

doi: 10.11918/j.issn.0367-6234.2016.09.004

# 考虑驾驶任务需求的车内次任务分神干预策略

马艳丽, 曹 阳, 史惠敏

(哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院, 哈尔滨 150090)

**摘要:** 为使分配给驾驶任务的注意水平与其任务需求相匹配, 从而满足安全驾驶要求, 探究车内次任务分神干预策略. 基于车辆和驾驶环境数据及前方道路场景视频资料, 构建基于实时道路交通数据的驾驶任务需求预测模型, 采用驾驶任务需求评估法, 验证所建预测模型的有效性, 给出不同驾驶任务需求下的次任务分神预防策略. 结果表明: 驾驶任务需求评估与预测等级一致性达到 83%, 没有出现预测需求高, 评估需求低的情况. 当驾驶任务需求较高时, 除收音机及 CD 播放外, 其他车载信息任务分神均应予以警告或禁止, 次任务分神可以通过制定预防策略避免, 研究结果可为驾驶分神预警管理提供方案及技术支持.

**关键词:** 驾驶任务; 车内次任务; 驾驶分神; 需求预测; 干预策略

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2016)09-0020-04

## Distraction intervention strategies of in-vehicle secondary tasks according to the driving task demand

MA Yanli, CAO Yang, SHI Huimin

(School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

**Abstract:** The attention assigned to the driving task must be matched with its demand of safe driving, in order to explore the distraction intervention strategies of in-vehicle secondary tasks. An experimental vehicle was driven in naturalistic driving conditions to acquire real-time traffic data and videos of the road ahead. A prediction model was established to predict the driving task demand based on those real-time data. Participants assessed the driving task demand directly from short videos, verified the effectiveness of the prediction model, distraction intervention strategies under different driving task demand were proposed. The results showed that the consistency of driving task evaluation and prediction assessment is about 83%, there is no big difference, such as high forecasting demand and low evaluation requirements. Distraction intervention strategies based on real-time prediction of driving task demand can provide methods and technical support for the driver's distraction management.

**Keywords:** driving task; in-vehicle secondary tasks; driver distraction; demand forecasting; intervention strategies.

汽车驾驶通常包含各种各样的驾驶任务和次任务, 通常把最主要的驾驶任务定义为保持车道和监控道路危险, 车内次任务即导致视觉注意资源分散的车内任务, 既包括视觉的任务, 如看地图、收发短信、找东西等, 也包括非视觉的任务, 如打电话、听收音机、喝饮料、思考问题等, 二者在视觉通道上直接产生冲突, 分散了驾驶人注意力, 导致驾驶分神<sup>[1]</sup>. 据美国国家公路交通安全管理局统计<sup>[2]</sup>, 由驾驶员分神所导致的交通事故中, 约 30% (100 万次) 是由

于车内次任务分神所引起, 而车载信息系统 (in-vehicle information system, IVIS) 是引起车内分神重要因素. 如何减少因车内次任务分神所导致的驾驶差错及交通事故, 寻找解决次任务潜在危险的有效方案, 对于提高道路交通安全水平, 推动车载信息技术在汽车工业中的应用有重要意义<sup>[3-4]</sup>.

最新调查显示, 在诸多车内次任务中, 有超过 70% 的驾驶人开车时间使用音频娱乐系统, 而使用手机及其他无线设备最容易导致车祸发生<sup>[5-6]</sup>. 而车内次任务中, 与乘客交谈、安抚后座的儿童等与乘客相关的行为成为酿成车祸的第二大诱因<sup>[7-8]</sup>. 分配给驾驶任务的注意水平必须与其任务需求相匹配才能满足安全驾驶要求<sup>[9]</sup>. 而实时评估驾驶任务需

收稿日期: 2015-02-15

基金项目: 国家自然科学基金 (51108136)

