المؤتمر الحادي عشر للملاحة الجوية

مونتريال، ٢٢/٩-٣/١٠/٢٠٠٣

البند رقم ٦: المسائل المرتبطة بالملاحة الجوية

ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية (GNSS) ومنهجيات معالجتها بما في ذلك وسائل المعالجة الأرضية والمحمولة جوا والاجرائية

ملخص

تستند هذه الوثيقة الى نتائج دراسة أجراها فريق الخبراء المعني بالنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية (GNSSP) بناء على طلب لجنة الملاحة الجوية التابعة للايكاو. وتحدد هذه الوثيقة نقاط ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وتقترح منهجيات مناسبة بما في ذلك استخدام نظم الملاحة الثابتة والمساعدات والاجراءات الأرضية. وسوف تتوافر أوجه معالجة أخرى مع تقديم الاشارات الجديدة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وكوكبات الأقمار الصناعية. وتقترح الوثيقة أيضا أن تقييم الدول مسائل الضعف في مجالها الجوي وأن تختار حلولا لمعالجتها استنادا الى طبيعة الحركة الجوية في المجال الجوي محل السؤال والعمليات التي يجب دعمها. وسوف تضمن الحلول الملائمة عمليات آمنة أثناء فترة الانتقال الى النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وتمكن الدول من خفض البنية الأساسية الراهنة لمساعدات الملاحة الأرضية وتجنب تقديم مساعدات ملاحية أرضية جديدة.

لم تتحدد حتى الآن نقاط ضعف تضر بالهدف النهائي للانتقال الى النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بصفته نظاما عالميا لكل مراحل الطيران.

يرد الاجراء المعروض على المؤتمر في الفقرة ٧.

١- مقدمـــة

١-١ يجري تقديم النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية على مراحل في أنحاء العالم كما أن لديه امكانية استيفاء متطلبات الأداء لكل مراحل الطيران مما يحقق منافع السلامة والكفاءة في مجال الملاحة. ومع شيوع عمليات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية، من الضروري أن يحدد مقدمو الخدمة نقاط ضعف هذا النظام وأن يضعوا الحلول الضرورية لها. وتحدد هذه الوثيقة نقاط ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية والحلول الملائمة لها التي قد تطبق أينما أمكن ذلك. وعند وضع هذه الوثيقة، تمت مراعاة دراسات عديدة أخرى أجريت بشأن نقاط الضعف وعولجت شواغلها وتوصياتها. وتعد معظم نقاط الضعف التي نوقشت نقاطا مشتركة مع نظم ملاحة جوية أخرى تقدم خدمة الملاحة الراديوية للطيران ولكن هذه النظم خارج نطاق هذه الوثيقة.

٢- نقاط ضعف اشارات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

٢-١ التداخل

٢-١-١ تعد اشارات كوكبات الأقمار الصناعية الأساسية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية ونظام التقوية بالأقمار الصناعية (SBAS) ضعيفة بسبب الطاقة المنخفضة نسبيا للاشارات المتلقاة حيث أن اشارات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية تنشأ من أقمار صناعية وأن كل اشارة للقمر الصناعي تغطي جزءا واسعا من سطح الأرض. وبينما تعد اذاعة البيانات بالترددات العالية جدا الخاصة بنظام التقوية على الأرض أكثر صعوبة في التداخل (حيث تعد قوة اشارتها مماثلة لتلك الصادرة عن مساعدات الملاحة الأرضية)، فان خدمة نظام التقوية على الأرض تستند الى اشارات القمر الصناعي الأساسي. وتقتصر الاشارات المتداخلة على التوزيع في نطاق النظر. فعلى سبيل المثال، تقتصر منطقة التداخل عند مسافة ٦٠٠ متر (٢٠٠٠ قدم) فوق مستوى الأرض على ما يقرب من ١١٠ كيلومتر (٦٠ ميلا بحريا) لأجهزة التداخل الأرضية.

٢-١-٢ تتطلب القواعد القياسية وأساليب العمل الموصى بها الخاصة بالنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية مستوى محددا من الأداء في وجود مستويات التداخل حسبما حددها مانع التداخل في جهاز الاستقبال. وتتوافق مستويات التداخل تلك عامة مع أنظمة الاتحاد الدولي للاتصالات. ومن المقبول بالنسبة للتداخل عند مستويات تفوق المانع أن تسبب فقدان الخدمة ولكن هذا التداخل غير مسموح له بأن يسفر عن معلومات تسبب خطورة أو تكون مضللة.

٢-١-٣ *التداخل غير المقصود*. أسفر تتبع غالبية وقائع التداخل في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية المبلغ عنها عن وجود مصدرها على متن الطائرات وقد حددت الخبرة في تركيبات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية عدة مصادر للتداخل غير المقصود (على سبيل المثال الانبعاثات الكاذبة أو الترددات التوافقية الصادرة عن معدات الاتصالات ذات الترددات العالية جدا والانبعاثات الخارجة عن الحزم أو الكاذبة الصادرة من معدات اتصالات الأقمار الصناعية). ويمكن للأجهزة الالكترونية المحمولة أن تسبب أيضا تداخلا في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية ونظم الملاحة الأخرى.

