

人机共驾

智能车辆行为决策 建模与安全性 评估方法

严利鑫◎著



西南交通大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

人机共驾智能车辆行为决策建模与安全性评估方法 /
严利鑫著. —成都: 西南交通大学出版社, 2020.8
ISBN 978-7-5643-7514-0

I. ①人… II. ①严… III. ①汽车驾驶 - 自动驾驶系
统 - 系统建模 - 研究②汽车驾驶 - 自动驾驶系统 - 安全技
术 - 评估 - 研究 IV. ①U463.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 134396 号

Renji Gongjia Zhineng Cheliang Xingwei Juece Jianmo yu Anquanxing Pinggu Fangfa

人机共驾智能车辆行为决策建模与安全性评估方法

严利鑫 著

责任编辑 李华宇

封面设计 GT 工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川煤田地质制图印刷厂

成品尺寸 170 mm × 230 mm

印张 9.5

字数 202 千

版次 2020 年 8 月第 1 版

印次 2020 年 8 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-7514-0

定价 88.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言



智能车的出现为降低交通事故发生概率提供了良好的解决方案和契机，尤其是针对由于驾驶人不可靠性和不稳定性导致的交通事故。但是考虑到当前的技术条件和社会接受度等问题，完全的自动驾驶在短期内还无法实现和推广。因此，在较长的一段时间内，机器人和驾驶人共同对车辆进行操作控制（即人机共驾）将是一个重要的发展趋势。在人机共驾过程中，针对当前的交通环境及人车状态，如何选择合适的驾驶模式是研究的重点问题之一。此外，对驾驶安全性进行评价，也是提高车辆行驶安全性的关键步骤。本书针对以上问题，综合考虑驾驶人生理特性变化的影响，通过对多传感器采集的属性进行筛选，提出了人机共驾智能车系统驾驶模式决策选择模型，并对不同驾驶模式下的车辆行驶安全性进行了评价分析。

本书主要的研究工作如下：

（1）根据人机共驾智能车系统的特点，构建了人机共驾智能车系统模拟实验系统和实车实验系统，考虑到不同驾驶行为险态场景的危险性，设计了基于驾驶模拟器和生物反馈仪的驾驶人生理特性采集系统。根据车辆运动的特性，设计了车辆运动特征信息采集系统。针对人机共驾智能车系统模式切换和人机交互的要求，搭建了人机共驾智能车系统模拟实验平台，能够实现由人工驾驶向警示辅助模式及自动驾驶模式的切换。在此基础上，设计并开展了相关的测试实验。

（2）综合考虑车辆行驶过程中驾驶人生理心理指标变化特性，提出了驾驶行为险态的辨识方法。通过查阅相关文献及分析实验数据，确定了能够表征驾驶行为险态的生理特征指标，并在此基础上，采用多组合 K-均值聚类方法对特征指标进行进一步优化，最终确定采用血流量脉冲值（BVP）和皮肤表面电位（SC）两个指标对驾驶行为险态进行辨识。模拟实验结果显示，提出的基于驾驶人生理特性的驾驶行为险态辨识方法具有较高的精度和可靠性。

（3）提出了人机共驾智能车系统决策属性选择算法。以信息增益理论为基础分析了属性与属性间、属性与类之间的相关性和冗余性，提出了基于改

进马尔科夫毯 (MB-NEW) 的属性选择方法, 该方法引入了最大条件互信息 (CMIM) 和边界阈值 ε 分别从属性冗余性和计算收敛速度两方面对马尔科夫毯方法进行改进和提高。另外, 考虑到属性选择的准确性, 本书还融合信息增益和多分类方法对人机共驾智能车系统决策属性选择进行了分析。结果表明, 采用 MB-NEW 方法、融合信息增益和多分类方法都得出驾驶人经验、车头时距、车道中心距、加速度、前轮转角标准差和车速六个属性为驾驶模式决策的最优因子集。此外, 采用 FARS (死亡事故报告系统) 中交通事故严重程度数据对 MB-NEW 算法进行测试发现, 该算法对数据量较大的数据集具有较高的执行速度和准确率。

(4) 采用驾驶行为险态辨识结果对驾驶人自汇报的驾驶模式选择结果进行了标定, 并在此基础上构建了基于多分类支持向量机 (M-SVM) 的驾驶模式决策模型。其中 M-SVM 的核函数参数和惩罚因子采用遗传算法进行优化。结果表明, 相较于其他模式识别方法, 本书所提出的优化后的 M-SVM 具有更高的识别准确率。

