

Construction of A Library of Potential Hazard Scenarios for Bus Driving Based on the Following Data

Jun HUA, Junwei ZHAO, Yongtao LIU

Chang'an University, Xi'an, China

Email: chd_hua@163.com

Abstract: Urban public traffic safety is an important part of urban road traffic safety. The data of bus-following under different levels of roads in Xi'an City is collected. The static and dynamic characteristics of potential hazards are extracted, and after a reasonable combination of them, Visual Studio 2015 and Access are used to form a database of potential hazards for bus driving. According to the frequency of occurrence of potential hazard scenarios in the bus-following data, the most common potential hazard scenarios are found that when the bus travels in the straight section of urban sub-trunk road, there are pedestrians crossing the street when there is no traffic signal. According to the differences of objects in potential hazard, urban road levels, road segment types and potential danger types, the occurrence number of bus-non-motor vehicle was calculated, accounting for 37.59%. The potential hazard existing in urban sub-trunk road driving is more, accounting for 45.29%. There are more potential hazards when parking or driving away from the bus station, accounting for 35.98%. The transversal potential hazards occurred are more during driving, accounting for 51.02%. The construction of the potential hazard scenario database of bus driving can provide more scientific and effective training for the improvement of the potential hazard perception ability of bus drivers in Xi'an.

Keywords: traffic safety; bus; potential hazard scenario; database; driver training

基于跟车数据的公交驾驶潜在危险场景库构建

华 珺, 赵俊玮, 刘永涛

长安大学, 西安, 中国, 710064

Email: chd_hua@163.com

摘 要:城市公交安全是城市道路交通安全的重要组成部分。采集西安市不同等级道路公交跟车数据, 提取潜在危险静态特征情景和动态特征事件, 将其合理组合后利用 Visual Studio 2015 和 Access 数据库构成公交驾驶潜在危险场景库。统计跟车数据中潜在危险场景出现频次, 发现最为常见的潜在危险场景为公交在城市次干路平直路段非公交专用道行驶途经无信号灯人行横道时有行人即将过街。根据潜在危险对象、城市道路等级、路段类型、潜在危险类型的不同, 统计出公交-非机动车事件居多, 占比 37.59%; 在城市次干路行驶时存在的潜在危险居多, 占比 45.29%; 在停靠或驶离公交站点时存在的潜在危险居多, 占比 35.98%; 行驶过程中出现的横向潜在危险居多, 占比 51.02%。公交驾驶潜在危险场景库的构建可为西安市公交驾驶员潜在危险感知能力的提升提供更科学、更有效的培训。

关键词: 交通安全; 公交; 潜在危险场景; 数据库; 驾驶员培训

1 引言

城市客运是支撑城市居民日常生活的桥梁, 是维系城市各地区经济发展的纽带, 而城市公交是城市客运的重要组成部分, 维护城市公交安全运营、降低公交事故发生率对保障城市居民生活具有重要意义。据统计, 2016 年末全国拥有公共汽电车 60.86 万辆, 公共汽电车运营线路 52789 条, 运营线路总长度 98.12 万公里; 2016 年完成城市客运量 1285.15 亿人, 其中公共汽电车完成客运量 745.35 亿人, 占城市客运量的 58.0%[1]。

由于城市交通环境多变、交通主体密集、交通冲突集中，城市道路交通具有高度的复杂性[2]，这就要求公交驾驶员能够及时感知城市道路交通环境中存在的潜在危险并做出正确决策和操作。风险感知是由人的心理引发的对外界风险事件的一系列认识过程所构成，最终能够指引人的决策行为[3]。风险感知测试从上世纪 90 年代开始已被国外部分国家陆续应用到驾驶证考试中，用来培训和评估驾驶员对潜在交通危险的感知、加工和处理能力[4-6]。Spicer 等通过包含危险场景的视频片段评估公交驾驶员的潜在危险感知水平[4]。在国内，王延斌搜集整理了北京城市道路条件下最为典型和常见的道路险情，形成了典型险情场景库[5]。张忍找出了影响公交驾驶员危险预知能力的因素，采用 3D 动画模拟危险场景，以建立公交驾驶员危险感受的内部认知[6]。徐云杰[7]通过问卷调查的方式统计了熟练驾驶人 and 非熟练驾驶人在城市道路环境中所遇到的特定实现事件的频率高低，将高低程度赋值，并给熟练驾驶人和非熟练驾驶人赋权重，最终确定了发生频率较高的危险事件。