٢-١-٣-١ تشمل مصادر التداخل الأرضية حاليا الاتصالات المتنقلة والمثبتة ذات الترددات العالية جدا ووصلات اللاسلكي من نقطة الى نقطة والتي تعمل في حزمة ترددات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية والترددات التوافقية الصادرة عن محطات التلفاز وبعض أنظمة الرادارات ونظم الاتصالات المتنقلة بالأقمار الصناعية والنظم العسكرية. ويعتمد ترجيح حدوث مثل هذا التداخل على تنظيم الطيف لدى الدولة وادارة وانفاذ الترددات داخل الدولة أو الاقليم.

٢-١-٤ *التداخل المقصود*. بسبب ضعف قوة اشارات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية من الممكن لأجهزة البث ذات الطاقة الضعيفة أن تشوش على اشارة النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. وبينما لا توجد سجلات لحالات التشويش المقصودة الموجهة للطيران المدني، يجب ايلاء الاعتبار لاحتمال التدخل المقصود وتقييمه كخطر.

٢-٢ التضليل

٢-٢-١ التضليل هو افساد متعمد لاشارات الملاحة بحيث تنحرف الطائرة وتتبع مسار طيران مزيف. ويعد تضليل اشارات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية أكثر تعقيدا من الناحية التقنية من تضليل مساعدات الملاحة الأرضية التقليدية. ويتماثل تضليل اذاعة بيانات نظام التقوية الأرضي في صعوبته مع تضليل مساعدات الهبوط التقليدية.

٢-٢-٢ بينما يمكن للتضليل نظريا أن يسبب خداعا في الملاحة لطائرة بعينها، الا أنه من المرجح جدا تعقب الاشارات من خلال الاجراءات الطبيعية (مثل رصد مسار الطيران والمسافة الى نقاط المسار عن طريق الاستطلاع بالأقمار الصناعية). كما توفر نظم التحذير من الاقتراب الأرضي (GPWS) ونظم تفادي الاصطدام المحمولة على متن الطائرات (ACAS) حماية اضافية ضد الاصطدام بالأرض والطائرات الأخرى. وفي ضوء صعوبة تضليل النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وحقيقة أن أي اجراءات تشغيلية متفردة للعلاج غير ضرورية، فان التضليل لا تجري مناقشته بصورة أكبر في هذه الوثيقة.

٢-٣ تأثيرات طبقات الغلاف الجوي

٢-٣-١ تضعف الأمطار الشديدة اشارات الأقمار الصناعية الخاصة بالنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بهامش صغير يبلغ ١ ديسيبل فقط ولا تؤثر على العمليات. ويعالج تصميم النظام الآثار في طبقة التروبوسفير ولا تمثل هذه الآثار أحد أوجه الضعف في النظام. وهناك ظاهرتان في طبقة الأيونوسفير ينبغي اعتبارهما ألا وهما التغيرات السريعة والكبيرة في الأيونوسفير والوميض. وتسفر التغييرات في الأيونوسفير عن أخطاء في تحديد المدى يجب أن يحسب حسابها في تصميم النظام. ويمكن للوميض أن يسفر عن فقدان مؤقت لاشارات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية من قمر صناعي واحد أو أكثر.

٢-٤ نقاط الضعف الأخرى

٢-٤-١ ينبغي ايلاء الاعتبار أيضا لنقاط الضعف في القطاعات الأرضية والفضائية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. فهناك خطر في عدم تواجد عدد كاف من الأقمار الصناعية في كوكبة معينة بسبب نقص الموارد الخاصة بصيانة الكوكبة أو الفشل في اطلاق الأقمار الصناعية أو عطل بها. ويمكن للعطل في قطاع المراقبة أو الأخطاء البشرية أن تسبب عطلا في عدة أقمار صناعية داخل الكوكبة.

٢-٤-٢ يعد الخطر الآخر هو تعطل الخدمة أو انهيارها أثناء حالة طوارئ وطنية والتي يكون لكل دولة فيها حرية اتخاذ الاجراءات وفقا لما فوضت به اتفاقية الطيران المدني الدولي (انظر المادة ٨٩). واذا اقتصر منع الاشارة على المستوى الاقليمي، فقد يحدث تشويش لكل الاشارات المدنية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية ولكن المجال الجوي المتأثر بذلك سوف يكون مغلقا على الحركة الجوية المدنية بغض النظر عن ذلك. الموقف الآخر الأقل ترجيحا قد يشمل تدهورا أو منعا لاشارات القمر الصناعي الأساسي أو اشارات تقوية الأقمار الصناعية في انحاء منطقة التغطية.

