

驾驶员辅助系统的研究现状和发展展望



吴佳驹¹, 苏幸君², 朱妍¹

1. 航空工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

2. 中国飞行试验研究院, 陕西 西安 710089

摘要: 针对驾驶员难以快速处理海量信息、飞行环境多变、高强度负担下心理受限等问题, 驾驶员辅助系统应运而生。基于国内外学者对驾驶员辅助系统的描述, 给出了驾驶员辅助系统的完整概念, 详细阐述了驾驶员辅助系统的研究现状, 分析了驾驶员辅助系统的原理结构, 提出了辅助系统当前研究的不足和未来发展的展望, 并给出了工程应用实例, 为后续国内该领域的发展和型号研制工作提供参考。

关键词: 驾驶员辅助系统; 原理结构; 发展展望; 工程应用

中图分类号: V249

文献标识码: A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2021.07.002

随着航空电子技术的发展, 飞机功能日趋丰富, 机载系统的复杂性进一步增加, 导致驾驶员的操纵和监控负担越来越重。尽管现代飞机的系统设计已经进行了改进, 使飞行安全性更高, 然而面对突发事件造成的沉重操纵负担, 驾驶员操纵决策的正确性仍会受到很大的限制。

首先, 飞机操纵决策的实时性要求决定需要驾驶员处理的数据信息不能过多, 但是在日趋复杂的作战环境和任务场景下, 驾驶员所需处理的信息量不断增加, 仅仅依靠驾驶员对任务迅速做出决策将相当困难; 其次, 驾驶员需要根据自身掌握的先验知识, 从大量信息中快速准确地提取出与任务目标紧密关联的内容, 并快速正确地做出决策, 但是由于环境的多变性、非预见性, 可能会遇到驾驶员无法快速做出正确决策的情况; 最后, 人的生理和心理承受能力有限, 在高强度的负担下, 驾驶员在执行任务过程中, 决策的正确性将受到限制。因此, 驾驶员辅助系统的研究很有必要。

本文详细梳理了驾驶员辅助系统的国内外研究现状, 分析了驾驶员辅助系统的系统架构, 给出了目前驾驶员辅助系统的不足和发展建议, 以期促进国内先进飞机的驾驶员辅助系统技术研究和型号研制工作。

1 驾驶员辅助系统

自1989年驾驶员辅助系统的概念提出以来, 国内外学者开展了深入研究, 在多篇文章中进行了描述。

Corrigan等^[1]描述驾驶员辅助系统是一个基于知识的、可提高驾驶员任务有效性的系统。Leavitt等^[2]定义驾驶员辅助系统的目标是利用基于知识的系统和先进的计算技术, 帮助先进战斗机驾驶员提高战斗效能和飞机生存力。Small等^[3]描述驾驶员辅助系统的目标是通过增强驾驶员对态势的感知, 提高驾驶员的操纵效率, 通过获取和过滤数据信息, 帮助驾驶员进行重要决策, 辅助大量复杂飞机子系统运行, 并减轻驾驶员的工作负担。Vanvollenhoven等^[4]将驾驶员辅助系统定义为一个决策帮助系统, 通过向驾驶员提供经过系统处理的正确信息, 决策帮助系统可帮助驾驶员利用所有的机载系统。此外, Banks^[5]、Lapuma^[6]、McBryan^[7]均对驾驶员辅助系统的概念进行了阐述。

国内对驾驶员辅助系统的研究与国外有一定差距, 于会^[8]认为驾驶员辅助系统是一种基于知识支持、帮助驾驶员决策的专家系统, 根据事实信息经过推理机制, 决策出合理的方案, 使驾驶员集中精力于关键性决策, 减少驾驶员的工作负荷。吴文海等^[9]描述为辅助决策系统以任务为核

收稿日期: 2021-01-14; 退修日期: 2021-03-25; 录用日期: 2021-04-15

基金项目: 军科委技术领域基金(2020-JCJQ-JJ-153)

引用格式: Wu Jiaju, Su Xingjun, Zhu Yan. Research status and development prospect of pilot assistance system[J]. Aeronautical Science & Technology, 2021, 32(07): 12-20. 吴佳驹, 苏幸君, 朱妍. 驾驶员辅助系统的研究现状和发展展望[J]. 航空科学技术, 2021, 32(07): 12-20.

