠, 张昕越, 等. 基于广义径向基神经网络的城市道路运行状况评价[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2015, 35(4): 103—111.
- [45] 邵敏华, 孙立军. 城市多级道路交通运行水平一体化评价模型[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2010, 38(11): 1593—1598.
- [46] LIU H Q, GUO X C. Factor analysis based evaluation on level of service for basic segments in urban expressway[C]//IEEE International Conference on Computer Science & Automation Engineering, 2012.
- [47] ZHENG F F, EDDIN J S, LIU H X, et al. Traffic state estimation using stochastic Lagrangian dynamics[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2018, 115: 143—165.

收稿日期: 2020—03—03

关于假冒杂志网站和邮箱的声明

目前互联网上出现以《公路与汽运》杂志名义建立的官方网站和投稿邮箱,它们盗用“公路与汽运”的名称,非法向外征稿并收取审稿费、版面费,严重损害了本刊的权益和声誉。为避免广大作者和读者上当受骗,本刊郑重声明:

1 本刊没有官网,也从未以任何方式授权其他单位和个人在互联网上建立网站,互联网上以“公路与汽运”名义建立的网站都是假冒的,此类网站上发布的信息及由此造成的一切后果均与本刊无关。

2 本刊唯一的投稿邮箱是 gongluyuqiyun@163.com,除此之外的任何以本刊名义设立的邮箱都是假冒的。本刊目前没有收取审稿费。

3 本刊强烈谴责这种假冒《公路与汽运》杂志名义、损害本刊和作者、读者权益的违法行为,并保留依法追究其法律责任的权利。

特此声明。