

المؤتمر الثاني عشر للملاحة الجوية

مونتريال، ١٩ إلى ٣٠ نوفمبر ٢٠١٢

البند رقم ٦ من جدول الأعمال: التوجّه المستقبلي
تنفيذ الخطط والمنهجيات ١-٦

المسائل المتعلقة بتشغيل النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

(ورقة مقدمة من الأمانة العامة)

الموجز التنفيذي	
تناقش ورقة العمل هذه مسألتين تتعلقان بتشغيل النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية (GNSS): (أ) تتأثر إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بمصادر تشويش مقصودة وغير مقصودة ويتأثرات أخرى. ويُقترح في هذه الورقة اعتماد تدابير للتخفيف من احتمال انقطاع الخدمات القائمة على أساس النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية وأثر حدوث انقطاع مؤقت لإشارات هذه النظم على عمليات الطائرات ؛ (ب) إن الكوكبات الأساسية الجديدة والمحسنة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية توفر إمكانية زيادة فوائد هذا النظام. وتناقش هذه الورقة الفوائد والصعوبات المحتملة لوجود منظومة متعددة الكوكبات ومتعددة الترددات للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. الإجراء: المؤتمر مدعو إلى الموافقة على التوصيات الواردة في ورقة العمل هذه.	
الأهداف الاستراتيجية:	ترتبط هذه الورقة بالأهداف الاستراتيجية المتعلقة بالسلامة وحماية البيئة والتنمية المستدامة للنقل الجوي.
الآثار المالية:	ستكون فوائد وجود نظام عالمي متعدد الكوكبات ومتعدد الترددات للملاحة بالأقمار الصناعية كبيرة بالنسبة للأداء الملاحي. وستكون آثار التكلفة مرتبطة بصورة أساسية بالحاجة إلى الكرونيات طيران جديدة.
	وسيحول عدم التخفيف بشكل فعال من جوانب ضعف النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية دون تحقيق الاستفادة الكاملة من الفوائد المحتملة على صعيدي سلامة وكفاءة الخدمات القائمة على هذه النظم. وسيكون أثر تكلفة تنفيذ إجراءات التخفيف قليلاً جداً بالنسبة لجميع الجهات المعنية، إلا فيما يتعلق بتنفيذ نظام بديل لتحديد الموقع والملاحة والتوقيت (APNT) (٢-٥-٢)، الذي قد تكون تكلفته كبيرة إذا تتطلب الأمر إدخال تكنولوجيات جديدة.
المراجع:	Annex 10 — Aeronautical Telecommunications, Volume I — Radio Navigation Aids Doc 9849, Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual

١- المقدمة

١-١ على مدى العقود الأخيرة، تم تنفيذ النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بصورة تدريجية في جميع أنحاء العالم. ويشكل هذا النظام في الوقت الحاضر حجر الأساس لهيكلية الاتصالات والملاحة والاستطلاع وأساساً لإدخال الملاحة القائمة على الأداء (PBN). وتناقش هذه الورقة مسألتين نشأتا في سياق تطبيق النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية: جوانب الضعف المتأصل لإشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية؛ والتحديات المرتبطة بتأمين الفوائد الناشئة عن وجود كوكبات متعددة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٢- التخفيف من جوانب ضعف النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

١-٢ الخلفية

١-١-٢ إن شدة ضعف إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية التي يتم استلامها من الأقمار الصناعية تجعل هذه النظم ضعيفة أمام عمليات التشويش والتأثيرات الأخرى التي يمكن أن تؤثر على العديد من الطائرات في نطاق مساحة واسعة. ولحد الآن، لم يتم تحديد جوانب الضعف التي تحول دون الاستخدام النهائي للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية كنظام عالمي لجميع مراحل الطيران. إلا أنه ينبغي على الدول ومقدمي خدمات الملاحة الجوية تنفيذ استراتيجيات تخفيفية للحد من احتمال انقطاع الخدمة القائمة على أساس النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية.

٢-٢ مصادر جوانب ضعف النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

١-٢-٢ يمكن تصنيف مصادر ضعف النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية على النحو التالي:

(أ) التشويش غير المقصود؛

(ب) التشويش المقصود؛

(ج) آثار الغلاف الأيوني (الإيونوسفير) والنشاط الشمسي (الطقس الفضائي)؛

(د) مصادر أخرى.