心,充分利用机载设备提供的信息,辅助驾驶员应对各种姿态,将信息优势转化为决策优势。吕全喜等^[10]认为辅助决策系统是基于知识支持的、旨在帮助驾驶员进行决策的平台,可帮助驾驶员进行信息管理和飞行控制。此外,金欣^[11]、董冬妮等^[12]、吴明忠等^[13]对驾驶员辅助系统的概念也进行了阐述。

综上所述,本文给出完整的驾驶员辅助系统概念:通过对飞机传感器的信息进行分析和融合,将数据信息变换为事实信息,经过适当的推理机制决策出合理的方案,以语音或图形方式帮助驾驶员快速完成状态认知,并可帮助驾驶员进行信息管理和飞行控制,使驾驶员集中精力于关键性的决策,从而显著提高飞行安全性和任务完成率。

2 驾驶员辅助系统研究现状

2.1 国外研究现状

当前,美国、英国、俄罗斯及德国等国家均开展了驾驶员辅助系统的研究。

1984年,美国国防预先研究计划局(DARPA)开展了驾驶助手项目(PA)的研究工作^[5],提出了初步设计理念。1994年,美国在“长弓阿帕奇”(AH-64D)上进行了旋翼机驾驶辅助助手(RPA)的研究工作^[7],辅助驾驶员完成飞行决策,最终评价为“尽管系统的功能并非完全正确,但驾驶员非常青睐”。RPA应用于AH-64D“长弓阿帕奇”改进型和RAH-66“科曼奇”直升机,可以管理综合信息、减轻工作负担和增强态势感知能力。

RPA的成功研制标志着辅助决策技术开始接近实用阶段,并最终在F-22上实现综合提示/注意/告警系统(ICAW)^[14],将驾驶员从庞大的基础飞行信息中解放出来,集中于关键性决策。ICAW由任务层、决策支持层和信息综合层组成,对故障信息进行分类和排序,减轻驾驶员负担。任务层实现任务管理、系统控制、故障诊断管理等功能;决策支持层实现态势评估、火控评估、防御/对抗等功能;信息综合层实现导航功能。

1989年,英国开展认知座舱项目(COGPIT)的研究^[15],系统结构如图1所示。通过监控驾驶员、环境和飞机状态,对当前和随后的驾驶员操纵指令提出建议与指示。同时,COGPIT完成飞机基本信息的处理,使驾驶员可以集中精力处置关键或者紧急的任务事件。

1990年,俄罗斯开展电子飞行员^[16]研究,其为一个以人为中心的、基于知识的系统,并应用到苏-35飞机上,实现了综合导航、火控系统定位、敌我目标识别、综合探测、避弹等飞机级综合功能。

1991年,德国开展单驾驶员仪表飞行操作辅助(ASPIO)^[17]系统研究。1995年,德国国防大学研制座舱辅助系统(CASSY)^[18]。系统结构如图2所示,其为一个基于知识的机载驾驶员助手系统,将驾驶员的注意力引导到最紧急的任务或子任务上。2001年,德国完成座舱辅助军用飞机(CAMA)^[19]研究;2008年,德国国防部也启动了军用飞机驾驶员辅助(CAMA)^[20]系统研究的计划。

2.2 国内研究现状

针对驾驶辅助系统的信息融合、意图识别、人机交互、

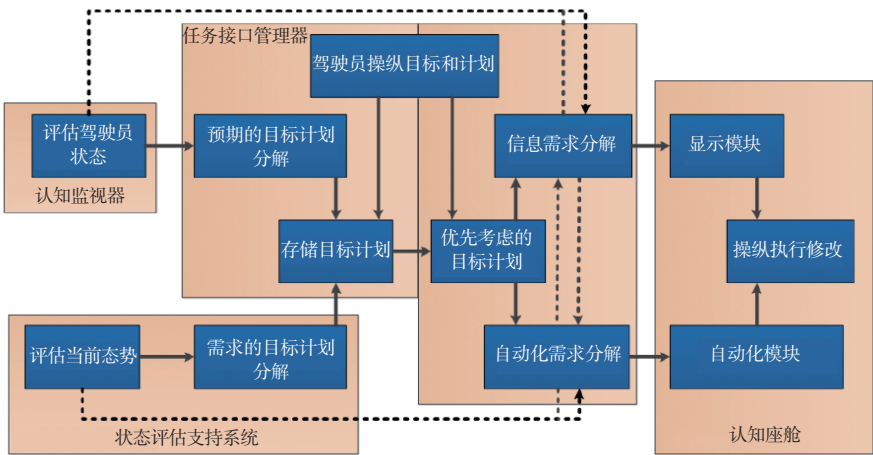
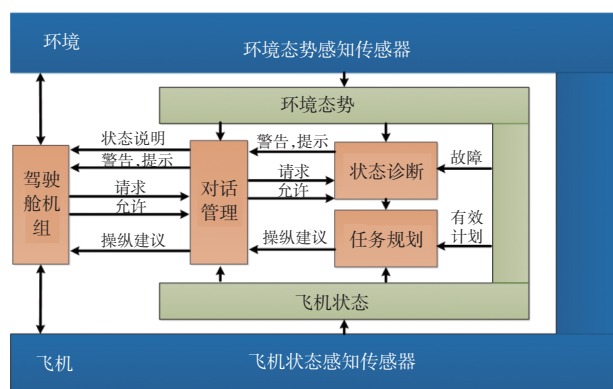


图1 COGPIT系统结构

Fig.1 System structure of COGPIT

图2 CASSY系统结构^[18]Fig.2 System structure of CASSY^[18]