(5) 针对多模式驾驶对行驶安全性的影响问题, 提出一种驾驶安全性评价方法。该方法从状态感知、决策判断和操作动作三方面对行驶安全性进行综合评价。考虑到评价结果具有一定的不确定性, 采用贝叶斯网络方法对驾驶安全评价模型进行构建。模型敏感性分析结果表明, 采用所构建的贝叶斯网络进行驾驶安全性评价较为合理。

本书的创新之处有:

(1) 提出了融合生理特性的驾驶行为险态辨识聚类模型, 剖析了驾驶人生理特性与驾驶行为险态等级间的关联关系, 并在此基础上筛选出 BVP 和 SC 两个生理特性指标构建驾驶行为险态辨识模型, 为人机共驾智能车系统驾驶模式选择奠定基础。

(2) 提出了基于马尔科夫毯 (IAMB) 的驾驶模式决策属性选择算法。本书提出的属性选择算法不仅考虑了属性选择对分类正确性的影响, 还考虑了属性选择的效率问题, 通过结合设定选择参数和条件信息增益计算方法对算法传统的马尔科夫毯方法进行了优化。

(3) 提出了将模式识别方法应用于人机共驾智能车系统驾驶模式决策建模领域。利用遗传算法优化后的多分类支持向量机方法构建了人机共驾智能车系统驾驶模式决策模型, 通过不断优化, 最终得到最优的驾驶模式选择结果。

全书由严利鑫撰写, 研究生李珍云、龚毅轲做了部分图表编辑工作, 本科生邓光阳、雷雯萱、李雪丹、刘浩、逯清羽、刘凯和吕泽对书中部分数据

进行了收集和整理。武汉理工大学贺宜副教授、华东交通大学周涂强博士、万平博士对本书的出版提出了宝贵的意见，在此表示衷心的感谢；同时感谢武汉理工大学智能交通系统研究中心为本书中的实验数据提供了平台支撑，感谢美国威斯康星大学-麦迪逊分校秦伶俐博士提供了数据支持；感谢华东交通大学交通运输与物流学院领导、同事们的帮助与支持。

本书的出版得到了国家自然科学基金项目（51805169）、江西省教育厅科学技术研究项目（GJJ170421）和江西省交通运输厅科技项目（2014R0009，2015D0061）的资助，在此一并表示感谢。

鉴于作者水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请各位同行专家学者批评指正，以便该书能够不断完善，为智能网联汽车的发展贡献绵薄之力。

严利鑫

2020年5月

目 录



| | | |
|-----|--------------------------|-----|
| 1 | 绪 论 | 001 |
| 1.1 | 研究背景与研究意义 | 001 |
| 1.2 | 研究目的与研究方法 | 006 |
| 1.3 | 研究思路与研究内容 | 007 |
| 1.4 | 研究创新点 | 010 |
| 2 | 国内外相关理论及文献综述 | 011 |
| 2.1 | 驾驶行为险态相关理论与方法 | 011 |
| 2.2 | 智能车系统发展历程 | 014 |
| 2.3 | 人机共驾智能车驾驶模式决策选择方法 | 017 |
| 2.4 | 人机共驾智能车安全性评估方法 | 019 |
| 2.5 | 对现有研究文献评述 | 020 |
| 3 | 人机共驾智能车实验系统及数据预处理方法 | 022 |
| 3.1 | 驾驶行为险态辨识模拟实验系统 | 022 |
| 3.2 | 智能辅助驾驶实车实验系统 | 025 |
| 3.3 | 智能辅助驾驶模拟实验系统 | 028 |
| 3.4 | 多传感器信息数据处理方法 | 031 |
| 4 | 复杂交通环境下的驾驶行为险态辨识方法 | 036 |
| 4.1 | 不同驾驶行为险态下驾驶人生理特性参数采集 | 036 |
| 4.2 | 不同交通事件下驾驶人生理特性分析 | 041 |
| 4.3 | 基于 K-means 聚类的驾驶行为险态辨识方法 | 046 |
| 4.4 | 驾驶行为险态辨识因子特性分析 | 054 |
| 4.5 | 分析与讨论 | 056 |
| 5 | 人机共驾智能车辆模式决策属性挖掘方法 | 058 |
| 5.1 | 引 言 | 058 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 5.2 | 基于改进马尔科夫毯 (MB-NEW) 的属性选择方法 (Filter) | 064 |
| 5.3 | 融合信息增益和多分类器的属性选择方法 (Wrapper) | 069 |
| 5.4 | 属性选择算法验证 | 072 |
| 6 | 人机共驾车辆模式选择决策建模方法 | 090 |
| 6.1 | 引言 | 090 |
| 6.2 | 基于驾驶行为险态辨识的驾驶模式标定 | 091 |
| 6.3 | 人机共驾智能车系统驾驶模式决策属性特性分析 | 093 |
| 6.4 | 人机共驾智能车系统驾驶模式决策建模 | 098 |
| 7 | 人机共驾智能车行驶安全性评估方法 | 110 |
| 7.1 | 引言 | 110 |
| 7.2 | 不同驾驶模式切换实验 | 112 |
| 7.3 | 实验结果分析 | 115 |
| 7.4 | 人机共驾智能车系统驾驶安全性评价模型 | 122 |
| 8 | 结论与展望 | 131 |
| 8.1 | 主要结论 | 131 |
| 8.2 | 研究展望 | 132 |
| | 参考文献 | 134 |

