

文章编号:1005-0523(2019)01-0066-07

基于实时路况数据的拥堵评价方法研究

徐 艳,陈景雅,罗冬宇

(河海大学土木与交通学院,江苏 南京 210000)

摘要:针对现有的交通拥堵评价方法均值法存在对拥堵变化不敏感的情况,提出了基于实时路况数据的拥堵占比率评价指标。首先采用 GIS 分析处理软件对实时路况数据进行分类提取路况信息,根据路况变化分级值判断某时段内各道路的变化状态。以南京市五个工作日内不同时段的路况数据为基础,计算道路趋向于拥堵变化状态下的拥堵占比率。根据计算结果,分析评价了南京工作日内拥堵路段的时空分布特征,并提出了可行的避堵、缓堵建议。给出的评价方法可在城市交通运行分析、道路拥堵变化分析中应用。

关键词:实时路况数据;拥堵占比率;拥堵评价指标;时空分布

中图分类号:U491.4

文献标志码:A

交通拥堵主要是由于道路系统局部通行能力不足或交通事件突发而产生,它不仅导致道路通行能力降低、行车速度下降、交通延误增大等,同时还造成了巨大的经济损失。城市交通拥堵的缓解不仅在于道路拥堵的识别,也在于对城市交通拥堵状态全面、实时的掌握,并进行合理的、易于理解的评价^[1]。现有的交通运行状况评价方法及其指标主要有交通流参数法中的平均速度、车流密度等;时间代价法中的行程延误、排队长度等;以及时空分布法中的拥堵里程比例、拥堵出行百分比^[2-4]等。

近年来,我国各大城市均建成以交通运行指数为核心的交通运行评价系统^[5],其评价指标主要有平均旅行时间指数。事实上,这种等量取均值的方法会削弱拥堵严重路段的突出作用,导致评价结果对拥堵较为严重的时段并不敏感,造成了高峰时段拥堵严重路段评价偏低、平峰时段缓行路段评价结果偏高的假象。为了解决现有方法敏感性不足的问题,本文提出基于实时路况数据的拥堵评价方法。首先基于实时路况数据获取城市路网及路况信息,采用 GIS 空间数据分析处理软件计算得到不同时间段道路状态的变化情况,根据拥堵等级划分判断每条路段处于不同的拥堵程度。在此基础上提出拥堵占比率指标,并以南京市的实时路况数据为例,从时间和空间角度,着重分析了城市拥堵严重路段的分布特征。

1 实时路况数据的获取与处理

随着交通拥堵的日益严重,对于成熟的城市路网,经过市民长期的出行选择及交通量的增长过程,道路交通状态在动态变化中存在相对稳定且有规律性的变化^[6]。除节假日及重大活动以外,交通流在工作日与非工作日呈现较大的差异性,但在工作日内拥堵的变化分布规律是相似的。因此,本文选取南京市4月19日至4月25日中5个工作日的实时路况信息为基础数据进行拥堵评价分析。自早高峰7时至晚上22时,每隔约半小时获取一张实时路况图,共计采取实时路况图130张进行研究。

1.1 数据获取

随着科学技术的不断发展,城市开始进入智能交通的数字化时代^[7]。大数据技术的产生改变了传统交通

收稿日期:2018-06-26

基金项目:国家自然科学基金(51308192)

作者简介:徐艳(1994—),女,硕士研究生,研究方向为交通管理与规划。

通讯作者:陈景雅(1967—),女,教授,硕士,主要研究方向为道路设计与路面材料,交通管理与规划。

数据获取的方式,使得实时交通数据的采集成为可能。实时路况图是指能够反映城市交通实时拥堵、畅通情况的实时路况图^⑧。本文数据主要来源于百度实时路况监测平台,其采集得到的路况图片格式为栅格形式。图中以红色、黄色、绿色三种颜色分别代表交通的拥堵、缓行、畅通三种交通状态。由于网络图片数据本身有一定的缺陷,南京市实时路况数据中其路况信息存在以下问题:

1) 路况地图中以绿色表示道路为畅通状态,但由于图片本身的原因导致路网中的绿色并不单一,而是呈现深浅不一的渐变绿,如图 1 所示(注:纸版为单色印刷,图中详细的颜色信息请参照该文的电子版)。这会使得后续提取路况时存在误差。