虽然大部分学者已经认识到了潜在危险感知能力对于公交驾驶员的重要性，也有部分学者整理出常见的危险场景，并建立了相关信息库，通过驾驶模拟器对公交驾驶员进行技能培训，但是虚拟危险场景的设计大多基于驾驶经验，缺乏一定的全面性和真实性，且信息库中常见危险场景的确定也缺乏一定的科学性。因此，采集实际驾驶跟车数据，从真实驾驶场景提取要素，将城市道路交通危险场景系统化，构建公交驾驶潜在危险场景库，能够进一步完善公交驾驶员潜在危险感知能力培训测试软件[8]，更加科学、有效地训练公交驾驶员潜在危险感知能力。

本文的研究在采集西安市公交跟车数据的基础上，提取城市不同等级道路交通环境的静态特征情景；按照潜在危险对象的不同，根据公交驾驶员的操作提取动态特征事件，统计出西安市城市道路中最为常见的公交驾驶潜在危险场景，运用 Visual Studio 2015 和 Access 数据库构建公交驾驶潜在危险场景库，以期为西安市公交驾驶员潜在危险感知能力的提升提供更科学、更有效的培训。

2 跟车数据采集

西安是全国创建“公交都市”建设示范工程的首批 15 个城市之一，公交出行率达 42%以上。随着西安市经济水平不断提高，城市机动车数量不断增加，由于很多机动车驾驶人法律意识和安全意识淡薄，抢道行驶、随意穿插等现象时有发生，因此城市道路拥堵现象严重。相比于高速公路地区，城市道路人口密集，非机动车尤其是共享单车盛行，导致城市交通方式混杂，交通冲突点较多。另外，城市道路路网复杂，各种不同等级道路交错，道路交叉口多，区间段短，路况多变。由于上述城市道路机动车数量大、非机动车和行人密集、路网复杂等特点，公交驾驶过程中潜在危险众多，公交驾驶员需具备良好的潜在危险感知能力，不断观察车辆周围路况，并采取正确的避险操作。

Table 1. Typical bus route information of Xi'an City

表 1. 西安市典型公交线路信息

道路名称	道路等级	公交线路	线路起点	线路终点	线路长度/km	站点数量/个
二环	快速路	二环 1 号线	辛家庙公交枢纽站	辛家庙公交枢纽站	36	52
未央路	主干路	600 路	凤城七路	陕师大长安校区	28	42
西影路	次干路	242 路	纺织城枢纽站	神州一路吉泰路口	25	47
...	...	...	...	...	...	...

西安市采取“多轴线、多中心、多组团”的空间发展模式，城市不同等级道路网纵横交错。为使针对西安市公交驾驶员潜在危险感知能力培训测试软件中的培训场景覆盖面广、潜在危险类型全面，根据城市道路等级，选取西安市典型快速路、主干路和次干路公交线路进行跟车数据采集，其中部分公交线路信息见表 1。数据采集小组由 6 名成员组成，采集时段包括高峰时段和非高峰时段。高峰时段为工作日 7:00-9:00 和 17:00-19:00，其余

项目资助信息：中央高校基本科研业务费专项基金（编号：300102228106、310822171001）

时间为非高峰时段。最终选取采集时段为时长相同的高峰时段 7:00-9:00 和非高峰时段 13:00-15:00。整个采集过程共采集快速路跟车数据 172km，主干路跟车数据 225km，次干路跟车数据 206km。

