AN-Conf/13-WP/114
14/9/18

منظمة الطيران المدني الدولي

ورقة عمل

المؤتمر الثالث عشر للملاحة الجوية

مونتريال، كندا، من ٩ إلى ٢٠١٨/١٠/١٩

اللجنة (أ)

البند ٣ من جدول الأعمال: تحسين النظام العالمي للملاحة الجوية
البند الفرعي ٣-٥: المسائل الأخرى المتعلقة بإدارة الحركة الجوية

النظام المرجعي الذي يستخدم الشمالي الحقيقي

(ورقة مُقدَّمة من كندا)

الموجز التنفيذي

تقتضي الفقرة ٩-٨-١ من الملحق الرابع – *خرائط الطيران* في طبعته الحادية عشرة أن تكون الاتجاهات الزاوية ومسارات الطائرات وأشعة المنارة اللاسلكية ذات الترددات العالية جداً في جميع الاتجاهات بالدرجات المغناطيسية إلا في ظروف استثنائية حيث تكون الاتجاهات الزاوية ومسارات الطائرات وأشعة المنارة اللاسلكية ذات الترددات العالية جداً في محاذاة الشمال الحقيقي أو شمال الشبكة. وفي المؤتمر الثاني عشر للملاحة الجوية (AN-Conf/12)، قدمت كندا اقتراحاً في الفقرة ٤-٣-٥ من ورقة العمل AN Conf/12-WP/147، بالانتقال من النظام المرجعي الذي يستخدم الشمال المغناطيسي إلى النظام المرجعي الذي يستخدم الشمال الحقيقي.

وبتحول أنظمة الطائرات من البيئة التناظرية إلى البيئة الرقمية، تسببت التناقضات في التباين المغناطيسي، وستتسبب باستمرار، في وقوع أخطاء تشغيلية في إجراءات الملاحة القائمة على الأداء (PBN) والمزاوجة التلقائية بين عمليات الاقتراب والهبوط من الفئتين الثانية والثالثة وترميز إعلان الطيارين منتظم الإصدار (AIRAC 424) وجميع مراحل المسار والاتجاه. ولن تعاني مراحل المسار نفس أخطاء قطع المرحلة التي تعانيها مراحل المسار والاتجاه، غير أن أخطاء شاشة العرض قد تكون موجودة.

وللإقلاع عن ممارسة استخدام النظام المرجعي الذي يستخدم الشمال المغناطيسي من أجل الاتجاهات الزاوية ومسارات الطائرات وأشعة المنارة اللاسلكية ذات الترددات العالية جداً في جميع الاتجاهات والتحول بدلاً من ذلك إلى نشر واستخدام النظام المرجعي الذي يستخدم الشمال الحقيقي فقط، يجري تصميم الإجراءات بمرجعية الشمال الحقيقي ومن ثم تحويلها إلى الشمال المغناطيسي. وتستخدم معظم الطائرات الكبيرة وحدات مرجعية بالقصور الذاتي ونُظم إدارة الرحلة التي تُجري الحسابات باستخدام الشمال الحقيقي ومن ثم تُضيف قيم التباين المغناطيسي من الجداول لعرض المعلومات على الطيارين. وتتوفر الآن الجيروسكوبات (المستشعرات المدوارة) بتكلفة تنافسية للطائرات متوسطة الحجم والصغيرة باستخدام تقنية الألياف الضوئية (FOG) والنظام الكهروميكانيكي الصغير (MEMS). وتقوم الطائرات الصغيرة التي تستخدم قواعد الطيران البصري (VFR) بحساب مسارات الطيران باستخدام مرجعية الشمال الحقيقي ومن ثم تحويلها إلى مرجعية الشمال المغناطيسي قبل الطيران.

وتنفق شركات النقل الجوي ومقدمو خدمات الملاحة الجوية وشركات إنتاج معدات إلكترونيات الطيران الأصلية (OEMs) الملايين سنوياً من أجل إدارة التباين المغناطيسي.

