

动态记忆智能体驱动的民机交互式可信排故技术研究

一、项目来源

上海飞机客户服务有限公司

二、项目名称与方向

项目名称：动态记忆智能体驱动的民机交互式可信排故技术研究

项目方向：故障诊断与维修决策技术研究与产品开发

三、项目目标

基于 QAR 数据的民机典型故障分析涉及现象分析、参数筛选、特征计算与故障研判等多个环节，现有工作高度依赖分析人员经验，导致故障分析面临筛查效率低、分析周期长、故障定位难等问题。对此，针对基于 QAR 数据的民机典型故障分析过程，研究动态记忆智能体驱动的民机交互式可信排故技术，1) 构建面向典型故障 QAR 数据分析的健康管理知识库，整合故障现象、QAR 参数定义、历史案例等信息，为智能体开展 QAR 数据分析提供知识基础；2) 研究多智能体协同的 QAR 数据分析与故障推理技术，通过智能体对人员故障分析过程的复刻，实现故障现象分析、QAR 数据调用、分析算法推荐与故障模式推理等环节的交互决策；3) 研究智能体 QAR 数据分析案例的经验自学习技术，记录 QAR 数据分析案例中智能体的工具调用、推理过程与分析结论等信息，驱动智能体持续学习历史案例中的分析经验，指导未来 QAR 数据分析任务。通过动态记忆智能体与健康管理系统的集成，辅助科室人员提升 QAR 参数检索效率、缩短典型故障分析周期，并借助智能体经验学习，实现 QAR 数据与故障分析能力的持续增长。

四、研究内容

1. 构建面向典型故障 QAR 数据分析的健康管理知识库，形成智能体可理解的层次化记忆系统，为智能故障分析提供知识基础；

2. 研究多智能体协同的 QAR 数据分析与故障推理技术, 构建智能体交互决策环节, 驱动智能体实现现象分析、数据调用、算法推荐和故障推理, 提供潜在故障模式分析报告;

3. 研究智能体 QAR 数据分析案例的经验自学习技术, 对智能体的 QAR 数据分析与故障推理案例进行入库存储, 并通过增量学习驱动智能体对历史经验的持续学习, 为智能体分析能力持续增长提供支持。

五、考核指标

1. 针对民机典型故障, 智能体的故障分析决策路径与专家决策路径的一致性不低于 85%;

2. 智能体分析决策可输出目标 QAR 数据段、数据敏感特征、故障分析报告等不少于 3 类关键证据信息;

3. 智能体可根据故障现象与 QAR 参数特点, 自动推荐数据预处理、特征提取、异常检测等 QAR 数据分析算法。

六、主要预期成果

1. 民机交互排故智能体算法模型, 1 套;
2. 典型故障 QAR 数据智能分析原型软件, 1 套;
3. 研究报告 1 份;
4. 发表论文 1 篇, 共同申请专利不少于 2 项。

七、建议的研究经费

50 万元。

C909 飞机起落架系统部件状态监控与预警技术研究

一、项目来源

上海飞机客户服务有限公司

二、项目名称与方向

项目名称：C909 飞机起落架系统部件状态监控与预警技术研究

项目方向：故障诊断与维修决策技术研究与产品开发

三、项目目标

国产民机起落架关键部件失效隐蔽，现有传感器难以直接表征其状态，导致部件非计划拆换频繁。以 C909 飞机起落架系统刹车控制阀、收放作动筒等部件作为研究对象，综合考虑工况与机理，开展涵盖 AMEsim 与 Simulink 的联合仿真分析、嵌入物理信息的状态监控、深度学习的故障预警研究，并开发具有自主知识产权的 C909 飞机起落架系统部件状态监控与预警软件工具。通过本项目研究，旨在突破起落架系统部件性能响应高保真建模、融合物理信息神经网络的部件状态监控等关键技术，同时研究在线监测数据的持续吸收与融合方法，探究工况条件对部件响应的影响，揭示部件性能演化规律，为 C909 飞机起落架系统部件故障诊断提供有效的技术手段。

四、研究内容

起落架系统部件的复杂工况和多样化数据来源使得实时健康监控与故障预警面临较大挑战，如何有效融合仿真、试验和在线监测数据，以实现高精度的状态评估与故障预警，成为当前亟待攻克的技术难点，需进行以下内容研究。

1. 起落架系统部件的 AMEsim 与 Simulink 联合仿真分析：在研究起落架系统刹车控制阀、收放作动筒等部件工作原理的基础上，考虑工况条件，通过 AMEsim 与 Simulink 联合仿真进行建模，实现部件响应分析。

