

新疆公路网交通调查系统及多源数据预处理研究^{*}周鑫¹, 刘尊青¹, 赵勇², 赵峰逸³, 万曦¹

(1.新疆农业大学 交通与物流工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052;

2.新疆维吾尔自治区交通运输厅路网监测与应急处置中心, 新疆 乌鲁木齐 830000;

3.新疆交通规划勘察设计研究院有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要: 对新疆普通国省干线公路和高速公路沿线两处典型交通调查站点及收费系统进行研究, 提出交通调查站点布设、施工及管理养护中需注意的问题, 对比不同交通检测技术所采集数据的参数类型及优缺点; 阐述多源交通数据预处理方法并进行实例分析, 提出数据预处理解决措施; 分析交通调查数据在新疆公路网运行分析中的作用。

关键词: 公路交通; 公路网; 交通调查; 多源数据预处理; 新疆

中图分类号: U491.11

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2023)02-0040-04

交通调查站按功能划分为Ⅰ类调查站和Ⅱ类调查站。Ⅰ类调查站监测的数据以反映路网宏观交通量特征为主, 重点为宏观决策提供支撑, 在功能上兼容Ⅱ类调查站。Ⅱ类调查站监测的数据以反映道路运行质量和运行状态为主, 可为路网监测、应急处置、公众出行信息服务提供信息支撑^[1-2]。“十四五”以来, 新疆公路基础设施建设加快, 路网结构不断织密, 据统计, 截至 2021 年底, 公路通车总里程达 21.9 万 km(含兵团), 高速(一级)公路总里程突破 9 400 km(其中高速公路 7 000 km), 二级及以上公路里程 27 637 km, 所有地州市迈入高速公路时代, 新疆交通运输骨架基本形成。伴随公路建设的快速发展, 交通调查站点建设数量增加。新疆交通调查数据主要来源于交通调查站点数据、ETC 门架数据及收费站数据。线圈式站点配置站房, 安装统一的站点铭牌, 可监测车型、车速等数据, 若搭配压电, 还可测量轴重数据^[3]。激光、微波等形式数据采集设备一般安装于龙门架或路侧立柱上, 其监测数据与线圈式站点监测数据有所不同。本文主要对新疆交通调查系统和多源交通数据预处理方法及其应用进行研究。

1 交通数据调查系统

1.1 观测站 A(线圈+压电)

布设在国省干线公路旁的交通调查站点 A 的

交通调查设备采用线圈+压电组合形式, 适用于需要调查轴载数据的路段。环形感应线圈检测器的原理是根据电磁感应现象将所用线圈埋设于采集区域路面下一定深度, 车辆通过该区域线圈上方时, 将引起线圈回路产生电感量变化。车头部位触碰线圈一侧时, 会使检测器产生较强的感应信号, 车尾触碰线圈另一侧时, 会产生微弱的信号, 通过识别信号的变化可以判断车辆的通过情况。不同车辆因车轴数、底盘结构、轴距、轴重等差异, 所产生的压电波形会有所不同。将采集到的信号数据通过连接的电缆传送到主控机(交通流量数据分析采集仪)进行数据信息处理。感应线圈车型识别流程见图 1。

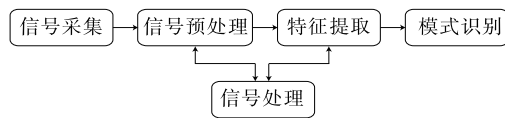


图 1 感应线圈车型识别流程

该站点的交通调查系统由传输电缆、线圈、交通流量数据分析采集仪、太阳能供电设备、稳压器、用电保护器、防雷设备等构成, 其中稳压器的作用是将电能由高压转换成低压。所用设备经过出厂检测在 -20~60℃ 的工作环境可正常运行。当交通调查站点的供电方式采用站房顶部的太阳能电池板提供电源时, 太阳能供电系统存储和释放电能, 使站点设备可以全天候运行。

交通流量数据分析采集仪将处理后的车型、车

^{*} 基金项目: 新疆维吾尔自治区交通运输厅 2022 年度交通运输行业科技项目(2022-ZD-015)

速、轴重等数据每 5 min 自动形成数据包上传至后台服务器,再将这些数据通过 3G/4G 无线网络实时共享到公路管理相关部门。监测设备采集分析的部分数据见表 1。