本章首先介绍了本书的研究背景与意义，其次介绍了相关理论的国内外研究现状及研究方法，最后对研究内容、研究技术路线及研究创新点进行了阐述。

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

汽车的发明给人类出行和生活带来了极大的便利，而传感器技术和车辆制造技术的飞速发展也为汽车的广泛应用提供了良好的契机。相关调查研究表明，近年来我国机动车保有量急剧增长。截至 2015 年底，我国登记在案的机动车数量达到 1.72 亿辆，其中私家车占有量达到 44.4%，平均每百户家庭机动车拥有量达到 31 辆。这项数据在发达的大城市（如深圳、上海）更是惊人地达到 60 辆/百户家庭^[1]。由此可见，汽车在人们的日常生活中扮演着日益重要的角色，并逐渐成为人们出行的首选交通工具。

汽车保有量的飞速增长提高了人们的出行效率和舒适性，但是庞大的车辆数量也给交通运输系统带来了巨大的压力，并由此引发了大量的交通事故，给国家带来了巨大的经济损失，也时刻威胁着人们的出行安全。《国民经济和社会发展统计公报》的调查数据表明（见图 1-1 和图 1-2）：经过相关部门的努力，近五年来，我国万车死亡率正在逐年下降，由 2011 年的 2.8 人下降到 2015 年的 2.1 人。但是由于汽车保有量的急剧增长，我国交通事故死亡人数仍然出现了小幅度增长，由 2011 年的 29 618 人增加到了 2015 年的 36 178.8 人。此外，统计表明，我国 2015 年全年生产安全事故死亡人数共计 66 182 人，而由交通事故引发的死亡人数高达 36 178.8 人，占死亡总数的 54%^[2]。由此可见，我国交通安全形势依然极其严峻。

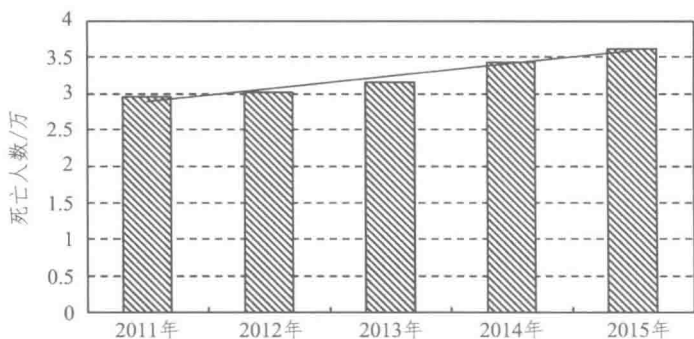


图 1-1 我国交通事故死亡总人数统计 (2011—2015 年)

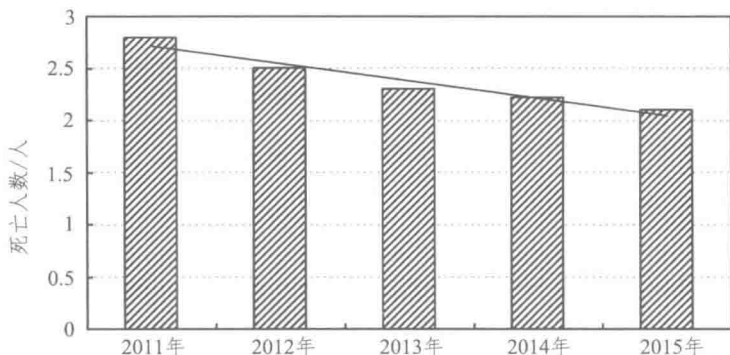


图 1-2 我国万车死亡人数统计 (2011—2015 年)

