

区间距离测量方法研究



程彦¹, 曾渭贤¹, 王飞龙², 汤灏^{1*}

1. 湖南省计量检测研究院, 长沙 410014

2. 长沙普德利生科技有限公司, 长沙 410205

【摘要】 区间测速是基于距离和时间测量机动车行驶速度的测速方式, 其中监控终端触发拍照、车辆信息识别、数据处理运算是其关键要素。中国现阶段道路区间最短距离是计算固定车道机动车行驶所获得的区间道路最短长度, 此计算方法忽略了机动车变道行驶, 因此这个距离并不是机动车可能行驶的最短距离。本研究采用了一种新的方法来计算区间测速系统中机动车可能行驶的最短距离, 并探讨了其工作原理及关键技术。

【关键词】 区间测速系统; 最短行驶距离; 激光测距测速仪; 三维建模; 切线法

DOI: 10.12338/j.issn.2096-9015.2021.0504

【引用本文】 程彦, 曾渭贤, 王飞龙, 等. 区间距离测量方法研究 [J]. 计量科学与技术, 2021, 65(8): 55-58.

Research on Interval Distance Measurement

CHENG Yan¹, ZENG Weixian¹, WANG Feilong², TANG Hao¹

1. Hunan Institute of Metrology and Test, Changsha 410014, China

2. Potelissom Company Limited, Changsha 410205, China

Corresponding author: TANG Hao, Email: 652252341@qq.com

【Abstract】 The average-speed control is a measure for measuring and controlling the speed of motor vehicles based on measurement of distance and time. Its key components consist of cameras triggered by monitoring terminals, recognition of vehicle information, and data processing. The shortest distance of road sections is obtained by a motor vehicle driving in fixed lanes in China at present. This method ignores lane changes of the vehicle and the distance obtained is not the shortest distance the motor vehicle can travel. This paper proposes a new method to calculate the shortest distance that a motor vehicle can travel with an interval-speed measurement system. The principles and key points of the method are provided.

【Key words】 average speed control, shortest driving distance, laser range finder, three-dimensional modeling, tangent method

0 引言

国内现有的所有区间测速系统, 都需要计量检定机构通过实际测量来确定每个区间的最短距离^[1]。实际检定测量的操作方法大致有如下两种: 第一种, 使用测试车辆, 挂载高精度的光学测距测速仪, 通过读取光学测距测速仪在区间起点和终点的距离值来获取区间的距离, 在同一个车道来回跑 3 次以上, 取平均值作为区间的实际距离值。

第二种, 参考国外赛道测量的方法, 封闭区间所

在道路, 由赛道测量师通过精准的测绘来确定区间的实际距离^[2]。

以上两种方法, 都有各自的优缺点。第一种方法易操作, 方便实施, 缺点是测量精度依赖于光学测距测速仪的精度, 且车辆所经过的路线不是最短行驶路线, 所得到的区间距离也不是最短行驶距离; 第二种方法测量精度高, 是国际田径赛事所采用的通用方法, 缺点是需要封路, 且必须由有经验的专业赛道测量师来测量, 实施难度较大, 对道路交通影响

作者简介: 程彦(1969-), 湖南省计量检测研究院工程师, 研究方向: 计量管理, 运动参数计量, 邮箱: 390069101@qq.com; 通讯作者: 汤灏(1974-), 湖南省计量检测研究院高级工程师, 研究方向: 运动参数计量, 邮箱: 652252341@qq.com。

较大^[3]。

道路区间最短距离是国际建议中要求的交通速度计(OIML R 91)对于区间测速的行车距离^[4]。为了提高测量精度,减少测量对社会交通的影响,如何计算路段的绝对理论最短行驶路线是我们亟待解决的公路计量问题。确保最短路线的关键是弯道或连续弯道、直道切入弯道^[5]和弯道切入直道的精准计量方法。然而理论上的道路区间最短距离无法通过以上两种方法来准确获取。

因此本文致力于开发出一种新方法以获取高精度的理论最短行驶路线距离。此方法将实际跑车与三维数字模型测量相结合,首先通过实际跑车采集道路的原始数据,然后利用道路的原始数据,建立1:1的道路三维数字模型,在三维数字模型上采用赛道的测量方法来测量区间的最短行驶距离。

1 研究方法

为精准计算机动车道路区间的最短距离,需先采集道路路面与两侧边界的数据,构建道路路面三维曲面模型。通过隔离带、护栏、边线等圈定路面可行车区边界,在行车区内分段按行驶方向生成最短行驶线,分段计算最短行驶线的距离,累加得到整个区间的最短行驶距离。