2) 另外实时路况图中的道路上存在白色的边界。由于在颜色识别上白色和黄色的阈值十分相近,当分离黄色道路时会产生“误识别”,从而影响路况提取的效果。

1.2 数据预处理

针对百度路况图中路网数据存在的问题,先对获取的所有路况图进行预处理,即去除白色边界和消除渐变色的影响。本文采用 ArcGIS 进行路况数据清洗,其主要思路如下:首先对栅格化路况图中 Band_2 的数据进行分类,并赋予每个颜色区间不一样的值以便根据颜色阈值提取路网。在此基础上提取道路的路况信息,由于其中的渐变色会对后期分析路况数据带来不便,因而需要对其进行颜色的“归一化”处理。道路颜色归一化处理是基于第一步提取的路网栅格图像,通过重分类及掩模提取等过程,从而完成对路况数据的预处理得到完整的路况数据,其技术路线如图 2 所示。

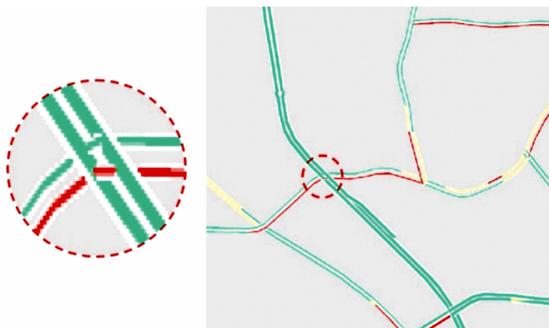


图 1 实时路况数据示意图

Fig.1 Schematic diagram of real time road condition data

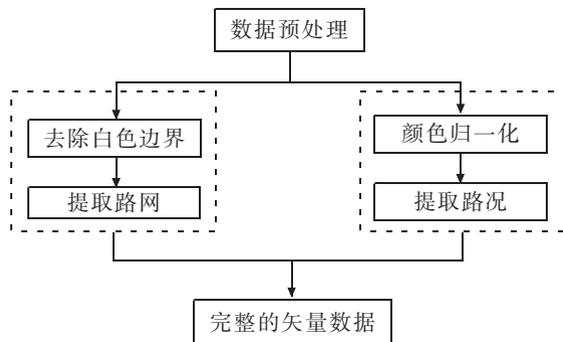


图 2 数据预处理技术路线图

Fig.2 Data preprocessing technical roadmap

2 拥堵评价指标

2.1 拥堵程度分级

由于城市道路运行状况复杂多变且随机性很强,因而对于某时刻的道路状态采用分级标定的方式。首先根据处理后的实时路况图,对其同一时刻道路畅通、缓行及拥堵的三个状态(分别对应路况图中绿色、黄色和红色)进行拥堵程度赋值,分别对应赋值为 1,3,6。采用 ArcGIS 中的空间数据处理工具对相邻两个时刻下赋值后的路网状态进行栅格计算,其相减的结果组合为-5,-3,-2,0,2,3,5。其中 5 代表道路状况从前一时刻的畅通状态(状态 1)变为后一时刻的拥堵状态(状态 6);0 则代表相邻两个时段内,交通拥堵状态没有发生转移或变化。各拥堵变化分级值代表含义及其所对应的变化程度见表 1。

考虑到拥堵是随着时间的推移由点拥堵到线拥堵,再到面拥堵逐渐产生、转移扩散、直至消散。因此,若在某个时间段内道路状态趋向于畅通或者缓行时,虽引起了交通流的剧烈变化,但其代表了拥堵正慢慢消散的过程。而当道路的运行状态在某一时段内剧烈变化为拥堵,即分级值为 5 或 3 的路段,则该时段内道路可能经历了交通量突增或通行能力不足导致延误的过程,形成了拥堵。这种剧烈变化反映了人们在工作日内的出行习惯或者是突发交通事故的产生,对该变化状态进行有效的分析可评价工作日内不同时段下拥堵较为严重路段的时空分布情况。

表1 各拥堵变化分级值代表含义
Tab.1 The meaning of the classification value of each congestion change