أما التكنولوجيا المتاحة اليوم، فقد جعلت من نظام المرجعية المغناطيسية نظاماً عتيقاً، يُزيد من التكاليف التي يتكبدها مقدم خدمات الملاحة الجوية والمشغل الجوي ويتسبب في عدم استقرار مسار الطائرة نظراً لوجود اختلافات طفيفة إلى معتدلة في التباين المغناطيسي.

الإجراء المطلوب: المؤتمر مدعوٌ إلى الموافقة على التوصية الواردة في الفقرة رقم ٣-٦.

١ – المقدمة

١–١ لطالما شكّل التباين المغناطيسي مشكلة بشأن تصميم وتشغيل الإجراءات الآلية بدءاً من مرحلة أثناء الطريق حتى مرحلتي المنطقة النهائية والاقتراب. وبينما تستخدم النُظم المرجعية لتحديد الارتفاع والاتجاه (AHRS) والنُظم المرجعية لتحديد الاتجاه المغناطيسي (MHRS) صمامات التدفق المغناطيسي والمستشعرات المغناطيسية للإرشاد الاتجاهي، تعمل تكنولوجيا الوحدات المرجعية بالقصور الذاتي (IRU) وجيروسكوب الألياف الضوئية (FOG) والنُظم الكهروميكانيكية الصغيرة (MEMS) بمرجعية الشمال الحقيقي واستخدام جدول التباين المغناطيسي للبحث عن القيم المحلية ومن ثم عرض البيانات المغناطيسية على شاشة الطائرة ومن أجل الطيار. وتجري معايرة النظام المرجعي لتحديد الارتفاع والاتجاه (AHRS) من أجل الخطأ المغناطيسي مرة واحدة سنوياً على الأقل، أما الوحدة المرجعية بالقصور الذاتي (IRU) / نظام إدارة الرحلة الجوية (FMS) / نظام الرؤية الاصطناعية (SVS)، فليس لديها حتى الآن جداول تباين مغناطيسي، ولا يلزمها ذلك عموماً.

٢ – المناقشة

٢–١ أجرت إدارة الطيران الاتحادية (FAA) في أنكوراج بولاية ألاسكا في عام ٢٠١٢ تحديثاً للتباين المغناطيسي وعمليات الاقتراب من أجل مطار تيد ستيفنز أنكوراج الدولي (PANC) لتعكس القيم الحالية. وقد تسبب ذلك في عدم التطابق بين التباين المغناطيسي المستخدم في مختلف نُظم الطائرات وقاعدة بيانات الملاحة الجوية في نظام إدارة الرحلة الجوية. ونتيجة لذلك، تعرضت طائرات البوينغ (باستثناء بوينغ ٧٣٧) لإرشاد جانبي غير مقبول عند الاضطلاع بعمليات اقتراب من الفئتين الثانية والثالثة (CAT II/III). ومن أجل تصويب المشكلة، أعادت إدارة الطيران الاتحادية التباين المغناطيسي إلى القيمة غير الصحيحة التي كانت، على الرغم من ذلك، قابلة للاستخدام في الطائرات إلى أن يتمكن مشغلو الطائرات من تحديث جداول التباين المغناطيسي الخاصة بالنظام المرجعي بالقصور الذاتي لديهم. وكانت الاتجاهات التي توفرها الوحدات المرجعية بالقصور الذاتي في المقام الأساسي تتعارض، على مستوى نُظم الحاسب الآلي، مع نظام التحكم الآلي في الطيران، مما يؤدي إلى دحرجة الطائرة للأمام والخلف عند استخدام نظام الهبوط الآلي من الفئتين الثانية والثالثة (CAT II/III).

٢–٢ عانى مشغلو الطائرات الذين لديهم وحدات مرجعية بالقصور الذاتي من أجل بيانات الاتجاه من عدم استقرار عمليات الاقتراب من الفئتين الثانية والثالثة (CAT II/III) في المطارات الكندية. وعند التحقيق في الأمر، تبيَّن أن جداول التباين المغناطيسي للطائرات كانت غير محدَّثة منذ ما يتراوح بين ١٠ سنوات و١٥ سنة. فالتغيرات في التباين المغناطيسي وقيم التاريخ المرجعي (EPOCH) صارت تسير بشكل أسرع. وقد أوصت الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) بإجراء تحديث عند انتصاف الدورة للنموذج المغناطيسي العالمي لعام ٢٠١٥ نظراً لأن التوقعات لم تعد صالحة لعام ٢٠٢٠.

