



大会 — 第42届会议
技术委员会

议程项目24：航空安全和空中航行优先举措

设立航空领域人工智能应用研究组

（由巴西提交）

执行摘要 人工智能（AI）在航空领域的应用日益广泛，尤其在无人系统、城市空中出行以及高密度空域运行中更是如此，因此亟需国际社会予以关注。本文件建议在空中航行委员会下设立一个研究组，评估人工智能对安全、合格审定、空域整合及系统验证的影响。 行动：请大会： a) 认识到国际民航组织有必要领导全球航空领域的人工智能协调工作；和 b) 支持在空中航行委员会（ANC）下设立一个人工智能研究组。	
战略目标：	本工作文件涉及战略目标：每次飞行都安全和安保和航空提供无缝、无障碍和可靠的全民出行。
财务影响：	活动将在国际民航组织现有资源范围内开展，并由成员国的捐助支持。
参考文件：	国际民航组织 2025 年环境报告 国际民航组织各国通过 2050 年国际航班净零排放的全球理想目标 国际民航组织 2026-2050 年战略计划 国际民航组织人工智能对航空的变革性影响 国际民航组织无人航空器系统（UAS）工具包

1. 引言

1.1 人工智能（AI）——尤其是机器学习——正日益被视为民用航空未来发展的关键推动因素。从空中交通管理和航空器系统到维护、培训和运行安全，人工智能有望通过提高性能、安全和效率，同时应对日益复杂和庞大的航空运营规模，从而改变航空业。

1.2 随着先进空中出行（AAM）、无人航空器系统（UAS）和垂直起降（VTOL）航空器等技术的涌现，全球航空业正经历重大变革。正如美国联邦航空管理局《先进空中出行实施计划》（FAA, 2023 年）及欧洲航空安全局《2025 年欧洲航空安全计划（EPAS）》第三卷（EASA, 2025 年）所强调的那样，这些发展催生了新型空域用户与运行模式，需要超越传统人本系统支持能力的动态数据驱动决策机制。

1.3 与此同时，FAA《人工智能安全保障路线图》强调亟需建立稳健框架，以认证、验证和整合安全关键系统中的人工智能功能。然而，倘若缺乏国际协调与指导，各成员国可能采取分散式做法，这将危及全球互操作性、安全和监管协调性。

1.4 本工作文件建议在空中航行委员会（ANC）下设立一个专项研究组，因为航委会是国际民航组织理事会授权下运作的主要技术机构。该研究组将负责评估人工智能在民航领域的应用，并制定技术、监管和运行指导，以支持人工智能在整个行业中的安全和协调整合。

2. 讨论

2.1 先进空中出行与人工智能互动的系统性挑战

2.1.1 随着先进空中出行、无人航空器系统和垂直起降运行的兴起，航空业正面临范式转变。这些新兴技术正拓展空域使用范围，尤其在低空及人口稠密的城市环境中。然而，其整合对传统空中航行系统、安全监督架构和监管框架构成重大挑战。

2.1.2 根据美国联邦航空管理局《先进空中出行实施计划》（FAA, 2023 年），先进空中出行的整合需要在多个运营领域实现转型，这包括空中交通管理、适航性审定、通信基础设施及社区融合。新型航空器将超出目视视距（BVLOS）运行，实现按需调度，并经常采用自主或半自主模式。这种动态运行模式要求系统具备新的可扩展性、适应性和智能水平，仅凭人工或传统流程已无法予以管理。

2.1.3 人工智能日益被视为一项可行方案，以应对先进空中出行运营日益增长的复杂性和数据密度。然而正如 FAA《人工智能安全保障路线图（第一版）》所强调的那样，当前航空安全保障框架尚未具备处理实时运行且能持续学习进化的自适应系统的能力。这导致基于人工智能的航空系统在认证程序、验证方法和信任建立机制方面存在重大缺口。