1.1 道路数据采集

配置车载道路数据采集系统如图1所示。采用双侧激光扫描器用于扫描采集车两侧道路路面与侧立目标数据^[6];采用激光测距测速仪记录采集车行驶距离^[7];采用GNSS(RTK)+陀螺仪测量采集车行驶位置(GNSS坐标)、高程(RTK差分定位获取)、姿态(陀螺仪获取上下坡姿态)与轨迹。

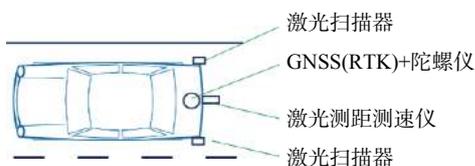


图1 车载道路数据采集系统

Fig.1 Vehicle-mounted road data acquisition system

车载双侧激光扫描器获得道路两侧点云数据^[8]如图2所示,结合激光测距测速仪与GNSS+陀螺仪^[9]可对点云数据进行行驶距离、位置与姿态的标定,从而获得高精度的道路数据^[10]如图3所示。

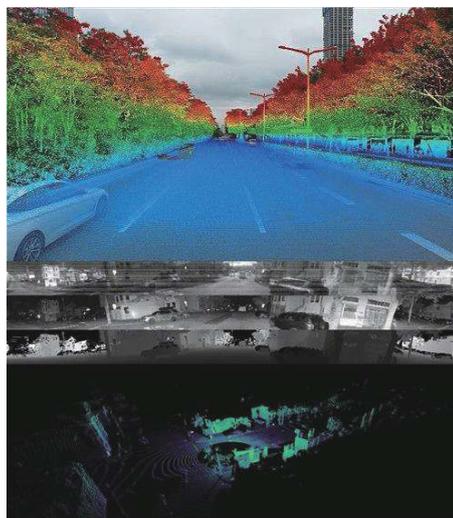


图2 侧激光扫描照片

Fig.2 Laser scan photo

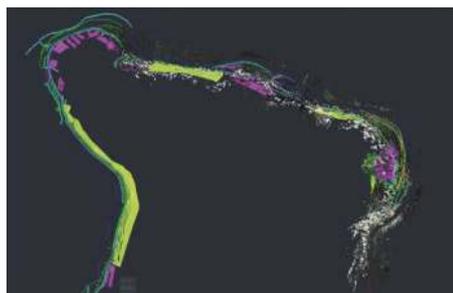


图3 道路数据

Fig.3 Road data

对所有干道与匝道进行数据采集,其中不同采集作业回次、干道与匝道结合部数据需经配准与标识,最后所有数据拼接成完整道路数据^[11]。

1.2 路面三维建模

为精准计算机动车道路区间的最短行驶距离,需先采集道路路面与两侧边界的数据,构建道路路面三维曲面模型^[12],通过隔离带、护栏、边线等圈定路面可行车区边界^[13]。具体来说,根据已标定的采集车两侧道路点云数据,忽略道路其它行驶车辆,对两侧道路及侧立目标进行滤波,提取两侧路面平面及侧立目标最近距离^[14],结合采集车辆参数,连接两侧路面平面,生成行驶方向路面图^[15]如图4所示。