٢–٣ وفي حين أن حالة جداول التباين المغناطيسي للمشغلين الجويين الآخرين غير معروفة، إلا أنه يجري تزويد كل مشغل بمعلومات من الشركة المنتجة للوحدة المرجعية بالقصور الذاتي (IRU) الخاصة به بشأن حالة التباين المغناطيسي لديه، وعلى المشغل أن يحدد الكيفية التي تتأثر بها عملياته نتيجة لذلك التغير في التباين المغناطيسي.

٢–٤ أثناء العمل على المسارات من خلال نظام إدارة الرحلة الجوية، فإن الطائرة عادة ما تحلق في مسارات مرحلة "في الطريق" بشكل صحيح بغض النظر عن جدول التباين المغناطيسي والعرض على الشاشة أمام الطيار. فالأمر يبدو للطيار وكأنها ريح جانبية غير مؤكدة من خلال العرض الحقيقي للريح على شاشة العرض متعددة الوظائف (MFD) وستختلف المسارات المرسومة عن المسار المعروض في الطائرة. ومع ذلك، فإن استخدام الوحدة المرجعية بالقصور الذاتي، في بعض الطائرات، ممزوجاً بالموضع الناتج عن نظام إدارة الرحلة سيتسبب في أن تبدأ الطائرة 'بالدحرجة إلى الأمام والخلف' عند مستويات الاقتراب باستخدام الأداء الملاحي المطلوب (RNP)، ما يعني أن طائرة من طراز DH8-100 تستخدم وحدات مرجعية بالقصور الذاتي (IRUs) مستعينة بجداول تباين مغناطيسي أُعدت عام ١٩٨٥ لديها خطأ قيمته ١٢ درجة عند مطار إيكالويت (CYFB). وباستخدام أفضل حساب لموقع الطائرة وفقاً لنظام إدارة الرحلة، ستتدحرج الطائرة للأمام والخلف في ريح هادئة نظراً لأن الاتجاه غير الصحيح ولَّد نظاماً اصطناعياً لريح جانبية. ومن غير الواضح ما إذا كانت هذه 'الدحرجة' ستكون أكثر وضوحاً عند مستويات أكثر صرامة من الأداء الملاحي المطلوب (RNP).

٢–٥ مع معلومات اتجاه غير صحيحة، فإن المدارج الاصطناعية التي تولدها شاشات العرض المرئية برفع الرأس (HUD) ونُظم الرؤية التوجيهية الاصطناعية لن تتطابق مع المدرج الحقيقي.

٢-٦ مع معلومات التباين المغناطيسي المغلوطة، ستختلف مسارات الاقتراب المعروضة في نظام إدارة الرحلة عن المسارات المرسومة حتى تفعيل المرحلة لتبدأ في استخدام التباين المغناطيسي لتصميم الإجراء بدلاً من التباين المغناطيسي لنظام الطائرة.

٢-٧ ستتخذ الطائرة اتجاهاً غير صحيح في تحليقها متجهة إلى العمليات النهائية. وتبعاً للبنية الأساسية للنظام، قد يتأخر الاعتراض الثابت إلى النقطة النهائية (إهدار للوقت) إلى أن تتمكن الطائرة من تحديد الاختلاف بين الاتجاه الذي يحدده مؤشر الانحراف عن المسار (CDI)، والاتجاه الذي يحدده نظام إدارة الرحلة (FMS) بينما يكون الالتقاط نشطاً.