为了有效地降低道路交通事故发生率及其死亡率,我国交通管理部门对道路交通事故发生的影响因素进行了大量的统计分析。研究认为“违法行驶”和“无证驾驶”是导致这些事故的两大主要原因。道路交通事故统计年报对交通死亡事故致因分析的结果如图 1-3 所示^[3]。

由图 1-3 可知,道路使用者是导致交通事故发生的主要原因,而机动车驾驶人是道路使用者的主体,由于其操作不当或者违法行驶导致的交通事故数量占总量的 78.3%。由此可见,规范驾驶人行为、增强驾驶人技能和意识培训是降低交通事故数量的关键。而对于一些极端的驾驶行为险态,如攻击性驾驶、超速驾驶、酒后驾驶和疲劳驾驶等,迫切需要先进的安全辅助系统和自动驾驶系统的介入,进而达到规避驾驶风险的目标。

在此背景下,智能车辆迅速发展并正逐渐融入和影响我们的生活。2019 年,Waymo 公司公布数据显示,旗下无人驾驶车辆在实际道路上的测试里程已经突破 1 600 万千米,并且逐步推出无人驾驶出租车收费服务。而谷歌和



图 1-3 交通事故死亡成因分析

特斯拉等公司也正如火如荼地开展智能车辆的道路测试工作，并且同步推出商用化的智能车辆辅助产品。百度也宣布将联合江淮、北汽、奇瑞等车企，于 2020 年左右分别推出 L3 级智能汽车。此外，世界各国政府也针对智能车辆的发展，提出了一系列的政策措施和发展规划。2015 年，美国在其发布的《美国智能交通系统（ITS）战略规划（2015—2019 年）》中明确提出，将智能网联汽车作为发展智能交通系统的重点。2018 年，日本发布的《自动驾驶汽车安全技术指南》明确规定了 L3、L4 级自动驾驶汽车必须满足的一系列安全条件，并计划探讨自动驾驶相关国际标准的制订。而欧盟在其发布的《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》中提出，到 2030 年普及完全自动驾驶。2020 年 2 月，我国国家发改委会同科技部等 11 部委联合发布了《智能汽车创新发展战略》，进一步明确了我国智能汽车和基础设施体系的协同发展方向。此外，无论是京东自主研发的国内首台无人配送车进入道路测试阶段，还是国内首条自动驾驶商用运营线路即将落地武汉，无不预示着汽车技术的发展逐步向智能化迈进已经是大势所趋，智能车辆的发展正面临前所未有的机遇。

然而，受限于技术的可靠性以及复杂交通系统的不确定性等方面原因，全自动驾驶在短期内将难以实现，人机共驾的局面将持续较长的时间。特斯拉 Model S 和 Uber（优步）智能车辆在自动驾驶模式下导致的交通事故，让我们清醒地认识到全自动驾驶融入人类生活还任重而道远。而大量车企和科技公司在自动驾驶行驶模式下的驾驶员平场接管里程统计数据（见图 1-4）则更能说明该问题。从图 1-4 可以看出，除 Waymo 和 GM 两家企业在自动驾驶实测过程中人工干预次数较少（Waymo 自动驾驶汽车平均每行驶 17 846.8 km 才需要人工干预一次，GM 旗下的 Cruise 平均每行驶 8 327.8 km 需要人工干预一次）外，其他车企在测试中人工干预的频率都处于一个较高水平，其中 Apple 和 Uber 公司的测试车辆甚至平均每行驶 1 km 左右需人工干预一次。由此可见，自动驾驶车辆的技术成熟度还有待于进一步加强。而密歇根大学交通研究所发布的北美地区自动驾驶汽车交通事故统计报告中指出，自动驾驶汽车每百万英里的事故数、每百万英里的受伤人数以及单次事故平均受伤人数等指标均高于传统汽车^[4]。此外，密歇根大学的另一项针对中国、印度、日本、美国、英国和澳大利亚驾驶人的调查报告^[5]显示，仅有 10% 左右的受调查者表示在乘坐全自动驾驶汽车时毫无顾虑，大多数驾驶人都对自动驾驶的安全性表示担心。而当乘坐部分自动驾驶（人机共驾）汽车的时候，这些紧张情绪有所减轻。因此，智能汽车距离全自动驾驶还有很长一段路要走，短期内要实现无人车规模化量产并投入应用还存在较大的困难，人机共驾智能车辆的研发仍将是现阶段社会关注的重点和研究的热点。