٣- تقييم مخاطر انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

٣-١ هناك جانبان رئيسيان يتعين مراعاتهما في تقييم المخاطر التشغيلية المرتبطة بنقاط ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية ألا وهما:

أ) ترجيح حدوث انقطاع في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

ب) أثر انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٣-٢ بالنظر في هذين الجانبين كوظيفة للمجال الجوي، يمكن لمقدمي خدمة الملاحة الجوية أن يحددوا ما اذا كانت المعالجة مطلوبة أم لا، واذا كانت مطلوبة، ما هو المستوى المطلوب لها. وتعد المعالجة مطلوبة للعمليات ذات الآثار الرئيسية التي يتراوح ترجيح حدوثها بين المعقول والمرتفع.

٣-٣ تقييم ترجيح حدوث انقطاع في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

التداخل

٣-٣-١ *التداخل غير المقصود*. ان الخبرة التشغيلية هي أفضل الطرق لتقييم هذا الخطر. كما أن ترجيح حدوث التداخل غير المقصود غالبا ما يكون مهمة جغرافية. فان المدن الكبيرة ذات مصادر تداخل الترددات اللاسلكية الكبيرة والمواقع الصناعية وخلافه معرضة للتداخل غير المقصود أكثر من الأقاليم النائية. وهذا التداخل غير مرجح الحدوث الى درجة كبيرة في الأقاليم النائية.

٣-٣-٢ *التداخل المقصود*. يجب على كل دولة أن تنظر في الدافع وراء التداخل في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية عند تحديد ترجيح التداخل المقصود. ويمكن أن يكون الدافع مسوقا بالضرر المحتمل لاقليم ما والأثر التشغيلي على تطبيقات الطيران والتطبيقات غير المتعلقة بالطيران. فاذا كان هناك أثر محدود، يكون احتمال الخطر منخفضا طالما أنه لا يوجد حافز للتداخل. ويمكن أن يزداد مدى الآثار الاحتمالية مع توسع التطبيقات التي تستخدم النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وزيادة الاعتماد على هذا النظام.

تأثير طبقات الغلاف الجوي ((طبقة الأيونوسفير)

٣-٣-٣ تلاحظ تغييرات سريعة وكبيرة في طبقة الأيونوسفير غالبا بالقرب من خط الاستواء الجيومغناطيسي ولكن أثرها ليس كبيرا بدرجة تكفي للتأثير على عمليات مرحلة أثناء الطريق وحتى الاقتراب غير الدقيق. وبالنسبة للاقتراب بالتوجيه الرأسي (APV) وعمليات الاقتراب الدقيق، يمكن تقييم آثار هذه التغييرات وتخفيفها عند تصميم نظم التقوية. وفي الأقاليم الاستوائية ربما يكون توافر عمليات الاقتراب بالتوجيه الرأسي والاقتراب الدقيق محدودا.

٣-٣-٤ ويعد الوميض في طبقة الأيونوسفير غير ذي أهمية عند خطوط العرض الوسطى. وفي الأقاليم الاستوائية وبقدر أقل عند خطوط العرض العليا، يمكن أن يسفر الوميض عن فقدان مؤقت لاشارة واحدة أو أكثر من اشارات الأقمار الصناعية. وقد أظهرت الخبرة التشغيلية في الأقاليم الاستوائية أن احتمال فقدان خدمة النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية الموجودة أمر بعيد بسبب العدد الكبير نسبيا للأقمار الصناعية الموجودة. ويمكن للوميض أن يعطل استقبال الاذاعات من القمر الصناعي الثابت المدار في نظم التقوية بالأقمار الصناعية (GEO).

٣-٤ تقييم أثر انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

٣-٤-١ يعتمد أثر انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية على خدمات الملاحة على العوامل التالية:

أ) نوع المجال الجوي: يعد توقيت الاجراءات العلاجية أكثر حساسية لمنطقة المحطة النهائية عنه للمجال الجوي لمرحلة أثناء الطريق في الارتفاع العالي، وفي المجال الجوي لمرحلة أثناء الطريق، يعد أكثر حساسية للمجال الجوي الذي تقررت له حدود دنيا صارمة للفصل بين الطائرات.

ب) كثافة الحركة الجوية: في الأقاليم ذات الحركة الجوية عالية الكثافة، ربما يكون الاعتماد على توجيه الرادار أو اجراءات الطيارين غير عملي بسبب عبء العمل.

ج) مستوى الخدمة: بالنسبة للعمليات الأقل احتياجا، ربما يكون كل ما تحتاجه هو الملاحة التقديرية للانتقال الى منطقة تتوافر فيها خدمة النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

د) توافر وتجهيز نظم الملاحة الأخرى: لن تتأثر الطائرات التي يمكن أن تقوم بعمليات الملاحة بوسائل أخرى.

هـ) الاستطلاع الراداري: اذا توافر رادار أساسي أو ثانوي فان مراقبة الحركة الجوية سوف تتمكن من تقديم مساعدة أكبر لضمان الفصل والتحول الى مطارات بديلة.