连接路面两侧最靠近路面的侧立目标,生成路侧隔离带、护栏、路坎等立面如图5所示。

1.3 行车区圈定

道路立面与路面平面相交生成道路边界,对立面缺失区根据路面宽度变化特征进行距离插值、再连接,生成道路完整边界如图6所示。

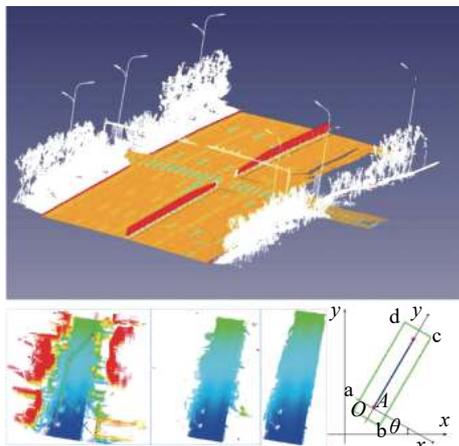


图 4 路面图
Fig.4 Road map

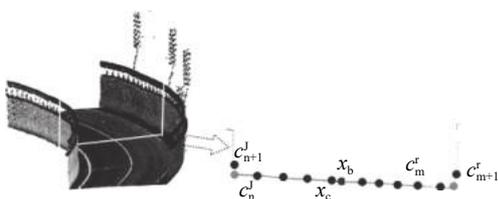


图 5 道路立面图
Fig.5 Road elevation

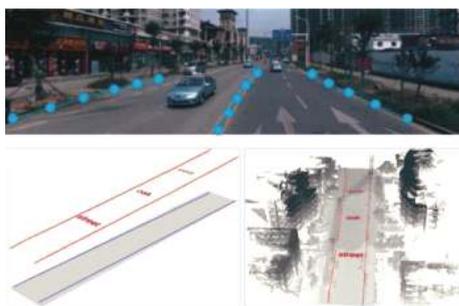


图 6 道路边界生成图
Fig.6 Generated road boundary map

由道路平面及其边界,必要时可识别道路边线标志线或设置一定的左右禁行距离,构成机动车可行车区如图 7 所示。

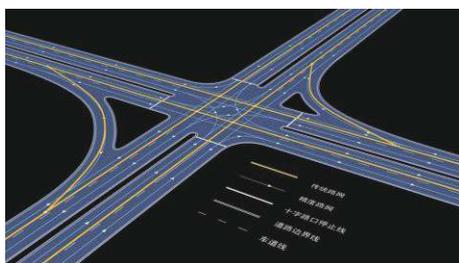


图 7 机动车可行车区
Fig.7 Viable area for motor vehicle

1.4 最短行驶路线生成与最短行驶距离计算

基于最短行驶距离原则,在道路可行车区范围内,按不同行驶方向考虑直道、弯道、匝道等不同路段,分别生成平面最短行驶路线。为精准计算机动车道路区间的最短行驶距离,需先采集道路路面与两侧边界的数据,在行车区内分区段按行驶方向生成最短行驶路线,分段计算最短行驶路线的距离,累加得到整个区间的最短行驶距离^[16]。

以图 8 路段为例,机动车从 A 或 B 驶入,从 C 或 D 驶出,则共存在 A→C、A→D、B→C 和 B→D 四条路径。图中 E、F、G 和 H 是弯道,E 和 H 也可当成匝道中的弯道。

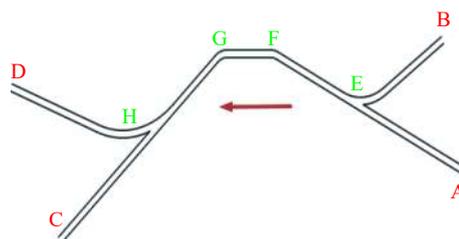


图 8 道路示意图
Fig.8 Schematic diagram of roads

最短行驶路线如图 9 所示,生成的基本原则如下。

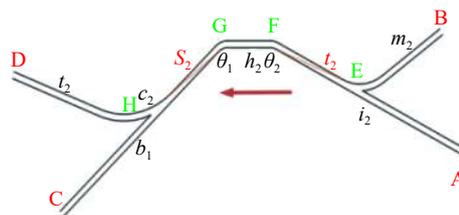


图 9 道路最短路径示意图
Fig.9 Schematic diagram of the shortest path of roads

- 1) 进入直道前方出现弯道。沿直道靠弯道内侧的边行驶,如图 9 中 A 处沿左侧的边 i_2 驶入、B 处沿右侧的边 m_2 驶入;
- 2) 直道进入弯道。沿弯道内侧行驶,如图 9 中 A 沿 i_2 驶入 F 时沿左侧 e_2 行驶, B 沿 m_2 驶入 E 时沿右侧 p 行驶;
- 3) 弯道中可见下一弯道内侧。作两弯道内侧弧顶的切线(如图 9 中弯道 E、F 的切线 t_2 , 弯道 G、H 的切线 s_2),沿切线驶向下一弯道,然后沿下一弯道内侧行驶。如图 9 中 E 处沿右侧 p 行驶到达 p 和 t_2 的交点处时,开始沿 t_2 行驶到 t_2 与 F 处左侧 e_2 的交点处,再开始沿 e_2 行驶;
- 4) 弯道中不可见下一弯道内侧。沿当前弯道内

