

基于非侵入行为监测技术的误踩油门踏板研究*

蔡旻融, 顾振宇, 董占勋

(上海交通大学 媒体与设计学院, 上海 200240)

摘要: 使用非侵入行为监测技术采集了油门踏板和刹车踏板以及座椅靠背的受力信号, 分析其变化规律并使用 WEKA J48 决策树算法建立分类模型, 对误踩行为进行判断和预测。研究表明, 利用机器学习能够归纳出油门踏板的操作特点, 提供精确的误踩判断。

关键词: 驾驶行为; 非侵入监测; 道路交通安全; 误踩油门; 机器学习

中图分类号: TP2

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)01-0071-03

Accelerator pedal error research based on non-invasive behavior monitoring techniques

Cai Minrong, Gu Zhenyu, Dong Zhanxun

(School of Media & Design, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: In this paper, the force signals of accelerator and brake pedals and seat back were collected by using non-invasive behavior monitoring techniques through a series of driving experiments. Analyze its variation and use WEKA J48 decision tree algorithm to establish classification model to judge and predict the behavior of accelerator pedal error. The experimental results show that machine learning can summarize accelerator pedal operating characteristics and provide accurate judgments.

Key words: driving behavior; non-invasive monitoring; road traffic safety; accelerator pedal error; machine learning.

随着经济的发展, 我国的道路交通安全形势日益严峻, 道路交通安全已经极大地威胁着社会公众的生命和财产。近年来, 由于错把油门踏板当成刹车踏板踩踏而引发的重大交通事故时有发生, 引起社会的高度关注。引发交通事故的原因是多方面的, 除了交通环境和机动车辆因素外, 驾驶员的行为在事故的发生中起主导作用。美国著名的丰田“刹车门”事件调查结果表明, 汽车的突然加速不是因为电子操控系统的缺陷, 而是因为驾驶员想要刹车时误踩了油门。

围绕着误踩油门问题, 国内外研究人员从不同的角度进行探索, 寻找防止误踩油门的方法。参考文献[1]通过警察交通事故报告来理解误踩事件的频率、机制和交通状况。Cuong Tran^[2]等人使用摄像机录制驾驶员脚部的动作进行视频分析, 来预测踩踏行为。很多研究直接提出防止误踩的解决方案, 如设计刹车和油门合二为一的踏板; 使用红外感应器感知脚部的踏板行为并进行语音提示, 让驾驶员判断即将执行的动作的正确性^[3]。

但解决方案大多没有考虑汽车的内部机械结构, 对原有装置改变较大, 操作可行性较低。改变汽车的机械结构将会改变驾驶员的操作习惯, 容易引起误操作。此外, 部分方案中虽然提出误踩的判断依据, 如踏板受力、踏板运动速度^[4]、油门电路信号等, 但是判断标准不明确, 可靠性较差。

1 非侵入驾驶行为监测

引发误踩油门事故的一种常见情况是: 当驾驶员遇到紧急情况想要急刹车, 但在紧张慌乱中误踩了油门, 造成汽车突然加速。目前汽车上的刹车踏板和油门踏板是分离的, 正常情况下, 驾驶员的右脚应放在油门踏板上。刹车时, 驾驶员需要先抬起右脚, 再扭转脚踝偏向左方, 踩踏刹车踏板。由于扭转角度较大, 右脚从油门踏板移到刹车踏板至少需要 0.2 s, 反应时间较长。因此, 某些情况下尽管驾驶员的操作意愿是正确的, 但在紧急刹车的瞬间往往无法做出正确的应对, 导致踩错油门踏板。

本研究通过采集驾驶员的操作数据进行定量分析,

* 基金项目: 教育部社科基金项目(11YJCZH044)

技术与方法 Technique and Method

建立误踩油门的判断模型,从而快速判断误踩行为,并通过车载系统对错误行为进行干预。驾驶员行为安全的相关研究中常常会运用侵入式数据采集方式,如使用佩戴式传感器或摄像机来采集驾驶员头部、面部^[5]、手部^[6]、腿部^[7]和脚部^[2]的信息,这些信息虽然可以较为容易地反应驾驶员的操作行为,但是会对驾驶员的正常驾驶操作产生影响。