跟车数据采集表见表 2。其中，道路等级、路口路段类型、道路线形、路面通行条件、是否公交专用道、是否有信号灯和驾驶员操作为可选项，公交线路、跟车时间、车道数量和潜在危险对象运动情况为填写项。驾驶员操作选项包括制动、转向、加速、制动并转向和加速并转向 5 种。采集数据过程中，记录驾驶员采取操作时的道路交通环境，结合后期西安市公交公司提供的行车记录仪视频，完成潜在危险场景跟车数据的采集工作。

Table 2. Examples of bus-following data acquisition table
表 2. 跟车数据采集表示例

公交线路	二环 1 号线				
跟车时间	8 月 22 日 9:13				
道路等级	☒ 快速路	☐ 主干路	☐ 次干路		
车道数量	双向六车道				
路口路段类型	☒ 普通路段	☐ 四枝分叉口	☐ 三枝分叉口	☐ 公交站点	
道路线形	☒ 平直路段	☐ 一般弯	☐ 一般坡	☐ 一般弯坡	
路面通行条件	☒ 路面完好	☐ 施工	☐ 路面凹凸		
是否公交专用道	☐ 是		☒ 否		
是否有信号灯	☐ 是		☒ 否		
潜在危险对象运动情况	右侧车辆从前方汇入				
驾驶员操作	☒ 制动	☐ 转向	☐ 加速	☐ 制动并转向	☐ 转向并加速

3 场景特征提取与发生频率统计

在道路上行车时，吸引驾驶员注意力的因素主要可分为以下 3 类[9]：

- (1) 直接与道路有关的因素，即影响驾驶的路边环境和道路各组成部分。其中，道路的各组成部分包括弯道、变坡、道路标志、路面平整度、交叉口以及道路的连接和分叉等。
- (2) 与其他机动车、非机动车和行人等道路使用者有关的因素。
- (3) 与交通没有直接关系的因素，包括路旁的房屋、建筑物、路肩上的物体、路旁的丛生植物以及周围的景观物等。

在以上 3 类交通运行要素中，第 1 类和第 3 类属于静态情景，而第 2 类属于动态事件，静态情景和动态事件构成了完整的驾驶场景[10]。因此，本文将公交驾驶潜在危险场景特征要素分为静态情景要素和动态事件要素，从跟车采集的实际驾驶数据中提取出所有存在的静态情景特征要素：依据公交驾驶员在驾驶过程中的操作，提取出在特定静态情景中发生的动态特征事件。将静态特征情景和动态特征事件合理组合，并统计出现频次较高的潜在危险场景，构成公交驾驶潜在危险场景库。

基于前期采集的西安市公交驾驶跟车数据，提取不同道路等级下的静态情景特征，包括道路线形、道路横断面位置、路面通行条件、路段类型和交通控制方式等环境特征。由于本文主要考虑特定城市路段下潜在危险对象对公交驾驶的影响，因此不考虑天气、照明条件、路面材料等因素。具体静态情景特征要素见表 3。

Table 3. Elements of static scene characteristics of bus driving scenarios

表 3. 公交驾驶场景静态情景特征要素

要素名称	要素分类
道路等级	快速路
	主干路
	次干路
	平直路段
道路线形	一般弯
	一般坡
	一般弯坡
道路横断面位置	机动车道
	公交专用道
路面通行条件	路面完好
	施工
	路面凹凸
	普通路段
路段类型	四枝分叉口
	三枝分叉口
	公交站点
交通控制方式	有信号灯
	无信号灯

在公交驾驶场景中，除去静态情景要素和自车运动情况，其他道路使用者（包括其他机动车、非机动车和行人）的运动状态极有可能对公交的正常行车产生干扰，构成公交驾驶潜在危险；若公交驾驶员未能及时发现潜在危险并采取正确的避险措施，则潜在危险可能转化为交通事故。