表 1 观测站 A 某天部分数据采集分析表

序号	时刻	车道	车型	速度/ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	轴数	总质量/kg
1	12:13	11	中型货车	49	2	11 631
2	12:13	31	小型客车	51	2	1 333
3	12:13	11	小型货车	59	2	5 863
4	12:13	31	小型货车	50	2	1 428
5	12:13	31	特大型货车	52	6	13 882

注:11 表示上行,31 表示下行。

1.2 观测站 B(激光)

观测站 B 建设在某高速公路龙门架上方,它依靠激光扫描系统的激光测距扫描技术,利用激光产生的两束光幕触碰车辆再反射至接收系统的时间来进行数据分析。该设备通过动态扫描检测区域的车辆轮廓至传感器的距离获取车辆的三维信息,利用垂直扫描传感器和倾斜扫描传感器沿着公路的横断面进行扫描,其中垂直扫描传感器产生的垂直扫描扇面可以检测车辆的宽度和高度,倾斜扫描传感器通过产生具有一定角度的扫描扇面检测车辆的进出时间,据此分析计算车速、车长、车宽、时间占有率等数据。车辆完全通过检测区域后,系统根据数据信息(车辆长度、宽度、高度及局部特征)精准重构车辆三维轮廓,从而进行精确的车型识别、数据储存和打包上传。系统硬件主要由激光传感器、控制器、交换机、无线传输模块等组成。激光交通调查设备的布局见图 2。

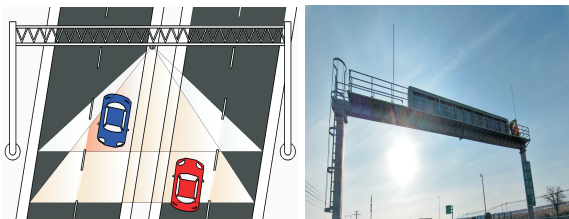


图 2 激光交通调查设备的布局

该站点使用的激光传感器不容易受天气影响,检测精度较高,不受光线变化、外界噪声的干扰。激光站点前期投资较高,但不需要切割路面(非埋入式),可避免对道路结构的破坏。一方面可以减少占地面积,在施工时不需要封闭道路,不会对交通造成

过多干扰;另一方面可以节约建设资金,且安装过程较方便。采集处理的数据每 5 min 自动形成数据包并通过 3G/4G 无线网络传输至后台服务器,再进行数据共享。

1.3 交通调查站点建设和养护中需注意的事项

交通调查站点建设中,由于路网调整、高速公路 ETC 建设和站点建设环境发生变化,会产生建设项目变更,需综合考虑站点功能实现和资金节约等。在站点布设、施工、管理、养护中需注意以下几点:

(1) 站点的合理布设。高速公路及国省干线公路交通调查站点布设要因地制宜。高速公路可利用 ETC 门架系统采集交通量数据,不再另行建设观测站。要从全面反映公路网交通流信息的角度,结合地区公路网结构、公路技术等级,在充分利用现有交通调查站点的基础上科学规划,合理布局观测站。

(2) 站点的施工。施工单位应严格按照相关设计图纸和规范进行施工。在供电方面,若供应市电困难,可以采用太阳能供电。施工单位应做好设备的供应、运输、安装、调试、人员培训和售后服务等。在站点附近设置告示牌提醒施工人员,防止其在站点附近施工时挖断线路,站点周围也应设置防护栏,安装全国统一的公路交通调查标志。

(3) 站点的管理和养护。相关管理部门要定时地对站房和设备的外观、工作状态、技术状况、供电情况、网络传输及附属设施进行核查,并按要求采用现场短时交通量人工调查数据与设备监测数据进行对比,核实设备的采集精度,激光式和线圈式交通调查设备的数据采集精度均不得低于相关标准。冬季下雪后,及时对太阳能供电的站房进行积雪清理。此外,南疆地区沙尘天气较多,会经常遮盖太阳能电池板导致其性能降低,应及时进行处理,保证电能的正常传输。由于太阳能电池板供电不太稳定,若接入市电,又需要办理相关用电许可且办理难度较大,管理单位应协调好供电设施的选用。公路管理部门后期要不断做好自动观测设备的日常询查、精度校对及站点的各项管理。

1.4 收费系统

高速公路收费系统分为两大类,分别为人工半自动收费系统(MTC)和电子不停车收费系统(ETC)。对于收费数据的研究,传统手段主要是依靠高速公路收费数据,在获取车辆起、终点信息后建立算法得到路段的交通量,无法获取路段交通的时空变化特征^[4]。通过对 ETC 门架数据的开发利用及拓展,能