٢-٨ من شأن الإشارة المرجعية لتحديد اتجاه الشمال الحقيقي في عملية الملاحة القائمة على الأداء أن تبسّط الخرائط وعملية الطائرة وتخفض التكاليف الجارية. ففي كندا وحدها، تبلغ التكلفة السنوية لإدارة التباين المغناطيسي في مختلف المنشورات نحو ٥٠٠،٠٠٠ دولار كندي علاوة على إنفاق ٣٠٠،٠٠٠ دولار كندي سنوياً لتدوير المنارة اللاسلكية ذات الترددات العالية جداً (VORs)، والإجراءات الآلية المُعدّلة للتحقق أثناء الرحلة من التغيرات في التباين المغناطيسي. وفي الواقع، فمن المحتمل أن يكون هذا العمل الرامي إلى الحفاظ على التغير المغناطيسي في حدود متطلبات الملحق الرابع – *خرائط الطيران* زائداً عن الحاجة ولا يُحسِّن من سلامة الاجراء. وتشمل تكاليف التباين المغناطيسي الأخرى ما يلي:

- لافتات المطار وإعادة ترقيم المدارج.
- تنسيق الرادارات.
- تحديثات جدول التباين المغناطيسي للطائرة من أجل الوحدة المرجعية بالقصور الذاتي (IRU) ونظام إدارة الرحلة (FMS) (ملاحظة – إذا رفضت الوحدة المرجعية بالقصور الذاتي (IRU) قبول جدول جديد للتباين المغناطيسي، فمن الضروري ترقيتها أو استبدالها).
- الجهود المبذولة من أجل عقد اجتماعات بشأن معايير الصناعة والترخيص في إطار التعامل مع قضايا التباين المغناطيسي الحالية التي تؤثر في الأسطول العالمي من الطائرات (التناقضات بين قواعد البيانات، وفقدان ترخيص العمليات من الفئتين (CAT II/III)، والمسائل المرتبطة بالأداء الملاحي المطلوب (RNP)).

٢-٩ يمكن تحويل الأسطول العالمي من الطائرات إلى النظام المرجعي الذي يستخدم الشمال الحقيقي بحيث تُجهّز الطائرة بمفتاح للتحويل بين خياري الشمال الحقيقي والشمال المغناطيسي أو تغيير البرمجيات دفعة واحدة لاعتماد الشمال الحقيقي. ويمكن لأساطيل الطائرات الإقليمية التي لا تزال تستخدم صمامات التدفق المغناطيسي لتغذية بيانات بوصلة النظام المرجعي لتحديد الارتفاع والاتجاه (AHRS) والنظام المرجعي لتحديد الاتجاه المغناطيسي (MHRS) أن تتحول إلى نُظم غير مغناطيسية إذا أُتيح لها وقت كافٍ (حتى عام ٢٠٣٠) أو أن تستخدم محولاً منخفض التكلفة بين صمامات التدفق المغناطيسي والوحدة المرجعية لتحديد الارتفاع والاتجاه (AHRU).

٢-١٠ إن العديد من أنظمة الصمامات غير المتدفقة متاحة الآن باستخدام تقنية النُظم الكهروميكانيكية الصغيرة (MEMS) وتقنية LITEF (ليتون للصناعات التقنية) ذات التكلفة التنافسية بالمقارنة مع الأنظمة المغناطيسية التقليدية المستقرة (AHRS/MHRS).

٢-١١ توجد الآن نسبة كبيرة من الطائرات الخفيفة مجهزة بالنظام العالمي لتحديد الموقع، ولكن سيظل يتعين عليها وضع الجيروسكوبات الاتجاهية مع البوصلة المغناطيسية الرطبة كمرجع. ومع إتاحة الوقت حتى عام ٢٠٣٠، سيمكن إضافة معوِّضات لتحديد التباين المغناطيسي المحلي للبوصلة المغناطيسية الرطبة، أو يمكن لأولئك الذين لا يرغبون في تثبيت بوصلة جديدة أن يستخدموا تطبيقات الحقيبة الإلكترونية للرحلات الجوية (EFB) كخطوة وسيطة للتصويبات، إذ أنه من شأن ذلك أن يظل أوفر من إجراء التغييرات المستمرة في البيانات في خدمات الملاحة الجوية (ANS) وفي أساطيل الطائرات الكبيرة.