交通事故的表现形式多种多样。按照事故的严重程度可分为轻微事故、一般事故、重大事故和特大事故；按照事故形态可分为正面碰撞、侧面碰撞、追尾碰撞、刮擦等；按照事故原因可分为超速行驶、违章驾驶、酒后驾车、疲劳驾驶等[11]。由于本文的研究重点在于公交驾驶潜在危险场景，而潜在危险并未演化为交通事故，因此，本文从事故对象的角度提取动态事件特征要素，即公交之外的道路使用者，包括其他机动车、非机动车和行人。从跟车过程中记录的公交驾驶员采取避险操作的驾驶场景出发，结合西安市公交公司提供的公交行车记录仪拍摄的视频，将公交行车过程中的外界动态事件分为公交-其他机动车事件、公交-非机动车事件和公交-行人事件；另外，还包括公交-固定物事件。公交驾驶过程中的动态特征事件分类及公交驾驶员采取的相应操作见表 4。

Table 4. Characteristic elements of external dynamic events of bus driving scenarios

表 4. 公交驾驶场景动态事件特征要素

事件类型	动态特征事件	驾驶员避险操作
公交-其他机动车事件	左右侧车道车辆从前方汇入	制动
	右侧支路车辆汇入主路	制动
	左侧主路车辆汇入支路	制动
	行驶过程中路侧车辆突然起动	制动
	左右方机动车因前方道路阻挡借道行驶	制动
	途经岔路口时有车辆即将驶入	制动
	路口直行时对向来车左转	制动
	路口左转时对向来车直行	制动
	两车并行进入城墙门洞时横向距离较小	制动
	行驶过程中前车突然减速	制动
	驶入站点时站点已停放其他公交	制动
	驶离站点时左后方有机动车直行	制动
	道路左前方岔口有明显驶入意图的机动车	制动
	前方路侧有行人等候出租车，出租车即将并道行驶	制动并转向
公交-非机动车事件	路侧停靠车辆前方有非机动车窜出	制动
	右侧非机动车因道路阻挡借道行驶	制动
	驶入站点时右侧有非机动车	制动
	驶离站点时前方停靠车辆前方突然窜出非机动车	制动
	非机动车穿行道路	制动
	右转时右侧非机动车进入视野盲区	制动
	右转时左侧大型车辆前方有非机动车窜出	制动
	左转时对向非机动车车速较快	制动
公交-行人事件	道路左前方岔口有非机动车即将驶出	制动
	途经绿化带开口处时有行人被绿植遮挡	制动
	路口右转时左侧大型车辆前方有行人窜出	制动
	驶入站点时右侧有行人	制动
	驶离站点时前方停靠车辆前方突然窜出行人	制动
	路侧停靠车辆前方有行人窜出	制动
公交-固定物事件	行人穿行道路	制动
	途经人行横道时有行人即将过街	制动
...	...	...

值得注意的是，自 2017 年 5 月西安全城开始推广“车让人”政策后，时常出现行人乱穿马路现象，这就要求机动车驾驶员包括公交驾驶员随时注意周围行人。由于西安城区内多条地铁线路正在修建，公交驾驶过程中存在前方道路施工现象较多，且道路变窄导致机动车和非机动车混行，交通状况混乱。另外，西安城墙部分门洞较窄，两车并行穿过时横向距离较小，容易发生刮擦事故。因此，在对西安市公交驾驶员进行潜在危险感知能力培训时，应当将上述特殊场景考虑在内。

将公交驾驶场景中的静态特征情景和动态特征事件合理组合，可构建较为全面的公交驾驶潜在危险场景 56 个。经采集小组成员统计，采集到的跟车数据中共出现潜在危险场景 2493 次，常见潜在危险场景见表 5。

Table 5. Common potential hazard scenarios of bus driving

表 5. 公交驾驶常见潜在危险场景

场景描述	出现频次/次
公交在城市次干路平直路段非公交专用道行驶，途经无信号灯人行横道时有行人即将过街	184
公交在城市主干路平直路段非公交专用道行驶，即将驶离公交站点时左后方有机动车直行	170
公交在城市主干路平直路段非公交专用道行驶，即将驶入公交站点时站点已停放其他公交	152
公交在城市次干路平直路段非公交专用道行驶，驶离公交站点时左后方有机动车直行	147
公交在城市主干路平直路段非公交专用道行驶，左右侧车道车辆从前方汇入	137
公交在城市次干路有信号灯四枝交叉口右转，右侧非机动车进入视野盲区	133
公交在城市次干路平直路段非公交专用道行驶，前方有施工区域，右侧非机动车因道路阻挡借道行驶	115
公交在城市次干路有信号灯四枝交叉口右转，人行横道有行人即将过街	94
公交在城市主干路平直路段非公交专用道行驶，右侧支路车辆即将汇入主路	88
公交在城市主干路平直路段非公交专用道行驶过程中前车突然减速	78
公交在城市次干路平直路段非公交专用道行驶，即将驶入站点时右侧有行人	75
...	...

