

• 自动驾驶汽车仿真测试与场景生成技术专题 •

基于真实交通数据的自动驾驶场景库研究*

郑方丹 宋娟 路鹏飞

(北京车网科技发展有限公司, 北京 100176)

【摘要】以自动驾驶场景库为研究对象,通过分析当前自动驾驶场景库的不足和行业需求,研究形成基于真实交通数据的自动驾驶场景生成规范。首先,对场景要素和格式进行说明和规范;其次,通过场景挖掘、自动化标签处理和数据合规脱敏生成场景数据集;最后,通过对真实场景的风险评估以及对异常事件场景的标准化加工最终形成安全合规、高质量、高价值的城市级挑战性场景库。

关键词: 交通数据 自动驾驶 场景库 数据合规

中图分类号: U467.1³ **文献标志码:** A **DOI:** 10.20104/j.cnki.1674-6546.20240059

Research on Autonomous Driving Scenarios Library Based on Real Traffic Data

(Beijing Connected and Autonomous Vehicles Technology Co., Ltd., Beijing 100176)

【Abstract】This paper takes the autonomous driving scenario library as the research object, and by analyzing shortcomings of autonomous driving scenario library and industry demand, and forms a set of operation guidelines for autonomous driving scenarios construction based on real world traffic data. Firstly, the elements and formats of autonomous driving scenarios have been illustrated and standardized. Secondly, scenario datasets are generated by a three-step procedure, including scenario mining, automated annotating and data compliance desensitization. Finally, a set of safe, compliant, high-quality, and high-value city level challenging autonomous driving scenarios was ultimately formed by risk assessment of real collection scenarios and standardized processing of abnormal events.

Key words: Traffic data, Autonomous driving, Scenario library, Data compliance

【引用格式】郑方丹, 宋娟, 路鹏飞. 基于真实交通数据的自动驾驶场景库研究[J]. 汽车工程师, 2024(7): 11-17.

ZHENG F D, SONG J, LU P F. Research on Autonomous Driving Scenarios Library Based on Real Traffic Data[J]. Automotive Engineer, 2024(7): 11-17.

1 前言

随着自动驾驶技术的快速发展,行业愈发认识到基于真实道路测试存在高成本、高耗时等局限性,模拟仿真测试可以作为道路测试的重要补充,从仿真测试到封闭场地测试,再到开放道路测试的测试路径早已成为共识。因此,仿真技术的研究和应用受到广泛关注,数据集和场景库作为仿真测试的基础,在自动驾驶技术测试验证和优化过程中具有重要作用,其数据来源的真实性和多样性对自动驾驶技术的发展尤为重要^[1-5]。

国内外自动驾驶科技企业、整车企业和模拟仿真测试企业都在积极协调行业资源,建设自动驾驶

场景数据集和场景库。其中,国内外第三方测试服务企业先后公开发布了多个自动驾驶数据集,涵盖普通障碍物检测、信号灯识别、行人检测等多种通用场景,可以支撑开展自动驾驶测试验证活动^[6-7]。与此同时,国外领先的自动驾驶科技企业特斯拉,正在基于自身庞大的用户存量,利用众采方式收集大量的交通场景,并从中挖掘高价值的异常事件场景和事故场景,开展场景重建,可显著提升自动驾驶算法的测试和训练效果。相比之下,国内的场景数据集和场景库开发主要依赖场景泛化,场景库的真实度较低,且大多数场景库所涵盖的场景依然以普通车辆的运行场景为主,与自动驾驶车辆的运行模式存在较大差异。

*基金项目:北京市科技计划项目(Z221100008122014)。

基于真实交通情况的数据集和场景库越来越受到自动驾驶科技企业和整车企业的重视,但在数据安全层面,业内相关企业尚未建立起完善的数据安全共享流程和保障办法,同时缺少专业的自动驾驶数据安全治理工具,使得场景数据的流转面临安全合规风险^[8]。

针对行业在自动驾驶数据集和场景库方面的迫切需求,考虑国家对汽车行业日趋严格的数据安全合规要求,本文重点研究基于真实交通数据的自动驾驶场景库建设方法,提出能够满足数据安全合规要求的自动驾驶场景库搭建方法。