٢-١٢ لا توجد لائحة تنظيمية لضمان استخدام الوحدة المرجعية بالقصور الذاتي (IRU) / ونظام إدارة الرحلة الجوية (FMS) لجداول التباين المغناطيسي الحالية.

٢-١٣ تستخدم العديد من برامج رصد البوصلة الاحتياطية الوحدة المرجعية بالقصور الذاتي بالطائرة كمعيار برنامجي للنظام المرجعي لتحديد الاتجاه؛ ربما باستخدام بيانات غير صحيحة لبرنامج الرصد الخاص بها.

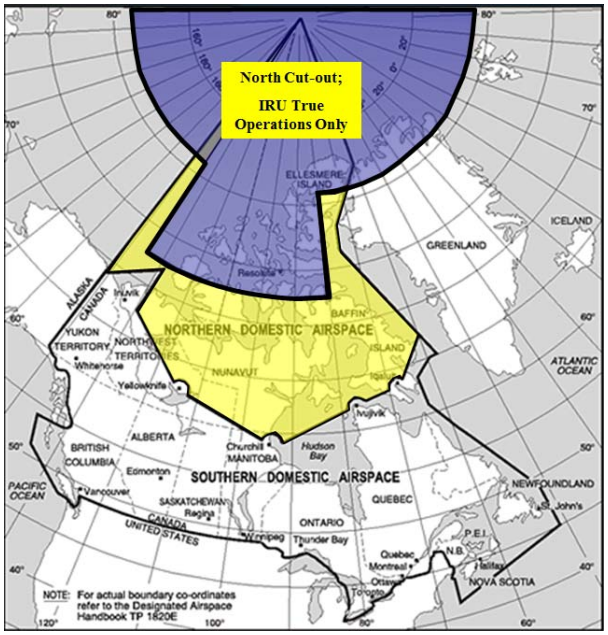
٢-١٤ وفي كندا، يحتفظ مقدم خدمات الملاحة الجوية بإجراءات الممر الجوي والمحطة النهائية والاقتراب مع تفاوت بمقدار درجتين (±٢) للعمليات من الفئة الأولى (CAT I) أو نظم التكامل الأدنى.

٢-١٥ وفي كندا كذلك، يحتفظ مقدم خدمات الملاحة الجوية بعمليات الاقتراب من الفئتين الثانية والثالثة (CAT II/III) مع تفاوت بمقدار درجتين (±٢).

٢-١٦ تقوم الدولة بترميز التباين المغناطيسي المخصص للإجراءات الآلية في قواعد بيانات الملاحة، وقد لا يتطابق ذلك مع التباين المغناطيسي لنُظم الطائرات، مما يؤدي إلى وجود تناقضات بين أنظمة الطائرات والرسوم البيانية المصدرية للدولة.

٢-١٧ كُلِّف الفريق التابع للجنة الفنية اللاسلكية للطيران (RTCA) – المعني بإدارة المعيارين RTCA SC-227 و-RTCA DO 236B (C)، ضمن المعايير الدنيا لأداء نظام الطيران من أجل الأداء الملاحي المطلوب لملاحة المنطقة، وكذلك المعيار DO-238A ضمن الحدود الدنيا لمواصفات الأداء التشغيلي من أجل الأداء الملاحي المطلوب لملاحة المنطقة – بمعالجة مسألة التباين المغناطيسي في عمليات الأداء الملاحي المطلوب من أجل إدراجها في الحدود الدنيا لمواصفات الأداء التشغيلي (MOPS) ومواصفات الحد الأدنى لأجهزة الطائرة (MASPS).

