A42-WP/467
TE/185
29/7/25

منظمة الطيران المدني الدولي

ورقة عمل

الجمعية العمومية – الدورة الثانية والأربعون

اللجنة الفنية

البند رقم ٢٤: المبادرات ذات الأولوية في مجالَيْ السلامة الجوية والملاحة الجوية

تشكيل مجموعة دراسة بشأن تطبيق الذكاء الاصطناعي في مجال الطيران

(ورقة مُقدَّمة من البرازيل)

الموجز التنفيذي

في ظل تزايد استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال الطيران، ولا سيما فيما يتعلق بالنُظُم غير المأهولة ونُظُم التنقّل الجوي في المناطق الحضرية (UAM) وعمليات المجال الجوي عالي الكثافة، بقتضي الأمر اهتماما دوليا عاجلا. وتقترح هذه الورقة تشكيل مجموعة دراسة تابعة للجنة الملاحة الجوية لتقييم آثار الذكاء الاصطناعي في مجالات السلامة والترخيص وتكامل المجال الجوي والتحقق من صحة النظام.

الإجراءات: يُرجى من الجمعية العمومية القيام بما يلي:

أ) التسليم بضرورة قيام الإيكاو بقيادة التنسيق العالمي بشأن استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال الطيران؛

ب) دعم تشكيل مجموعة دراسة تابعة للجنة الملاحة الجوية وتكون معنية بتطبيق الذكاء الاصطناعي.

الأهداف الاستراتيجية:	تتعلق ورقة العمل هذه بالهدفين الاستراتيجيين: "ضمان السلامة والأمن لكل رحلة جوية" و"ضمان أن يوفر الطيران للجميع تنقلاً سلساً وميسّراً وموثوقاً"
الآثار المالية:	يُتوقع أن تُنفَّذ الأنشطة في حدود الموارد المتاحة للإيكاو، بدعم من مساهمات من الدول الأعضاء
المراجع:	التقرير البيئي الصادر عن الإيكاو لعام ٢٠٢٥ دول الإيكاو تعتمد الهدف العالمي الطموح للوصول بصافي الانبعاثات الكربونية الناجمة عن عمليات الطيران الدولية إلى الصفر بحلول عام ٢٠٥٠ الخطة الاستراتيجية للإيكاو ٢٠٢٦–٢٠٥٠ الإيكاو: التأثير التحويلي للذكاء الاصطناعي في مجال الطيران الإيكاو: مجموعة أدوات نُظُم الطائرات غير المأهولة

١- المقدمة

١-١ يتزايد الاعتراف بالذكاء الاصطناعي، ولا سيما التعلم الآلي، ضمن عوامل التمكين الحاسمة لمستقبل الطيران المدني. فمن إدارة الحركة الجوية وأنظمة الطائرات إلى الصيانة والتدريب والسلامة التشغيلية، يتمتع الذكاء الاصطناعي بقدرة تحويلية في مجال الطيران من خلال تعزيز الأداء والسلامة والكفاءة مع معالجة التعقيد المتزايد والحجم المتنامي للعمليات الجوية.

١-٢ ويشهد الطيران العالمي تحولا كبيرا مع ظهور تكنولوجيات مثل نُظُم التنقّل الجوي المتقدم ونُظُم الطائرات غير المأهولة وطائرات الإقلاع والهبوط العموديين، وهي تطورات تفتح الباب أمام مستخدمين جدد للمجال الجوي وتقدم نماذج تشغيلية جديدة تتطلب قدرات دينامية على اتخاذ قرارات قائمة على البيانات بما يتجاوز ما يمكن أن تدعمه الأنظمة التقليدية التي يديرها الإنسان. وقد سبق أن أبرز ذلك كل من خطة تنفيذ نُظُم التنقّل الجوي المتقدم الصادرة عن إدارة الطيران الاتحادية (٢٠٢٣) والمجلد الثالث من الخطة الأوروبية للسلامة الجوية الصادرة عن وكالة السلامة الجوية التابعة للاتحاد الأوروبي (٢٠٢٥).