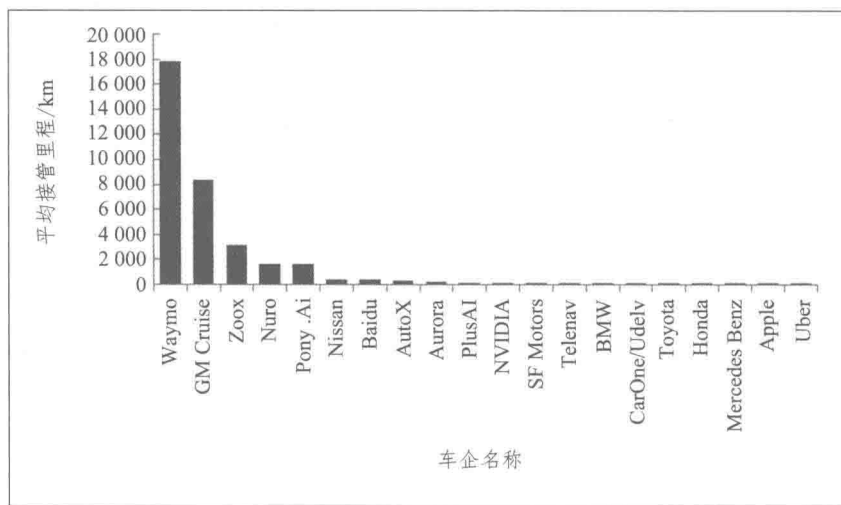


图 1-4 车企驾驶员平均接管里程统计

美国汽车工程师协会（SAE）将自动驾驶的发展划分为六个阶段^[6]（见图 1-5）。而美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）分 4 级定义汽车的自动化等级，分别为：0 级——非自动化；1 级——特定功能自动化；2 级——有限的自动驾驶；3 级——全面的自动驾驶。不同的机构对其发展过程及阶段划分存在一定的差异性，但是总体而言可以分为三个大的部分：人工驾驶、人机共驾、自动驾驶^[7]。

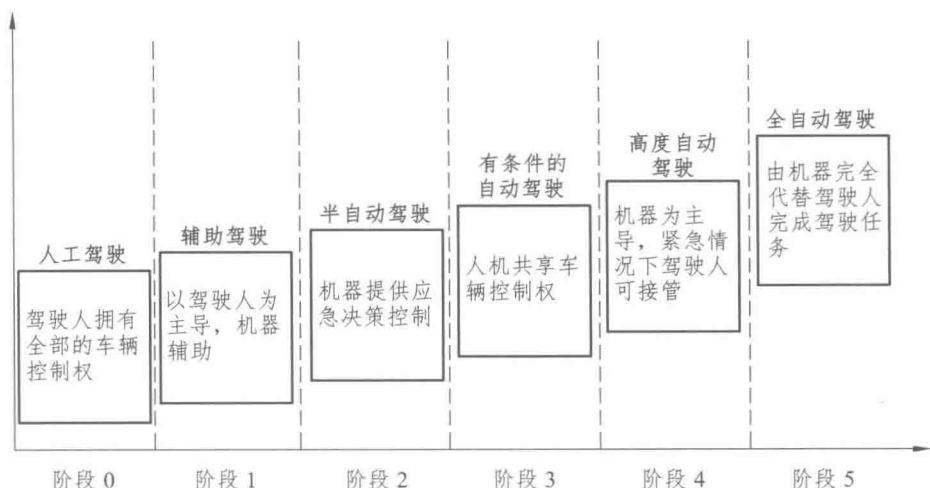


图 1-5 SAE 对自动驾驶不同阶段的划分

1.1.2 研究意义

由于技术、经济、法律、伦理等方面因素的影响，在较长的一段时间内（阶段 1~阶段 4），驾驶人和机器将共同享有对车辆的决策和控制权限。而在人机共驾阶段，人机共驾智能车系统占据着重要的地位，系统通过采用多传感器对当前的驾驶状态进行评估，并基于当前状态进行辅助安全决策来达到安全行驶的目标。因此，针对车辆的行驶和操作、外界环境和驾驶人自身状态等特点，利用现有的多源异构传感器采集的数据，对当前状态下需采用的驾驶模式进行决策判断，对于提高车辆的行驶安全性及快速普及具有十分重要的意义。此外，采用人工智能手段对当前驾驶行为险态进行识别，并基于驾驶行为险态等级进行相应的驾驶模式选择决策，能够有效地减少由于驾驶人失误、分心及失控等情况导致的交通事故，显著降低由于驾驶人因素而导致的损失。