态势感知等技术领域,国内科研院所和高校开展了理论研究。

西北工业大学于会等^[21]分析了驾驶员辅助系统的组织和功能,提出了基于面向对象黑板模型的知识处理解决方案。空军工程大学陈中起等^[22]研究了防空战略作战的实战模型,通过建立动力学模型来表示双方力量的关系。航空工业自控所吕占喜分析了基于黑板模型的驾驶员辅助方法,以系统状态管理为例,将驾驶员的经验转换成规则。西北工业大学武俊兆等^[23]研究了驾驶员辅助系统自动化级别的动态调整方法,实现了多种决策信息融合的动态调整策略。综上可知,驾驶员辅助系统已成为各国的重点研究方向。在理论研究的基础上,国外已开展了驾驶员辅助系统的工程化应用。国内重点开展了模型建立、数据库设计、规则转换等关键技术研究,缺少驾驶员辅助系统的体系化研究。此外,驾驶员辅助系统应加强人工智能技术的应用,以

增强驾驶员态势感知能力、应对非预见性的任务场景和提高驾驶员的决策能力。

3 驾驶员辅助系统结构

辅助系统将传感器数据信息变为事实信息,经过适当的推理机制决策出合理的方案,辅助驾驶员操纵,或发送控制指令至各系统,自动执行决策指令。系统结构如图3所示。驾驶辅助系统包含系统状态模块、态势评估模块、任务规划模块、战术规划模块和人机接口模块。各模块原理如下。

(1) 系统状态模块

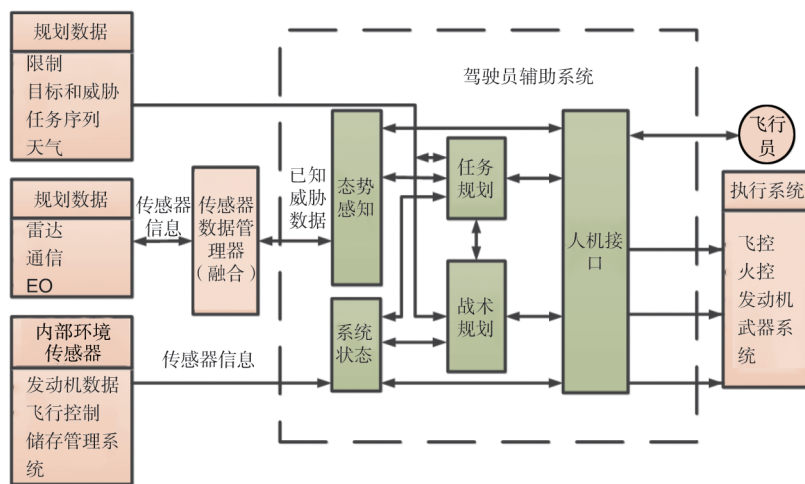
系统状态模块的原理如图4所示,评估系统故障数据对飞机的影响程度,提示与当前飞机状态不匹配的驾驶员操纵指令,并对故障操纵进行纠正。此外,在状态数据库的基础上,该模块还负责监控飞机状态参数,同时给出系统故障情况下的操纵方案,通过人机接口模块提供给驾驶员。

(2) 态势评估模块

态势评估模块原理如图5所示。通过人机接口获取驾驶员操纵指令,结合飞机状态信息和信息流,以及其他模块的数据,如人机接口模块得到的驾驶员操纵意图、任务/战术规划模块得到的规划数据,对信息进行监控管理和信息流管理,并对人机接口、任务/战术规划器的数据进行更新。

(3) 任务规划模块

任务规划模块原理如图6所示。基于飞行先验数据构

图3 驾驶员辅助系统结构^[24]Fig.3 System structure of PAS^[24]

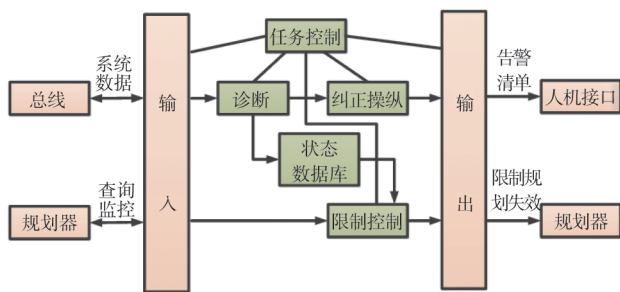

图4 系统状态模块原理^[24]

Fig.4 Principle of system status module^[24]

建威胁数据库,当外部环境改变时,根据威胁环境需求更新矩阵,结合最优控制器的数据,完成路径重规划。在此基础上,结合飞机系统状态信息,完成规划评估选择,综合威胁数据库信息,完成威胁目标定位、规划数据监控、任务路径规划和战术路径规划。

(4) 战术规划模块

战术规划模块原理如图7所示,由重点关注、战术选择、专门化、无冲突规划子模块组成。战术规划综合平台为软件实现模块,与其他模块完成软件交互。重点关注预先设置需要关注的态势,经战术选择子模块选取当前最优的战术,结合态势评估、系统状态等信息,完成武器、通信、机动等规划,供驾驶员使用。