2 自动驾驶场景定义

2.1 自动驾驶场景要素

自动驾驶场景可以概括描述为自动驾驶车辆与其所在道路交通环境的总和,包括静态道路信息、动态交通状况、天气等环境信息等诸多要素的集合。场景作为上述要素的抽象与映射,本质上阐述了要素组成及其内部逻辑关系,是场景库搭建的理论基础,同时也是技术开发的基础,能够帮助自动驾驶系统识别和理解路面环境、其他车辆及行人等各种不同的交通参与者,并作出正确决策。

在自动驾驶场景库构建方面,世界各国政府及智能汽车产业都给予了相当的重视。德国的PEGASUS项目提出了6层场景模型,用于指导构建标准化的智能汽车系统开发和测试验证场景库;自动化及测量系统标准协会(Association for Standardization of Automation and Measuring systems, ASAM)在此基础上建立了仿真领域的OpenX系列虚拟仿真测试场景标准体系;美国国家高速公路交通安全管理局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)发布了关于自动驾驶测试场景和用例的框架;在国内,中国汽车技术研究中心、中国道路交通事故深入研究(China In-Depth Accident Study, CIDAS)项目、百度Apollo、国汽(北京)智能网联汽车研究院有限公司等也开展了诸多相关工作。

本文采用OpenX标准的6层模型场景描述架构,6层场景要素分别为道路、交通基础设施、临时路况、对象、环境、数字信息。如图1所示:第1层为道路层,包括车道数量、特殊车道等静态信息要素,用于描述场景的静态道路环境;第2层为交通基础设施,用于描述场景的地物信息;第3层为临时路况,指第1层和第2层上的临时操作,用于描述场景

的动态环境信息;第4层为交通状况,是场景的核心内容;第5层为环境,用于描述场景的气象环境信息;第6层为数字信息。



图1 自动驾驶6层场景要素

2.2 自动驾驶场景格式

为实现场景仿真测试、场景元素组合、场景微调、场景复用等多种需求下的场景应用,必须定义标准化的场景文件格式。目前,国际上较为通用的场景文件格式为ASAM提出的OpenX仿真标准系列,即OpenDRIVE及OpenSCENARIO,前者实现地图解析,后者实现场景转换,两者均以统一建模语言(Unified Modeling Language, UML)数据模型为基础,可以导出xml格式的拓展文件。

OpenDRIVE定义仿真场景中的静态内容,包括道路几何形状、车道数量、道路沿线特征、车道限速标志和信号灯等影响车辆通行的交通标志以及道路基础设施,描述仿真中的道路环境信息;OpenSCENARIO定义仿真场景中的动态内容,包括车辆的轨迹路线、速度距离变化、换道偏移等复杂的、同时发生的车辆操作动作,描述仿真中道路上或道路外活动的车辆或行人的行为。将OpenDRIVE和OpenSCENARIO搭配使用,能够完整描述一个包含静态信息和动态信息的仿真测试场景,满足自动驾驶仿真、虚拟测试、开发和验证需求。

2.3 自动驾驶场景来源

自动驾驶场景的数据来源于真实数据和仿真数据,如图2所示。前者是真实道路交通情况的数字映射,后者是模拟仿真情况的参数设定,可通过逻辑推演获得。

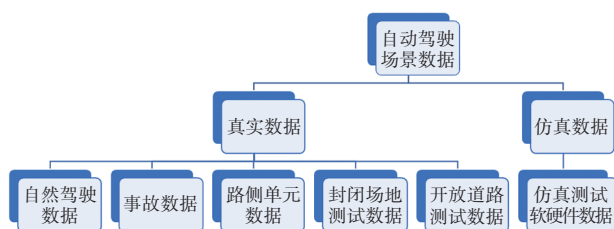


图2 自动驾驶场景数据来源

真实数据来源于自然驾驶数据、事故数据、路侧单元采集到的数据、封闭场地测试数据和开放道路测试数据。自然驾驶数据是通过在汽车上加装摄像头、雷达等多类传感器,在车辆正常行驶过程中采集到的包含各场景要素的数据;事故数据是各国家、地区、城市记录存储的交通事故数据,基于这些数据能够分析提炼出适用于自动驾驶场景测试的特征要素;路侧单元数据是来源于交通、路政、车路协同等政府部门和企业交叉路口、主次干道、事故多发路段等处搭建的路侧单元雷达、摄像头等设备采集到的场景要素数据;封闭场地测试和开放道路测试数据来源于企业在自动驾驶车辆研发测试、示范应用和商业化试点过程中,在测试场或测试示范区道路等地采集到的场景要素数据。