2.1.4 此外，人工智能系统标准的缺失——主要源于各国及国际层面人工智能治理与认证做法的碎片化——有可能破坏全球互操作性，并导致各国监管不一致。标准不统一可能阻碍先进空中出行系统的可扩展性，并危及公众对人工智能所支持的航空服务的信心。

2.2 运行挑战和地区挑战

2.2.1 空域饱和进一步加剧了这一挑战。截至 2023 年，美国商业空中交通量已恢复至接近疫情前水平，单月运送旅客超过 7 750 万人次，且预计未来数年将保持稳定增长态势。

2.2.2 与此同时，截至 2022 年 12 月，美国小型无人航空器系统（sUAS）机队总规模约达 242 万架，其中娱乐用途 169 万架，商业用途 72.7 万架。到 2027 年，娱乐用无人机数量预计将达到 182 万架，较 2022 年增长 7.8%；而商用机队预计将增至 95.5 万架，同期增幅达 31.4%。总体而言，这意味着到 2027 年小型无人航空器的机队总规模将达 278 万架，五年间实现 14.9% 的增长。这种持续扩张凸显了无人机在商业与娱乐领域日益重要的作用，并强调了其对美国空域整合、监管框架及基础设施规划的日益增强的影响。此外，美国联邦航空管理局预计每年将生产多达 250 架垂直起降航空器，这标志着先进空中出行系统和城市航空运输的运营化迈出了重要一步。

2.2.3 在巴西，巴西航空工业公司旗下子公司 Eve Air Mobility 正引领电动垂直起降（eVTOL）航空器的开发，该技术有望对城市出行产生重大影响，尤其是在圣保罗和里约热内卢等拥堵城市。Eve 的整体做法不仅聚焦于航空器本身，更致力于构建完整的城市空中出行（UAM）生态系统，涵盖垂直机场、城市空中交通管理系统及多式联运整合。该公司联合巴西国家民航局（ANAC）、巴西空域管制局（DECEA）及其他关键利益相关方，发布了巴西首个针对里约热内卢市运营的城市空中出行运营概念（CONOPS）。该举措旨在确保电动垂直起降（eVTOL）服务在城市环境中的安全可持续引入，为其他大都市地区提供可复制的示范模型。

2.2.4 Eve 与 Revo 及国际直升机公司（OHI）的合作伙伴关系旨在将多达 50 架电动垂直起降航空器引入圣保罗空域，将现有直升机航线转型为全电动、更安静且更可持续的运行。这一转变预计将大幅缩短通勤者的出行时间，缓解道路拥堵，降低碳排放，为城市的环境目标做出贡献。然而，这种新的电动垂直起降交通流将与 400 余架注册直升机一起运行，而这些直升机目前每日执行近 2 200 次起降，从而形成高度复杂且拥挤的低空空域，亟需先进的交通管理解决方案来保障安全与效率。

2.2.5 巴西空域管制局（DECEA）与国家民航局（ANAC）正积极构建管理框架和系统以应对这一增长态势，包括推动垂直起降航空器和无人航空器系统从目视飞行规则向数字飞行规则过渡。核心挑战包括更新空域分类体系、强化通信和监视基础设施，以及采用人工智能驱动的交通管理进行实时冲突检测与化解。若没有这些技术进步，巴西日益拥挤的空域的安全与效率恐将受损。

2.2.6 这些新型航空器将与通用航空、商业航班及日益增多的无人机共享本已拥挤的空域，形成复杂的混合空域环境。管理此类环境需依靠具备实时冲突化解、交通优先级排序及风险缓解能力的自主或人工智能辅助协调系统。

2.2.7 因此，即使配备数字辅助，以人为中心的交通管理系统仍无法安全高效地管理日益多样化、高速化、大流量的运行。美国联邦航空管理局（FAA）的先进空中出行实施战略明确承认了这一局限性，呼吁建立由先进自动化技术支撑的新型交通管理范式。若不整合基于人工智能的决策支持工具，空域系统将无法扩展以满足预期需求。

