A42-WP/442[1]
TE/176
29/7/25

منظمة الطيران المدني الدولي

ورقة عمل

الجمعية العمومية – الدورة الثانية والأربعون

اللجنة الفنية

البند رقم ٢٤ من جدول الأعمال: المبادرات ذات الأولوية في مجالي السلامة الجوية والملاحة الجوية

أثر عواقب تغير المناخ على تطوير إجراءات الملاحة الجوية

(ورقة مقدمة من فنزويلا (جمهورية – البوليفارية))

الموجز التنفيذي

تستعرض ورقة العمل هذه أثر تغير المناخ والتحديات الناجمة عنه على الملاحة الجوية العالمية، وتسلط الضوء على أهمية تكييف وتنفيذ استراتيجيات مستدامة، وأيضاً على مواصلة تحديث النماذج الرياضية المستخدمة في وثائق الإيكاو، إذ إن جميع هذه التدابير أساسية وحاسمة للتخفيف من آثار تغير المناخ وضمان سلامة وكفاءة الرحلات الجوية.

الإجراءات: يُرجى من الجمعية العمومية القيام بما يلي:

أ) الإحاطة علماً بمضمون ورقة العمل هذه؛

ب) النظر في مراجعة المتغيرات وتعديل بارامترات التصميم التي قد تؤثر في إجراءات الطيران الآلي لمختلف مراحل الطيران؛

ج) تشجيع استمرار تعاون الإيكاو مع هيئات الأمم المتحدة الأخرى وسائر المنظمات الدولية من أجل التخفيف من آثار تغير المناخ على الطيران؛

د) تشجيع قطاع الطيران والدول والمنظمات الداعمة على النظر في مراجعة النمذجة الجوية؛

هـ) النظر في متغيرات الأرصاد الجوية الأخرى الناجمة عن تغير المناخ والتي قد تؤثر في خطط الملاحة الجوية.

الأهداف الاستراتيجية:	ترتبط ورقة العمل هذه بالهدفين الاستراتيجيين التاليين: "ضمان السلامة والأمن لكل رحلة جوية"، و"التنمية الاقتصادية لنقل الجوي تضمن تحقيق الازدهار الاقتصادي والرفاه المجتمعي للجميع"
الآثار المالية:	ينبغي تخصيص موارد مالية لإنشاء مجموعات عمل لمراجعة البارامترات الموحدة المستخدمة في الملاحة الجوية.
المراجع:	الملحق الحادي عشر — "خدمات الحركة الجوية"

[1] قدمت فنزويلا (جمهورية – البوليفارية) هذه الورقة باللغة الإسبانية.

	الملحق السادس عشر — "حماية البيئة" الوثيقة Doc 10184، القرارات السارية (في ٢٠٢٢/١٠/٧)، القرار ٣٧-١٩ الوثيقة Doc 10031، "إرشادات بشأن التقييم البيئي للتغييرات التشغيلية المقترحة في إدارة الحركة الجوية" الوثيقة Doc 9750، "الخطة العالمية للملاحة الجوية" الوثيقة Doc 8168، "إجراءات خدمات الملاحة الجوية"، المجلد الثاني — وضع إجراءات الطيران البصري والطيران الآلي

١- المقدمة

١-١ يؤثر تغير المناخ في الملاحة الجوية العالمية تأثيراً بالغاً، مما يولد سلسلة من التحديات والاضطرابات التي تؤثر في سلامة الطيران وكفاءته وتكاليفه. وفيما يلي تفصيل لأهم الآثار:

١-٢ زيادة الاضطرابات الجوية: تتمثل أكثر العواقب تأثيراً مباشراً وإثارةً للقلق في زيادة تواتر وشدة الاضطرابات الجوية، ولا سيما اضطرابات "الهواء الخالص".

١-٣ العواصف الشديدة للغاية: الأعاصير والاعاصير المدارية والعواصف الشديدة المصحوبة برياح عاتية وبرَد وأمطار غزيرة.

١-٤ موجات الحرارة: الهواء الساخن أقل كثافة من الهواء البارد، مما يعسّر على الطائرات الحصول على ما يكفي من القوة الرافعة للإقلاع. ويمكن أن تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى فرض قيود على الوزن عند الإقلاع، ويعني ذلك تقليل عدد الركاب والأمتعة أو البضائع، وفي بعض الحالات، الحاجة إلى مدارج أطول.