侧驶出,进入直道靠弯道内侧的边行驶,如图9中沿 e_2 驶出时沿直道左侧 h 行驶。

根据以上原则,得出四条路径的最短行驶线分别为:

$$A \rightarrow C: i_2 \rightarrow e_2 \rightarrow h \rightarrow e_1 \rightarrow b_1$$

$$A \rightarrow D: i_2 \rightarrow e_2 \rightarrow h \rightarrow s_2 \rightarrow c_2 \rightarrow h_2$$

$$B \rightarrow C: m_2 \rightarrow p \rightarrow t_2 \rightarrow e_2 \rightarrow h \rightarrow e_1 \rightarrow b_1$$

$$B \rightarrow D: m_2 \rightarrow p \rightarrow t_2 \rightarrow e_2 \rightarrow h \rightarrow s_2 \rightarrow c_2 \rightarrow h_2$$

沿平面最短行驶路线对道路进行剖面切割,生成最短行驶剖面线,计算最短行驶距离剖面线长度,得到区间最短行驶距离。

区间测速系统区间距离一般较长,较长的距离导致海拔成为影响道路长度的一个重要的因素,如图10所示,因此本研究对于最短行驶距离的研究是基于三维建模而非二维模型。



图10 道路海拔
Fig.10 Road elevation

2 关键技术

1)各传感器原始数据同步采集;两侧的扫描激光数据;GNSS输出的坐标、高程;陀螺仪的姿态;激光测距测速仪的速度、距离数据;同一位置同步采集;海量的数据存储。

2)三维建模,根据同步采集到的原始数据,进行数据运算分析整合,根据海量的传感器原始数据生成三维数字模型。

3)在三维模型中,根据起点、终点位置计算最短行驶路线,并计算得到最短行驶距离值。

3 结论

本文将实际跑车与三维数字模型测量相结合。

首先通过实际跑车采集道路的原始数据,然后利用道路的原始数据,建立1:1的道路三维数字模型,在三维数字模型上采用赛道的测量方法来测量区间的最短行驶距离。此方法既方便操作实施,也能获取到高精度的最短行驶距离,同时该方法也能用于各种赛道的测量,可以减轻赛道测量师的工作负担,提高工作效率。

参考文献

- [1] 国家公安部. 机动车区间测速技术规范: GA/T 959 -2011[S]. 北京, 2011.
- [2] 胡新民. 马拉松赛跑路线的选择与测量(上)[J]. 田径, 2005(8): 21.
- [3] 胡新民. 马拉松赛跑路线的选择与测量(下)[J]. 田径, 2005(9): 6-7.
- [4] Lei Du, Qiao Sun, Changqing Cai, et al. A Vehicular Mobile Standard Instrument for Field Verification of Traffic Speed Meters Based on Dual-Antenna Doppler Radar Sensor[J]. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2018, 18(4): 1099.
- [5] 孟昭曜. F1赛车弯道技术的力学分析 [J]. 力学与实践, 2006(1): 91-93.
- [6] 张迪, 钟若飞, 李广伟, 等. 车载激光扫描系统的三维数据获取及应用 [J]. 地理空间信息, 2012(1): 20-21.
- [7] 郝志香, 袁春波, 王建波. 车载三维激光扫描系统的研究与应用 [J]. 中国科技成果, 2014(4): 26-27.
- [8] 康传利. 车载道路数据采集, 处理与应用 [D]. 上海: 同济大学土木工程学院, 2009.
- [9] 梁诚. 面向 GIS 的车载空间数据采集系统研究 [D]. 南京: 南京师范大学, 2008.
- [10] 仰颖. 基于三维模型的路面车辆定位与跟踪 [D]. 北京: 中国科学院自动化研究所, 2001.
- [11] 李晓琳. 路表三维可视化模型的建立及其空间曲线提取的方法研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007.
- [12] 徐进. 生成三维连续路表曲面的算法及其关键技术 [J]. 计算机工程与应用, 2007(17): 209-212.
- [13] 魏双全, 房华乐, 林祥国. 先验知识引导的车载激光扫描点云道路信息提取 [J]. 测绘科学, 2014, 39(10): 81-84.
- [14] 郑莉, 孙梦, 季铮, 等. 基于车载激光点云的自适应阈值提取道路标记方法 [J]. 测绘地理信息, 2019(4): 111-115.
- [15] 夏海杰. 无人机倾斜摄影测量影像处理与三维建模的应用 [J]. 环球市场, 2017(34): 379.
- [16] 吴峰光, 奚宏生. 一种新的基于切线的路径规划方法 [J]. 机器人, 2004(3): 193-197.

本文编辑: 霍祎炜