仿真数据来源于仿真测试过程中,通过人为设定软件(虚拟仿真系统)和硬件(驾驶模拟器等)参数,使测试车辆在设置的驾驶任务或行驶路线下进行虚拟场景测试,从而产生的仿真场景数据。

本文的数据来源于真实交通环境,对国内智能网联示范区范围内产生的车端、路侧、地图等自动驾驶数据进行高效提炼和加工,形成高真实度、特色鲜明且具备行业应用价值的自动驾驶场景数据集和异常事件场景库,在安全合规的框架内通过异常事件场景共享系统面向自动驾驶科技企业、整车企业、模拟仿真测试服务企业、研究机构等提供高价值、标准化且安全合规的场景服务。围绕国内智能网联示范区运营过程中产生的全方位车端和路侧自动驾驶数据以及地图数据,开发自动驾驶场景挖掘引擎,本文对采集的真实自动驾驶数据开展特色场景挖掘,提炼出具备高应用价值的自动驾驶脱离场景、紧急制动场景、复杂交通流场景等,并对场景进行自动化剪裁和标签处理,形成自动驾驶场景数据集,供相关企业开展场景库开发工作。

3 自动驾驶场景数据集构建

3.1 自动驾驶场景挖掘

在自动驾驶场景库建设过程中,遍历了国内智能网联示范区 60 km² 范围内近 800 辆自动驾驶车辆和 330 多个智能化路口的真实自动驾驶运行数据,挖掘出 1 000 余条高价值的自动驾驶真实异常事件场景,通过场景运行风险评估,挖掘出 100 余例自动驾驶危险工况和事故场景,并从数据库中检索场景

相关的车路协同感知数据,包含全量交通参与者的位置、速度、航向角、目标物类型等真实运行数据,通过场景还原工具转化为 OpenX 格式仿真场景数据。

自动驾驶场景建设的第一步是对自动驾驶汽车运行过程中发生的异常事件进行自动化识别。目前,针对已有数据资源,可采用车辆运行状态数据滤波优化和视频图像数据特征识别两条技术路线实现异常事件的自动挖掘。

其中,基于车辆运行状态数据的滤波优化是通过监测智能网联汽车当前运行模式(driveMode)字段,自动判断自动驾驶系统退出或被接管的异常事件,并分析自动驾驶车辆的实际运行数据,包括加速度、航向角变化率、驾驶行为等与异常事件发生频次之间的关联度,如图 3 所示,通过设定运行数据阈值筛选异常事件场景。在实际应用中,可对车辆运行状态数据进行滑动滤波,以去除数据噪声,提升场景识别准确率。

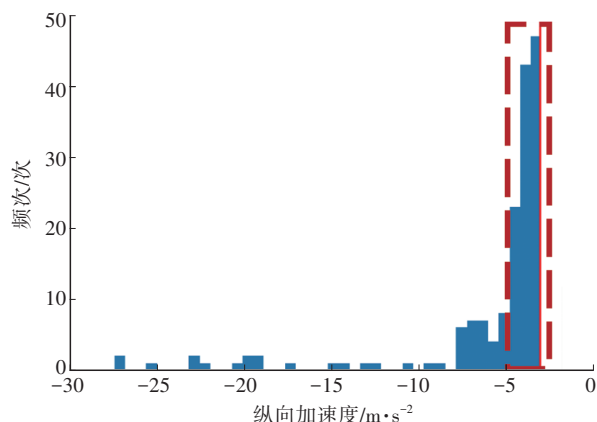


图3 自动驾驶异常事件与纵向加速度的分布关系

视频图像数据的场景特征识别以特殊训练的基于自监督一致性学习框架的交通事故检测(Traffic Accident Detection for driving systems by proposing a Self-Supervised Consistency learning framework, SSC-TAD)为基础,吸收帧预测框架和轨迹预测框架的性能优点,从帧外观一致性、目标运动一致性和场景上下文一致性三个方面对异常事件场景检测进行建模,如图 4 所示。使用上下文表示模块提取参与者内部以及整个视频帧的信息关系,并设计一个图生成式对抗网络(Graph Generative Adversarial Networks, GraphGAN)模型来训练视觉场景上下文生成器和判别器,根据预先定义的多任务损失函数判断每一帧中异常事件的发生概率。

