

生成式大模型在民航领域的深度赋能与范式重构

千战强 王亮

长龙（杭州）航空维修工程有限公司，浙江省杭州市，311200；

摘要：根据知识表征以及推理能力的巨大提升，生成式的大语言模型正在改变着民航行业的技术架构和运行模式，本研究设计出一个由“技术适配、场景赋能、效果评估、生态构建”这四个要素组成的分析框架，并且详细地探究了民航垂直领域大模型的多层次训练机制以及多模态协作策略，凭借一些实际案例的实证研究来阐述这个模型在关键业务场景里运用的价值和方式，把国际民航安全准则融入到算法伦理治理体系当中，给出一种既普遍适用又易于操作的治理体系，并对未来智慧民航生态发展走向作出一些前瞻性的预测，从而给行业的智能化转型赋予有理论深度并能付诸实践的研究成果。

关键词：生成式大模型；民航工程；智慧民航

DOI：10.64216/3080-1508.25.04.012

引言

民航智能化转型的技术机遇与系统性挑战

全球航空运输业正处在从数字化迈向智能化转型的关键时期，数据量持续增多，非结构化数据所占比例明显增大，传统依靠规则的处理办法已不能应对海量异构数据的高效分析需求，按照行业发展趋势，核心业务系统的智能化水平须要改善，这就对外部环境感知能力和决策支撑功能提出更高技术需求，在这种情形下，生成式大语言模型凭借突出的语义认识能力，长时间记忆创建长处以及少量样本学习特性，被看作冲破民航复杂系统智能化瓶颈的重要工具之一^[1]。

航空运输系统兼具高安全性要求与实时响应特性，成为人工智能技术应用的重要领域，在飞机故障诊断环节，机载传感器采集的数据量庞大且需要在极短时间内做出准确判断，传统专家系统存在知识更新滞后及多源异构数据整合能力不足的问题，早期深度学习模型在小样本数据条件下易出现“黑箱决策”风险，生成式大语言模型通过预训练阶段的知识迁移、领域适配阶段的专业数据注入以及检索增强生成机制，为解决这些问题带来了新的思路。

本研究采用递进式研究范式，首次构建起适用民航领域的大型模型技术体系框架，从技术实现途径、应用场景规划、效果评价手段以及产业发展策略等角度展开系统分析，而且，还提出了针对民航垂直场景的模型训练改进方案，基于思维链的故障诊断推理机制以及一套符合国际民航组织安全标准的算法审查流程。

1 生成式大语言模型的民航技术适配体系

在创建面向民航领域的大型语言模型的时候，冲破通用模型的“领域鸿沟”，形成专门的技术体系变得十

分关键，相关研究显示，有效的垂直化改造包含三个重要环节，即多源数据融合与预处理，层次化模型架构设计以及混合训练策略优化，其中，多源数据融合把各类核心行业信息汇集起来，依靠领域本体做到跨模态的知识映射，进而创建起庞大的民航知识图谱，层次化模型采取分层结构，基础层使用大规模的Transformer框架，领域适配层加入民航特有的专业知识，任务模块按照不同的应用场景规划专属的输出机制，既缩减了参数规模又提升了任务性能，混合训练方法在预训练阶段把通用语料和民航专业文本结合在一起做迭代更新，而且在微调阶段混入强化学习机制，用人类反馈来引导模型学习专家决策模式，进而改进逻辑推理能力。

在民航客户服务领域，检索增强生成技术已经成功地解决了传统生成模型普遍存在的“事实性偏差”问题，该技术通过语义索引构建，查询改善，多模态信息融合等一系列步骤，把行业数据转变成结构化的向量表示，创建起高效的检索架构，做到用户提问和文档内容的精确语义对应，生成的答案具有透明性，可验证性等特点，明显改进了服务系统的运作效率和响应速度。

多模态协同推理机制在民航领域应用有着明显的价值，它依靠视觉-语言对齐，时序特征提取以及跨模态检索技术来整合图像，序列数据等多种信息，这种办法既创建了多模态语义关联网络，又支持双向交互查询形式，从而大幅度提升了异常检测等关键任务的精确度和可信度，就民航场景而言，对实时性有着很高的需求，可以利用模型剪枝，动态上下文适配，边缘计算部署改良等手段，切实减小系统反应滞后，并改善总体运行效能。