١-٣ وفي الوقت ذاته، تؤكد خريطة طريق إدارة الطيران الاتحادية لضمان سلامة الذكاء الاصطناعي على الحاجة الملحة إلى إعداد أطر قوية لترخيص المهام المدعومة بالذكاء الاصطناعي والتحقق من صحتها ودمجها في الأنظمة التي تُعد السلامة عنصراً حرجاً فيها. بيد أنه في غياب التنسيق والتوجيه على الصعيد الدولي، قد تعتمد الدول الأعضاء مناهج عمل متشرذمة قد تضر بالقابلية للتشغيل البيني العالمي والسلامة والتناغم التنظيمي.

١-٤ وتقترح ورقة العمل هذه تشكيل مجموعة دراسة مكرّسة تابعة للجنة الملاحة الجوية، باعتبارها الهيئة الفنية الرئيسية التي تعمل تحت سلطة مجلس الإيكاو، وتكليفها بتقييم تطبيق الذكاء الاصطناعي في مجال الطيران المدني، ووضع إرشادات فنية وتنظيمية وتشغيلية لدعم الدمج الآمن والمنسق لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في جميع أنحاء القطاع.

٢- المناقشة

٢-١ التحديات المنهجية أمام التفاعل بين نُظُم التنقّل الجوي المتقدم والذكاء الاصطناعي

٢-١-١ يواجه قطاع الطيران نقلة نوعية مع ظهور عمليات التنقّل الجوي المتقدم ونُظُم الطائرات غير المأهولة وطائرات الإقلاع والهبوط العموديين. وهذه التكنولوجيات الناشئة آخذة في توسيع الوصول إلى المجال الجوي، لا سيما على ارتفاعات منخفضة وفي البيئات الحضرية المكتظة بالسكان. ومع ذلك، فإن دمجها في المجال الجوي يحمل تحديات كبيرة لأنظمة الملاحة الجوية التقليدية وهياكل مراقبة السلامة والأطر التنظيمية.

٢-١-٢ وفقا لخطة تنفيذ التنقّل الجوي المتقدم الصادرة عن إدارة الطيران الاتحادية، سيتطلب دمج نُظُم التنقّل الجوي المتقدم تحولا على نطاق مجالات تشغيلية متعددة، يشمل إدارة الحركة الجوية وترخيص الصلاحية للطيران والبنية التحتية للاتصالات والدمج المجتمعي. وستعمل طرازات الطائرات الجديدة هذه خارج نطاق المتابعة البصرية، عند الطلب، وغالبا بشكل مستقل أو شبه مستقل. ويتطلب هذا النموذج التشغيلي الديناميكي مستويات جديدة من القابلية للتطبيق على نطاقات مختلفة والقدرة على التكيف فضلا عن الأنظمة الذكية، وذلك ما لا يمكن إدارته من خلال العمليات اليدوية أو القديمة فقط.

٢-١-٣ ويتزايد النظر إلى الذكاء الاصطناعي باعتباره حلا قابلا للتطبيق لمعالجة التعقيد المتزايد وتزايد كثافة البيانات المرتبطة بعمليات التنقّل الجوي المتقدم. ومع ذلك، فكما تؤكد خريطة طريق إدارة الطيران الاتحادية لضمان سلامة الذكاء الاصطناعي (الإصدار الأول)، فإن أطر ضمان السلامة الجوية الحالية ليست مجهزة بعد للتعامل مع الأنظمة القابلة للتكيف التي تعمل في الوقت الفعلي وتتعلم ذاتيا أو تتطور بمرور الوقت. الأمر الذي يؤدي إلى حدوث فجوات حرجة في إجراءات الترخيص ومنهجيات التحقق وآليات بناء الثقة من أجل نُظُم الطيران المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

٢-١-٤ وعلاوة على ذلك، فإن الافتقار إلى قواعد قياسية خاصة بنظم الذكاء الاصطناعي، الذي يرجع في الغالب إلى تشرذم النهج الوطنية والدولية لإدارة الذكاء الاصطناعي وإصدار التراخيص، يهدد بتقويض القابلية للتشغيل البيني العالمي وخلق