拥堵变化分级值	代表含义	交通运行变化程度
-5	道路由拥堵变为畅通状态	重度
-3	道路由拥堵变为缓行状态	中度
-2	道路由缓行变为畅通状态	轻度
0	道路保持原有状态	-
2	道路由畅通变为缓行状态	轻度
3	道路由缓行变为拥堵状态	中度
5	道路由畅通变为拥堵状态	重度

2.2 拥堵占比率

为了评价各时段内不同道路变化状态下路网的拥堵情况,根据已定义的分级值,计算每个时段内趋向于拥堵状态的分级值下路段长度占全网道路总数的百分比,可得到拥堵占比率指标

$$\text{拥堵占比率} = \frac{L_s}{L} \times 100\% \quad (1)$$

式中: L_s 为趋向于拥堵状态的分级值下的路段长度, L 为路网总长度。

根据2.1节,当道路变化的分级值为5时会产生严重的拥堵情况。为了反映路网中严重拥堵的占比情况,根据式(1)计算南京4月23日周一各时段下分级值为5的拥堵占比率。并将其与现有的评价方法均值法进行对比,计算结果如图3所示。

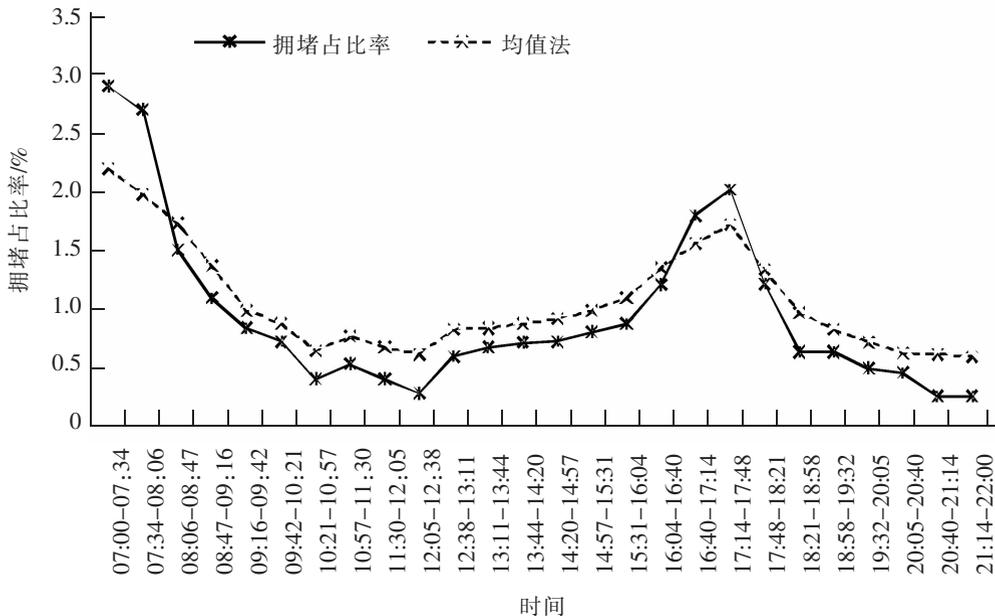


图3 拥堵敏感性对比图

Fig.3 Comparison of sensitivity to congestion change

图3中分别给出了南京市周一7时至22时间均值法计算得出的路网平均旅行时间指数及拥堵占比率的曲线。工作日的早晚通勤高峰是全天出行量最大、最拥堵的时段,对其进行拥堵评价时需要敏感地反映出其变化情况。为衡量两种方法的敏感性,根据式(2)计算早高峰(07:00-09:00)和晚高峰(17:00-19:00)的归一化拥堵敏感系数 λ_m 和 λ_e 。

$$\begin{cases} \lambda_m = \frac{f_{mp} - (f_{07} + f_{09})/2}{f_{max} - f_{min}} \\ \lambda_e = \frac{f_{ep} - (f_{17} + f_{19})/2}{f_{max} - f_{min}} \end{cases} \quad (2)$$

式中: f_{mp} 和 f_{ep} 分别表示曲线上早高峰和晚高峰的最大值; f_{max} 和 f_{min} 分别为全天最大值和最小值; f_{07} 和 f_{09} 早高峰起始时刻曲线对应值; f_{17} 和 f_{19} 为晚高峰起始时刻曲线对应值。其敏感系数计算结果见表 2。