为了不影响驾驶员的正常操作习惯,本研究运用非侵入行为监测技术,持续地监测驾驶员的操作行为。非侵入行为监测是指在用户熟悉的环境中,在不对其产生干扰的情况下,对用户进行活动追踪、收集数据,并通过存储数据的研究和知识挖掘,来探索用户的活动模式和趋势。本研究选取驾驶过程中与驾驶员有直接接触的三个装置:刹车踏板、油门踏板、座椅靠背,采集三部分所受的力,分析驾驶操作与以上数据之间的关系,建立行为分类模型,帮助驾驶员在紧急情况下作出正确判断,提供安全的交互服务。

研究实验采用装有地板式油门踏板的丰田手动挡汽车,选择驾龄三年以上具有丰富驾驶经验的驾驶员进行实验数据采集。实验所使用的设备主要有超薄型电阻式压力传感器 FSR406、弯曲压力传感器、Arduino Duemilanove 电路板、扩展板以及笔记本电脑,部分装置如图 1 所示。

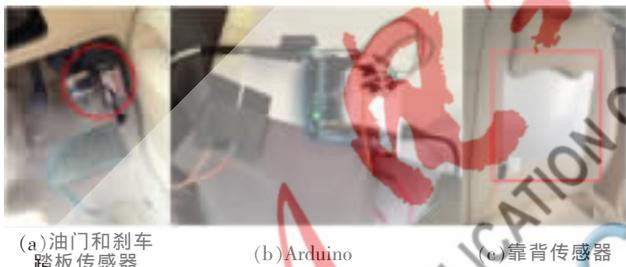


图 1 传感器安装示意图

实验选取相对平直的公路,控制行驶速度在 30~70 km/h,连续驾驶时间为 40 min。实验模拟缓慢加速平稳驾驶再缓慢减速,缓慢加速平稳驾驶再紧急减速,紧急加速平稳驾驶再缓慢减速,紧急加速平稳驾驶再紧急减速四种情况,并在四种情况中模拟错踩油门的驾驶行为。在驾驶过程中,三个传感器将采集到的压力模拟信号发送到 Arduino 处理器中,然后再由 Arduino 发送至电脑,数据采集频率为 50 Hz。

2 数据处理分析

利用传感器以及 Arduino 处理器采集得到不同驾驶条件下汽车油门踏板、刹车踏板以及靠背的受力变化曲线,如图 2 所示。

在紧急加速条件下,驾驶员突然用力踩油门踏板,油门踏板的受力急剧增加,然后依据加速时间的长短油门踏板受力维持在一定值附近,但其值一般较小,≤100 N;刹车踏板的受力变化则近似为方波,第一次减速为缓慢

减速,因此踏板受力较小,第二次减速较快,因此其踏板受力较大;而靠背受力变化则无明显规律。

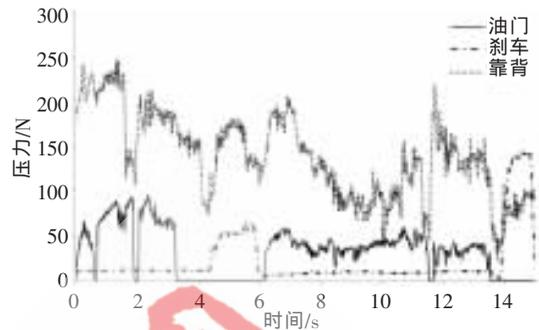


图 2 紧急加速条件下的压力曲线

在误踩油门时,驾驶员的真实目的是快速刹车减速,因此踩踏油门的力度较高,油门踏板的受力可达 380 N;此时由于急剧加速,人体因惯性向座位后背上靠,因此靠背受力也同步急剧增加,如图 3 所示。