أوجه عدم تناسق تنظيمية بين الدول. ويجدر الإشارة إلى أن عدم اتساق القواعد القياسية يمكن أن يعوق قابلية نُظُم التنقّل الجوي المتقدم للتطبيق على نطاقات مختلفة، ويخاطر بثقة الجمهور في خدمات الطيران المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

٢-٢ التحديات التشغيلية والإقليمية

٢-٢-١ تزداد تلك التحديات حدة مع تشبع المجال الجوي. فحسب الوضع السائد في عام ٢٠٢٣، عادت الحركة الجوية التجارية الأمريكية إلى سابق مستويات ما قبل الجائحة تقريبا، حيث جرى نقل أكثر من ٧٧,٥ مليون مسافر في شهر واحد، ومن المتوقع أن يستمر اتجاه هذا النمو المطرد في السنوات القادمة.

٢-٢-٢ وفي موازاة ذلك، حسب الوضع السائد في ديسمبر ٢٠٢٢، كان لدى الولايات المتحدة أسطول إجمالي يقدر بحوالي ٢,٤٢ مليون طائرة غيرة غير مأهولة، تضم ١,٦٩ مليون وحدة لأغراض الترفيه، و٠٠٠ ٧٢٧ وحدة تجارية. وبحلول عام ٢٠٢٧، من المتوقع أن يصل الأسطول الترفيهي إلى ١,٨٢ مليون وحدة، بزيادة قدرها ٧,٨٪ عن عام ٢٠٢٢، في حين من المتوقع أن ينمو الأسطول التجاري إلى ٠٠٠ ٩٥٥ وحدة، وهو ما يمثل زيادة بنسبة ٣١,٤٪ خلال الفترة ذاتها. وهذا يعني بشكل عام أنه يُتوقع أن يصل إجمالي أسطول الطائرات غير المأهولة إلى ٢,٧٨ مليون وحدة بحلول عام ٢٠٢٧، مسجلا نموا بنسبة ١٤,٩٪ على مدى خمس سنوات فقط. وهذا التوسع المطرد يؤكد على الدور المتزايد للطائرات المسيرة في كل من المجالات التجارية والترفيهية، مع تسليط الضوء على الآثار المتزايدة المترتبة على تكامل المجال الجوي والأطر التنظيمية وتخطيط البنية التحتية في الولايات المتحدة. وبالإضافة إلى ذلك، تتوقع إدارة الطيران الاتحادية إنتاج ما يصل إلى ٢٥٠ من طائرات الإقلاع والهبوط العموديين سنويا، مما يشير إلى توجه كبير نحو تشغيل نُظُم التنقّل الجوي المتقدم والتنقّل الجوي في المناطق الحضرية.

٢-٢-٣ وفي البرازيل، تقود شركة إيف للتنقّل الجوي Eve Air Mobility)، وهي شركة تابعة لشركة إمبراير (Embraer)، عملية إنتاج طائرة كهربائية عمودية الإقلاع والهبوط (eVTOL)، وهي عملية تبشر بتأثير كبير في التنقّل الجوي في المناطق الحضرية، لا سيما في المدن المكتظة مثل ساوباولو وريو دي جانيرو. وهنا، فإن شركة إيف لا تركز في نهجها الشامل على الطائرة فحسب، بل تركز أيضا على بناء منظومة كاملة للتنقّل الجوي في المناطق الحضرية، بما في ذلك مطار طائرات الإقلاع والهبوط العموديين وأنظمة إدارة الحركة الجوية في المناطق الحضرية ودمج النقل متعدد الوسائط. وقد أعدت الشركة أول مفهوم للعمليات في البرازيل من أجل التنقّل الجوي في المناطق الحضرية، حيث حُدد نطاق المشروع خصيصا للعمليات في مدينة ريو دي جانيرو، والذي جرى إعداده بالتعاون مع الوكالة الوطنية للطيران المدني (ANAC) وإدارة مراقبة المجال الجوي البرازيلية (DECEA) والجهات المعنية الرئيسية الأخرى. وتهدف هذه المبادرة إلى ضمان الإدخال الآمن والمستدام لخدمات الطائرات الكهربائية عمودية الإقلاع والهبوط في المناطق الحضرية، وتكون بمثابة نموذج قابل لتكرار تطبيقه في مناطق حضرية أخرى.