作者简介: 马艳丽 (1974—), 女, 博士, 副教授

通信作者: 马艳丽, mayanli@hit.edu.cn

求可减少次任务分神,当驾驶任务需求超过特定指标阈值时,不鼓励或禁止某些次任务.早期采用驾驶任务需求评估的是通用智能驾驶人辅助(GIDS)<sup>[10]</sup>及车内多媒体通信(communicar)研究.GIDS项目应用多资源注意分配理论评价驾驶任务工作负荷,如转向、超车及计划的次任务,基于信息估计及工作量确定次任务优先等级;communicar项目基于车辆行驶数据(如刹车、油门位置)及神经网络模型评估驾驶任务工作负荷<sup>[10-11]</sup>.美国国家公路交通安全管理局资助SAVE-IT(safety vehicle(s) using adaptive Interface Technology)项目研究,通过实时监控道路条件及驾驶人行为来管理各种车载系统<sup>[12]</sup>.欧洲委员会自适应人机交互(AIDE)研究,考虑驾驶人的分神状态,对新车技术和便携设备应用提供预警信息,实现减少驾驶员分神水平<sup>[13]</sup>.

车内次任务种类繁多,目前国内相关成果报道较少,学者大多从车外资源吸引角度研究驾驶人注意分配<sup>[14]</sup>,尽管至今没有对驾驶任务与车内次任务分神问题进行深入系统地研究,但也都为本研究奠定了重要的基础.鉴于目前道路交通事故中许多是由于车内次任务分神所致,深入系统地研究符合我国国情的车内次任务分神问题已迫在眉睫.

本文在分析驾驶任务与车内次任务需求的基础上,研究基于驾驶任务需求的车内次任务分神干预策略,结合实验数据资料评估与预测驾驶任务需求,构建基于实时交通数据的驾驶任务需求预测模型,给出不同驾驶任务需求下的次任务分神预防策略,研究成果将为驾驶分神预警干预策略提供支持.

## 1 驾驶任务需求实验

本研究基于仿真实验及现场测试,开展驾驶任务需求分析,在车上安装远程前方探测雷达,前方探测摄像头,偏航传感器,方向盘转角传感器,刹车制动传感器,转向激活信号.雷达可以探测道路前方150 m范围内最多20个目标,测定各目标的相对距离(目标与车辆之间的距离),相对速度和角度,相对速度可以判别前方物体是否与实验车以相同的速度行驶.利用Safe TRAC车道跟踪仪测量驾驶员的横向车道位置及其变化情况,判断车辆的横向位置与位移.利用激光测距仪测量与前后其他目标物(包括车辆、行人等)的实时距离;借助AS1300型卡车驾驶模拟系统,构建不同道路交通驾驶环境,提供视觉、听觉和动力3个维度的反馈,测试并记录驾驶员在驾驶过程中的生理、眼动情况、判断差错、操作差错等指标,获得驾驶员驾驶分神及驾驶绩效信息,测试车上的摄像头分布见图1<sup>[15]</sup>.

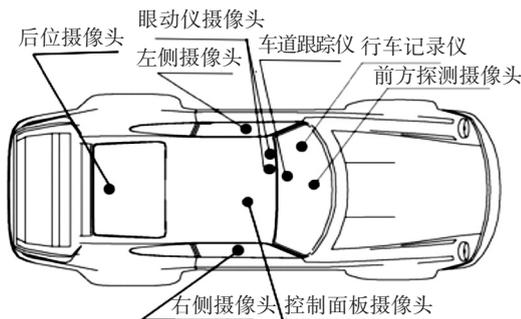


图1 测试车上的摄像头分布

Fig.1 Camera distribution in the test vehicle

道路环境包括城市道路与公路,测试时间包括高峰和非高峰时间段.收集车辆速度,相对距离,相对速度等数据,同时,记录前方道路交通环境.从实验所得视频资料中选取100个车辆行驶外部环境复杂程度跨度较大的视频资料,包括没有交通量或交通量较少,以及交通流密度较高的交通环境;不同车辆运行状态(如:变换车道、合流、分流).视频时长约8 s,选择8 s时长的目的是避免时间过长造成道路交通环境的复杂度发生变化.同时保证车辆传感器有足够时间获取可靠数据以进行驾驶任务需求主观评定.