(5) 人机接口模块

人机接口模块原理如图8所示,由意图推理器、差错监

控、自适应辅助决策以及信息管理器等构成。意图推理器基于飞机数据和飞行操纵推理驾驶员意图,识别出无法解释的操纵,传送到差错监控模块。差错监控分析出可能存在的风险,传送给自适应辅助决策模块,给出纠正操纵供驾驶员使用。

4 发展展望

4.1 当前研究的不足

对比国内目前的研究重点,存在以下不足。

(1) 针对驾驶员需求的研究不充足

作为飞行操纵的核心环节和辅助系统的使用方,驾驶员对于飞行操纵稳定性、飞机响应速度、显示界面清晰度、故障告警优先级、驾驶杆/盘反馈力大小,以及驾驶舱操纵指令的灵敏度等提出的飞行体验和改进意见,将对驾驶辅助系统的完善起到关键作用。然而,受到与军用飞机驾驶员交流途径的限制,针对驾驶员需求的研究资料非常有限,有接触途径的科研院所人员应开展驾驶员需求专项研究。

(2) 针对知识库的研究不充足

知识库是驾驶辅助系统的技术基础。现有资料通常根据飞行/操纵先验知识、飞机/环境模型、飞机状态参数,从单一的设计师角度构建静态数据库。然而,由于不同驾驶员的操纵体验存在差异、飞机飞行场景逐渐增加、飞行参数逐步完善等因素,需从设计师、驾驶员、观察员等不同维度建立辅助系统的知识库,随着时间的发展和飞行次数的增多,

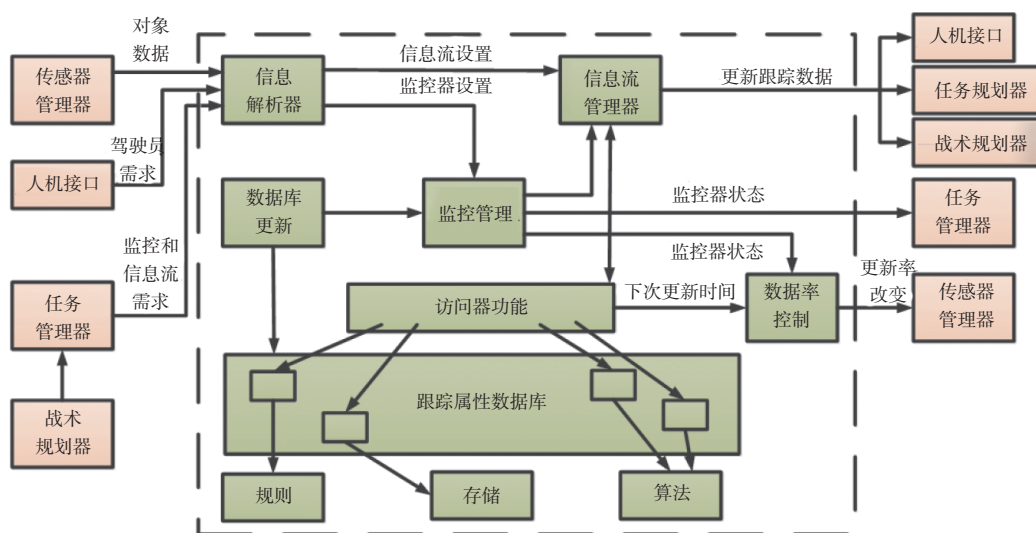

图5 态势评估模块原理^[24]

Fig.5 Principle of situation assessment module^[24]

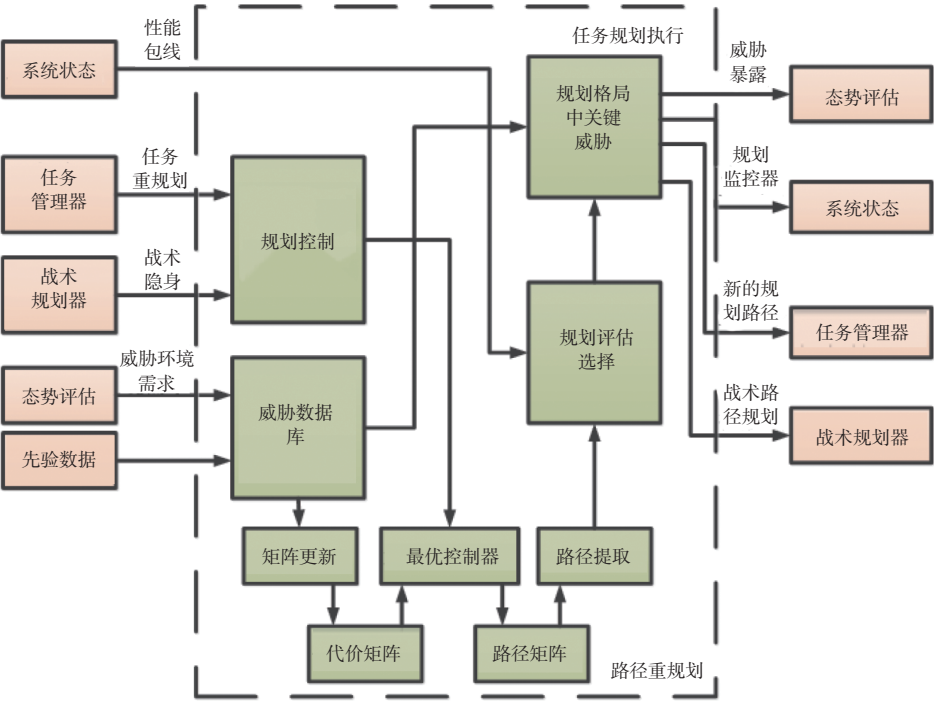


图6 任务规划模块原理^[24]