根据潜在危险对象的不同，统计出公交驾驶潜在危险场景中公交-非机动车事件居多，占比 37.59%，具体频次及占比见表 6 和图 1。

Table 6. Bus driving potential hazard scenarios occurrence frequency under different objects

表 6. 不同对象公交驾驶潜在危险场景出现频次

潜在危险对象类型	出现频次/次	占比
其他机动车	638	25.59%
非机动车	937	37.59%
行人	712	28.56%
固定物	206	8.26%

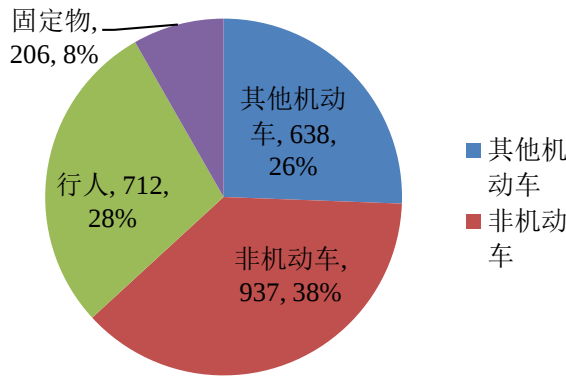


Figure 1. Bus driving potential hazard scenarios proportion under different objects

图 1. 不同对象公交驾驶潜在危险场景占比

根据城市道路等级的不同，统计出公交在城市次干路行驶时存在的潜在危险居多，占比 45.29%，具体频次及占比见表 7 和图 2。

Table 7. Bus driving potential hazard scenarios occurrence frequency under different road levels

表 7. 不同道路等级公交驾驶潜在危险场景出现频次

城市道路等级	出现频次/次	占比
快速路	586	23.51%
主干路	778	31.20%
次干路	1129	45.29%

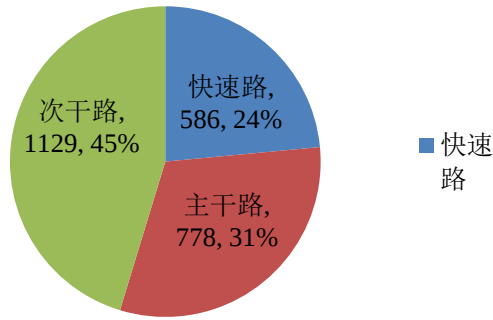


Figure 2. Bus driving potential hazard scenarios proportion under different road levels

图 2. 不同道路等级公交驾驶潜在危险场景占比

公交相对于其他机动车的不同点在于，公交在行驶过程中需要停靠固定站点，且公交站点的不同形式会对公交驾驶员的心理特性产生不同影响，进而影响驾驶员操作[12]。因此，公交在停靠和驶离公交站点时的潜在危险也不容忽视，尤其是根据路段类型的不同，统计出公交在停靠或驶离公交站点时存在的潜在危险居多，占比 35.98%，具体频次及占比见表 8 和图 3。

Table 8. Bus driving potential hazard scenarios occurrence frequency under different section types