由表 2 中南京工作日的平均高峰拥堵敏感系数计算结果可知,后者归一化拥堵敏感系数和均大于前者,即拥堵占比指标对高峰期的拥堵变化更为敏感。这主要是由于求平均值使曲线平滑从而降低了敏感性,采用拥堵占比指标可解决现有方法敏感性不足的问题。

3 拥堵评价分析——以南京市为例

3.1 拥堵时空分布规律

本文选取南京市 4 月 19 日至 4 月 23 日之间的五个工作日计算其严重拥堵的占比率,结合 GIS 软件的空间数据处理特点分析南京市的拥堵时空分布情况。并根据南京现有路网状况提出避堵、缓堵措施。如图 4 所示为周一至周五各时段严重拥堵占比率的计算结果。

表 2 高峰拥堵敏感系数对比

Tab.2 Comparison of congestion-sensitive coefficients during peak hours

	λ_m	λ_e
TTI	0.322	0.375
拥堵占比率	0.341	0.415

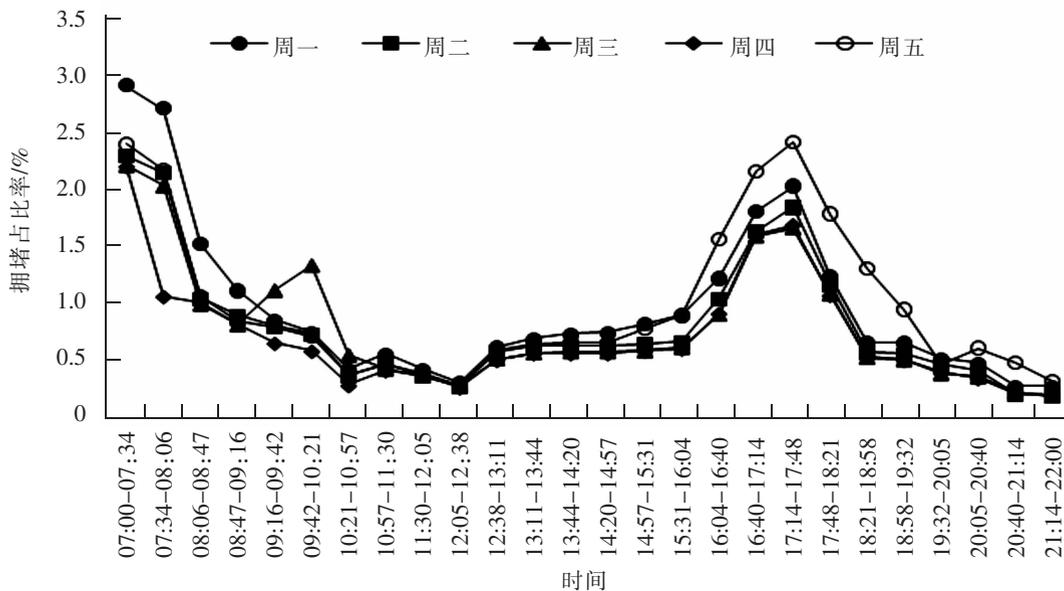


图 4 南京市工作日各时段的拥堵占比率

Fig.4 The ratio of congestion in Nanjing working day

根据图 4,南京市的常发性拥堵在时间上具有较为明显的周期性,且工作日之间拥堵的扩散有着明显的相似性。主要表现为拥堵的产生及扩散时段较为一致,且一天之中各时段的交通状况比较一致。南京市工作日内最为拥堵的时段为周一的早高峰,主要集中在 7 时至 9 时 16 分之间;其次是周五的晚高峰时段,主要集中在 17 时 14 分至 18 时 58 分之间。这种现象主要是在南京市区以外的部分职工人员会在周一早上与周五晚上上班通勤,从而增加了两时段的交通量。周二、周三和周四的出行规律较为相似,其中周二的拥堵比例稍高于周三、周四。根据调查结果显示,这主要是由于南京市人们的出行习惯造成的,周一周二医院附近集中拥堵的情况更为明显,导致拥堵扩散、蔓延的范围较大。除了由于通勤出行使交通量增加导致拥堵产