٢-٢-٤ وتهدف شراكة شركة إيف مع كل من شركة ريفو (Revo) وشركة Helicopters International SA (OHI) إلى إدخال ما يصل إلى ٥٠ طائرة كهربائية عمودية الإقلاع والهبوط في المجال الجوي لساوباولو من خلال نقل طرق طائرات الهليكوبتر الحالية إلى عمليات كهربائية بالكامل، أكثر هدوءا واستدامة. ومن المتوقع أن يؤدي هذا التحول إلى تقليل أوقات السفر بشكل كبير للركاب، وتخفيف ازدحام الطرق، وتقليل انبعاثات الكربون، مما يساهم في تحقيق الأهداف البيئية للمدينة. ومع ذلك، ستعمل حركة الطائرات الكهربائية عمودية الإقلاع والهبوط الجديدة إلى جانب أكثر من ٤٠٠ طائرة هليكوبتر مسجلة تضطلع حاليا بما يقرب من ٢٠٠ ٢ عملية إقلاع وهبوط يومية، مما يخلق مجالا جويا بالغ التعقيد والازدحام على ارتفاعات منخفضة، مما يتطلب حلولا متقدمة لإدارة الحركة الجوية ضمانا للسلامة والكفاءة.

٢-٢-٥ وتعمل إدارة مراقبة المجال الجوي البرازيلية والوكالة الوطنية للطيران المدني بشكل دؤوب على إعداد أطر وأنظمة لإدارة هذا النمو، بما في ذلك الانتقال من قواعد الطيران البصرية إلى قواعد الطيران الرقمية من أجل طائرات الإقلاع والهبوط العموديين ونُظُم الطائرات غير المأهولة. وتشمل التحديات الرئيسية تحديث تصنيفات المجال الجوي، وتعزيز البنية التحتية

للاتصالات والمراقبة، واعتماد إدارة الحركة الجوية المدعومة بالذكاء الاصطناعي لاكتشاف التعارضات وحلها في الوقت الفعلي. وبدون هذه التطورات، قد تتعرض للخطر سلامة وكفاءة المجال الجوي البرازيلي الذي يتزايد تزاحما.

٢-٢-٦ وسوف تتشارك هذه الطائرات الجديدة الأجواء المزدحمة بالفعل بطائرات الطيران العام والرحلات التجارية وعدد متزايد من الطائرات المسيرة، مما يخلق بيئة مجال جوي مختلطة ومعقدة. وتتطلب إدارة هذه البيئة أنظمة تنسيق مستقلة أو تعمل بمساعدة الذكاء الاصطناعي، بحيث تكون قادرة على حل التعارضات في الوقت الفعلي وتحديد أولويات الحركة وتخفيف المخاطر.

٢-٢-٧ لذلك، لن تتمكن أنظمة إدارة الحركة الجوية التي يديرها الإنسان، حتى مع المساعدة الرقمية، من إدارة هذه العمليات التي تتزايد تنوعا وسرعة وحجما بأمان أو بكفاءة. وتعترف استراتيجية إدارة الطيران الاتحادية لتنفيذ نُظُم التنقّل الجوي المتقدم صراحة بهذا القيد من خلال الدعوة إلى نماذج جديدة لإدارة الحركة الجوية مدعومة بتقنيات متقدمة للتشغيل الآلي. وبدون دمج أدوات دعم اتخاذ القرار القائمة على الذكاء الاصطناعي، لن تتمكن منظومة المجال الجوي من التوسع لتلبية الطلب المتوقع.

٢-٢-٨ وفي هذا السياق، تعد قيادة الإيكاو أمرا ضروريا لتعزيز التنسيق الدولي ووضع إرشادات منسقة من أجل الدمج الآمن والفعَّال لتكنولوجيات الذكاء الاصطناعي. وبدون مشاركة استباقية، قد تواجه منظومة الطيران العالمي أوجه قصور تشغيلية، ونقاط عمياء في مجال السلامة، ومخاطر نظامية متزايدة حيث تصبح الأنظمة المدعومة بالذكاء الاصطناعي أكثر انتشارا.