随着技术的不断成熟及人们对安全的日益重视,人机共驾智能车系统已经由单纯地对危险进行警示逐步向更加智能化的方向发展,例如在特殊场景下机器可以通过自身的决策结果实现对车辆的自动接管,也就是说人机共驾智能车系统的驾驶模式在不断增加。所以,本书重点围绕人机共驾智能车系统驾驶模式决策问题开展研究,首先研究特殊场景下驾驶人驾驶行为险态的辨识,提出一种基于驾驶人生理特性的驾驶行为险态辨识方法。然后研究人机共驾智能车系统决策属性选择的理论和方法,通过融合驾驶人经验和驾驶行为险态辨识结果,提取不同驾驶模式决策的样本数据,综合考虑属性选择的准确率和效率,分别提出一种基于改进马尔科夫毯的属性选择方法(MB-NEW)和基于信息增益与多分类器的属性排序选择方法的人机共驾智能车系统驾驶模式决策因子提取方法。综合考虑两种方法的结果,确定人机共驾智能车系统驾驶模式决策影响因子。最后,提出一种人机共驾智能车系统驾驶模式决策方法,该方法可以在复杂交通场景下,对车辆宜采用的驾驶模式进行实时判断和决策,进而指导车辆合理规避行驶过程中潜在的驾驶风险,尽可能减少由于人为失误等原因造成的交通事故。

1.2 研究目的与研究方法

1.2.1 研究目的

针对智能网联汽车在当前发展阶段具备人工驾驶、警示辅助驾驶和自动驾驶等多模式的特点,本书以智能车驾驶模式选择及自主干预为目标,从分析不同交通情境下智能车驾驶模式的分级方法出发,挖掘驾驶模式选择的表征特征,预测不同驾驶模式的选择时机,探索共驾型智能车主动干预机制和控制方法。具体目标如下:(1)提出智能车驾驶模式量化分级方法;(2)揭示共驾型智能车模式决策选择的深层次诱因及时变规律;(3)构建共驾型智能车驾驶模式选择决策模型及主动干预机制。

1.2.2 研究方法

为了达到预期的研究目标,本书拟综合采用以下研究方法:

(1) 文献综述法。

针对人机共驾智能车系统中涉及的驾驶行为险态定义与分级、智能车系统发展、人机共驾智能车驾驶模式决策选择方法、人机共驾智能车安全性评估方法等方面的国内外文献进行综述。

(2) 多学科交叉融合的研究方法。

人机共驾智能车系统的研究涉及交通工程、计算机系统、车辆工程、交通心理学等学科内容。本书中综合运用交通工程、交通心理学、计算机科学和车辆工程等理论知识,将驾驶行为险态引入共驾型智能车模式分级量化标准中,基于海量数据分析,获取智能车驾驶模式选择决策样本集。同时,采用人工智能方法进行智能车驾驶模式决策关联属性挖,建立智能车驾驶模式决策选择模型和不同模式下车辆行驶安全性评估模型。

(3) 实车实验与仿真实验相结合的方法。

本书中拟采用模拟驾驶实验和实车道路实验相结合的方式,获取研究所需的数据和支撑材料。通过开展实验,能够全面采集驾驶人的生理心理状态信息、驾驶行为信息、车辆运动信息和周边环境信息,并通过采用较为完备的实验体系和数据分析方法,为本研究的顺利开展提供重要支撑。

1.3 研究思路与研究内容

1.3.1 研究思路

研究人机共驾智能车系统驾驶模式选择决策方法,对智能车系统与安全辅助驾驶系统的发展和提高行驶安全性具有重要作用。因此,本研究针对驾驶中的复杂决策过程,通过综合考虑人-车-路-环境对行驶安全性的影响,在对驾驶行为险态进行辨识的基础上,采用模式识别、人机工程学等理论,研究驾驶模式选择对车辆安全的影响,为智能车人机交互系统的应用提供理论和技术支持。具体研究思路如图 1-6 所示。