生,交叉口信号配时不合理以及道路结构设计是形成拥堵的两个重要因素。此外,如南京鼓楼区的宁海路上学校、医院等公共建筑附近车辆聚集,造成交通秩序混乱;以及虎踞路草场门交叉口附近的公交站台设置不合理,占用社会车道等,均会引发不同程度的拥堵现象。

结合 GIS 软件中拥堵严重路段的空间分布情况,可分析得到:①南京市内环线中高峰时段内,拥堵主要集中在赛虹桥至双桥门方向。且早高峰时段内受卡子门立交北向南交织段影响,拥堵情况一直蔓延至应天大街高架文体路方向。②北线中拥堵则是分布在玄武湖隧道的双向上,东线则是通济门隧道—西安门隧道上,西线主要是水西门隧道—集庆门隧道的双向路段上。对于南京市早、晚高峰快速路的拥堵时空分布情况见表 3、表 4。

表 3 南京早高峰常发拥堵路段及时间段
Tab.3 Frequent congestion section and time section of Nanjing early peak

路段	起止点	拥堵方向	拥堵时段
中山东路	中山门大街—长白街	东向西	07:00—09:42
汉中路	汉中门—莫愁路	西向东	07:00—09:16
广州路	城西干道—拉萨路	西向东	07:00—08:47
北京东路	龙蟠路—太平北路	东向西	07:00—09:16
北京西路	草场门—西康路	西向东	07:00—09:16
中山南路	长平路—升州路	南向北	07:00—08:47
珠江路	上海路—中山路	双向	08:47—10:57

表 4 南京晚高峰常发拥堵路段及时间段
Tab.4 Frequent congestion section and time section of Nanjing late peak

路段	起止点	拥堵方向	拥堵时段
中山东路	洪武路—明故宫	西向东	17:14—18:58
汉中路	全线	东向西	16:40—18:58
玄武大道	经五路—龙蟠路	东向西	16:40—18:58
大明路	旧机场路—应天高架	北向南	17:14—18:21
定淮门大街	江东北路—虎踞北路	东向西	16:04—18:58

3.2 拥堵异常点分析

根据图 4 中南京市五个工作日内的拥堵占比率分布图可知,在周三 9:16—10:57 时段之间的拥堵占比率的分布情况较为异常。为此本文计算了无重大节假日及活动的三个周三的拥堵占比率,取其平均值作为正常周三状态下该时段的拥堵情况。将两次数据该时段的计算结果进行对比,对比结果见表 5。

表 5 拥堵占比率异常点与正常状态对比结果
Tab.5 Comparison of abnormal congestion and normal state of congestion

时间	拥堵占比率异常点/%	拥堵占比率正常点/%
08:47—09:16	0.81	0.80
09:16—09:42	1.10	0.64
09:42—10:21	1.32	0.59
10:21—10:57	0.53	0.28
10:57—11:30	0.41	0.39

由表 5 可知在该时段内,正常的周三工作日南京路网的拥堵情况与周二、周四相似,处于较低的拥堵水平下。而 4 月 25 日周三的异常原因,经调查发现主要是由于在南京市快速路龙蟠南路和长乐路的交叉路口处发生了交通事故。交通事故现场占用了社会车道,导致道路通行能力下降,使得原本缓行的路段产生拥堵。根据表 5 的计算结果,拥堵增加是从 9 时 16 分至 9 时 42 分时段开始逐渐产生、扩散蔓延,并于 10 时 57 分左右道路恢复至正常状态。由此表明,交通事故引起的拥堵前后持续了大约一个半小时。对于这种由事故引起的偶发性拥堵,对各时段的拥堵情况保持较高的敏感性就显得尤为重要。

针对以上南京市区的拥堵时空分布情况,结合南京市人们的出行习惯,提出以下避堵、缓堵的建议:

1) 由于工作日的早晚高峰期拥堵最为严重的路段集中于内环快速路及隧道上,建议减少在高架上行驶的时间。如应天高架的双桥门立交至赛虹桥立交之间,驾驶员可以选择从桥下的地面道路通行。虽然地面道路行驶会面临在十字路口停车等待通行的情况,但该路段早高峰内总体的车流量不大。