表 8. 不同路段类型公交驾驶潜在危险场景出现频次

路段类型	出现频次/次	占比
普通路段	541	21.70%
四枝分叉口	573	22.98%
三枝分叉口	482	19.34%
公交站点	897	35.98%

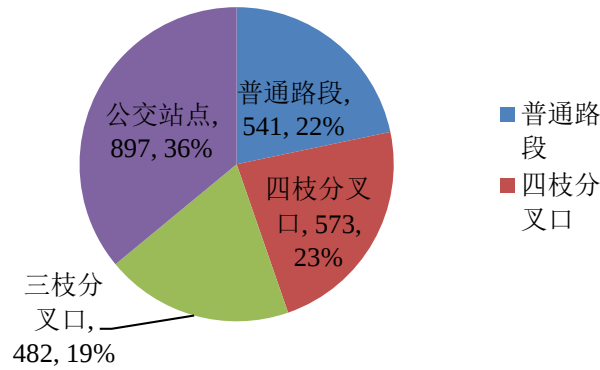


Figure 3. Bus driving potential hazard scenarios proportion under different section types
图 3. 不同路段类型公交驾驶潜在危险场景占比

为更好地描述潜在危险的类型和特点，以界定公交驾驶员潜在危险感知能力培训测试软件中的潜在危险场景难易程度，将垂直于行驶方向出现的潜在危险称为横向潜在危险，将与行驶方向同向出现的潜在危险称为纵向潜在危险，将在十字路口出现的潜在危险场景称为十字潜在危险，将同时出现上述潜在危险的场景称为复杂潜在危险。统计出在公交行驶过程中出现的横向潜在危险居多，占比 51.02%，具体频次及占比见表 9 和图 4。

Table 9. Bus driving potential hazard scenarios occurrence frequency under different characteristics
表 9. 不同特点公交驾驶潜在危险场景出现频次

潜在危险特点	出现频次/次	占比
横向潜在危险	1272	51.02%
纵向潜在危险	305	12.23%
十字潜在危险	697	27.96%
复杂潜在危险	219	8.79%

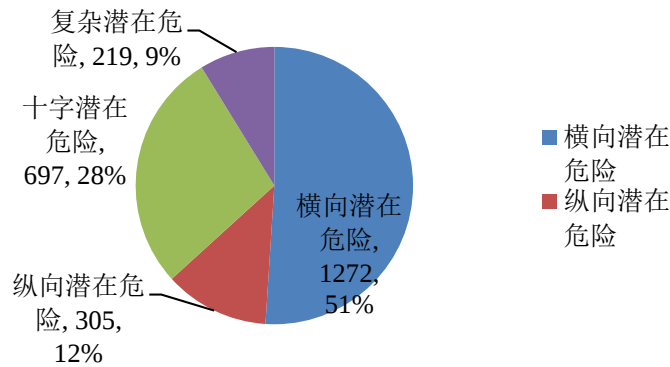


Figure 4. Bus driving potential hazard scenarios proportion under different characteristics
图 4. 不同特点公交驾驶潜在危险场景占比

4 潜在危险场景数据库构建

基于上述分析，利用 Access 2010 数据库搭建公交驾驶潜在危险场景库，并将采集到的相关数据输入数据库中。场景库中包含跟车数据采集工作基本信息、潜在危险场景静态特征情景信息、潜在危险场景动态特征事件

信息、公交驾驶员正确避险操作以及相应的潜在危险场景真实视频预览。公交驾驶潜在危险场景库界面如图 5 所示。



Figure 5. Bus driving potential hazard scenario library interface
图 5. 公交驾驶潜在危险场景库界面

统计常见公交驾驶潜在危险场景以及构建场景库的目的在于为公交驾驶员潜在危险感知能力培训测试软件提供科学、全面、有效的培训和测试场景。公交驾驶员潜在危险感知能力培训测试软件采用 Visual Studio 2015 平台，利用 C#和 SQL 语言进行系统开发。系统主要由能力测试模块、培训评估模块和管理员后台管理模块三大模块组成。软件培训包括三部分：1）潜在危险感知培训部分，通过真实视频场景训练加深公交驾驶员对潜在危险存在形态的认识；2）潜在危险培训提醒部分，公交驾驶员每次点击危险区域后出现相应图片及文字形式的正误反馈；3）潜在危险认知强化部分，通过观看类似事故视频，强化公交驾驶员潜在危险感知能力。各部分培训界面如图 6-8 所示。