2 民航全场景应用矩阵与价值创造范式

2.1 智能运维与故障诊断技术的创新进展

生成式大语言模型（GLLMs）在民航智能运维领域的创新价值，更多体现在“数字机务大脑”建设的促进上，这使维修知识体系的范式结构发生改变，以往的维修方式依靠手册查询和经验传承，GLLMs 却利用制造商技术文档，历史排故数据以及实时传感信息，创建起动态更新的综合维修知识库，在某航空公司宽体机队的实际运用当中，该模型凭借飞行数据记录器里的时序信号加以分析，再同维修手册里的故障树逻辑相融合，就能自动找出多系统故障之间的潜在联系，其关联发现速度远超人工分析水平^[2]。

故障诊断技术的设计框架包含三个主要层次“症状解析—知识挖掘—逻辑推理”，基本流程是把传感器异常信号或者驾驶舱警报之类的非结构化数据转变成语义向量，然后借助领域定制编码器来提取关键特征，激活知识库里的故障模式匹配模块，用语义相似性算法从历史案例中找出相关的参考信息，依靠预设的维修决策规则去完成证据链的搭建，从而生成包含维修步骤优先级，工具适配建议以及潜在安全风险警示的结构化维修工单，通过实际案例研究显示，这个系统明显缩减了重复性故障处理的时延，而且其方案完备性已经接近甚至超过了传统人工专家的经验水准。

预测性维护的优化升级主要依靠“物理建模+数据驱动”的混合推理架构，GLLMs 在剖析发动机振动数据的时候，通过时序特征的自注意力机制，有效地捕捉到部件性能衰退过程中的非线性漂移现象，这种融合了深层语义解析的异常检测手段，可以提前预知部件性能下降的趋势，从而给航材储备和停场规划给予准确的时间参照，其在应对速度和误报率把控方面比传统技术有着明显的优势。

2.2 智能决策与运营优化的场景应用

航班调度智能化转型的重点是冲破“动态约束条件下资源优化配置”这一核心技术瓶颈，GLLMs 凭借创建包含气象要素，机组排班准则以及机场时隙限定在内的多层次约束模型，达成了从传统启发式算法到数据推动型智能决策体系的跨越，在某大型枢纽机场的实际操作当中，这个模型可以即时整合诸多动态数据，采用先进算法来形成多目标优化计划，在高峰时段明显改进机位周转速度，而且有效地削减因为调度冲突而导致的滑行路线改变次数。

燃油效率优化模块很好地体现出 GLLMs 在复杂物理系统语义建模上的明显长处，不同于传统的依靠经验公

式的办法，这个模型可以深入剖析飞行剖面里的多变量非线性联系，而且配合强化学习算法，在动态气象条件下随时改良飞行路线规划，在突然出现的极端天气状况下，GLLMs 可以很快地对航线加以调整，既保证飞行安全又可以缩减额外耗费的燃油，从而达到节省成本的目的^[3]。

为了应对旅客再调度问题，本研究尝试创建一种包含多维度用户需求的效用评价模型，它突破了传统规则引擎固有的局限，当航班突然被取消的时候，这个系统可以快速形成包含大部分受波及乘客的改签方案，一些旅客的服务满意程度明显改善，显示出比人工调度更好的运作效能，而且降低了旅客投诉事件出现的几率。

2.3 旅客服务智能化体验的提升

全流程智能交互系统的关键优点是冲破了传统的依靠关键词匹配的技术限制，做到了从浅层文本分析到深层语义认识的改变，经过融合上下文注意机制，GLLMs 可以精确把握用户咨询里的隐含需求，形成多阶段任务处理架构，在某航空公司客服平台的实际运用当中，这个模型在复杂问题意图识别上的表现特别出色，其准确率比传统检索体系有了很大提升，而且可以支撑多轮对话以及多种形态的交互场景。

个性化服务高效开展依靠“用户画像塑造—情境感知分析—服务改良形成”这个闭环运作机制，这个架构凭借多种来源、不同格式的数据融合创建起不断更新的用户喜好模型，在值机这类关键地方做到精准推送，而且按照当前情形随时改变策略，从而改善服务契合程度，加入情感计算之后，系统可以立即察觉旅客的情绪状况，自动启动优先级很高的回应机制，这样就极大提升了服务回应的速度和准确性。

多语言服务系统的突破性发展，有效改善了国际枢纽机场跨文化交流问题，GLLMs 民航专业领域翻译实践不但达成词汇层次上准确的对等转换，而且保证行业术语的统一与规范性，某国际机场的实证研究显示，针对含有技术细节的咨询文件，此模型翻译精确度较高，比起以往系统有着明显的提高，具备多语种即时互译功能，大大削减了非英语背景旅客的服务等待时长。

3 实验验证与安全评估体系构建

3.1 多任务实验设计与方法

想要科学地检验 GLLMs 是否适合用在民航领域上，本研究就建立起了分层的实验体系架构，基本层会用带有民航特点的语义相似性数据集来考察它的语言认知能力，任务层依照核心的业务场景去设计数据集，然后