有效解决这一问题。

ETC 门架系统上传的数据主要包含 ETC 交易流水、ETC 通行凭证及图像流水记录等。收费系统可对高速公路上行驶车辆的收费和通行情况信息进行采集、处理和储存,最终形成联网流水数据。

1.5 交通调查设备对比分析

两个典型的交通调查站点和收费系统的调查设备在采集数据参数类型方面各有不同,各具优缺点(见表 2),在交通调查站点规划时应综合考虑,合理选择交通调查设备。

表 2 两种交通调查设备和收费系统的对比

检测技术类型	采集数据参数类型	优点	缺点
线圈+压电	车速、车型、轴数、轴重等	技术成熟;易于掌握;应用广泛;检测精度高	安装或维护时需封闭交通;后期维护费用高;施工时会对路面结构产生破坏,影响道路使用寿命
激光	车速、车型、时间占有率、车高、车头间距等	安装调试简便;施工安装时不破坏道路;可同时检测多车道车辆信息	设备采购费用和日常维修成本较高,大范围布设受到制约
收费系统	交通量、车速、车型、通行时间、行驶方向等	可对过往车辆进行交通管制;监控车辆行驶路线,对交通事故进行及时处置和引导;防止车辆逃费	建设成本高;在收费站附近可能造成车辆拥堵

2 多源交通数据预处理技术

新疆公路网交通量数据逐渐由过去的单一数据来源(观测站)扩展为多途径数据来源(ETC 门架、收费站、观测站),收费系统和交通调查系统中储存了大量历史数据,对这些数据进行预处理及分析,才能提取出反映路网运行情况的有价值信息^[5-7]。

根据交通调查设备、收费站及门架系统调查情况,检测设备测得的交通量数据在传输和储存过程中会存在偏差、不一致、缺失等异常情况,在进行数据分析及挖掘时需对调查数据进行预处理,提升其准确性。一般采用的数据预处理方法有数据剔除、数据补缺、数据变换等^[8]。新疆公路网交通量数据预处理采用数据剔除法和数据补缺法。

2.1 数据剔除法

数据库中存在的逻辑错误或突变数据无法反映公路网运行状态,需将其剔除,保证数据的合理性。采用阈值法对错误数据进行处理,该方法根据交通调查数据确定某道路上交通量、速度和占有率等基本参数的取值区间,剔除该取值区间外的数据。

(1) 交通量。因统计时间较短,采集的交通量可能会大于路段的短时通行能力,有必要对其进行修正。交通量的合理区间为 $0 \leq q_d \leq fCt/60$ (q_d 为交通量; f 为修正系数,一般取 1.3~1.5; C 为道路的最大通行能力; t 为采集数据的时间间隔)。

(2) 地点平均速度。由于检测时间较短,在数据采集过程中会出现误差,需对该地点的速度区间进行修正。地点平均速度的合理区间为 $0 \leq v_d \leq$

$f v_l$ (v_d 为点速度; v_l 为公路最高限速)。

(3) 占有率。占有率分为时间和空间占有率,交通调查设备采集的往往为时间占有率,其合理范围为 $0 \leq O_d \leq 100\%$ (O_d 为交通时间占有率)。

2.2 数据补缺法

设备识别故障、传输线路故障及设备未及时检定等均会造成数据缺失。数据补缺方法如下:

(1) 历史数据库插补法。不同数据采集周期在同一出行类型下相同参数会呈现相似的变化规律,可利用时间关联性对历史数据库进行数据补缺。

(2) 时间序列插补法。时间序列数据前后存在较大的关联性,由于交通调查站和收费站采集的数据在时间上是连续变动的,可采取若干个采集周期的数据进行数据补缺。

(3) 空间位置插补法。根据交通参数在空间上的相似性和关联度进行数据补缺,可对公路上下行和调查设备的关联性进行研究,补充相关数据。

2.3 实例分析

选取 G3012 吐和(吐鲁番—和田)高速公路某路段的断面交通调查站点为研究对象,研究时间为 2022 年 12 月 9—18 日,选取的数据为连续的交通调查数据。因设备传输故障等原因,未采集到 13—15 日的机动车当量交通量数据(见图 3)。

(1) 数据剔除。理想情况下该路段单条车道的通行能力为 1 600 辆/h,修正系数取 1.5。数据采集时间为 5 min 时,单条车道的交通量合理区间为 0~200 辆;车道的限制速度为 120 km/h,该地点的平均速度合理区间为 156~180 km/h;占有率的合理