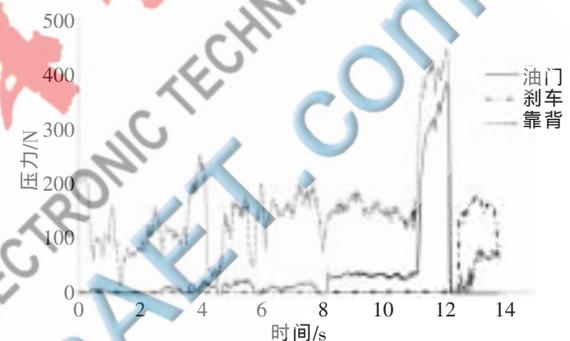


图 3 误踩油门时的压力曲线

在正常行驶时,驾驶员正常踩踏油门踏板以保持汽车的正常行驶,踩踏油门踏板力度较缓,踏板受力维持约为 50 N;此时,由于驾驶员在驾驶过程中姿态较为放松,因此座位靠背的受力变化无明显规律;刹车踏板则由于减速时间较短,其受力变化较为急促,如图 4 所示。

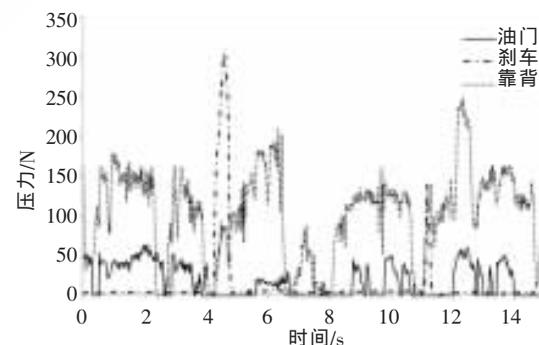


图 4 正常行驶时的压力曲线

对比图 2 分析可知,正常驾驶和紧急加速时,靠背的受力变化无明显规律,虽然在误踩油门踏板时存在急剧增加的现象,并且其受力明显高于其他条件下靠背受力,但考虑到正常驾驶中存在驾驶员突然靠向靠背等现象,因此靠背受力信息作为误踩油门判别的准确度不高,可以作为辅助判别标准进行分析。在油门踏板受力

技术与方法 Technique and Method

信息中,正常驾驶和正常急加速条件下,踏板受力信号类似方波,且踏板受力较小,力的大小变化较为平稳,因此油门踏板受力的方差较小;而误踩油门踏板时,油门踏板受力显著高于正常驾驶和正常紧急加速条件下的踏板受力,且踏板受力变化快,此时油门踏板受力的方差较高。因此,根据油门踏板受力变化的速度以及力度大小或者油门踏板受力的方差可对是否误踩油门踏板进行判别。

3 驾驶行为建模和预测

根据驾驶实验的数据分析,本文提出了一种非侵入行为监测和定量判断驾驶员误踩油门行为的方法,如图5所示。首先,使用安装在油门踏板上的压力传感器捕捉驾驶过程中的踏板受力;然后使用机器学习软件来研究踏板的行为,建立误踩油门的判断模型,并通过车载系统对错误行为进行干预。通过对驾驶行为的观察,可将油门踏板的操作行为分为正常加速和误踩两种情况。

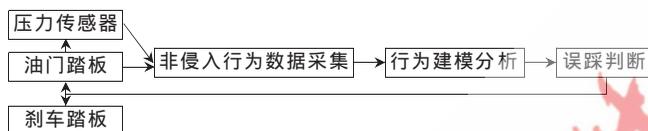


图5 行为建模

在机器学习中,决策树是一个预测模型,它代表对象属性与对象值之间的一种映射关系。树中每个节点表示某个对象,每个分叉路径代表某个可能的属性值,每个叶节点则对应从根节点到该叶节点经历的路径所表示的对象的值。决策树仅有单一输出,若需要有复数输出,可以建立独立的决策树处理不同输出。在数据挖掘中,决策树是一种经常用到的技术,可以用于分析数据,也可以用来作预测。本实验使用开源的机器学习以及数据挖掘软件 WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis),采用决策树分类器算法 J48 评估每个窗中踏板的受力数值,建立分类模型。