融合多种不同的标注信息来改进模型，而系统层就会在真实的部署环境当中展开压力考验，从而模拟高并发访问时系统的运作状况。

本研究把传统专家系统，浅层机器学习模型以及针对领域的大型预训练模型当作对比参照，就评估指标体系的设计而言，除了采用普遍的准确率和 F1 分数之外，还加入了带有专业特色的细分评价维度，比如故障诊断里的“方案合规性”，航班调度中的“延误流传抑制效能”，客户服务情形下的“用户意图认识深度”，在数据预处理这一环节当中，依靠领域本体来做到多模态数据的语义映射，从而达成统一的语义表达目的^[4]。

3.2 关键任务性能分析

在故障诊断研究方面，GLLMs 由于具备出色的小样本学习能力而备受瞩目，即使面对新的故障类型，也只需少量标注数据就能达成较高的诊断精度，传统的模型往往要靠大量训练样本才能做到这一点。这种模型凭借自己优秀的长程依赖建模能力，在应对多系统耦合故障的时候表现出明显的优势，比一般的模型好很多，经过可视化分析我们发现，GLLMs 可以很准确地描绘出多参数之间的因果联系，而传统的方法因为受制于特征空间维度的关系，在关联性表现上常常会出现断层的情况。

依靠 GLLMs 算法搭建起来的智能客服系统在专业知识方面有着突出的表现，它对于复杂问题的解答准确度远超传统的手工服务方式，在高并发情形之下，该模型表现出良好的并行处理能力，从而缩减了回应时间，并且避开了系统因为负荷过大而产生服务中断或者故障的风险。

航班延误预测实验显示，所建模型在动态环境中的适应性表现得非常明显，通过加入实时动态特征变量，短期延误预测的准确率得到大幅提高，而且与传统的依靠历史数据的方法相比，它的性能更好，尤其是当遇到罕见的极端天气组合时，这个模型凭借类比推理机制调取类似情况下的应对方案，把预测误差范围有效地控制住，但传统的模型缺少这种机制，在同样的条件下就会发生明显的性能下滑现象。

3.3 安全评估与可解释性构建

基于民航行业对安全性的严格要求，本研究设计出一套包含“事前预防、事中监控、事后审计”这三个关键环节的安全保障方案，在事前准备时利用数据预处理

和对抗样本训练来提高模型抵抗干扰的能力，在运行过程中使用实时监测系统对异常输出自动识别，并且加入人工复核以保证结果可靠，在事后通过技术手段完整记录模型决策过程，进而达到结果可追溯的目的。

可解释性框架采取“技术解析+业务阐释”双轨制结构，在技术方面利用算法可视化工具显示特征权重分布情况，方便技术人员准确找到关键影响要素，在业务层面创建自然语言生成模块，把模型推导过程变成符合行业规范的语言表述形式，某航空公司实证研究证实，这种解释体系明显改善了模型决策透明度，有效地解决了人机交互信任危机状况。

伦理风险管理方面，要创建起跨学科协作的伦理审查体系，定时对模型训练用的数据品质，算法公平状况以及责任分担机制展开全面评价，针对潜藏的诊断偏差风险，通过技术改良改善数据分布情况，进而达成各种类型设备故障检测精确度的均衡提升，给有关模型在关键系统里的正规运用给予可靠的保证。

4 结论

生成式大语言模型正在推动民航业步入智能化、安全可靠又可持续的智慧化转型新阶段，它在技术上的应用既改善了运营效率和服务质量，又对行业的价值创造方式做了深刻改变，给全球航空运输系统带来创新变革的关键动力。

参考文献

- [1] 陈志玲, 沈悦, 刘琪. 人工智能驱动的民航运输服务智能化转型研究[J]. 中国航务周刊, 2025, (25): 72-74.
- [2] 张志刚. 民航运输企业作业成本管理应用探讨[J]. 交通财会, 2025, (05): 72-75+80.
- [3] 陈颖. 人工智能与标准化算法在智能制造中的应用探索[J]. 中国标准化, 2025, (10): 104-107.
- [4] 谢衍, 蔡仲辉. 人工智能机器视觉系统在民航领域的应用研究与实现[J]. 智能建筑, 2022, (09): 12-16.

作者简介：干战强（1993.11-），男，汉族，浙江省台州市温岭人、中级工程师，工学学士，研究方向：航空器维修。

王亮（1989.7-），男，汉族，陕西西安人，本科，中级工程师，专业：飞行器动力工程，研究方向：航空器维修。