## 2 驾驶任务需求评估与预测

### 2.1 驾驶任务需求评估

选择20名(10男、10女)22~36岁的被试者,要求被试者熟悉车内设施(如导航系统)使用,持有有效驾照、两眼裸视力或者矫正视力达到对数视力5.0以上.被试者坐在驾驶模拟座位上,播放100个视频资料估计驾驶任务需求.20名被试者对视频资料进行评估,驾驶任务需求评估分值为1~5分(1分为低,3分为中等,5分为高)评估指标为视频中体现的交通环境条件下,驾驶员探测突发事件与危险并及时控制车速和车道位置,从而避免碰撞或者冲出路外等交通事故,所需要注意资源.

由于20名被试者在进行评估过程中存在个体差异,选取85%置信区间样本均值代表某一特定道路交通环境下驾驶任务需求程度,并划分为以下3类:1)15个视频场景的驾驶任务需求较低(平均评分 $\leq 2.25$ );2)65个视频场景的驾驶任务需求中等( $2.25 < \text{平均评分} < 3.50$ );3)20个视频场景的驾驶任务需求高(平均评分 $\geq 3.50$ ).

### 2.2 驾驶任务需求预测

采用8 s间隔视频预测驾驶任务平均需求.任务需求与几个变量高度相关,包括平均车头时距,实验车速度.如果实验车速度相对前车速度为零,研

究目标与实验车辆以相同的速度移动;如果相对速度为正值,研究目标的速度大于实验车辆;如果为负数,前方目标的速度比实验车辆慢或目标来自对向车道. 如果目标位于车辆的右侧,角度值为正,左侧则为负值. 而相关性较低的变量包括目标速度和前车速度. 相关变量与特定驾驶任务需求相关,建立驾驶任务需求的相关因素预测模型. 其预测模型为

$$W = \sum_{i=1}^n \left( \frac{k}{\left(1 + \frac{|\theta_i - \beta|}{4}\right) \lambda} \right). \quad (1)$$

式中:  $W$  为驾驶任务需求;  $k$  为常数,目标与实验车辆行驶方向相同时  $k = 1$ ,目标与实验车辆行驶方向相反(如对向车道物体)时  $k = 4$ ,静止目标时  $k = 0$ ;  $\theta_i$  为前方目标  $i$  的水平角;  $\beta$  为前车角度;  $\lambda$  为  $d_i/25$  (归一距离, m) 与  $d_i/v_i$  (车头时距, s) 的最小值,其中  $d_i$  为实验车辆距目标的距离, m,  $v$  为实验车运行速度, m/s.

由式(1)可知,  $\lambda$  可反映驾驶任务需求. 随着  $d_i$  及车头时距的减小,驾驶任务需求增加. 驾驶任务需求随着前方目标数量的增加而增加. 模型受以下因素的影响:

$$W' = f_r \times f_b \times f_v \times f_p. \quad (2)$$

式中:  $W'$  为驾驶任务需求修正值;  $f_r$  为偏航率,当偏航率超过特定阈值(如:  $f_r > 4^\circ$ ),表明车辆弯道行驶,模型需进行修正;当偏航率较大时(如:  $f_r > 10^\circ$ ),表明急弯或转向行驶,此时,模型修正较大;  $f_b$  为车道宽度修正系数,当车道宽度小于阈值(3.25 m)时,上调  $W$  值;  $f_v$  为车辆速度修正系数,当实验车速度低于阈值(15 m/s),下调  $W$  值;  $f_p$  为制动踏板作用系数,当实验车辆刹车时,需重新界定  $W$  值,研究所选的 100 个视频资料不涉及紧急转向行驶及急刹车情况.

修正的任务等级  $W'$  被分成 3 类:当  $W' < 0.5$  时为低需求;  $2.26 > W' \geq 0.5$  时为中等需求;  $W' \geq 2.26$  时为高需求. 图 2 为驾驶任务需求评估值与预测值间关系. 其相关系数为 0.84. 表明基于实时动态测算的驾驶任务需求预测模型,具有一定的有效性.