و) مدى الانقطاع: المدى الجغرافي والزمني لتعطل الخدمة.

ز) تقييم الانقطاع: قدرة مقدم خدمة الملاحة الجوية على التقييم السريع لمدى انقطاع الخدمة.

ح) الأحوال الجوية: بينما يكون من الحرص مراعاة أحوال الأرصاد الجوية الأساسية عند تقييم آثار الانقطاع، فان المدى الجغرافي لهذه الاحوال ومعايير الأرصاد الجوية المفترضة في التحليل ينبغي أن تكون واقعية.

٣-٤-٢ ينبغي أيضا ايلاء الاعتبار لأثر انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية على الخدمات الأخرى. وكثيرا ما يستخدم النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية كمصدر لمعلومات التوقيت الدقيق في نظم الاتصالات والرادارات وربما يستخدم في خدمات الاستطلاع التابع التلقائي. ويمكن معالجة نقاط ضعف التوقيت من خلال تصميم النظام وتقع تطبيقات الاستطلاع التابع التلقائي خارج نطاق هذه الوثيقة.

٤- خفض ترجيح حدوث انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

٤-١ التركيب والتشغيل

٤-١-١ يمكن منع التداخل على متن الطائرة بواسطة التركيب الملائم لمعدات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وتكاملها مع نظم الطائرة الأخرى (مثل التدريع والفصل بين الهوائيات ومنع الترددات الصادرة خارج نطاق الحزمة) ومن خلال القيود المفروضة على استخدام الاجهزة الالكترونية المحمولة على متن الطائرات.

٤-٢ ادارة الطيف

٤-٢-١ *ادارة الطيف*. تعد ادارة الطيف هي الوسيلة الرئيسية لتخفيف التداخل غير المقصود من أجهزة البث المصنوعة. وأشارت الخبرة التشغيلية الى أن خطر التداخل غير المقصود يمكن أن ينتهي بالكامل عن طريق تطبيق ادارة فعالة للطيف. وهناك ثلاثة جوانب للادارة الفعالة للطيف ألا وهي:

أ) وضع أنظمة/قوانين تراقب استخدام الطيف.

ب) انفاذ هذه الأنظمة/القوانين.

ج) اليقظة في تقييم مصادر الترددات اللاسلكية الجديدة (النظم الجديدة) لضمان عدم تداخلها مع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٤-٢-٢ *موقع التداخل وانهاؤه.* تعد القدرة على تحديد موقع مصدر التداخل والقضاء على التداخل في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بدون تأخير جانبا حساسا. والطريقة الأساسية لتعقب التداخل تتم من خلال الابلاغ الذي يقوم به الطيارون. وبما أن طائرات كثيرة يمكن أن تشهد انقطاعا متزامنا عندما يحدث التداخل لأول مرة، فان منهجية آلية للابلاغ عن الانقطاع يمكن أن تقلل عبء العمل وتيسر تحديد منطقة الانقطاع وموقع مصدر التداخل (مثل رسالة وصلة بيانات تلقائية). ويمكن أن تنفذ نظم تعقب التداخل في الطائرة وعلى الأرض.

٤-٣ الاشارات والكوكبات الجديدة

٤-٣-١ سوف تؤدي الاشارات وكوكبات الأقمار الصناعية الجديدة الى معالجة ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بشكل ملحوظ. وسوف تقضي الاشارة القوية والترددات المتنوعة المزمعة لجهاز تحديد المواقـــع وGLONASS وغاليليو الى القضاء على خطر التداخل غير المقصود بصورة فعالة حيث أنه من غير المرجح أن يؤثر مثل هذا المصدر للتداخل بصورة متزامنة على أكثر من تردد واحد. وسوف تؤدي الأقمار الصناعية الاضافية (بما في ذلك الكوكبات المتعددة) الى القضاء على خطر الانقطاع الكامل للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بسبب الوميض كما ستؤدي الترددات المتعددة الى تخفيف أثر تغييرات طبقة الأيونوسفير. وسوف تخفف الأقمار الصناعية الثابتة المدار بالنسبة للأرض من أثر الأيونوسفير على نظم التقوية بالأقمار الصناعية وذلك باستخدام الأقمار الصناعية التي ينفصل خط النظر الخاص بها بخمس وأربعين درجة على الأقل. وتؤدي اشارات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية الأكثر قوة والترددات الجديدة الى زيادة صعوبة التداخل المقصود في كل خدمات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. وتخفف كوكبات الأقمار الصناعية الأساسية الاضافية من خطر تعطل النظام والأخطاء التشغيلية وانقطاع الخدمة. كما أنها يمكن أن تستمر في تقديم الخدمة العالمية عندما يعدل مقدم احدى عناصر خدمات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية أو يمنع الخدمة بسبب حالة طوارئ وطنية وهو موقف غير مرجح حدوثه.