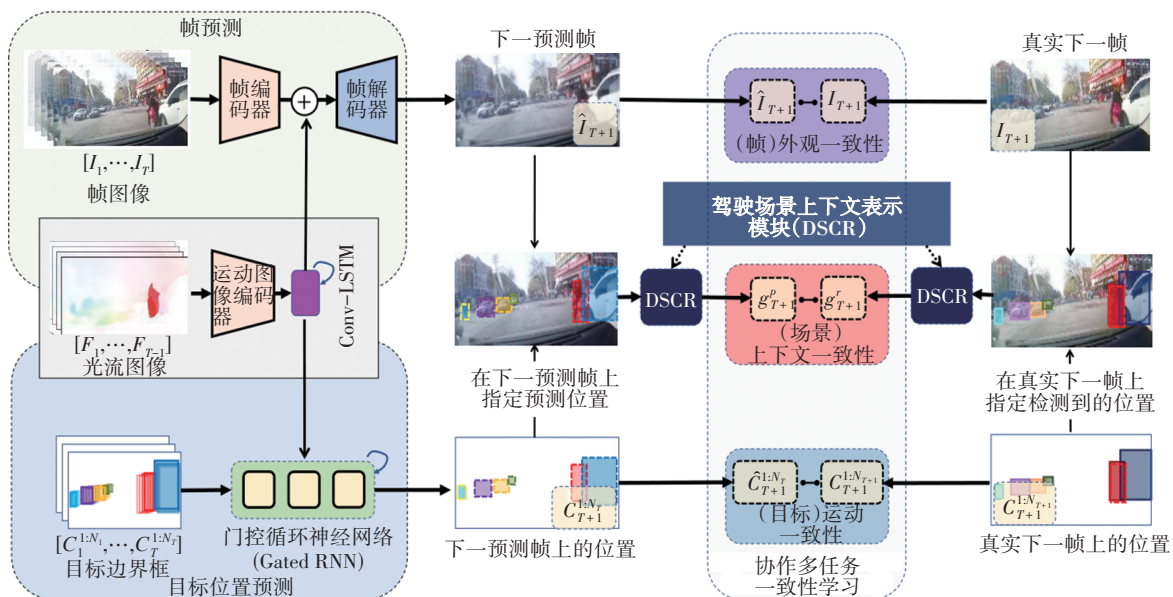


图4 视频图像数据的场景特征识别工作逻辑

上述场景挖掘工作将挖掘自动驾驶脱离场景、急减速场景、紧急制动场景、异常低速场景、超速场景、自动驾驶退出场景、复杂交通流场景和高速公路运行场景等8类具备高应用价值的场景。与这些场景相关的自动驾驶车辆运行数据还需要进行整理和清洗,以提升数据质量,满足场景还原要求。