٢-٢-٢ تتم فيما يلي مناقشة هذه المصادر بصورة موجزة. انظر المرفق (أ) لمزيد من المعلومات.

٣-٢-٢ التشويش غير المقصود بإشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية يمكن أن ينشأ من عدة مصادر تعمل على ذات النطاقات التي تعمل عليها النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية أو في نطاقات أخرى. ويمكن لقائمة غير حصرية أن تشمل الاتصالات المتحركة والثابتة للترددات العالية جداً للاتصالات (VHF)، وإشارات التلفزيون، وبعض الرادارات، واتصالات الأقمار الصناعية المتحركة، والنظم العسكرية، ووصلات الموجات الدقيقة من نقطة إلى نقطة. وأجهزة التكرار (repeaters) وأشباه الأقمار الصناعية^١ (pseudolites) العائدة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية، والنظم على متن الطائرات (الالكترونيات الطيران وأجهزة الركاب على حد سواء).

٤-٢-٢ لغاية الآن، كان التشويش المقصود في إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية ("التشويش") يستهدف عادة غير مستخدمي الطيران، ولكنه يمكن أن يؤثر أيضاً على مستخدمي الطيران. ومن الأمثلة البارزة على ذلك، أن أجهزة التشويش المستخدمة لـ "أغراض شخصية" بهدف تعطيل نظم تتبع السيارات، تسببت في بعض الحالات بتعطيل تطبيقات

^١ أجهزة التكرار وأشباه الأقمار الصناعية في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية هي أجهزة تبث الاشارات لتعزيز التغطية في الأبنية ومناطق أخرى لا يمكن أن تُلَقط فيها بسهولة الاشارات العادية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

عمليات الطيران. ويمكن للتهديد الناشئ عن التشويش المقصود أن يتزايد مع تزايد الاعتماد على النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في مجال الطيران والمجالات الأخرى.

٥-٢-٢ الغلاف الأيوني (ionosphere) هو منطقة في الفضاء الأعلى متأينة جزئياً بالاشعاع الشمسي. ويتوقف التأخير في إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية على كثافة الجسيمات المتأينة في الأيونوسفير، ويتفاوت ذلك تبعاً لكثافة النشاط الشمسي. وينبغي النظر في تأثيرين اثنين على إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية هما: التغييرات السريعة والواسعة لتأخر الإشارة بسبب الأيونوسفير؛ والومضات (تقلبات سريعة السعة على مراحل). وتؤدي هذه التغييرات إلى خطأ الأقمار الصناعية في قياس المدى، الأمر الذي ينبغي معالجته عن طريق تصميم النظم. ويمكن للومضات الحادة أن تؤدي إلى انقطاع مؤقت لإشارة أو أكثر من إشارات الأقمار الصناعية.

٦-٢-٢ على العموم، يمكن أن يكون للطقس الفضائي تأثير مباشر على النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. ويمكن تحديد الطقس الفضائي في ضوء الظروف على متن الشمس والرياح الشمسية، والغلاف المغنطيسي، والغلاف الأيوني، والغلاف الحراري، التي يمكن أن تؤثر على أداء وموثوقية النظم التكنولوجية الفضائية والأرضية والتي يمكن أن تهدد الحياة البشرية أو صحة طواقم رحلات الطيران والمسافرين بالخطر.

٧-٢-٢ تشمل جوانب الضعف الأخرى للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية مسائل برنامجية (بما في ذلك نقص الموارد للحفاظ على كوكبة النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية، والفشل في إطلاق أقمار صناعية، أو الفشل غير المتوقع لأقمار صناعية) وإمكانية انقطاع أو تدهور النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية أثناء حالة طوارئ وطنية (انظر المادة ٨٩ من اتفاقية شيكاغو) أو لأغراض اختبار النظم.

٣-٢ خفض احتمال انقطاع إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

١-٣-٢ يمكن اتخاذ عدد من الإجراءات لخفض احتمال انقطاع إشارة النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بسبب المصادر الوارد ذكرها أعلاه.