٤-٣-٢ تعد الادارة القوية للنظام وتمويله أمرين أساسيين للتشغيل المستمر لخدمات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية ومعالجة ضعف النظام الوارد في الفقرة ٤-٢ فيما عدا احتمال الانقطاع العالمي للخدمة بسبب طوارئ وطنية. وتعد احدى الوسائل الفعالة لمعالجة الضعف الخاص بالانقطاع العالمي هي تبني مقدمي الخدمة لسياسة المنع الاقليمي في حالة الطوارئ الوطنية.

٥- تخفيف آثار انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

٥-١ مقدمة

٥-١-١ هناك ثلاثة منهجيات رئيسية متوافرة حاليا لتخفيف آثار انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية على عمليات الطائرات وهي عن طريق:

أ) استغلال نظم الملاحة الجوية الثابتة وتقنيات أجهزة استقبال النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

ب) استخدام المنهجيات الاجرائية (الطيارون أو مراقبة الحركة الجوية).

ج) استغلال مساعدات الملاحة الجوية اللاسلكية الأرضية المستخدمة كدعم للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية أو المتكاملة مع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٥-١-٢ عند اعتماد استراتيجية فعالة باستخدام منهجية أو أكثر من تلك المحددة في هذا الجزء، فان مقدم الخدمة لن يضمن عمليات آمنة للطائرات فحسب في حالة انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بل أيضا سيثبط محاولات التداخل المقصود عن طريق تقليل الآثار المحتملة لهذه المحاولات.

٥-٢ نظم الملاحة ذات القصور الذاتي وتقنيات أجهزة الاستقبال

٥-٢-١ يقدم نظام الملاحة ذي القصور الذاتي خاصية قصيرة الأجل لملاحة المنطقة بعد فقدان خدمة النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية أو تحديث آخر للمواقع. والكثير من طائرات النقل الجوي مجهزة حاليا بنظم الملاحة ذات القصور الذاتي وأصبحت هذه النظم أرخص في الشراء ويستطيع المشغلون الحصول عليها مع الطائرات الاقليمية الأصغر. ولذلك، ينبغي مراعاة هذه الخاصية عند تقييم الحاجة الى مساعدات أرضية كوسائل لتخفيف انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٥-٢-٢ وهناك تقنيات تضيف قوة الى أجهزة استقبال النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية لتخفيف التداخل. وتشمل تقنيات مكافحة التشويش هوائيات متقدمة (مثل الخمود المساحي) وتقنيات معالجة اشارات أجهزة الاستقبال. ومع انخفاض تكلفة هذه التقنيات، ربما تصبح بدائل أرخص لنظم الملاحة الثابتة للطائرات الصغيرة.

٥-٣ المنهجيات الاجرائية

٥-٣-١ اذا لم تتوافر نظم ملاحة أخرى في حالة انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في مجال جوي لا يغطيه رادار يمكن أن تلجأ الطائرات الى الملاحة التقديرية حيث أن معظم نظم الملاحة في الطائرات الجديدة تشمل قدرة تلقائية للملاحة التقديرية. ويمكن أن يتحول الطيارون الى الملاحة البصرية والخروج من المنطقة أو الأرض المتأثرة في مطار مناسب عندما يمكن ذلك. ويمكن لمراقبة الحركة الجوية أن تقيم احتمال فقدان الفصل الجانبي واستخدام الفصل الرأسي بدلا منه عندما يمكن ذلك.

٥-٣-٢ يمكن أن تستخدم نفس الاجراءات في المجال الجوي الراداري مع امكانية أن توجه مراقبة الحركة الجوية الطائرة عند عبورها للمنطقة المتأثرة اعتمادا على عبء العمل لدى مراقبة الحركة الجوية وعلى عدد الطائرات المتأثرة بذلك. وبالنسبة لعمليات كثيرة حاليا للمحطات النهائية توجه الطائرات بالفعل بالرادارات لاعتراض مسار الهبوط الدقيق.

٥-٣-٣ في المجال الجوي غير المراقب وغير الراداري يمكن للطيارين أن يتصلوا ببعضهم البعض عن طريق قناة جوية-جوية للحفاظ على الفصل ولمحاولة تحديد المدى الجغرافي للانقطاع.

٥-٣-٤ يستند الاعتماد الناجح على الوسائل الاجرائية بغية ضمان الفصل وتغيير الاتجاه على كل العوامل الواردة في الفقرة ٣-٤. ويعد الاعتبار الأكثر بروزا هو المدى الذي يمكن أن تكون الطائرات مجهزة عنده بوسائل أخرى للملاحة مثل الملاحة ذات القصور الذاتي.

٥-٣-٥ وينبغي للاجراءات والتدريب المقدمين للطيارين ولمراقبة الحركة الجوية أن تتناول ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وأن تحدد كيفية الاستجابة بفاعلية للتداخل وتنفيذ الاجراءات البديلة وأن تبلغ بحوادث التداخل وموقعها.

