



第七次世界范围航空运输会议（ATCONF/7）

2026 年 11 月 16 日至 20 日，蒙特利尔，总部

议程项目 4： 新兴技术、新商业模式及其他相关方面

4.3： 利用航空运输数据与数字生态系统实现无缝隙、有保障且有韧性的运行

对人工智能采取协调一致、基于风险的方法

（由航空航天工业协会国际协调委员会（ICCAIA）和
国际公务航空委员会（IBAC）提交）

执行摘要

本文件从国际制造商的视角，阐述了人工智能和机器学习（AI/ML）所带来的经济效益和风险，以及采用协调一致、基于风险的标准化方法的必要性。AI/ML 是一系列突破性技术，可以通过催生新产品及相关市场，同时提高传统和新兴领域的运行效率并降低成本，为航空业带来变革。然而，AI/ML 可能伴随新的风险，需要采取适当且与风险相称的应对措施。应认识到，监管不足和过度监管都会对经济造成损害。监管不足可能导致影响整个行业的安全问题，而过度监管则会延缓航空业从 AI/ML 中获益的进程，甚至使其无法获益。

行动： 恳请会议：

- a) 认识到，如果以安全、可靠和负责任的方式实施人工智能和机器学习，可为民用航空带来显著的经济、运行和安全效益；

¹ 中文、阿拉伯文、英文、法文、俄文和西班牙文版本由 ICCAIA 和 IBAC 提供。

b) 鼓励 ICAO:	
i. 推动对 AI/ML 采取协调一致、基于风险的治理方法，采用清晰统一的定义和适用范围，使治理方法与预期功能和运行风险相称，重点关注安全影响，促进国际协调，以避免监管要求碎片化； ii. 建立机制，通过与广泛的航空业利益攸关方协商，制定航空领域共同的 AI/ML 基准定义（包括关键定义和术语）以及全球 AI/ML 监管方法。利益攸关方包括涉及不同航空器类别和运行模式的航空器及系统制造商和运营人；同时应认识到，风险特征以及适用的合格审定和运行框架可能因航空器类别不同而有所差异；以及 iii. 借鉴现有行业工作，以区分有证据支持的风险与推测性担忧；确定哪些风险已由现有航空安全框架加以应对，哪些风险仍需要额外指引；通过比较航空领域特定的 AI/ML 框架和跨行业 AI/ML 框架，找出促进国际协调一致的机会；识别潜在的缺口、重叠和不一致之处；评估不同做法是否会给合格审定、验证和国际部署带来负担。	
战略目标:	本工作文件涉及战略目标 — 航空运输经济发展确保实现经济繁荣和全民社会福祉。
财务影响:	不适用
参考文件:	不适用

1. 引言

1.1 人工智能和机器学习（AI/ML）有望为航空业带来变革，而不仅仅是改善现状。AI/ML 并非单一技术，而是涵盖广泛的技术和方法，其中一些已经存在数十年。如今，AI/ML 日益受到重视，反映出整个航空业数字化程度提高、计算能力增强，以及运行和工程数据的可获取性不断提升。

1.2 AI/ML 可通过提升安全性和可靠性、改进维修、制造、空中交通管理和运行决策流程等方式，为整个航空生命周期带来切实的运行效益，进而产生显著的积极经济影响。优化现有系统、充分发挥技术能力并推动突破性创新，也有助于提升安全性、简化运行流程，同时促进新产品和服务概念的形成。

1.3 AI/ML 在分析大量数据集时尤其具有价值，可用于识别模式、趋势、异常或相关性，而这些内容可能难以由人类专家持续稳定地或大规模检测。这有助于更早发现根本原因、改进分析，更有效地排查故障和做出决策，同时还可用于开发具备新能力的智能模型，而安全关键系统目前尚未部署这些能力。

1.4 AI/ML 可能实现更高效的全新自动化形式，包括优化更复杂的基于物理原理的计算、引入机器感知能力，以及在人机界面中实现更自然的交互。潜在应用包括检查和跟踪状况，以及为飞行员、管制员、维修人员和未来先进空中出行的运行提供支持。例如，通过优化基于物理原理的计算，可以最大限度提升受硬件限制的解决方案所能实现的功能。

1.5 同时，引入机器/计算机视觉等基于感知的技术，能以成本更低的传感器来实现无人驾驶航空器系统（UAS）所需的感知与避让功能；或用于跑道障碍探测，减少对激光雷达或雷达等更传统且成本更高的系统的依赖。更自然、更“类人”的交互能力还可以通过自动翻译、监测飞行员对空中交通管制员指令的遵从情况，以及在高工作负荷情况下为飞行员和空中交通管制员提供支持，推动国际航空体系协调一致。

2. 讨论

2.1 AI/ML 可催生新的航空产品，有助于拓展市场，包括无人驾驶航空器系统（UAS）和垂直起降（VTOL）“空中出租车”等市场。AI/ML 还可以通过在现有航空器上实现新的安全增强功能、提升工程效率、实现健康监测和预测性维修功能，以及在制造和服役过程中检测并降低缺陷或损坏风险，改进现有航空活动。