٢-٣-٢ إن إدخال كوكبات وترددات جديدة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية (انظر الفقرة ٣ من هذه الورقة) سيخفف إلى حد كبير من احتمال انقطاع الخدمة بسبب التشويش غير المقصود، بحكم تنوع الترددات والزيادة المرتقبة في عدد الأقمار الصناعية. ويساعد توفر ترددات ثنائية في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية أيضاً في التعويض عن أثر تأخير الإشارة بسبب الغلاف الأيوني. ومع ذلك، يبقى هناك بعض التأثير للتشويش المقصود.

٣-٣-٢ إن الوسيلة الرئيسية لخفض احتمال التشويش المقصود وغير المقصود هي إدارة الطيف بشكل فعال. وينطوي ذلك على وضع إطار تنظيمي قوي يضبط توزيع الطيف واستخدامه بطريقة تضمن حماية ترددات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. ويضمن مثل هذا الإطار عدم استخدام ترددات متاخمة، أو استخدام ترددات متاسقة الارتباط بنطاقات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية من قبل أنظمة يمكن أن تتداخل مع أجهزة الاستقبال في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية، وأن يتم تنظيم استخدام أجهزة التكرار وأشباه الأقمار الصناعية بشكل متأن، ومنع شراء أو استخدام أجهزة يمكن أن تسبب تشويشاً مقصوداً. ويجب أيضاً أن تتوفر القدرة على كشف مصادر التشويش دعماً لبرامج التقييم.

٤-٣-٢ إن الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) هو وكالة الأمم المتحدة المتخصصة المسؤولة عن المسائل المتعلقة بالاتصالات الراديوية. وتهدف اللوائح الراديوية للاتحاد، في جملة أمور، إلى ضمان استمرار الترددات الموفرة لسلامة الخدمات مدى الحياة وحمايتها من التشويش الضار والمساعدة في منع حالات التشويش الضار بين الخدمات الراديوية لمختلف الإدارات ومعالجتها.

٢-٣-٥ تتناول المادة ١٥ من اللوائح الراديوية بالتفصيل الاجراءات المتعلقة بمنع حالات التشويش الضار ومعالجتها، وتنص بالأخص على أنه في حال وجود منظمات دولية متخصصة بخدمة محددة، يمكن أن تعرض عليها تقارير عدم الانتظام والمخالفات المتعلقة بالتشويش الضار الذي يلحق بالمحطات العاملة في هذه الخدمة أو الذي تسببه هذه المحطات، في نفس الوقت الذي تعرض فيه على الإدارات المعنية. وهكذا، يمكن أن تُوجه التقارير عن حالات التشويش التي تؤثر على استخدام الطيران للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية إلى الايكاو، التي تكون عندها في موقف يمكنها من إبلاغ الاتحاد الدولي للاتصالات وهيئات الأمم المتحدة المناسبة، للاحية تأثير التشويش على الطيران، من أجل تسهيل إيجاد حل سريع للمشكلة.

٢-٤-٤ تقييم المخاطر

٢-٤-١ على الرغم من امكانية تخفيض انقطاع إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بشكل ملحوظ كما ورد أعلاه، لا يمكن استبعاد انقطاعها بالكامل، لذلك يتوجب على مقدمي خدمات الملاحة الجوية أن يكونوا مستعدين لمعالجة احتمال انقطاع إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. ويتطلب ذلك إتمام تقييم المخاطر التي تحدد الاحتمال المتبقي لحالات انقطاع خدمة الإشارة وتأثير الإنقطاع في أجواء محددة.

٢-٤-٢ يكون احتمال انقطاع الإشارة منعدياً تقريباً في مناطق المحيطات والمناطق قليلة السكان ويبلغ حداً أقصى قرب المراكز السكانية الرئيسية. وينظر تقييم الأثر في نوع المجال الجوي، ومستويات الحركة الجوية، وتوفر خدمات استطلاع واتصالات مستقلة. ويتوقف احتمال انقطاع الإشارة الناتج عن الومض على المنطقة الجغرافية، ويتطلب ذلك تقييماً علمياً.