5 结论与展望

（1）通过跟车采集了西安市公交驾驶场景数据，并提取了城市不同等级道路交通环境的静态特征情景；按照潜在危险对象的不同，根据公交驾驶员的操作提取了动态特征事件。将静态特征情景要素和动态特征事件要素合理组合，构成了西安市公交驾驶潜在危险场景库，包含潜在危险场景 56 种，跟车数据中共出现潜在危险场景 2493 次。

（2）统计西安市城市道路场景数据，发现最为常见的场景为公交在城市次干路平直路段非公交专用道行驶，途经无信号灯人行横道时有行人即将过街，在跟车数据中共出现 184 次。

（3）运用 Visual Studio 2015 和 Access 数据库构建了西安市公交驾驶潜在危险场景库，将公交驾驶潜在危险场景特征要素输入数据库中，为公交驾驶员潜在危险感知能力培训测试软件提供场景素材。

（4）本文所构建的场景库来源于真实驾驶场景，其形式为视频片段，可服务于公交驾驶员潜在危险感知能力培训和测试软件，根据所构建的潜在危险场景数据库，丰富培训和测试素材，对最为常见的场景进行重点培训，使软件中的场景分配更科学、培训效果更显著。

(5) 本文的研究成果也可用于虚拟驾驶场景设计，利用驾驶模拟器呈现实际城市道路交通环境中的潜在危险场景，以训练公交驾驶员潜在危险感知能力。另外，相比于其他营运车辆，公交的行驶路线相对固定，自动驾驶相对容易实现，而潜在危险场景库的构建也有利于未来自动驾驶系统的场景测试，因此，本研究成果可为未来公交自动驾驶系统的性能测试提供道路场景。

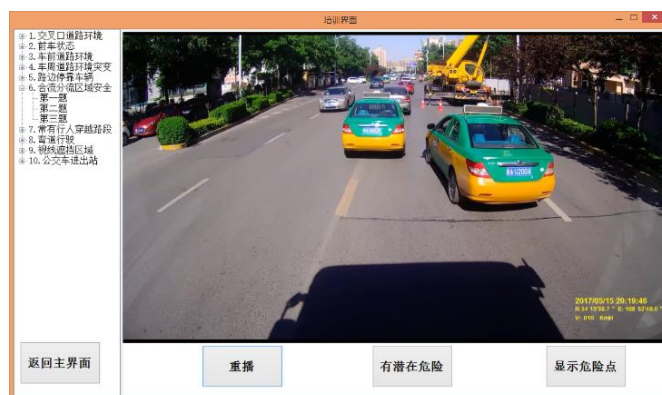


Figure 6. Training interface
图 6. 培训界面



Figure 7. Informing interface
图 7. 提醒界面

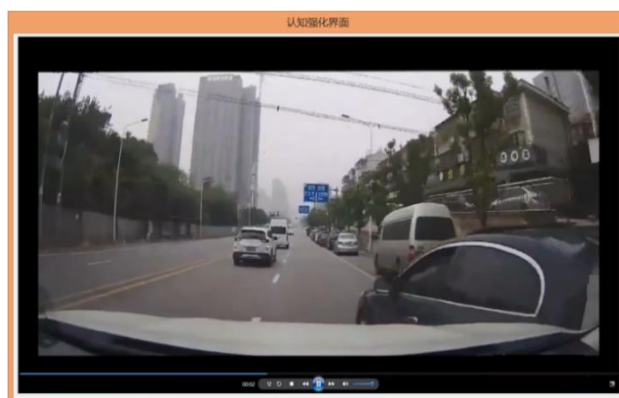


Figure 8. Cognition improving interface
图 8. 认知强化界面

致谢 (Acknowledgement)

本文的工作得到了西安市公交公司的支持，在此表示衷心感谢。

参考文献 (References)