数据清洗过程中,除根据路侧设备可信空间范围裁剪数据规模外,还需要通过轨迹匹配识别自动驾驶车辆编号(ID),从而为还原后的动态场景提供主视角,如图5所示。

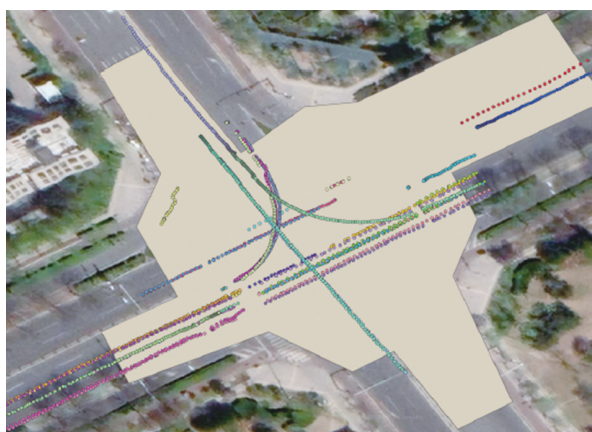
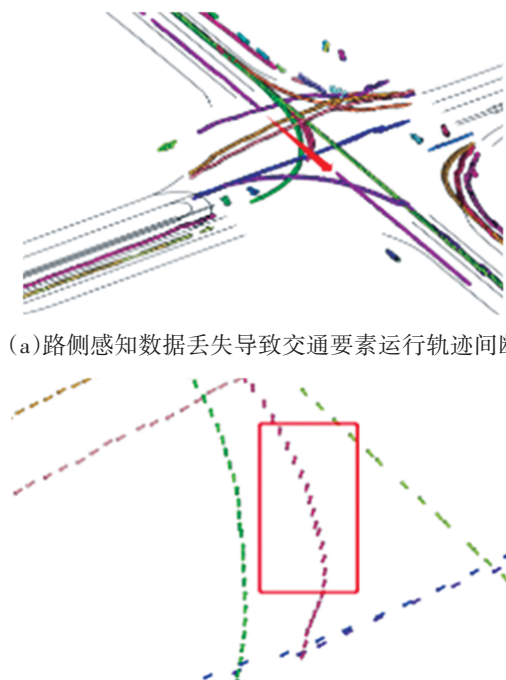


图5 交通要素运行轨迹匹配

同时,还需要针对感知设备精度造成的数据质量问题进行修复,如图6所示,包括:采用长短时记忆(Long Short Term Memory, LSTM)神经网络算法,对由车辆遮挡、检测丢失等问题引起的车辆轨迹断续的情况进行修正,基于车辆的历史轨迹点,实现对中间缺失值的差值补全;基于指数和多项式平滑

算法纠正车辆航向角偏差;基于采用匈牙利匹配算法与卡尔曼滤波并融合丰富微观交通运动特征的时空轨迹历史数据,实现同目标轨迹匹配,从而消除同一目标ID不一致的问题。



(a)路侧感知数据丢失导致交通要素运行轨迹间断

(b)路侧感知数据精度不足导致交通要素航向角漂移

图6 交通要素运动轨迹

3.2 自动化标签处理

自动驾驶场景来源于采集的真实自动驾驶车辆运行状态数据,是构建自动驾驶测试场景的基础来源。自动化标签处理是场景库建设的第二步。基于对包含自动驾驶车辆所处的人、车、环境等信

息的全方位数据分析,通过对场景数据的挖掘,研究交通环境和驾驶行为特征,完成对场景的理解和场景要素的特征提取与类聚,并可通过场景要素的重组,衍生出更多合理的场景,为后续场景数据库建设奠定基础。

场景构成要素包括车、路、行驶环境等,对多种要素进行组合,存在无限丰富、极其复杂、不确定性强的特点。现阶段,各机构没有形成统一的场景定义标准,场景的理解、定义及合理高效、明确统一的场景要素分类方式研究,是场景库构建的开始和关键,对于建立场景库模型非常必要。本文以采集到的自动驾驶场景数据为依据具体开展场景定义和场景要素分类研究,从测试车辆、静态环境、动态环境、交通参与者和气象环境的角度对场景要素进行分析,提出场景要素分类体系。根据场景要素分类体系分析自动驾驶交通环境场景和异常事件的场景要素及场景主体要素,对场景的各种动、静态元素进行特征提取,研究场景信息提取与挖掘理论,设计场景提取的算法,实现场景的提取;根据场景要素分类体系构建通用的场景要素层次模型,分析各维度场景要素的可能属性,设计场景要素标注模型,为场景数据统一标准化的要素标注提供依据;通过元素之间的关联关系对场景元素进行重新组合及通过基于人工经验的标注方式进行场景组合形成新的典型性场景,从而形成自动驾驶场景数据集。

3.3 数据合规脱敏

近年来,国家高度重视汽车数据安全。自动驾驶作为汽车领域涉及海量数据交互流转的典型代表,场景库数据来源涉及对大量个人信息和道路环境信息的采集和加工处理。因此,考虑场景库的数据安全合规需求,在完成自动化标签处理后,需要对个人隐私信息和道路标志等可能涉及重要数据的部分进行脱敏处理。