在行为建模和预测过程中,需要选取样本数据进行分析和预测,本文着重选取油门踏板行为进行深入研究,并进行大量操作油门踏板的模拟驾驶实验。在特征提取中,一个样本为大小 64 的窗,即 64 个数据点为一个样本。由于 50% 的交叠对特征提取是最有效的方式^[8],因此实验中每个窗交叠 32 个数据点,划窗每移动半个窗提取一次特征值。矩形窗的大小为 64 的原因是:与正常加速相比,误踩油门动作的时间较短,这些动作的时间长度在 1.3 s 左右。如果矩形窗过小,则动作采集不完整无法体现动作的特征,进而无法做到较好的分类。如果矩形窗过大,则不能在动作完成之前进行预测,达不到预测的效果。样本每 20 ms 采集一次数据,64 个数据的采集时间为 1.2 s 左右,可以提取到动作的特征,又不会采集到其他动作的区域;另外,64 为 2 的 6 次方,便于对数据做快速傅里叶变换(FFT),为其中两个特征量的提取做准备。

在决策树模型中,对 59 组油门踏板受力数据进行分析与判别计算,其中 38 组数据为误踩油门时的油门踏板的受力数据,剩余 21 组数据为正常踩踏油门时踏板的受力数据。由于单一的选择踏板受力的大小分析数据易产生较大的判别误差,因此在模型计算中,本文选用了油门踏板受力的方差进行分析计算。

利用决策树算法计算得到一个一层的二叉树。当油门踏板受力的方差小于或等于 112.155 567 时,踩踏油门踏板行为即为正常加速,油门踏板受力方差大于该值时即为误踩油门踏板。图 6 即为利用决策树算法对 59 组样本数据的行为判别结果,其中“x”是判断正确的样本,“□”是判断错误的样本;黑色图标是正常加速,灰色图标是误踩。根据模型计算分析得出决策树模型的判别正确率为 93.220 3%,这表明利用决策树模型能够较好地判断出正常加速与误踩油门。在正常加速和误踩的判断中各出现两次判断错误,这是由于在方差判断值附近容易出现误判现象。



图6 决策树行为判别结果

此外,模型分析计算的时间为 0.03 s,这表明决策树分析计算模型能够快速地对采集到的数据信号进行分析计算,不会出现因数据分析时间过长而导致防误踩装置无法及时反应。因此,利用决策树模型能够很好地实现踩踏油门行为的判别,准确判断出驾驶员是否出现误踩油门行为。

本文对驾驶员的驾驶操作进行非侵入行为监测,获取实时的活动数据,并利用驾驶时油门踏板受力信号的变化规律建立行为识别模型。在不改变机械结构情况下,快速采集信号并判断驾驶员的操作行为,通过车载系统对错误行为进行干预,避免因误踩油门导致交通事故的发生。该方法为建立高精度的踩踏油门行为判断提供了参考。

- 参考文献
- [1] SCHMIDT R A, YOUNG D E, AYRES T J, et al. Pedal misapplications: Their frequency and variety revealed through police accident reports[J]. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. SAGE Publications, 1997, 41(2):1023-1027.
 - [2] TRAN C, DOSHI A, TRIVEDI M M. Pedal error prediction by driver foot gesture analysis: A vision-based inquiry[C]. Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011 IEEE. IEEE, 2011.

- [3] 刘天夫. 防错踩油门语音主动提示装置 [P]. 中国, 200820156727.9.2009-09-09.
- [4] 金延东. 防止误将油门当刹车技术研究[J]. 中国新技术新产品, 2012(9): 143-145.
- [5] MURPHY E, TRIVEDI M M. Head pose estimation and augmented reality tracking: An integrated system and evaluation for monitoring driver awareness [J]. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 2010, 11(2): 300-311.
- [6] CHENG S Y, TRIVEDI M M. Vision-based infotainment user determination by hand recognition for driver assistance[J]. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 2010, 11(3): 759-764.
- [7] PARK S, SHERIDAN T B. Enhanced human-machine interface in braking[J]. Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on, 2004, 34(5): 615-629.
- [8] BAO L, INTILLE S S. Activity recognition from user-annotated acceleration data[M]. Pervasive Computing Springer Berlin Heidelberg, 2004.

(收稿日期: 2013-10-21)

作者简介:

蔡旻融, 女, 1989年生, 硕士, 主要研究方向: 非侵入行为数据采集分析与衍生服务设计。