٢-٣ الفوائد والمواءمة مع الأهداف الاستراتيجية للإيكاو

٢-٣-١ سيدعم تشكيل مجموعة الدراسة المعنية بتطبيق الذكاء الاصطناعي في مجال الطيران بشكل مباشر جميع الأهداف الاستراتيجية الخمسة للإيكاو، وذلك على النحو المبين في إطارها الاستراتيجي الرسمي والذي تعززه الخطة الاستراتيجية للإيكاو ٢٠٢٦-٢٠٥٠.

٢-٣-٢ وتتناول هذه المبادرة، أولا وقبل كل شيء، هدف تعزيز سلامة الطيران المدني العالمي. ويُنظر إلى دمج الأنظمة القائمة على الذكاء الاصطناعي باعتبارها قدرة واعدة للتخفيف من مخاطر السلامة التي يشكلها الوجود المتزايد لأنظمة طائرات الإقلاع والهبوط العموديين ونُظُم الطائرات غير المأهولة في المجال الجوي المشترك. ويمكن لأدوات الذكاء الاصطناعي أن تساعد على إدارة الكثافة العالية والتنوع التشغيلي الذي أدخلته هذه الطرازات الجديدة من الطائرات، مما يوفر تقييما للمخاطر في الوقت الفعلي، وتشغيل آلي قابل للتكيف، وتحسين الوعي الظرفي لكل من المشغلين البشريين والآليين.

٢-٣-٣ وسوف تساهم مجموعة الدراسة أيضا في زيادة قدرات منظومة الطيران المدني العالمي وتحسين كفاءتها. ومع تشبع المجال الجوي بمجموعة واسعة من المستخدمين، لا سيما في الممرات الجوية في المناطق الحضرية على ارتفاعات منخفضة، فلن تتمكن أنظمة إدارة الحركة الجوية التقليدية من مواكبة ذلك. وهنا يمكن للخدمات المدعومة بالذكاء الاصطناعي أن توفر دعما هاما لتلافي التعارضات بمختلف نطاقاتها وتحسين المسارات والتكامل السلس بين الرحلات المأهولة وغير المأهولة.

٢-٣-٤ وفي مجال أمن الطيران المدني والتسهيلات، يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي أن تؤدي دورا متزايدا في مراقبة العمليات المستقلة، واكتشاف الحالات الشاذة، ومنع الوصول غير المصرح به أو إساءة استخدام الطائرات غير المأهولة. وسوف يساعد تنسيق السياسات العالمية وقابليتها للتشغيل البيني فضلا عن آليات المراقبة على ضمان سلامة العمليات وأمنها، مع تهيئة البيئة المواتية لسرعة الابتكارات.

٢-٣-٥ ومن منظور اقتصادي، سيدعم تشكيل مجموعة الدراسة الهدف المتمثل في تعزيز تطوير منظومة طيران مدني سليمة وقابل للتطبيق اقتصاديا. ويمكن لأطر الذكاء الاصطناعي القياسية أن تقلل من تكاليف التراخيص مع تحسين القابلية للتشغيل البيني عبر الحدود وتسريع جاهزية السوق للوافدين الجدد مثل مشغلي نُظُم التنقّل الجوي في المناطق الحضرية. مما يخلق فرصا للنمو العادل ويدعم هدف الإيكاو المتمثل في التنمية الشاملة والمستدامة.

٢-٣-٦ وأخيرا، على الرغم من أن الدوافع الأساسية لإدماج الذكاء الاصطناعي تتلخص في السلامة والكفاءة، إلا أن إدارة الطائرات والمجال الجوي المدعومة بالذكاء الاصطناعي يمكن أن تساعد أيضا على تقليل الآثار البيئية الضارة لأنشطة الطيران المدني إلى أدنى حد. ومن المتوقع أن يؤدي تشغيل طائرات الإقلاع والهبوط العموديين إلى تقليل بصمة الانبعاثات والضوضاء، مما يساهم في تحقيق أهداف الإيكاو البيئية طويلة الأجل، بما في ذلك هدف الوصول بصافي الانبعاثات الكربونية إلى الصفر بحلول عام ٢٠٥٠.