2.2.8 在此背景下，国际民航组织的领导作用对于推动国际协调并制定统一指导方针而言至关重要，以便实现人工智能技术的安全有效融合。若缺乏主动参与，随着人工智能系统的普及，全球航空系统可能面临运行效率低下、安全盲点和系统性风险加剧的问题。

2.3 益处及与国际民航组织战略目标的一致性

2.3.1 设立航空领域人工智能研究组，可直接支持国际民航组织正式战略框架中概述并于《国际民航组织 2026-2050 年战略计划》中重申的全部五项战略目标。

2.3.2 首先，这一举措旨在加强全球民用航空安全。基于人工智能的系统整合被视为一种有前途的能力，可以缓解共享空域里日益增多的垂直起降航空器和无人航空器系统带来的安全风险。人工智能工具能帮助管理新型航空器带来的高密度和运行多样性，为人类运营人和自主运营人提供实时风险评估、自适应自动化和增强的态势感知能力。

2.3.3 研究组也将致力于提高全球民航系统能力并改进效率。随着空域用户类型日益多元化，尤其在低空城市走廊区域，传统空中交通管理系统将无法跟上步伐。人工智能服务可以为可扩展的冲突化解、航迹优化以及有人/无人飞行的无缝融合提供关键支持。

2.3.4 在民航安保与简化手续领域，人工智能系统在监控自主运行、检测异常情况、防范未经授权进入或滥用无人航空器系统方面将发挥日益重要的作用。协调统一的全球政策、互操作性和监督机制将有助于确保运行安全和安保，同时推动快速创新。

2.3.5 从经济角度而言，研究组的成立将支持培育健全且经济可行的民航体系。标准化的人工智能框架可降低认证成本、提高跨境互操作性，并加快城市空中出行运营人等新进入者的市场准备。这将创造公平增长机遇，并支持国际民航组织包容性与可持续发展的目标。

2.3.6 最后，尽管人工智能整合的核心驱动力是安全与效率，但基于人工智能的航空器与空域管理亦可将民航活动对环境的不利影响降至最低。垂直起降航空器有望实现减排降噪运行，助力国际民航组织实现长期环境目标，包括 2050 年净零碳排放的目标。

3. 结论

3.1 随着传统商业航空的同步增长、无人航空器系统的普及以及垂直起降航空器的快速兴起，全球空域系统日益复杂，这为民用航空创造了变革性机遇。这种演变在巴西、欧洲和美国等地区尤为显著，这些地区已感受到先进空中出行在运营、监管和技术层面的影响。

3.2 在巴西，圣保罗和里约热内卢等城市中心正承受着密集低空运行的压力。圣保罗每日已有逾 400 架直升机运行，加之计划于 2027 年前部署电动垂直起降机队，空域管理的复杂性正急剧攀升。巴西首份城市空中出行运营概念（UAM CONOPS）的联合发布，既彰显了该国推动以安全可持续的方式融合这些技术的决心，也凸显了采用人工智能交通管理系统应对日益增长需求的紧迫性。

3.3 美国联邦航空管理局报告称，商业空中交通强劲复苏，并预计无人航空器系统和先进空中出行将继续增长。其规划强调需针对人工智能和自主系统调整认证与监督模式。在欧洲，欧洲航空安全

局《2025 年欧洲航空安全计划（EPAS）》第三卷同样将人工智能、数字韧性和无人航空器系统的整合列为优先事项，并指出跨境空域复杂性与快速创新正在挑战现有监管框架。

3.4 关键在于，以人为中心的空中交通管制与安全监督模式将很快不再足以管理空域用户的速度、规模和多样性。随着航空系统向更高水平的自主性、适应性行为和分布式决策演进，人工智能赋能工具将成为保障安全、效率和公众信心的核心要素。

3.5 为应对这些挑战，本工作文件建议设立一个隶属于空中航行委员会（ANC）的航空领域人工智能应用研究组。该研究组将提供一个全球论坛，用于审视人工智能使用案例、查明安全与监管差距，并制定技术和运行指南，推动人工智能技术在民航所有领域的融合。

— 完 —