本书重点对以下四个方面的问题进行阐述。

(1) 基于生理特性分析的驾驶行为险态辨识研究。

以模拟实验数据为依据,研究不同交通场景下驾驶人心理特性的实时变化特性,并且综合考虑这些特性对行驶安全性的影响;采用动态时间窗方法实现数据的规范化处理,并以驾驶人血流量脉冲(BVP)和皮肤电位(SC)

作为驾驶行为险态辨识特征向量,采用 K-均值聚类方法将驾驶行为险态分为可忽略、可容忍、不可容忍三个等级,并使用专家经验对分级的准确性进行验证。最终实现驾驶行为险态的有效辨识。

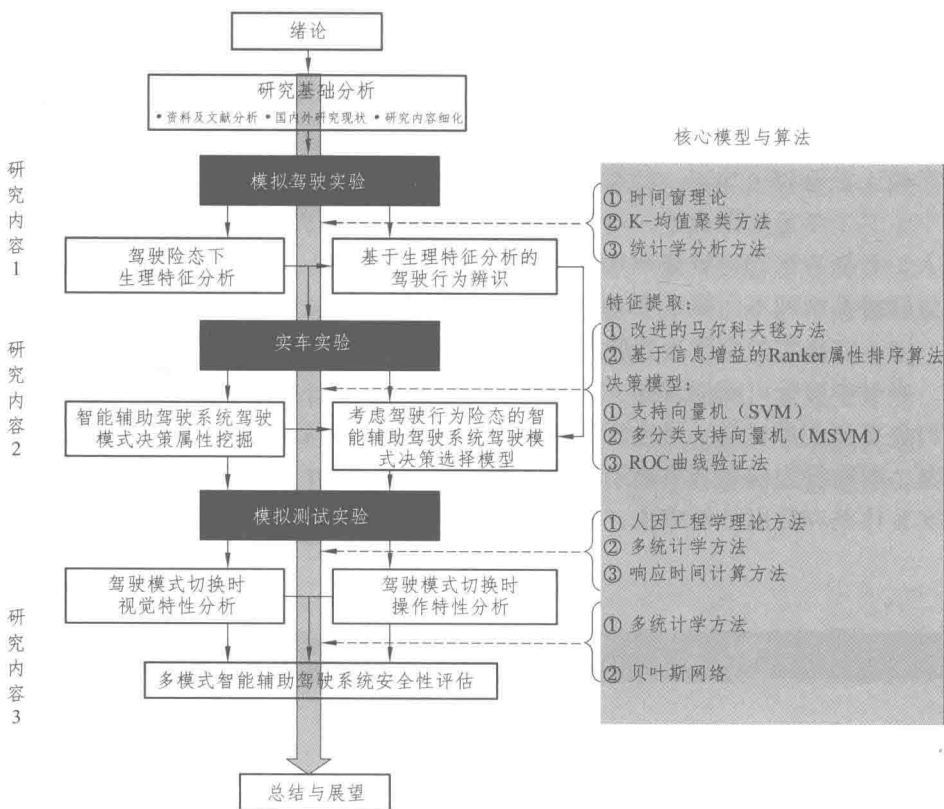


图 1-6 研究思路

(2) 人机共驾智能车系统驾驶模式的属性选择方法研究。

人机共驾智能车系统通过采用不同的驾驶模式,能够有效地提高车辆行驶的安全性。而驾驶模式的选择,需融合多传感器信息进行评估决策,研究不同驾驶行为状态下的车辆状态信息(如轨迹、加速度/减速度、横摆角速度等),筛选出能够显著性表征驾驶行为险态的车辆外在运动状态特征,并充分考虑不同驾驶行为状态下宜采用的驾驶模式,最终得出能够表征驾驶模式决策的车辆运动特征向量。

(3) 考虑驾驶行为险态辨识的智能车驾驶模式决策模型。

不同风险等级的行驶环境下,需使用不同的驾驶模式。以驾驶险态辨识

结果和专家经验为依据,将人机共驾智能车系统驾驶模式分为:人工驾驶、警示辅助驾驶、自动驾驶三种状态。以提取的最优决策因子为特征向量,通过采用遗传算法优化后的多分类支持向量机(MSVM)方法,构建人机共驾智能车系统驾驶模式决策模型。并以多种人工智能和模式识别方法为对照,对所构建模型的准确性进行综合分析评价。