2.2 如果没有正确理解、实施或监督 AI/ML，且没有引入适当的防护措施，AI/ML 也会带来风险。此类风险可能源于人的因素，包括设计或实施错误、人员对 AI 的不当依赖、因过度信任或自满导致操作人员表现下降，以及自主或智能系统发生故障时，影响机组人员安全恢复对航空器控制的能力。

2.3 部分与 AI/ML 相关的风险，是航空业目前已在管控的风险或其他行业已观察到的风险的延伸。向 AI/ML 转型为增强人类专业能力带来了重大机遇，可推动设计、制造和运行领域的效率显著提升。虽然技能要求发生变化是任何技术演进的自然结果，但重点应放在提升员工技能，使其能够将 AI 作为决策支持工具加以利用，而不是将 AI 视为导致“技能退化”的因素。

2.4 其他与人为因素有关的风险则得到相对较少的证据支持，更多反映了对陌生技术的广泛担忧。为保障这些技术进步带来的经济价值，监管工作必须严格以实证安全数据和实际运行情况为依据。如果监管以推测性担忧而不是可证实的风险为依据，就会造成不必要的合规负担，并阻碍那些推动成本效率提升和市场扩张的创新。

2.5 针对这些风险，目前不同司法管辖区对 AI/ML 的监管理念存在显著差异。一些地区正在采取高度预防性的做法，除非证明安全，否则限制大多数 AI/ML 用途；而另一些地区则考虑采取逐案批准的方式。对于直接影响航空业的 AI/ML 应用，监管范围也有所不同：有的仅限制航空器上的 AI/ML 应用，而有些则涵盖任何可能产生安全影响的 AI/ML 应用。AI/ML 的定义同样存在差异，从包括专家系统在内的宽泛定义，到仅聚焦于特定技术的狭义定义，例如近来在公众中日益流行的生成式人工智能。目前，全球在 AI/ML 监管方面缺乏协调一致，直接对国际贸易和经济增长形成阻力。从过度预防性的禁止措施到碎片化的定义，不同的监管做法造成了严重的市场准入壁垒。碎片化会成倍增加合格审定成本，延长产品上市时间，并造成不确定性，从而影响长期资本投资。

2.6 航空业是安全关键行业，事故一旦涉及采用 AI/ML 的系统，就可能影响公众对整个航空业的信心。因此，行业和监管机构都希望为 AI/ML 的实施和部署建立最低基准安全标准。与此同时，过度、不明确或不相称的监管可能阻碍 AI/ML 的开发和实施，并延缓有益创新的落地，推迟经济收益的兑现。因此，AI/ML 框架应与预期功能和运行风险相称，避免采取“一刀切”的做法，避免对创新造成不必要的限制，包括规模较小或新兴航空领域的创新。此外，缺乏协调一致的监管会带来安全风险，还可能无意中促使一些参与者滥用监管差异，从而导致不公平竞争。

2.7 对 AI/ML 的监管，应根据具体应用的安全关键程度，采取相称且差异化的方式，而不是对这项技术的所有用途统一采用同一标准。这种渐进式、基于风险的方法，可将一项重要原则落到实处：应避免过度或与风险不相称的监管。缺少这种差异化，AI/ML 监管就可能会默认采用最严格的标准，而这种标准通常以飞行关键应用场景为基准，最终形成单一、无差别的监管方式，给较低风险的应用带来负担，而近期相当一部分经济 and 运行效益预计正是通过这些应用实现的。

3. 结论

3.1 AI/ML 可通过提升安全性和可靠性、改进维修、制造、空中交通管理和运行决策流程等方式，为整个航空生命周期带来切实的运行效益，进而产生显著的积极经济影响。AI 可帮助解决 ATConf/7-WP/144 中指出的部分供应链问题，例如简化设计和合格审定流程、优化生产规划，以及提高维修生命周期管理的有效性。

3.2 AI/ML 既带来重大机遇，在管理不当时，也会伴随真实存在的安全风险。有必要设定最低安全门槛，以保护公众并维持公众对整个航空业的信心。

3.3 全球范围内不一致的监管、适用范围和定义会增加在国际范围内运营的产品的合格审定、验证和部署成本，并带来安全风险。这些差异还会造成不确定性，让人无法确定现有或未来技术能否被不同市场接受。

3.4 过度、不明确或与风险不相称的监管可能不必要地延缓或阻碍 AI/ML 赋能应用和产品的采用，从而限制其在安全、运行和经济方面带来的效益。

3.5 随着各国制定相关法规，航空业将需要一套全球协调一致且与风险相称的框架，用于规范监管和安全使用 AI。这样的框架将降低合规成本，促进跨境创新，确保航空业充分利用 AI/ML 实现经济繁荣并增进全民社会福祉，同时推动监管协调一致，并确保相关做法适用于不同航空器类别、运行模式和运行风险水平。