Fig.6 Principle of mission planning module^[24]

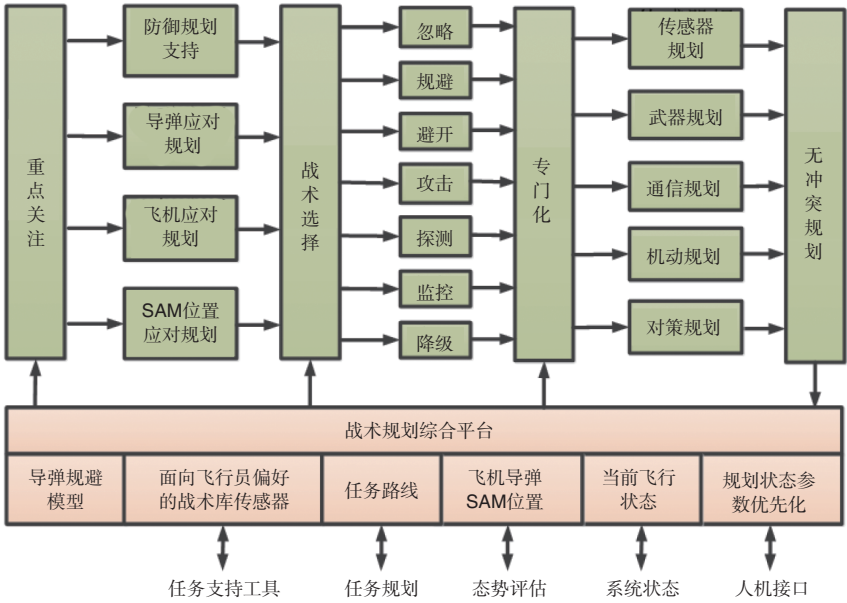


图7 战术规划模块原理^[24]

Fig.7 Principle of tactical planning module^[24]

知识库可进行自主完善。

(3) 针对操纵权限的研究不充足

在复杂环境下飞行时,涉及一个重要的问题:驾驶员操

纵权限分配。在不同的危险环境下,辅助系统执行哪些操纵,驾驶员完成哪些操纵,将影响系统的软/硬件设计和驾驶员的体验感。然而,对飞机类型的划分、功能场景的分

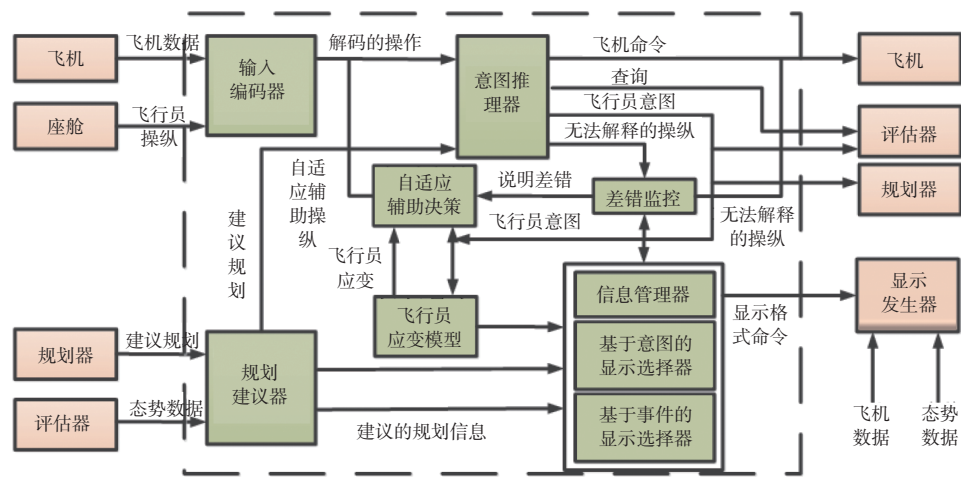


图8 人机接口模块原理^[24]

Fig.8 Principle of man-machine interface module^[24]

类、驾驶水平的划分,以及辅助级别的分类,从而完成驾驶员操纵权限的划分,缺少详细的研究。

(4) 针对系统交联的研究不充足

对于国内外有人飞机,通常由航空电子系统、飞行控制系统、机电管理系统和发动机控制系统等机载系统组成。经过几十年的航空研究和工程应用,系统间交联关系和软硬件设计界面清晰,飞机安全性和可靠性等满足设计需求。然而,对于驾驶辅助系统的系统定位和现有机载系统的软/硬件交联关系,缺少详细的理论与地面试验,将不利于辅助系统的机上应用。