2. 起落架系统在线监测数据的持续吸收与融合方法研究：针对 C909 飞机运维

场景下的起落架系统部件数据特点，研究并建立在线监测数据与仿真、试验数据的持续吸收和有效融合方法，形成面向健康监控应用的统一数据架构。

3. 嵌入物理信息的起落架系统部件状态监控：基于仿真分析数据和实际数据，构建面向起落架系统部件状态监控的物理信息神经网络模型，实现其响应状态反馈分析。

4. 基于深度学习的起落架系统部件故障预警：建立起落架系统部件的“健康基线-故障边界”两级预警机制的深度学习模型，实现故障告警前置与早期异常状态识别。

5. C909 飞机起落架系统部件状态监控与预警软件工具开发：开发具备联合仿真模型在线构建、状态监控及故障预测功能的 C909 飞机起落架系统部件状态监控与预警软件工具。

五、考核指标

1. 构建 3 个起落架系统部件仿真模型，至少包括刹车控制阀、收放作动筒部件。

2. 形成适用于起落架系统部件状态监控与故障预警的 2 类模型，每类模型精度不低于 90%。

六、主要预期成果

1. 研究报告：起落架系统典型部件高保真联合仿真分析、基于在线监测数据与机理双驱的起落架系统部件状态监控技术等 4 份研究报告。

2. 软件工具：面向航线起落架运维人员的 C909 飞机起落架系统部件状态监控与预警软件工具 1 套。

3. 科技论文：发表相关 SCI/EI 论文 2 篇；

4. 发明专利：共同申请相关发明专利 1 项。

基于联邦学习的民机多源健康管理数据协同建模与应用研究

一、项目来源

上海飞机客户服务有限公司

二、项目名称与方向

项目名称：基于联邦学习的民机多源健康管理数据协同建模与应用研究

项目方向：健康管理数据治理技术与数字化平台开发

三、项目目标

利用海量和多源的健康管理专业数据可提升专业大模型的准确度和泛化能力。受安全监管和数据隐私等因素影响，不同组织普遍不直接共享数据和算法模型，如南航建议采用可信数据空间方式共享运营数据，东航则提出了数据盒子的概念，导致数据协同与模型优化受限。本项目针对数据不能出域、隐私保护要求高、协同建模复杂等痛点，通过联邦学习和多模态数据融合等智能算法，研发具有自主知识产权的多源健康管理数据协同关键技术，实现数据不出域但可共享全局模型效果的机制。该机制既能有效满足各方对数据隐私与安全的要求，又能充分发挥多源异构数据的互补优势，显著提升数据整体可用性与健康管理专业大模型的性能。

四、研究内容

1. 研究民用飞机多源异构数据联邦化预处理技术：研究主制造商、航空公司等产生的 QAR、可靠性、维修等数据的本地化清洗与特征提取方法，设计特征对齐协议，解决数据源数据格式异构、隐私泄露风险问题，构建具备可扩展性和标准化接口的本地数据池，为后续联邦学习模型训练提供统一、安全的数据基础。

2. 面向飞机健康管理的联邦学习模型算法设计：研发训练算法、参数加权、动态聚合与个性化调整算法，提升模型在分布不均、样本差异显著场景下的收敛稳定性与泛化性能；结合差分隐私、安全多方计算等技术保障数据主权与安全性，解决多源模型协同低效问题，提高多源数据的联合建模效率与预测精度。

3. 面向飞机健康管理的联邦学习系统原型开发：研究联邦学习系统的体系架构与关键实现机制。设计多源数据接入、任务调度、模型训练、参数融合与模型分发的整体流程，构建系统框架；开发本地训练终端模块与协调中心模块，实现本地训练、参数安全传输、全局模型聚合与结果同步的原型系统，评估其在隐私保护、系统安全性、模型性能及工程可行性方面的效果。

五、考核指标

1. 数据处理指标：自动化清洗与特征提取正确率 $\geq 95\%$
2. 模型准确度指标：联邦训练框架下，飞机健康管理模型的协同训练准确率 $\geq 90\%$
3. 原型性能指标：支持不低于 5 个主体节点同时接入学习训练

六、主要预期成果

1. 多源异构数据联邦化预处理算法 1 套；
2. 飞机健康管理联邦学习算法包 1 套；
3. 飞机健康管理联邦学习原型系统 1 套；
4. 研究报告 1 份；
5. 论文 1 篇、软件著作权 1 项、申请专利 2 项。

基于大模型的国产民机维修类手册智能审核技术研究

一、项目来源

上海飞机客户服务有限公司

二、项目名称与方向

项目名称：基于大模型的国产民机维修类手册智能审核技术研究

项目方向：故障诊断与维修决策技术研究与产品开发

三、项目目标

当前国产民机维修类手册的内容审查主要依赖人工，存在效率低下、标准不一致、容易遗漏等问题，造成在运行过程中存在偏差或不规范等风险。随着国产民机的规模化交付，手册审查人员的持续投入成本过大，迫切需要通过数智赋能，实现业务升级。利用大模型的自主文本审查能力，根据规则库开展国产民机维修类手册内容的语法审查、格式审查、一致性审查等工作，减少人工遗漏，提高审查效率，同时确保文件内容的全面、规范和准确。

四、研究内容

围绕国产民机维修类手册的一致性、准确性和规范性审查需求，面向安全可靠场景下文档审查规则缺失、语义理解复杂和逻辑一致性难以验证等问题，开展大模型驱动的维修类手册智能审查关键技术研究。重点从领域知识结构化建模、规则约束下的规范推理、因果关系驱动的逻辑一致性校验等方面进行技术攻关，构建面向维修类手册的智能审查方法体系与原型系统。