本文开发并部署了针对自动驾驶场景库的数据脱敏系统,利用FlowCV底层技术,感知多平台、多数据端、多种类型数据,经由分布式数据处理框架进行视频、图片等内容的敏感信息检测,从而形成关联敏感数据网络。研发人员可以通过系统提供的规则引擎,在数据网络中发现特定的敏感内容,并对视频、图片等敏感内容进行脱敏处理。数据脱敏系统工作流程如图7所示,包含数据采集、数据处理和数据脱敏三大模块。



图7 数据脱敏系统架构

其中,数据处理模块用于识别视频中的敏感信息,包括:人脸、车牌、时间戳、路口标志、路牌;重要敏感区域的地理信息、人员流量、车辆流量,如军事管理区;反映经济运行情况的数据,如车辆流量等。该模块采用金字塔解析网络(Pyramid Scene Parsing Network, ESPNet)作为目标检测分割网络,并将传统高效空间金字塔(Efficient spatial pyramid, ESP)模块中的逐点卷积改为分组的逐点卷积,以进一步提升网络效率,并降低过拟合。采用归一化指数函数(Softmax函数)作为损失函数,将多个神经元的输出映射到(0,1)区间内,从而将输出视为概率来解释目标识别结果。

数据脱敏模块基于系统定义的脱敏策略,对视频中的敏感信息进行脱敏处理(马赛克、模糊等),生成脱敏后的视频和图片,包括服务器模块、数据读取模块、目标检测模块、马赛克处理模块、转码子模块和静态服务器模块。数据脱敏模块能够对敏感信息的位置检测,获得敏感信息位置数据并输入马赛克处理模块,输出RGB图片数据信息,进而将上一阶段输出的RGB图片数据暂存到一个临时视频文件中,利用转码模块对临时视频文件进行压缩转码,输出最终的脱敏视频文件,其工作流程如图8所示。

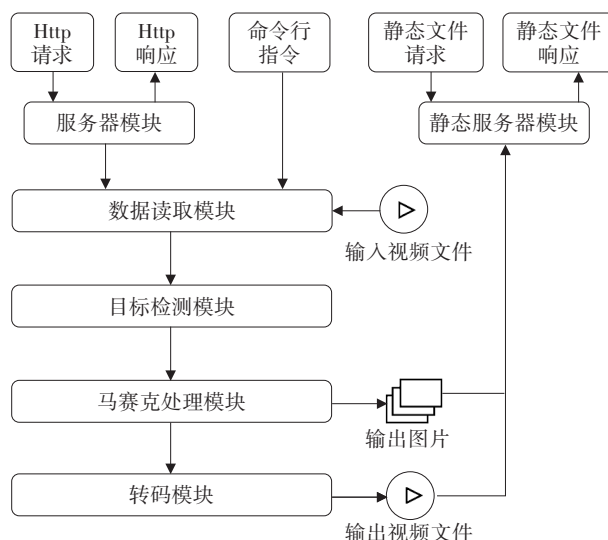


图8 数据脱敏系统工作流程

4 自动驾驶异常事件场景库开发

4.1 自动驾驶运行风险评估

在自动驾驶异常事件场景库开发过程中,为进一步提升场景库应用价值,以及后续基于场景库开展的模拟仿真测试工作的价值密度,对识别出的异常事件场景进行风险评估,目的是从异常事件场景中进一步筛选出存在较高事故风险的场景,用于后续场景库开发。

为综合定量评估自动驾驶车辆的交通运行风险,本文结合国内智能网联示范区交通特征和驾驶行为习惯,全面考虑道路线形与道路类型等设施因素、天气等环境因素、交通流量等交通因素、机动车与行人等道路使用者因素,提出自动驾驶汽车开放测试安全风险评估方法。安全风险度越低,安全度就越高,可开放给自动驾驶汽车道路测试的可能性就越大。反之,安全风险度高的场景,对于自动驾驶测试而言有利于解决“长尾”问题,真实场景的危险性使得该类场景库的开发更具价值且更为迫切,基于高运行风险的真实场景开发出的自动驾驶场景库的价值就越高、应用意义越大。本文通过分析交通安全风险因素、制定风险评估方法及流程,实现自动驾驶事件场景运行风险评估。