4.2 未来研究的展望

在未来的研究中,应重点开展以下工作。

(1) 信息融合技术

作为减轻驾驶员负担和提高飞行安全的系统,驾驶员辅助系统将面向飞机顶层,采集各机载子系统的信息,包括航空电子、飞行控制、机电管理、发动机控制等系统,以及座舱操纵指令、飞机飞行状态、显控告警信息等,提高飞机的性能。在信息融合数据模型的基础上,对采集的多传感器信息采用融合算法处理。在一定准则下,加以自动分类、综合、分析、处理,完成数据融合和评估分析,从而获得较为准确的飞机状态、飞机构型、机载系统状态和驾驶员操纵意图等。

以指示空速信息融合为例,航空工业一飞院开展了大飞机空速异常时重构方法研究,原理如图9所示。当空速正常时,通过地速和真空速实时计算风速,存入风速数据库。当空速异常时,由于风速传感器可能出现故障,需要判

断风速传感器的信号正确性。基于经验选取风速数据库中近八拍的风速平均值,与当前风速传感器值进行对比,若误差小于风速平均值的5%,则传感器正常。由风速和故障时刻的地速计算真空速,结合当前飞行高度、温度信号,确定真实的指示空速,供驾驶员进行故障状态改出。试验结果表明,指示空速信息融合的算法有效。

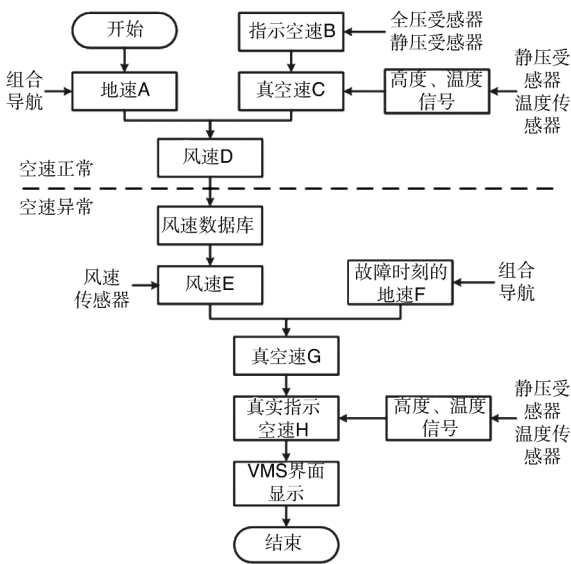


图9 指示空速信息融合原理

Fig.9 Information fusion principle of indicated airspeed

(2) 意图识别技术

基于信息融合的事实信息,通过飞行状态和环境信息等建立知识库,对驾驶员操纵指令进行分析,引入决策层信

息融合,识别出操纵意图。当操纵意图与当前飞行状态不符时,以合适的文字、图形、语音、灯光提醒驾驶员。

在提示驾驶员误操纵之后,辅助系统在简图页给出相应的处置措施,包括危险状态提示、故障状态改出方法、操纵指令建议等,并分析误操纵的原因。

(3) 综合告警技术

对于正确的操纵指令,与驾驶员交流确认后,以驾驶员青睐的颜色、字体、图形在主显和简图页中显示。对于多种告警信号和故障原因,在有效显示区域进行分配,使得所需的信息显示到指定区域中,供驾驶员高效率使用。

当多个告警信息发生时,显示技术对告警信息的优先级进行分类,并按优先级高低逐次显示。当驾驶员按序执行故障改出操纵时,光标应跟踪改变,且区分已完成步骤和未完成步骤的字体颜色,从而辅助驾驶员快速、清晰、准确地完成飞行操纵。

在大运飞机设计中,由于机载系统告警条目繁杂、多系统并发故障时驾驶员压力大等,以传统机载系统告警设计为依托,开展了基于多系统故障并发的综合告警技术,将飞机多系统的多个告警信息进行综合评估后,建立告警故障树,对告警信号进行排序、抑制和组合,并给出故障安全危害等级和操作建议,以有效减轻驾驶员的心理压力,防止驾驶员错误操纵影响飞机安全,原理如图10所示。

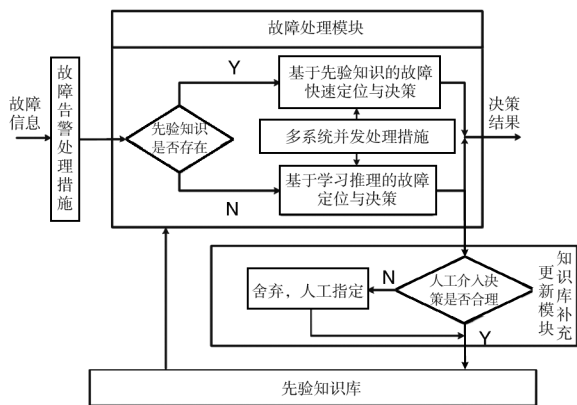


图10 综合告警逻辑

Fig.10 Principle of synthetical alerting

(4) 人机协同技术

驾驶员辅助系统需基于不同的设计准则,对辅助功能进行等级判定,制订人机功能分配方案,从而对驾驶员与系统功能的优先权进行合理划分,极大地提高情感感知的智能化和决策的自动化程度,提高人与系统的协作能力,提高任务有效性和安全性。将驾驶员操纵能力、飞机性能、战场