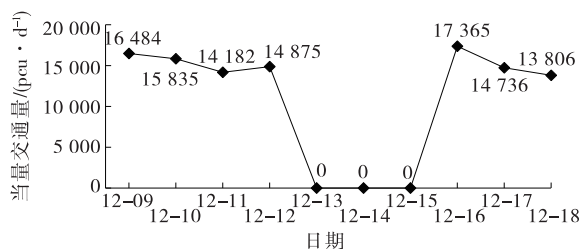


图3 机动车当量交通量统计

区间为0~1。剔除上述取值区间外的数据。

(2) 数据补缺。该交通调查站点2021年12月及2022年9—11月均采集到同期数据,可采用历史数据库插补法进行数据补缺,也可采用时间序列法和空间位置插补法将交通调查站点附近的收费站数据及相同方向车道的交通调查站点数据进行比对,补充缺失数据,缩小补缺数据的误差率,满足多源交通数据融合及应用要求。

3 多源交通调查数据在公路网运行分析中的作用

做好交通量调查是改善新疆公路交通出行服务水平,提高交通公共服务能力的重要手段。开展公路交通量调查,可积累新疆公路网多源交通流量数据,总结年度高速公路、国省干线公路交通量时空分布特征、交通组成及拥堵情况,据此分析社会经济发展与交通流量间的关系,预测未来道路的交通需求,为合理确定公路网总体规模、技术标准和空间布局提供依据。依据高速公路和普通国省干线公路交通流量、车速和交通密度等数据,可掌握新疆公路网的主要运行特征,为新疆公路网运行分析提供参考。

4 结语

现有大多数交通研究仅针对收费站数据或交通

调查数据展开,未将两种数据进行融合应用,造成路网交通量分析精度不高。本文通过研究多源交通数据预处理方法并将其应用于新疆G3012吐和高速公路某断面交通调查站交通数据分析,提出数据预处理措施。随着新疆公路网结构的进一步完善,各地高速公路和国省干线公路沿线新建了一定数量的交通调查站点,对交通调查站点和收费系统采集数据进行处理,得到相关交通参数,根据这些参数可更好地分析新疆公路网运行情况,为公众出行提供优质的服务,为公路规划、建设、管理及养护提供重要的信息支撑。

参考文献:

- [1] 陶宇奋.上海市外环线浦东段交通流量信息采集系统的设计研究[D].上海:上海交通大学,2011.
- [2] 吕亮,钟添翼,王世彬,等.RFID数据驱动下出行路径选择方法研究[J].公路与汽运,2021(1):16—20+37.
- [3] 林培群,徐建闽.感应线圈信号曲线的处理方法及其在车型识别中的应用[J].公路交通科技,2009,26(2):108—113.
- [4] 樊博,马筱栋.基于收费数据的高速公路旅行时间预测[J].公路与汽运,2020(6):24—28.
- [5] 史岩,董宏辉,张瑜,等.多源检测器的交通数据融合研究[J].道路交通与安全,2015,15(3):35—40.
- [6] 史学文.高速公路多源交通数据融合方法研究及系统开发[D].北京:北京交通大学,2017.
- [7] 王浩坤.高速公路多源异构交通数据融合与预测方法研究[D].长春:吉林大学,2015.
- [8] 韩卫国,王劲峰,胡建军.交通流量数据缺失值的插补方法[J].交通与计算机,2005,23(1):39—42.

收稿日期:2022-05-10

(上接第24页)

- [5] 杜金明.信控交叉口可变车道实时控制及信号优化研究[D].济南:山东大学,2021.
- [6] 张展.平面信号交叉口可变车道控制研究[D].成都:西南交通大学,2020.
- [7] 曾昕.基于可变车道的交叉口时空资源优化配置[J].交通信息与安全,2018,36(6):81—89.
- [8] 刘怡.设置逆向可变车道的交叉口信号配时优化研究[J].重庆理工大学学报(自然科学版),2018,32(10):40—46.
- [9] 徐建闽.基于逆向可变车道的交叉口公交左转优先方

法[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2017,36(2):78—84.

- [10] 贾贵宾,袁振洲.适应于潮汐交通的可变车道转换系统研究[J].公路与汽运,2013(6):55—57.
- [11] 魏依.城市主干路可变车道设置方法研究[D].北京:北京交通大学,2017.
- [12] 孙彪.T型交叉口借道左转设置研究[J].山东交通科技,2020(4):116—119.

收稿日期:2022-05-24