4.1.1 自动驾驶车辆的交通运行风险致因因素分析

综合考虑交通基础设施、交通工程设施、交通流量、非机动车与行人、交通环境等因素,结合自动驾驶交通事件以及接管情况数据,解析自动驾驶车辆交通安全风险致因因素,定量分析各致因因素对自动驾驶车辆运行风险的影响程度。

4.1.2 自动驾驶车辆的交通运行风险评估方法

自动驾驶车辆在感知、执行、决策方面与人工驾驶车辆均存在明显区别,本文构建综合考虑道路设施因素、环境因素、交通因素、道路使用者等类因素的自动驾驶运行风险评估指标,研究提出自动驾驶运行风险评估模型和方法,并对自动驾驶运行风险进行分级。

4.1.3 自动驾驶事件场景运行风险评估系统

在评估指标和方法研究的基础上,研究自动驾驶事件场景运行风险评估系统的功能框架,开发自动驾驶事件场景运行风险评估系统,面向自动驾驶场景数据集开展高风险异常事件场景的挖掘,结合自动驾驶真实交通数据,开展自动驾驶场景运行风险评估,总结提炼自动驾驶交通安全风险评估流

程,形成自动驾驶交通安全风险评估标准。

4.2 异常事件场景标准化加工

本文以场景定义和场景元素为基础理论体系,设计场景标签分类体系,以此为基础完成数据预处理、场景标注、场景提取、场景泛化、场景生成等数据处理过程,生成自动驾驶场景文件夹和标准格式的OpenSCENARIO文件,如图9所示。

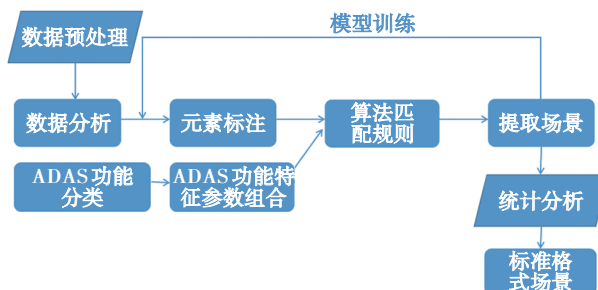


图9 自动驾驶场景开发流程

利用预处理后且经过场景运行风险评估系统筛选的数据集,基于规则与机器学习的算法,针对指定的道路交通环境,依据主车行驶特点、主车与目标物的相对状态对典型场景进行识别。可提取到的场景包括行人横穿场景、会车场景、主车换道场景、跟车行驶场景、邻车切入场景、前车切出场景、主车转向场景和主车掉头场景等,该方法用于实现对典型驾驶场景的离线自动提取。

考虑到人工的思考力和经验优势,在标注过程中加入人工校验环节,目的是补充自动标注时部分没有体现的标签,丰富场景标签,并自动提取真值数据,以优化迭代自动提取算法。利用预处理后的原始采集数据,基于场景分类体系中的要素标签进行标注。标注信息涵盖自动驾驶退出、紧急制动、异常低速、复杂交通流、事故等9类典型真实异常事件类型,车辆、行人、非机动车、交通标志等10类道路常见障碍物目标,晴朗、雨雪、雾霾等7类天气属性,黑夜、逆光、复杂光照等5类光照条件属性,以及湿滑路面、坑洼路面等3类行驶环境要素,如图10所示。

利用高运行风险场景数据,提取出不同场景中的自车轨迹和目标物轨迹,根据轨迹的航向角、速度和位置等特征进行分析汇总,生成基础轨迹库,为场景应用打下基础。测试应用场景的主要目的是基于实际车辆行为生成定制化的测试用例场景,可用于决策和控制算法的测试和验证。真实世界中能够获得的事场景或边缘场景数量较少,且获取方式难度较大,通常需要采用手工搭建的方式生成测试用例场景,而利用真实自动驾驶数据进行场