٢-١٨ قامت كندا بتشغيل إجراءات الملاحة التقليدية وإجراءات الملاحة القائمة على الأداء باستخدام الشمال الحقيقي كمرجع للاتجاه في جميع أنحاء منطقة شاسعة من المجال الجوي المحلي الشمالي الكندي لفترة طويلة. وكان ذلك بمثابة منصة اختبار لعمليات الملاحة القائمة عل الأداء بمرجعية الشمال الحقيقي خلال مرحلة 'أثناء الطريق'، والمحطة النهائية، وعمليات الأداء الملاحي المطلوب (RNP) والأداء محدد الموضع بالإرشاد الرأسي (LPV) والملاحة الجانبية (LNAV) والملاحة الجانبية (LNAV)/الملاحة الرأسية (VNAV). وعند إجراء العمليات في المجال الجوي بمرجعية الشمال الحقيقي، لم تحدث انقطاعات المراحل التي تُشاهد مع استخدام المعيار ARINC 424 الصادر عن مؤسسة اتصالات الطيران الراديوية (ARINC) نتيجة لتناقضات التباين المغناطيسي.



٢-١٩ أجرت كندا اختباراً للتحول في المجال الجوي المحلي الجنوبي حيث استخدمت جميع بيانات نظام إدارة الرحلة (FMS) القيمة الصفرية للتباين المغنطيسي للبرهنة على إمكان التحول إلى الشمال الحقيقي على دورة قاعدة بيانات واحدة. وتحقق النجاح في التحليق بمزيج كامل من إجراءات الملاحة التقليدية وإجراءات الملاحة القائمة على الأداء (PBN) باستخدام هذا الأسلوب.

٣- الاستنتاج

٣-١ تؤثر أخطاء التباين المغناطيسي في طائرات مختلفة وفي قدرتها على التنقل بدقة بطرق عديدة. ويجب على كل مشغل فهم مقدار الخطأ في التباين المغناطيسي داخل نظام الملاحة الخاص به وما هي التأثيرات في مختلف أنواع عمليات الاقتراب ومستويات الأداء الملاحي المطلوب.

٣-٢ لن تكون هناك حاجة إلى مراجع مغناطيسية لتحديد الاتجاه في الطائرات التي تستخدم الشمال الحقيقي في الحسابات الملاحية. فتحويل حسابات تحديد الاتجاه والمسار إلى المرجعية المغناطيسية كخطوة أخيرة لاستخدام الطيار الألى وشاشات العرض ومرجع الطيار يوقع أخطاء ويسبب تناقضات بين البيانات المرسومة والبيانات المعروضة على شاشة الطائرة.

٣-٣ حتى الطائرات الخفيفة التي تعتمد فقط على بوصلة مغناطيسية تستخدم خرائط ملاحة بصرية وتوقعات الريح العلوية التي يجري حسابها بمرجعية الشمال الحقيقي. وباستثناء القراءة المباشرة للبوصلة المغناطيسية الرطبة، يمكن للطائرات الخفيفة أن تعمل بمرجعية الشمال الحقيقي. ومن السهل شراء مساعدات مجدية من حيث التكلفة ويمكن استخدامها لإجراء هذا التصحيح.

٣-٤ لقد ثُبتت جدوى عمليات الملاحة القائمة على الأداء، وهي الحديثة، وعمليات الملاحة التقليدية في المجال الجوي المحلي الشمالي الكندي من خلال الإجراءات الآلية للتحقق أثناء الرحلة باستخدام نظام مرجعي للشمال الحقيقي. كما نجح اختبار تحويل مرجعية المجال الجوي المحلي الجنوبي إلى الشمال الحقيقي في دورة واحدة.

٣-٥ من شأن تشغيل خدمات الملاحة الجوية بمرجعية الشمال الحقيقي أن يخفض التكلفة ويزيح عبء العمل عن كاهل مقدمي خدمات الملاحة الجوية ومشغلي الطائرات ومشغلي المطارات وكيانات الترخيص وموفرو قاعدة البيانات، كما أنه يبسّط نظم الملاحة إلى حد كبير.

٣-٦ في ضوء ما تقدم، فإن المؤتمر مدعوُ إلى الموافقة على التوصية التالية:

التوصية ٣-٥/X – النظام المرجعي الذي يستخدم الشمال الحقيقي

أن يطلب المؤتمر إلى الدول والأقاليم اعتماد نظام مرجعي يستخدم الشمال الحقيقي بحلول عام ٢٠٣٠

– انتهى –