2) 根据 GIS 中城市路网图的中各时段的路况显示,除了通过内环线进入城区,也可根据纬一路快速路、扬子江大道、江山大街隧道、绕城公路形成的一个闭环路线驶入城区,从而避开内环快速路上的各个拥堵点。

3) 对于交通管理人员,除了采取拥堵收费等手段来改变出行者的出行习惯缓解拥堵以外^[9],还可通过信号控制进行截流和卸载,从时间角度缓解拥堵状态的扩散、转移过程。主要通过在上游变更信号控制方案实现截流。同时在路段的下游实施绿波带信号控制,加速交通流的卸载。

4) 交通管理人员可根据本文中各路段实时的拥堵占比率与历史平均数据的对比及时识别偶发性拥堵的产生,并根据 GIS 中实时路况的空间分布,通过城市交通监控系统得到道路的具体交通情况,以便及时采取相应的缓堵措施。

4 结论

提出的基于实时路况数据处理的拥堵占比率指标,相对于现有的均值法评价指标,对拥堵严重路段的分辨更为敏感,弥补了均值法损失严重拥堵及偶发性拥堵的问题。基于百度实时路况数据,采用 GIS 软件对南京市五个工作日内几万条道路进行分析处理。相比于传统方法,其基础数据在时间和空间范围内具有较好的代表性。根据各时段道路趋向于严重拥堵占比率的计算结果,得出了南京早晚高峰时段最为拥堵路段的时空分布情况。最终针对路网中拥堵异常点的分布情况,分析识别了偶发性拥堵产生及持续的时间。本文的研究结论可应用于交通拥堵评价中,弥补了现有均值法存在的问题,为实时交通大数据应用于拥堵理论研究和解决实际问题提供了参考。

参考文献:

- [1] 王尧. 城市道路交通拥堵评价与判定方法研究[D]. 北京:北京工业大学,2014.
- [2] 董春娇,邵春福,诸葛承祥,等. 基于实测数据的快速路交通流参数模型[J]. 交通运输系统工程与信息,2013,13(3):46-52.
- [3] SCHRANK D,LOMAX T,EISELE B. 2011 urban mobility report[R]. 2011.
- [4] LYMAN K,DILL J,BERTINI R. Travel time reliability in regional transportation planning[R]. Field Area Paper,2007.
- [5] 张彭,张晓松,雷方舒,等. 道路拥堵概率估计方法及其在城市交通运行评价中的应用[J]. 交通运输系统工程与信息,2015,15(6):161-169.
- [6] 侯树展,李燕,毛燕武. 杭州市交通拥堵路网分布特征研究[J]. 浙江交通职业技术学院学报,2015(3):45-51.
- [7] 马飞虎,罗梓铭,姜珊珊,等. 3S 技术在智能交通中的应用与发展[J]. 华东交通大学学报,2017,34(4):56-62.
- [8] 单博文. 基于百度实时路况及热力图的道路拥堵分析研究——以哈尔滨主城区为例[C]// 2017 中国城市规划年会,2017.
- [9] 张晶,郑长江,耿扬. 拥堵收费对城市居民外外通勤方式的影响分析[J]. 华东交通大学学报,2016,33(4):94-97.

Research on Congestion Evaluation Methods Based on Real-Time Traffic Condition Data

Xu Yan, Chen Jingya, Luo Dongyu

(College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210000, China)

Abstract: In view of the fact that the mean method is not sensitive to road congestion changes for the existing traffic evaluation methods, this study proposes a congestion ratio evaluation index based on real-time traffic condition data. Firstly, the GIS analysis and processing software was used to classify the traffic information of the real-time road condition data, and the change state of each road in a certain period of time was evaluated according to the classification value of the road condition change. Based on the traffic data of different working periods in five working days in Nanjing, the ratio of congestion to traffic congestion was calculated. According to the calculation results, the spatial and temporal distribution characteristics of congested roads in Nanjing working days were analyzed and evaluated, and some feasible suggestions for avoiding blockage and slow blocking were put forward. It maintains that the evaluation method can be applied to urban traffic operation analysis and road congestion change analysis.

Key words: real time road condition data; congestion ratio; congestion evaluation index; temporal and spatial distribution