态势等因素纳入评估指标体系,使辅助评估技术更加全面可靠,也为驾驶员的后续决策提供更加准确的支持。

面对驾驶员成本高昂、成熟驾驶员短缺等问题,中国商飞公司牵头开展了基于人工智能技术的单一驾驶员研究^[25]。通过“单一驾驶员+驾驶舱自动化机组系统+地面操作员”的飞行驾驶协同模式,实现从起飞机场到目的机场的飞行过程,覆盖门到门全飞行阶段,满足双驾驶员决策能力、效率和有效性,如图11所示。对于传感器信息采集,通过语音传感器实现驾驶员与驾驶舱自动化机组系统的信息交互。通过视觉传感器读取仪表面板和监视仪表的数值,以及开关控制按钮的位置。对于功能重分配,按照知识库存储的安全性、难易程度、操作时间等评判准则,结合不同属性特点、飞行驾驶软件局限,完成飞行程序的分解和归属定义。随着飞行架次的增加,应用智能技术实现评判准则知识库的自主完善,以实现最优人机分配。



图11 人机协同操纵

Fig.11 Human-computer cooperative control

(5) 工程实现技术

对于驾驶员辅助系统,工程实现是关键技术。如果辅助系统由软件模块实现,应选择合适的机载设备进行驻留,并满足系统的六性指标要求。如果辅助系统由硬件设备实现,应考虑硬件板卡的设计、操作系统的选择、交联系统的通信逻辑等,在现有机载系统上完成辅助系统的扩充。

5 结束语

在国内外学者的研究基础上,本文给出了驾驶员辅助系统的完整概念。通过国内外研究现状可知,作为一个智能的、以人为中心的、基于知识的系统,驾驶员辅助系统集成了操纵意图识别、误操作监控、危险状态改出等多种功能,已成为国际航空领域的重点研究方向。随后,研究了驾驶员辅助系统的系统结构,包括系统状态模块、态势评估模块、战术规划模块、任务规划模块和人机接口模块。最后,

分析了当前研究的不足,以及未来研究的展望,将为国内先进飞机的驾驶员辅助系统研究和型号研制工作提供技术支持。

AST

参考文献

- [1] Corrigan J, Keller K. Pilot's associate - An inflight mission planning application[C]// Guidance, Navigation and Control Conference, 1989: 1-17.
- [2] Leavitt C A, Smith D M. Integrated dynamic planning in the pilot's associate[D]. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1989.
- [3] Small R L, Howard C W. A real-time approach to information management in a pilot's associate[C]// Digital Avionics Systems Conference, 1991: 440-445.
- [4] Vanvollenhoven R F, Lee Y, Lambert R E, et al. Treatment of systemic lupus-erythematosus with dehydroepiandrosterone: A pilot-study[J]. Arthritis & Rheumatology, 1992, 35 (9) : 55-65.
- [5] Banks S B, Lizza C S. Pilot's associate: A cooperative, knowledge-based system application[J]. IEEE Expert, 1991, 6(3) : 18-29.
- [6] Lapuma A, Marlin C. Pilot's associate: A synergistic system reaches maturity[C]// Computing in Aerospace Conference, 1993: 1131-1141.
- [7] McBryan B, Hall J. Engineering approach for rotorcraft pilot's associate cognitive decision aiding systems development[C]// IEEE Digital Avionics Systems Conference, 1994: 76-81.
- [8] 于会. 驾驶员智能辅助专家系统[D]. 西安:西北工业大学, 2005.
Yu Hui. Driver intelligent assistance expert system[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2005. (in Chinese)
- [9] 吴文海,张源原,周思羽,等. 驾驶员助手项目综述[J]. 航空学报,2016(12):3563-3577.
Wu Wenhai, Zhang Yuanyuan, Zhou Siyu, et al. Overview of pilot's associate program[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2016(12):3563-3577. (in Chinese)
- [10] 吕全喜, 占正勇. 基于黑板模型的智能驾驶员辅助决策方法[J]. 兵工自动化, 2010(2):93-96.
Lv Quanxi, Zhan Zhengyong. Intelligent pilot's assistant decision-making method based on blackboard model[J]. Ordnance Industry Automation, 2010(2):93-96. (in Chinese)
- [11] 金欣. “深绿”及 AlphaGo 对指挥与控制智能化的启示[J]. 指挥与控制学报, 2016, 2(3) : 202-207.
Jin Xin. Inspiration to intelligent command and control from deep green and AlphaGo[J]. Journal of Command and Control, 2016, 2(3): 202-207. (in Chinese)
- [12] 董冬妮,危虹,蒋庆喜,等. 美国海军舰载机通用型辅助动力系统的 PBL 分析及启示[J]. 航空科学技术, 2020, 31(12):74-79.
Dong Dongni, Wei Hong, Jiang Qingxi, et al. Analysis and Enlightenment of PBL for the APU installed in the US navy's carrier based aircraft[J]. Aeronautical Science & Technology, 2021, 31(12): 74-79. (in Chinese)
- [13] 吴明忠,刘永志. 人工智能技术在直升机领域的应用及发展展望[J]. 航空科学技术, 2021, 32(1):29-34.
Wu Mingzhong, Liu Yongzhi. Application and development prospect of AI technology in helicopter field[J]. Aeronautical Science & Technology, 2021, 32(1): 29-34. (in Chinese)
- [14] Greeley K W, Schwartz R J. F-22 cockpit avionics: A systems integration success story[C]// International Society for Optics and Photonics, 2000: 52-62.
- [15] Bonner M, Taylor R, Fletcher K, et al. Adaptive automation and decision aiding in the military fast jet domain[C]// Proceedings of the Conference on Human Performance, Situation Awareness and Automation: User Centered Design for the New Millenium, 2000: 154-159.
- [16] 周思羽, 吴文海, 张楠, 等. 自主空战机动决策方法综述[J]. 航空计算技术, 2012, 24(1):27-31.
Zhou Siyu, Wu Wenhai, Zhang Nan, et al. Overview of pilot's associate program[J]. Aeronautical Computing Technique, 2012, 24(1):27-31. (in Chinese)
- [17] Strohal M, Onken R. Intent and error recognition as part of a knowledge-based cockpit assistant[J]. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1998, 3390:287-299.
- [18] Gerlach M, Onken R, Prevot T, et al. The cockpit assistant system cassy - design and in-flight evaluation[J]. Advances in Human Factors/Ergonomics, 1995, 20: 759-764.
- [19] Stuetz P, Schulte A. Evaluation of the cockpit assistant military aircraft (CAMA) in flight trials[C]// International Conference on Engineering Psychology & Cognitive Ergonomics Aerospace