٥-٤ مساعدات الملاحة اللاسلكية الأرضية

٥-٤-١ تعد احدى الوسائل الأكثر فاعلية حاليا لمعالجة انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية هي تحول الطائرة الى استخدام نظم الملاحة الأرضية. ومع انجاز التحول الى النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وتقليص البنية الأساسية الأرضية، سيزيد الاعتماد على تقنيات المعالجة الأخرى. وسوف تتطور القدرة التشغيلية المطلوبة من البنية الأساسية للمساعدات الأرضية مع شيوع عمليات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وسوف يزداد اعتماد المجال الجوي والاجراءات على عمليات ملاحة المنطقة. ويمكن أن تستخدم البنية الأساسية لمعدات قياسات المسافات DME لتقديم خدمة ملاحة المنطقة لعمليات مرحلة أثناء الطريق وعمليات المحطات النهائية للطائرات المجهزة بنظم ادارة الطيران التي تستخدم أجهزة DME المتعددة. ويمكن أن تستخدم نفس هذه القدرة عمليات اقتراب ملاحة المنطقة اذا كانت تغطية DME كافية.

٥-٤-٢ وبالنسبة للحالات التي لا تقدم فيها الملاحة الارتدادية قدرة الملاحة المنطقية، يجب مراعاة عبء العمل للتحول للمسارات والاجراءات البديلة. ولكن بمجرد عودة العمليات على هذه المسارات البديلة الى طبيعتها بعد اكتمال التحول، يمكن أن تستمر العمليات حسب المدة المطلوبة في حالة استمرار التداخل.

٥-٤-٣ واذا تقرر أن خدمة الاقتراب الدقيق البديلة ضرورية، يمكن استخدام نظم الهبوط الآلي أو نظم الهبوط الميكروويفي. ومن المرجح أن يستتبع ذلك الاحتفاظ بعدد أدنى من هذه النظم في مطار ما أو في منطقة تحت الدراسة.

٦- الاستنتاجات

٦-١ *التداخل غير المقصود*. يتنوع ترجيح التداخل وآثاره التشغيلية حسب البيئة. لا يعد التداخل غير المقصود تهديدا بارزا شريطة أن تمارس الدول رقابة وحماية ملائمتين على الطيف الالكترومغناطيسي لكل من مخصصات الترددات الحالية والجديدة. فضلا عن ذلك فان اصدار اشارات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية على ذبذبات جديدة سوف يكفل الا يسبب التداخل غير المقصود فقدانا كاملا لخدمة النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٦-٢ *التداخل المقصود*. تتوقف مخاطر التداخل المقصود على مسائل يجب أن تعالجها الدول. وبالنسبة للدول التي تحدد أن الخطر غير مقبول في مناطق محددة، يمكن الحفاظ على السلامة والكفاءة عن طريق تبني استراتيجية معالجة فعالة من خلال خليط من تقنيات المعالجة الموجودة على متن الطائرات (باستخدام نظم الملاحة ذات القصور الذاتي INS) والمنهجيات الاجرائية ومساعدات الملاحة الأرضية.

٦-٣ *طبقة الأيونوسفير*. يمكن أن يسبب الوميض فقدانا لاشارات الأقمار الصناعية الخاصة بالنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في الأقاليم الاستوائية وأقاليم الشفق القطبية ولكن من غير المرجح أن يسبب فقدانا كاملا لخدمة النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وسوف يعالج باضافة اشارات وأقمار جديدة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. ويمكن أن تحد التغييرات في طبقة الأيونوسفير من خدمات نظم التقوية بالأقمار الصناعية ونظم التقوية الأرضية التي يمكن

أن تقدم في الاقليم الاستوائي باستخدام تردد واحد للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية ويجب أن تراعى عند تصميم نظم التقوية.

٦-٤ *نقاط الضعف الأخرى.* سوف تخفف الكوكبات المدارة بصورة مستقلة والتمويل والتصميم القوي للنظم الى حد كبير أعطال النظام والاخطاء التشغيلية وانقطاع الخدمة.

٦-٥ ينبغي للدول أن تقيم ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بالنسبة لمجالها الجوي وأن تختار الوسائل الملائمة للتغلب عليه استنادا الى المجال الجوي محل الدراسة ويجب أن تدعم العمليات. ويمكن أن تضمن أوجه الحل تلك عمليات آمنة أثناء الانتقال للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وتمكن الدول من تقليص مساعدات الملاحة الأرضية الحالية وتجنب تقديم مساعدات ملاحية أرضية جديدة وأن توقفها في بعض المناطق. ولم تكتشف حتى الآن نقاط الضعف التي تضر بالهدف النهائي للانتقال الى النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية كنظام عالمي لكل مراحل الطيران.