由图 2 可知,大多数不匹配情况如下,预测任务需求大的 10 个样本,被评估为中等需求. 其中,8 个样本的驾驶任务评估需求等级为 3.25~3.40,非常接近高需求等级(平均评级  $\geq 3.3$ ). 预测值处于低需求的视频资料中,部分评价需求等级为 2.40,非常接近低需求等级. 驾驶任务预测需求和评估需求等级见表 1.

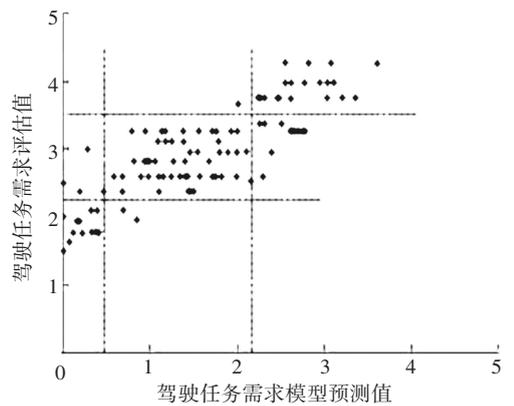


图 2 驾驶任务需求评估与需求预测分布

Fig. 2 Distribution of driving task demand assessment and forecast

表 1 驾驶任务需求评估与预测结果对照表

Tab.1 Driving task demand assessment and prediction results

需求预测	需求评估		
	高	中等	低
高	19	10	0
中等	1	51	2
低	0	4	13

由表 1 可知,83%的视频资料评估与预测等级一致,17%评估需求与预测需求不在同一分类等级(如:预测需求高,评估需求为中等). 表 1 中没有出现匹配差异较大的情况(如:预测需求高,而评估需求低).

由于驾驶人个体之间存在差异,图 2 和表 1 中需求评估等级源于 20 名驾驶人的主观评估均值. 预测值与主观评估值二者之间的一致性代表了特定道路交通环境下驾驶任务需求等级.

### 2.3 基于驾驶任务的车内次任务需求分配

视扫描范围考虑眼睛注视点位置或头部姿势,当眼睛注视点或头部姿势在角度为  $24^\circ \times 24^\circ$  的矩形区域范围内,认为驾驶人的视野范围为前方道路,否则扫视范围为道路以外目标. 研究发现,当扫视范围离开道路的时间超过某一阈值时,车道位置偏差、驶离车道次数、刹车反应时间等指标将明显增加. 驾驶绩效水平随着注视点离开道路的时间增加而下降,因此,当驾驶人视扫描离开时间道路超过某一阈值时,需提醒驾驶人注意.

对于各视频样本资料,要求被调查者决定特定驾驶环境中 IVIS 次任务的拒绝接受程度. 以问卷调查的形式,确定开车时哪些次任务可以执行,被试者根据自己对驾驶任务需求的判断分别选择数字 1、2、3,其中数字 1 代表被试者认为某项 IVIS 次任务在特定驾驶任务需求时“可以执行”,数字 2 代表“建议不执行”,数字 3 代表“禁止执行”. 次任务包

括:调谐收音机(寻找或旋转按钮)、播放收音机及CD、更换CD、选择MP3项目、读取导航仪指路信息、使用语音路径诱导系统. 驾驶任务需求等级与次任务接受程度间关系见图3.