٣- الخلاصة والاستنتاج

٣-١ أدى التعقيد المتزايد لمنظومة المجال الجوي العالمي، مدفوعا بالنمو المتزامن للطيران التجاري التقليدي وانتشار نُظُم الطائرات غير المأهولة والظهور السريع لطائرات الإقلاع والهبوط العموديين، إلى خلق لحظة تحويلية للطيران المدني. ويتجلى هذا التطور بشكل خاص في مناطق مثل البرازيل وأوروبا والولايات المتحدة، حيث تكون التأثيرات التشغيلية والتنظيمية والتكنولوجية لنُظُم التنقّل الجوي المتقدم محسوسة.

٣-٢ وفي البرازيل، تتعرض المراكز الحضرية مثل ساوباولو وريو دي جانيرو لضغوط من العمليات الكثيفة على ارتفاعات منخفضة، حيث هناك أكثر من ٤٠٠ طائرة هليكوبتر تعمل الآن يوميا في ساوباولو، مع التخطيط لبدء استخدام أساطيل الطائرات الكهربائية العمودية الإقلاع والهبوط (eVTOL) بحلول عام ٢٠٢٧، مما يفاقم من سرعة تعقيد إدارة المجال الجوي. وتعبر دراسة الجدوى التي أعدت بشكل تعاوني فيما يخص عمليات نُظُم التنقّل الجوي في المناطق الحضرية في البرازيل عن التزام البلاد بالاستيعاب الآمن والمستدام لهذه التكنولوجيات، غير أنه يؤكد أيضا على الحاجة الملحة لاعتماد أنظمة إدارة الحركة الجوية القائمة على الذكاء الاصطناعي من أجل التعامل مع الطلب المتزايد.

٣-٣ وفي الولايات المتحدة، أشارت إدارة الطيران الاتحادية إلى وجود انتعاش قوي في الحركة الجوية التجارية مع توقع نمو مستمر في نُظُم الطائرات غير المأهولة ونُظُم التنقّل الجوي المتقدم. بينما تسلط خططها الضوء على الحاجة إلى صقل عمليات الترخيص والمراقبة باستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي والأنظمة المستقلة. وفي أوروبا، يعطي المجلد الثالث من الخطة الأوروبية للسلامة الجوية الأولوية أيضا للذكاء الاصطناعي وتعزيز القدرة على الصمود الرقمي واستيعاب نُظُم الطائرات غير المأهولة، مع ملاحظة أن تعقيد المجال الجوي عبر الحدود وسرعة الابتكار يمثلان تحديا للأطر التنظيمية الحالية.

٣-٤ والأهم من ذلك، أن نماذج مراقبة الحركة الجوية ومراقبة السلامة التي يديرها الإنسان لن تكون كافية في الأجل القريب لإدارة سرعة وحجم وتنوع مستخدمي المجال الجوي. ومع تطور منظومة الطيران نحو مستويات أعلى من الاستقلالية والسلوك التكيفي واتخاذ القرارات الموزعة، ستصبح الأدوات المدعومة بالذكاء الاصطناعي ضرورية لضمان السلامة والكفاءة وكسب ثقة الجمهور.

٣-٥ ومن أجل التصدي لتلك التحديات، يُقترح في ورقة العمل هذه تشكيل مجموعة دراسة بشأن تطبيق الذكاء الاصطناعي في مجال الطيران تحت سلطة لجنة الملاحة الجوية. وستوفر مجموعة الدراسة منتدى عالميا لدراسة حالات استخدام الذكاء الاصطناعي، وتحديد الثغرات في مجال السلامة والمجال التنظيمي، ووضع إرشادات فنية وتشغيلية لاستخدام تكنولوجيات الذكاء الاصطناعي في جميع مجالات الطيران المدني.

— انتهى —