٧- الاجراء المعروض على المؤتمر

٧-١ يرجى من المؤتمر الموافقة على التوصيات التالية:

التوصية ٦/أ ــ ارشادات بشأن علاج نقاط ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

أن تقوم الدول بما يلي عند تخطيطها وتقديمها لخدمات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية:

أ) تقييم احتمال وآثار نقاط ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في مجالها الجوي واستخدام منهجيات العلاج حسب الضرورة بالصيغة الواردة في الارشادات المذكورة في المرفق بالتقرير الخاص بالبند رقم ٦.

ب) تقديم ادارة وحماية فعالة لطيف ترددات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية لتخفيض احتمال التداخل غير المقصود.

ج) الاستغلال الكامل لتقنيات العلاج الموجودة على متن الطائرات ولا سيما الملاحة بوسائل القصور الذاتي.

د) اعطاء أولوية، عندما تتحدد الحاجة، الى الابقاء على مساعدات الملاحة الأرضية كجزء من الانتقال المرحلي الى النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية، لنظم معدات قياس المسافات دعما لنظم INS/DME أو نظم DME/DME RNAV لعمليات مرحلة أثناء الطريق وعمليات المحطة النهائية ولنظم الهبوط الآلي ولنظم الهبوط الميكروويفي دعما لعمليات الاقتراب الدقيق في المدارج المختارة.

هـ) الاستغلال الكامل للاسهام المستقبلي لاشارات وكوكبات الأقمار الصناعية الجديدة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في علاج نقاط ضعف النظام.

التوصية ٦/ب ــ الدراسات المستمرة لمسائل التداخل في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

أن تقوم الايكاو بما يلي، بغية مساعدة الدول في علاج نقاط ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية :

أ) تقييم نتائج الدراسات الجارية في عدد من الدول المتعاقدة لبحث آثار طبقة الأيونوسفير في الأقاليم الاستوائية بحيث يمكن أن تقلص نظم التقوية وقع هذه الآثار على عمليات التردد الواحد للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

ب) دراسة التوحيد القياسي لوسيلة تلقائية للابلاغ بانقطاعات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية ولتحديد مدى الانقطاع.

— — — — — — — — —

مرفق

مثال على تقييم ضعف النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

يتضمن القسم الثالث من هذه الوثيقة ارشادات لتقييم أثر انقطاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية واحتمال حدوثه. ويتضمن هذا المرفق مثالين عن كيفية تطبيق هذه المنهجية على عمليات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية الحالية. ولا يأخذ هذان المثالان في الاعتبار اشارات وكوكبات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في المستقبل.

١- **المجال الجوي المتكدس – خطوط العرض المتوسطة.** ينطبق المثال التالي على العمليات الحالية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في المجال الجوي ذي عمليات الطائرات عالية الكثافة واقليم خط العرض المتوسط الذي توجد به الادارة الفعالة للطيف.

١-١ *التداخل غير المقصود.* واجهت أمريكا الشمالية وأوروبا التداخل غير المقصود. وفي منطقة أمريكا الشمالية كانت هناك سبع حالات مؤكدة للتداخل مع نظام تحديد المواقع في السنوات الخمس الأخيرة. واستنادا الى الخبرة التشغيلية من غير المرجح حدوث التداخل غير المقصود ولكن لا يمكن اهماله.

١-٢ *التداخل المقصود.* بالنسبة للعمليات الحالية لا يوجد دافع ملحوظ للتداخل عن عمد في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. فضلا عن ذلك لم تتم مواجهة تداخل مقصود أبدا. واحتمال حدوث هذا التداخل غير موجود بالنسبة للعمليات الحالية. ومن الممكن أن يزداد تهديد التداخل غير المقصود بمرور الوقت مع ازدياد الاعتماد على النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

١-٣ يسبب أثر التداخل انقطاعا للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية داخل نطاق النظر الخاص بالمتداخل. ويجهز مشغلو النقل الجوي في هذه الأقاليم بقدرات ملاحة ثابتة و/أو FMS مع DME/DME RNAV . وتتوافر تجهيزات DME في معظم المجال الجوي. وبينما هناك بعض الطائرات غير مجهزة بقدرة الملاحة المنطقية المستقلة فان سلامة هذه الطائرات يمكن أن يحافظ وأن تستمر عملياتها ربما بكفاءة منخفضة. اذلك فان التداخل غير المقصود والمقصود له أثر معتدل.

١-٤ *التضليل.* لا يوجد تهديد ملحوظ يسببه التضليل كما أن الأثر سيكون معتدلا.

١-٥ *آثار طبقة الأيونوسفير.* بالنسبة للارتفاعات المتوسطة فان الوميض في طبقة الأيونوسفير الذي يسبب فقدان موقع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية لم تتم مواجهته أبدا وبالتالي فترجيح حدوثه غير وارد. ولن يكون هناك أثر تشغيلي بسبب الفترة القصيرة التي يستغرقها الحدث ومساعدات الملاحة الأرضية المتوافرة والمستوى العالي من التجهيز لاستخدام هذه المساعدات.