- [1] Department of Comprehensive Planning, Ministry of Transport. 2016 Statistics bulletin of transportation industry development[R]. Beijing: Department of Comprehensive Planning, Ministry of Transport, 2017.
- [2] 交通运输部综合规划司. 2016 年交通运输行业发展统计公报[R]. 北京: 交通运输部综合规划司, 2017.
- [3] Zhao, L.N., Jia, X.W., Dai, S., Gong, J.G. and Zhi, Y, *Characteristics of Urban Road Traffic Safety in China*[J]. Urban Transport of China, 2018, 16(3): p. 9-14+20.
- [4] 赵琳娜, 贾兴无, 戴帅, 等. 中国城市道路交通安全特点解析[J]. 城市交通, 2018, 16(03): 9-14+20.
- [5] Meng, B., Liu, M., Li, Q. S. and Wang, L., *Theoretical Model for Risk Perception and Its Factor Analysis*[J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(10): p. 59-66.
- [6] 孟博, 刘茂, 李清水, 等. 风险感知理论模型及影响因子分析[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(10): 59-66.
- [7] Rosenbloom, T., Mandel, R. and Rosner, Y., *Hazard Perception Test for Pedestrians*[J]. Accident Analyze and Prevention, 2015, 79: p. 160-169.
- [8] Chou, W. S. and Chuang, P. C., *A Study on the Analysis and Design of Drivers' Hazard Perception Test*[J]. Asian Transport Studies, 2014, 3: p. 220-233.
- [9] Heng, W.W., Case Study on Driver Identifying Traffic Potential Hazard Situation[D]. Jilin University, 2017.
- [10] 衡威威. 驾驶员对交通潜在危险状态识别的案例研究[D]. 吉林大学, 2017.
- [11] Virginia, M.R., Pablo, L.C. and Eladio, J.M., Risk Factors for Causing Road Crashes Involving Cyclists: An Application of A Quasi-induced Exposure Method[J]. Accident Analysis & Prevention, 2013(51): p. 228-237.
- [12] Wang, Y.B., Study of Novice Driver Hazard Perception Training[D]. Tsinghua University, 2010.
- [13] 王延斌. 新驾驶员险情感知训练研究[D]. 清华大学, 2010.
- [14] Zhang, R., Research on the Promotion of the Bus Driver's Ability to Detect the Potential Hazard and Training System Based on 3D Simulation[D]. Chang'an University, 2014.
- [15] 张忍. 基于三维仿真技术的公交驾驶员危险预测能力培训系统研究[D]. 长安大学, 2014.
- [16] Xu, Y.J., An Analysis of Emergent Events Under Urban Roads Circumstances and Establishment of Information Base[D]. Chang'an University, 2013.
- [17] 徐云杰. 城市道路环境中突发事件分析与信息库建立[D]. 长安大学, 2013.
- [18] Hua, J., Zhao, J.W., Liu, H.X. and Zhu, T., *Research on Novice Drivers' Ability in Potential Hazard Cognition as a Function of Training Dimension*[J]. China Safety Science Journal, 2018, 28(6): p. 61-66.
- [19] 华珺, 赵俊玮, 刘浩学, 等. 不同训练维度下新手驾驶人潜在危险认知能力研究[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(6): 61-66.
- [20] QI Zhenqing. Road conditions and traffic organization[M]. Beijing: China Construction Industry Press, 1983. 1-2.
- [21] 祁振庆. 道路条件与交通组织[M]. 北京: 中国建筑工业出版社. 1983: 1-2.
- [22] Zhou, Y., The Typical Road Traffic Scene Design and Implementation for Drivers' Safety Awareness Training[D]. Wuhan University of Technology, 2011.
- [23] 周颖. 面向安全意识培训的典型道路交通情景设计与实现[D]. 武汉理工大学, 2011.
- [24] Ma, K., Research on Typical Potential Dangerous Driving Scenarios[D]. Jilin University, 2017.
- [25] 马凯. 典型潜在危险驾驶情境研究[D]. 吉林大学, 2017.
- [26] Wang, F.Y. and Chen, X.T. *Influence of the Bus Stop Construction Modes on the Driver's Psycho-physiological States*[J]. Journal of Safety and Environment, 2018, 18(3): p. 997-1003.
- [27] 王丰元, 陈晓婷. 公交车停靠站形式对驾驶人生理特性的影响研究[J]. 安全与环境学报, 2018, 18(3): 997-1003.