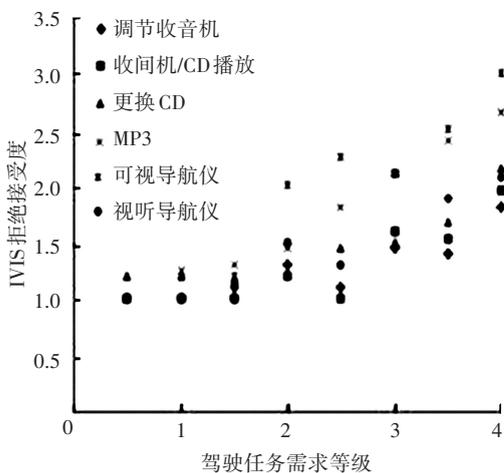


图3 驾驶任务需求与次任务接受程度间关系

Fig.3 Relationship between driving task requirements and secondary task acceptance

由图3可知,调谐收音机与播放CD的结果相似,驾驶任务需求介于中等之间,其接受程度平均值为1(允许)或接近1,驾驶任务需求高时,其接受程度平均值接近2(建议不用). 处于低任务需求水平时,MP3的接受程度平均值接近1(允许),处于中等需求水平接近2,处于高需求水平超越3.

不同驾驶任务需求与电话及导航次任务接受程度的关系表明. 输入导航信息其最初平均值为1.5,之后达到2(建议不用). 当驾驶任务需求处于中等水平,平均值超过2(建议不用),驾驶任务需求处于较高水平,平均值接近3(禁止).

读取导航系统中的指路信息,当驾驶任务需求为中等水平时,次任务接受程度平均得分为2(建议不用),驾驶任务需求为高水平时,平均得分为3(禁止).

对于语音导航系统,当驾驶任务需求为高或中等时,平均得分约为2. 表明阅读路径信息比语音导航更易分神,鼓励驾驶人使用带有语音提示功能的导航系统,可最大限度减少驾驶分神.

### 3 车内次任务分神干预策略

基于实时道路交通状况预测驾驶任务需求,当驾驶任务需求超过特定指标阈值时,不鼓励或禁止某些次任务,以减少驾驶分神.

依据分析结果获得不同驾驶任务需求下车载信息系统分神预防策略,见表2,由表可知,是否禁止和劝告某些次任务取决于驾驶任务需求.

表2 不同驾驶任务需求下IVIS任务分神预警策略

Tab.2 IVIS distracted warning strategies under different driving task requirements

需求预测	需求评估		
	高	中等	低
收音机/CD播放	—	—	—
调谐收音机/CD	—	—	警告
更换CD	—	—	警告
视听导航系统	—	—	警告
可视导航系统	—	警告	禁止
MP3播放	—	警告	禁止

注:“—”代表不采取预警措施

当驾驶任务需求较高时,除收音机及CD播放外,所有其他设备功能使用均应予以警告或禁止,其中可视导航系统及便携式音频播放器操作应该被禁止.

## 4 结论

1) 分配给驾驶任务的注意水平必须与其任务需求相匹配才能满足安全驾驶要求. 结合实验测试,基于车辆和驾驶环境数据及前方道路场景视频,构建了基于道路交通数据的驾驶任务实时需求预测模型,采用驾驶任务需求评估法,验证了所建预测模型的有效性.

2) 结合实际道路交通条件下驾驶任务需求分析,给出基于不同驾驶任务需求的次任务分神预防策略. 如驾驶任务需求高,驾驶人必须分配较多注意给驾驶任务. 如驾驶任务需求低,驾驶人可以分配一定量的注意给特定次任务.

3) 基于实时道路交通状况预测驾驶任务需求,当预测驾驶任务需求超过特定指标阈值时,采取相应的预警措施. 此时,建议或禁止开车时执行某些车内次任务,以减少驾驶分神.

## 参考文献

[1] BIRRELL S A, YOUNG M S. The impact of smart driving aids on driving performance and driver distraction [J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2011, 14(6): 484-493.

[2] GREENBERG J, TIJERINA L, CURRY R. Evaluation of driver distraction using an event detection paradigm [J]. Journal of the Transportation Research Board, 2003, 1843:1-9.

[3] REGAN M. Driver distraction: reflection on the past, present and future [J]. Journal of the Australasian College of Road Safety, 2005, 12(2): 22-33.

[4] METZ B, LANDAU A, JUST M. Frequency of secondary tasks in driving-results from naturalistic driving data [J]. Safety Science, 2014, 68(10): 195-203.