١-٦ *الملخص.* يرد في الجدول رقم ١ ملخص لاحتمال والأثر التشغيلي لنقاط الضعف التي جرى تحديدها. ويبين الجدول خريطة لاحتمال وقوع الحدث في مقابل الأثر التشغيلي. وينبغي للدولة أن تعالج أي ضعف بعيد وذي أثر شديد أو محتمل أو أي وقع على الاطلاق. فضلا عن ذلك ينبغي مراعاة نقاط الضعف البعيدة ذات الأثر المعتدل.

٢- **المناطق النائية ــ المنطقة الاستوائية.** ينطبق المثال التالي على العمليات الحالية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في المجال الجوي النائي ذي عمليات الطائرات منخفضة الكثافة في اقليم استوائي ذي ادارة فعالة للطيف.

٢-١ *التداخل غير المقصود.* يقل ترجيح وجود معظم مصادر التداخل غير المقصود في الأقاليم النائية. وبوجود ادارة فعالة للطيف فان ترجيح حدوث التداخل في هذه المناطق يمكن ألا يتواجد. ويمكن أن يكون وقع الانقطاع معتدلا الى شديد ومرد هو عدم توافر خدمات الرادارات.

٢-٢ *التداخل المقصود.* لم يواجه تداخل مقصود كما لا يوجد دافع ملحوظ لتعمد احداث تداخل مع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية نظرا لانخفاض كثافة العمليات والمناطق البعيدة. ويعتبر احتمال حدوث هذا التداخل غير كبير للعمليات الحالية. وربما يتغير خطر حدوث التداخل المقصود بمرور الوقت مع زيادة الاعتماد على النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. ويتماثل وقع التداخل المقصود مع وقع التداخل غير المقصود.

٢-٣ *التضليل.* لا يوجد تهديد بارز مرده الى التضليل كما أن الأثر سيكون معتدلا.

٢-٤ *آثار طبقة الأيونوسفير.* بالنسبة للأقاليم الاستوائية فان الوميض في طبقة الأيونوسفير الذي يؤثر على أداء النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية مرجح حدوثه. كما أن الأثر التشغيلي معتدل بما أنه يعد نموذجا للانخفاض في الأداء وليس فقدانا كاملا للقدرة الملاحية. وفي حالة حدوث فقدان كامل لاشارات تحديد المواقع، فانها لا تتواجد لفترة طويلة ويضمن انخفاض كثافة العمليات استمرار السلامة.

٢-٥ *الملخص.* يتضمن الجدول رقم ٢ ملخصا لاحتمال والأثر التشغيلي لنقاط الضعف التي حددت. وتعد المسألة الأكثر بروزا هي احتمال حدوث وميض في طبقة الأيونوسفير. وينبغي للدول أن تتخذ اجراء لتقليل وقع هذا الأثر. ويمكن أن يتحقق ذلك من خلال ما يلي:

أ) اجراءات تشغيلية تضمن استمرار العمليات أثناء الانقطاع القصير للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

ب) الأبحاث المستمرة بشأن المدة التي يستغرقها الوميض الشديد واحتمال حدوثه.

الجدول رقم ١- المجال الجوي المتكدس ــ خطوط العرض المتوسطة

		الأثر التشغيلي		
		عدم وجود أثر	أثر معتدل	الأثر الشديد
الاحتمال	مهمل	الآثار في طبقة الأيونوسفير	التداخل المقصود، التضليل	
	بعيد		التداخل غير المقصود	
	محتمل			

الجدول رقم ٢- خط الاستواء

		الأثر التشغيلي		
		عدم وجود أثر	أثر معتدل	الأثر الشديد
الاحتمال	مهمل		التداخل المقصود، التضليل	
	بعيد		التداخل غير المقصود	
	محتمل		الآثار في طبقة الأيونوسفير	

٣- عندما يظهر التحليل عدم وجود نقاط ضعف حساسة، يعد تنفيذ تدابير ادارة الطيف أمرا أساسيا لتخفيض حدوث انقطاع الخدمة بأكبر قدر ممكن.

المراجع:

1) Interference Assessment of GPS, Working paper 91 and Information Paper 119, Special Communication/Operational Divisional Meeting 1995.

2) GPS Mitigation Techniques, Information Paper 120, Special Communication/Operational Divisional Meeting 1995.

2) RTCA/DO-235, Assessment of Radio Frequency Interference Relevant to the GNSS, 27 January 1995.

3) GPS Risk Assessment Study, Final Report, published by the Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, January 1999.

4) Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System, Final Report, published by the Volpe National Transportation system Center, 29 August, 2001.

5) Impact on Compatibility of UK Commercial Services Resulting from Loss of GPS Signals, Qinetiq, October 2001, commissioned by the UK Radio Agency.

6) Ionospheric Research Issues for SBAS, SBAS Ionospheric Working Group, September 2002.

— انتهى —