景重建可以在保障场景可信度的情况下快速获得所需的场景。



图10 自动驾驶场景要素标签

5 结束语

本文从行业当前对挑战性场景的高质量需求出发,提出基于真实交通数据的自动驾驶场景库建设方案。首先,对自动驾驶场景的要素、格式和来源进行了梳理和阐述;其次,逐步论述了自动驾驶场景数据集的高效挖掘、自动化标签处理和数据合规脱敏流程;最后,阐明了高价值挑战性真实自动驾驶场景库的生成需经过风险评估和标准化加工两个阶段。基于本文方法生成的场景库在数据真实性、工况全面性和场景挑战性方面均具备明显优势:事件集已形成超过 50×10^4 帧标注图片,涵盖千余条自动驾驶车路协同感知数据;事件集已标注10类道路常见障碍物目标、7类天气属性、5类光照条件属性以及3类路面环境要素,场景库全面涵盖全量交通参与者的位置、速度、航向角、目标物类型等;异常事件集包含自动驾驶系统退出、紧急制动、复杂交通流等8类异常场景。

后续研究将继续加强对更大范围区域内真实交通场景的异常事件提取,对更多种类的异常场景进行分析挖掘,促进生成OpenX标准格式仿真场景,为行业提供更丰富的仿真测试场景用例。

参考文献

- [1] 朱冰,张培兴,赵健,等.基于场景的自动驾驶汽车虚拟测试研究进展[J].中国公路学报,2019,32(6):1-19.
ZHU B, ZHANG P X, ZHAO J, et al. Research Progress on Scene-Based Virtual Test of Autonomous Driving Vehicle [J]. China Journal of Highway and Transport, 2019, 32(6): 1-19.
- [2] 王军雷,王亮亮,王静,等.基于专利分析的自动驾驶汽车虚拟场景库构建技术研究[J].汽车技术,2022(12):9-14.
WANG J L, WANG L L, WANG J, et al. Research on Autonomous Vehicle Virtual Scenario Construction Technologies Based on Patent Analysis[J]. Automobile Technology, 2022(12): 9-14.
- [3] 郭柏苍,雒国凤,金立生,等.面向自动驾驶虚拟测试的变道切入场景库构建方法[J].吉林大学学报(工学版),2023,53(11):3130-3140.
GUO B C, LUO G F, JIN L S, et al. Construction Method of Cut-in Scenario Library for Automatic Driving Virtual Tests [J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2023, 53(11): 3130-3140.
- [4] 曾杰,谭龙,丁雪聪,等.仿真测试在智能网联汽车准入测试的政策应用与技术基础分析[J].汽车文摘,2022(10):19-23.
ZENG J, TAN L, DING X C, et al. Analysis of Simulation Test Technology and Policy for Intelligent and Connected Vehicle Product Access Application[J]. Automotive Digest, 2022(10): 19-23.
- [5] 蒋拯民,党少博,李慧云,等.自动驾驶汽车场景测试研究进展综述[J].汽车技术,2022(8):10-22.
JIANG Z M, DANG S B, LI H Y, et al. A Survey on the Research Progress of Scenario-Based Testing for Autonomous Vehicles[J]. Automobile Technology, 2022(8): 10-22.
- [6] 徐向阳,胡文浩,董红磊,等.自动驾驶汽车测试场景构建关键技术综述[J].汽车工程,2021,43(4):610-619.
XU X Y, HU W H, DONG H L, et al. Review of Key Technologies for Autonomous Vehicle Test Scenario Construction[J]. Automotive Engineering, 2021, 43(4): 610-619.
- [7] 徐向阳,周兆辉,胡文浩,等.基于事故数据挖掘的AEB路口测试场景[J].北京航空航天大学学报,2020,46(10):1817-1825.
XU X Y, ZHOU Z H, HU W H, et al. Intersection Test Scenarios for AEB Based on Accident Data Mining[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2020, 46(10): 1817-1825.
- [8] 曾小松.智能网联汽车数据安全治理框架研究[J].智能网联汽车,2022(3):22-26.
ZENG X S. Intersection Test Scenarios for AEB Based on Accident Data Mining[J]. Intelligent Connected Vehicles, 2022(3): 22-26.

(责任编辑 斛 畔)

修改稿收到日期为2024年3月25日。