(4) 人机共驾智能车系统驾驶模式切换实现与安全性评估。

采用人机工程学的理论方法,设计和开展交互式驾驶模式切换实验,从驾驶人视觉特性和操作特性两个角度,分析人机共驾智能车系统模式切换的时机及其对车辆行驶安全性的影响。采用统计学方法对其影响机理进行深入分析,引入贝叶斯网络对不同驾驶模式组合的驾驶安全性进行评估,为人机共驾智能车系统的实际应用提供理论和技术支撑。

1.3.2 研究内容

本书在人机共驾智能车系统中引入驾驶行为险态作为参照依据,研究人机共驾模式决策过程中的建模方法与安全评估理论。研究内容包括以下几点:

(1) 绪论和国内外研究现状。首先介绍本书的研究背景及研究意义,对驾驶行为险态辨识和人机共驾智能车系统驾驶模式决策研究现状进行概述,并对现有研究中存在的问题进行总结,进而提出本研究的主要内容和具体技术路线。

(2) 人机共驾智能车实验系统及数据预处理方法。介绍本书中采用的驾驶模拟器系统和实车实验系统,对系统采集的数据类型和特点进行概述,并利用数据预处理方法对采集数据进行去噪和修复。

(3) 复杂交通环境下的驾驶行为险态辨识方法。首先分析在不同危险等级下驾驶人生理指标变化特性,并采用动态时间窗的方法对险态的持续时间进行标定,再分析各生理指标与驾驶行为险态之间的相关性。在此基础上提出基于组合聚类的驾驶行为险态辨识方法,最后对算法的有效性进行验证。

(4) 人机共驾智能车辆模式决策属性挖掘方法。首先对人机共驾智能车系统驾驶模式决策实验进行介绍,再对不同传感器采集的多源异构数据进行同步和标准化处理。然后从特征提取效率和特征提取准确率两方面分别提取人机共驾智能车系统驾驶模式决策属性因子。最后通过对不同特征提取方法得出的决策因子进行综合分析,得出人机共驾智能车系统决策属性最优因子集合。

(5) 人机共驾车辆模式选择决策建模方法。以前文中提取的决策因子为特征集合,采用多分类支持向量机(M-SVM)方法构建人机共驾智能车系统驾驶模式决策选择模型,并采用ROC曲线和多统计指标对决策精度进行判别。

(6) 人机共驾智能车行驶安全性评估方法。采用汽车驾驶模拟器实现人机共驾智能车系统中不同驾驶模式间的有效切换,并基于此开展人机共驾智能车系统不同驾驶模式切换实验。采用双任务法进行实验设计,分析不同模式组合下驾驶人视觉特性和操作特性的变化。最后,采用贝叶斯网络构建驾驶安全性评价模型。

(7) 结论与展望。总结本研究的主要成果和创新点,阐述本研究中存在的不足,并对未来工作进行展望。

1.4 研究创新点

本书的创新主要体现在以下几个方面:

(1) 提出了融合生理特性的驾驶行为险态辨识聚类模型。通过分析不同驾驶行为险态等级下驾驶人皮肤表面电位(SC)、血流量脉冲(BVP)和呼吸率(RESP)3个指标的变化特性,建立了驾驶人生理特性与驾驶行为险态等级间的关联关系。并在此基础上筛选出BVP和SC两个生理特性指标构建驾驶行为险态辨识模型,为人机共驾智能车系统驾驶模式选择奠定基础。

(2) 提出了基于马尔科夫毯(IAMB)的驾驶模式决策属性选择算法。本研究提出的属性选择算法,不仅考虑了属性选择对分类正确性的影响,还考虑了属性选择的效率问题,通过结合设定选择参数和条件信息增益计算方法,对算法传统的马尔科夫毯方法进行了优化。本书通过采用多属性选择方法,对所提出算法的准确性进行了分析,还利用现有的数据集对算法的执行效率进行了验证。该算法对涉及多传感器信息融合时的属性选择具有重要的意义。

(3) 提出将模式识别方法应用于人机共驾智能车系统驾驶模式决策建模领域。本研究以第5章中所获取的6个属性为特征变量,利用遗传算法优化后的多分类支持向量机方法,构建了人机共驾智能车系统驾驶模式决策模型。通过对模型的学习,能够实现对驾驶模式选择的不断优化,最终得到最优的驾驶模式选择结果。