١-٥ التغييرات في المسارات الجوية وزيادة استهلاك الوقود: يمكن أن تجبر التغيرات في أنماط الطقس وحدوث الظواهر الجوية القاسية الطيارين على تعديل مسارات الطيران لتجنب مناطق الاضطرابات الجوية أو سوء الأحوال الجوية. ويمكن أن تؤدي هذه الانحرافات إلى رحلات طيران أطول، وزيادة استهلاك الوقود، ومن ثَم زيادة انبعاثات غازات الدفيئة، مما يتعارض مع جهود قطاع الطيران الرامية إلى تحقيق المزيد من الاستدامة.

٢- التحليل

٢-١ يؤدي الطقس غير المتوقع وزيادة تواتر الظواهر الجوية القاسية إلى تعقيد تخطيط الحركة الجوية وإدارتها. ويجب على مراقبي الحركة الجوية وشركات الطيران التكيف باستمرار مع الظروف المتغيرة، وقد يؤدي ذلك إلى ازدحام المجال الجوي وتأخير الرحلات وزيادة الضغط التشغيلي. وبذلك يواجه الطيران العالمي سلسلة من التحديات المعقدة، التي تتطلب من قطاع الطيران التكيف مع ظروف الطقس الجديدة ووضع استراتيجيات للتخفيف من آثارها لضمان سلامة النقل الجوي وكفاءته واستدامته، بدءاً من تحسين نُظم التنبؤ بالطقس ووصولاً إلى إعداد طائرات أكثر متانة وكفاءة وتكييف البنية الأساسية للمطارات.

٢-٢ يؤدي تغير المناخ إلى زيادة تواتر وشدة الظواهر الجوية مثل الاضطرابات الجوية والعواصف الرعدية والجليد والرياح العاتية والضباب الكثيف، مما يعقد تخطيط الرحلات الجوية وأدائها ويسبب حالات تأخير وإلغاء.

٢-٣ ويؤثر تغير المناخ تأثيراً كبيراً في حسابات السرعة الهوائية الحقيقية على ارتفاعات مختلفة، وذلك من خلال تغيير كثافة الهواء بصورة أساسية. والسرعة الهوائية الحقيقية هي السرعة الفعلية للطائرة بالنسبة إلى الكتلة الهوائية التي تتحرك فيها، وهي عامل حاسم في تخطيط الرحلات الجوية وأداء الطائرات والملاحة.

٢-٤ أما جانب تغير المناخ الذي له أكبر أثر مباشر على السرعة الهوائية الحقيقية فهو ارتفاع درجة الحرارة العالمية. فالهواء الدافئ أقل كثافة من الهواء البارد. كما أن ارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء (التي تتأثر أيضاً بالاحترار) يقلل من كثافته بقدر أكبر.

٢-٥ وعندما يكون الهواء أقل كثافة، تحتاج الطائرات إلى التحرك بسرعة أكبر عبره لتوليد القوة الرافعة المطلوبة. ومن الناحية النظرية، كلما ازداد ارتفاع الكثافة (سواء بسبب ارتفاع درجة الحرارة أو ارتفاع الرطوبة أو ارتفاع الضغط)، تنخفض السرعة الجوية المحددة لسرعة هوائية حقيقية معينة. وبعبارة أخرى، للحفاظ على سرعة جوية محددة ثابتة، ستكون السرعة الهوائية الحقيقية التي تولدها الطائرة أعلى في ظروف الكثافة البالغة الارتفاع. وهذا يعني أن سرعة الطائرة في الهواء أعلى في الواقع مما يظهر مباشرة على مؤشر السرعة الهوائية.

٢-٦ ويمكن أن يؤدي ارتفاع الفروق في درجات الحرارة واشتداد قوة الرياح (أي تغيُّر سرعة الرياح أو اتجاهها على مسافة معينة) إلى زيادة الاضطرابات الجوية، بما في ذلك اضطرابات الهواء الخالص، التي يصعب التنبؤ بها. وقد يحتاج الطيارون إلى تعديل السرعة الهوائية الحقيقية أو الارتفاع لتجنب مناطق الاضطرابات الجوية، مما يعوق تحقيق كفاءة الطيران وتخطيط الرحلة الجوية.