1. 研究基于结构先验知识的大模型知识诱导与规则体系构建技术，面向维修类手册的结构先验约束知识诱导方法，围绕系统、部件、故障、维修操作及安全约束等核心要素，构建领域知识结构模型与语义约束体系，引导大模型在限定框架内完成知识生成、关系建模及一致性校验，形成可推理、可持续演化的维修类手册审查规则体系。

2. 研究基于规则约束的大模型规范审查方法，将格式规范、必填要素及安全

条款转化为可执行规则，实现语义理解、规则校验与问题判定的协同推理，提升审查结果的可解释性、稳定性和可靠性。

3. 研究因果关系驱动的逻辑一致性审查技术，利用大模型抽取条件、操作、结果及其依赖关系，构建运维操作因果关系模型，将智能体推理贯穿于信息获取、逻辑判断和决策生成过程，实现对操作顺序冲突、条件矛盾及结果不合理的自动识别与提示。

4. 开发国产民机维修类手册智能审查原型系统，支持多通道手册文档的统一接入、解析与关联审查，实现审查结果可视化展示与问题定位。选取 FIM 手册、MPP 手册、SB 等典型维修类手册及相关资料，完成应用验证。

四、考核指标

1. 构建 1 套维修类手册审查规则库，规则条目不少于 200 项；
2. 强制性规则审核准确率达到 100%；
3. 非强制性规则审核准确率不低于 85%。

五、主要预期成果

1. 基于大模型的维修类手册智能审查技术方案 1 份；
2. 维修类手册审查规则库 1 套；
3. 国产民机维修类手册智能审查原型系统 1 套；
4. 典型维修类手册及资料的场景应用报告 1 份；
5. 发表学术论文 1 篇，申请发明专利 1 项，软著 1 项。

基于可穿戴设备的飞行员健康管理技术研究

一、项目来源

上海飞机客户服务有限公司

二、项目名称与方向

项目名称：基于可穿戴设备的飞行员健康管理技术研究

项目方向：健康管理智能终端技术研究与产品开发

三、项目目标

民航飞行安全对飞行员的身心状态与操作能力提出了极高要求。面对复杂飞行场景与高强度工作负荷，飞行员易出现疲劳累积、应激水平波动等问题，直接威胁飞行安全。传统健康管理方法多依赖周期性体检与主观汇报，难以实现连续、动态的状态监测与早期风险预警，更无法有效识别个体在特殊任务下的状态转折与能力边界。因此，急需引入能够实时、客观反映生理与认知状态的新型监测手段。可穿戴设备技术快速发展为连续、无扰的生理信号采集提供了可行路径。基于此，本项目从飞行训练中各类场景入手，以构建飞行员多场景动态数据库为基础，聚焦高风险飞行场景下的状态关键转折点识别，建立飞行员胜任力评价模型。研究结果有助于实现未来对飞行员状态的实时监测与早期干预，提升民航人因安全水平，更可为飞行员选拔、训练与健康管理提供科学依据。

四、研究内容

1. **飞行员个性化生理基线与多场景生理数据库构建**：在模拟机上，将典型飞行任务系统分解为具有不同认知负荷与操作复杂度的场景类别，利用智能手表采集飞行员的生理数据。针对低压力、平飞等简单任务场景，采集静息态生理数据，为每位飞行员建立个性化的生理基线档案；针对起飞和落地阶段等高负荷场景，通过连续生理信号的采集，构建覆盖多种任务情境的飞行员动态生理数据库。

2. **特殊飞行场景下飞行员状态关键转折点识别**：聚焦短跑道起降、窄跑道进近、低能见度运行等高风险或高难度特殊飞行场景，结合实时生理数据与任务绩

效指标，重点识别状态由稳定向下降转变的关键时间节点与生理特征阈值，揭示应激水平、疲劳累积等核心维度的动态演化机理。

3. **基于关键事件的飞行员胜任力评价模型构建：**针对飞行过程中出现的典型关键事件开展深度回溯分析，融合生理数据、行为表现与专家评估，提取能够有效表征飞行员专业能力、心理韧性、抗压水平及认知灵活性的多维指标，构建数据驱动的飞行员胜任力综合评价模型，实现对个体能力倾向、潜在优势与薄弱环节的量化刻画；通过可穿戴手表的监控，对飞行员开展针对性的生理和心理治疗或疏导。

五、考核指标

1. 建成覆盖不少于 3 类典型飞行任务场景和 2 类特殊场景的飞行员生理数据库，且包含至少 30 名飞行员的个体化基线数据。
2. 构建可解释的飞行员胜任力评价模型，支持个体能力画像与风险预警，在独立测试集上对飞行员胜任力的分类准确率 $\geq 80\%$ ，获得相应的研究成果，撰写相关的研究报告。

六、主要预期成果

1. 发表高水平论文（EI/SCI）1~2 篇；
2. 申请专利 1 项；
3. 基于智能手表的飞行员健康管理技术研究报告 1 份。