- & Transportation Systems, 2001:15-22.
- [20] Stitz P. Evaluation of the cockpit assistant military aircraft CAMA in simulator trials[C]// Sensor Data Fusion and Integration of the Human Element, 2008:1-8.
- [21] 于会,李伟华. 飞机驾驶员辅助人工智能系统框架设计[J]. 火力与指挥控制,2008,33(8):121-123.
- Yu Hui, Li Weihua. The architecture design of pilot assistant artificial intelligent system[J]. Fire Control and Command Control, 2008,33(8):121-123. (in Chinese)
- [22] 陈中起,于雷,隋永华,等. 战斗机突击作战实时辅助决策研究[J]. 应用科学学报,2012,30(5):545-551.
- Chen Zhongqi, Yu Lei, Sui Yonghua, et al. Real-time assisted decision-making in air fighter's penetration attack[J]. Journal of Applied Science, 2012,30(5):545-551. (in Chinese)
- [23] 武俊兆,张安. 基于D-S证据理论的飞行员辅助系统自动化级别动态调整方法[J]. 计算机与现代化,2014(1):67-70.
- Wu Junzhao, Zhang An. D-S evidence theory-based dynamic adjustment method of automation level for pilot assistance system[J]. Computer and Modernization, 2014 (1): 67-70. (in Chinese)
- [24] Lizza C, Friedlander C. The pilot's associate: A forum for the integration of knowledge-based systems and avionics[C]// Aerospace & Electronics Conference. IEEE, 1988: 1252-1258.
- [25] 张炯,曾锐. 商用飞机单一飞行员驾驶模式设计及测试[J]. 航空科学技术,2020,31(6):42-49.
- Zhang Jiong, Zeng Rui. Mode design and test for commercial aircraft single-pilot operations[J]. Aeronautical Science & Technology, 2020, 31(6): 42-49. (in Chinese)

Research Status and Development Prospect of Pilot Assistance System

Wu Jiaju¹, Su Xingjun², Zhu Yan¹

1. AVIC The First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China

2. Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China

Abstract: Aiming at the problems that pilots are difficult to process massive information quickly, the flight environment is changeable, and the psychological limitation under high-intensity burden, the Pilot Assistance System (PAS) emerges as the times require. Based on the description of PAS by scholars at home and abroad, this paper gives a complete concept of pilot assistance system, expounds the research status of PAS in detail, analyzes the principal structure of PAS, puts forward the deficiency of current research and the prospect of future development of PAS, and gives some engineering application examples, which provides a reference for the follow-up domestic development in this field and model development work.

Key Words: PAS; principal structure; development prospect; engineering application

Received: 2021-01-14; Revised: 2021-03-25; Accepted: 2021-04-15

Foundation item: Military Science and Technology Commission Technology Fund (2020-JCJQ-JJ-153)