٣- الخلاصة

٣-١ يتجلى تغير المناخ من خلال ارتفاع درجات الحرارة العالمية، والتغيرات في أنماط الضغط الجوي، والظواهر الجوية القاسية. وتؤثر هذه العوامل تأثيراً مباشراً في كثافة الهواء، التي تعد عاملاً حاسماً في أداء الطائرات ودقة الملاحة البارومترية.

٣-٢ وتشمل بعض المجالات التي يتعين أخذها في الاعتبار ما يلي:

٣-٢-١ <u>الأثر على الارتفاع البارومتري</u>. تُستخدم مقاييس الارتفاع البارومترية لقياس الارتفاع بناءً على ضغط الهواء. وإذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى مما يُفترض أن تكون في أجواء الغلاف الجوي المعياري (مثل الغلاف الجوي المعياري الدولي) المستخدمة لتصميم الإجراءات، فإن الطائرة ستكون في الواقع أعلى مما تشير إليه مقاييس الارتفاع الخاصة بها في ظل ضغط بارومتري معين.

٣-٢-٢ <u>خطأ في مسار الهبوط</u>. في حالة الاقتراب بالملاحة الرأسية البارومترية، إذا أظهرت حسابات الطائرة ارتفاعاً بارومترياً أقل من الارتفاع الفعلي بسبب ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي (انخفاض الكثافة)، فقد تجعلها نُظمها تهبط إلى مستوى أدنى من المستوى الرأسي الأمثل أو المتوقع. وقد يؤدي ذلك إلى تحليق الطائرة على ارتفاع أقل من المتوقع في النقاط الحرجة من الاقتراب، مما قد يعرضها لخطر الاصطدام بالعوائق. وعلى الرغم من أن نُظم الملاحة الرأسية البارومترية تأخذ في الاعتبار تصحيحات درجة الحرارة، فإن الزيادة في تواتر وحجم الانحرافات في درجات الحرارة بالنسبة إلى الغلاف الجوي المعياري الدولي قد تتجاوز نطاق هذه التصحيحات.

٣-٢-٣ <u>ارتفاع استهلاك الوقود</u>. للتعويض عن انخفاض كثافة الهواء عند الإقلاع أو للحفاظ على مسار الهبوط في الظروف الأدفأ، قد تحتاج الطائرات إلى مزيد من الطاقة، وهذا ما يؤدي إلى ارتفاع استهلاك الوقود، ومن ثَم زيادة الانبعاثات، فتنشأ عن ذلك حلقة تفاعل سلبية مع تغير المناخ.

٣-٣ يتعين على جميع الجهات المعنية بالطيران العالمي اتخاذ إجراءات من قبيل ما يلي:

٣-٣-١ ضرورة التكيف التكنولوجي. لا بد أن تصبح نُظم الملاحة الرأسية البارومترية وبرمجيات إدارة الطيران أكثر تطوراً لتضمين تصحيحات دقيقة وقابلة للتكيف الآني مع تبدل درجات الحرارة.

٣-٣-٢ تحديث الإجراءات. من الضروري مراجعة معايير تصميم إجراءات الاقتراب وتحديثها باستمرار لمراعاة آثار تغير المناخ على كثافة الهواء وانتشار الأخطاء. وباختصار، يؤثر تغير المناخ في كثافة الهواء من خلال تغيير درجة الحرارة والضغط الجوي. ولهذا التغير في كثافة الهواء أثر مباشر على دقة نُظم الملاحة، مثل الملاحة الرأسية البارومترية، التي تعتمد على الارتفاع البارومتري.

٣-٤ ويمكن أن يؤدي ذلك إلى انحرافات في نمط النزول المتوقع وأن يعرّض سلامة وكفاءة العمليات الجوية للخطر.

٣-٥ ونحن على ثقة من أن قطاع الطيران يعمل على التكيف مع هذه التغيرات من خلال التحسينات التكنولوجية واستعراض الإجراءات وتعزيز الوعي التشغيلي. وبناءً على ذلك، يمكننا أن نؤكد أن تغير المناخ ليس مجرد مشكلة بيئية تهم قطاع الطيران، بل هو تهديد مباشر ومتزايد لسلامة وكفاءة واقتصاد العمليات الجوية في جميع مراحلها. وستكون قدرة القطاع على التكيف مع هذه الظروف المتغيرة عاملاً حاسماً لضمان استدامة واستمرارية السفر الجوي العالمي.

— انتهى —