٢-٤-٣ ينبغي أن يكون مقدمو خدمات الملاحة الجوية مستعدين للعمل عندما تشير تقارير الطيارين إلى وجود تشويش. وإذا أثبت التحليل وجود تشويش، يتوجب على مقدمي خدمات الملاحة الجوية تحديد المنطقة المتأثرة، وإصدار إعلان مناسب للطيارين (نوتام) وتطبيق تدابير لتخفيف الأثر على النحو المبين أدناه، ومن ثم تحديد مصدر التشويش وإزالته.

٢-٥-٥ استراتيجيات تخفيف الأثر

٢-٥-١ يستوجب انقطاع إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية تطبيق استراتيجيات عملية وفعالة لتخفيف الأثر من أجل ضمان سلامة وانتظام الخدمات الجوية وثني عزيمة أولئك الذين يسعون إلى تعطيل العمليات. وتشمل عمليات التخفيف استخدام نظم القصور الذاتي، والمساعدات الأرضية والرادار إلى جانب مراقبة الحركة الجوية وإجراءات الطيارين.

٢-٥-٢ أعربت دول عديدة عن الحاجة إلى استراتيجية بديلة لتحديد الموقع والملاحة والتوقيت (APTN)، بهدف إبقاء خدمات الملاحة الجوية مستمرة إلى أقصى حد ممكن في حال انقطاع إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. وينبغي أن يتم تنسيق مثل هذه الاستراتيجية عالمياً (وتكون مشاركة الايكاو مفيدة في هذا الصدد)، وأن تكون ذات تكلفة معقولة وقابلة للتنفيذ في مدى وقت قصير نسبياً. ويفترض ذلك الاستفادة من النظم الراهنة، ومن ثم تحديد مسار عملي للتطور. ومن العناصر الأساسية لذلك وجود نطاق تردد عالي جداً شامل لكل الاتجاهات (VOR) وجهاز قياس المسافة (DME)، ونظام هبوط آلي (ILS) وأجهزة قصور ذاتي، ويمكن أن تكون هناك حاجة إلى تكنولوجيات جديدة متطورة، مع الأخذ في الاعتبار جميع التطبيقات المساندة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٢-٥-٣ ويمكن للتخفيف الإجرائي أيضاً أن يكون فعالاً، مع الأخذ في الاعتبار خصائص المجال الجوي، وتجهيزات الطاقم، وحجم عمل الطيارين ومراقبي الحركة الجوية، ووجود معايير بديلة للفصل بين الطائرات.

٣- النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية متعددة الكوكبات ومتعددة الترددات

١-٣ الخلفية

٣-١-١ تعتمد الخدمات القائمة على النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في الوقت الحاضر في الجزء الأكبر منها على كوكبة واحدة، هي النظام العالمي لتحديد الموقع (GPS) التي تقدم الخدمة على قناة تردد واحدة. ولكن، هناك كوكبة أخرى، النظام العالمي للأقمار الصناعية المستخدمة في الملاحة (GLONASS)، قد بدأت العمل بالفعل، ويجري العمل على استخدام كوكبات أخرى أيضاً (BeiDou و Galileo). وفي نهاية الأمر، ستعمل جميع الكوكبات بنطاقات تردد متعددة. ويتوقع حدوث تطورات في مجال نظم التقويم في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. وتتضمن الفقرة ١ من المرفق (ب) معلومات إضافية عن التطور المتوقع للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٣-١-٢ أخيراً، تتوقف سرعة الانتقال إلى نظام عالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متعدد الكوكبات على تجهيزات الطائرات، التي تتوقف بدورها على الجدوي الاقتصادية بالنسبة لمشغلي الطائرات، التي تحددها الفوائد المرتقبة، والتكاليف المرتبطة بالتحديات التي ينبغي مواجهتها.

٣-٢ الفوائد المتوقعة

٣-٢-١ إن استخدام إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية التي تُبث من كوكبات متعددة بنطاقات تردد متعددة سيحسن الأداء الفني لهذا النظام. ويوفر ذلك فرصة لتحقيق فوائد تشغيلية. وتشمل الفوائد أداءً ملاحياً محسناً، وخفض احتمال انقطاع الخدمة وزيادة تغطية الخدمة.

٣-٢-٢ فيما يلي عرض موجز للتحسينات الفنية المصاحبة لسيناريو النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متعدد الكوكبات ومتعدد الترددات. وتتضمن الفقرة ٢ من المرفق (ب) معلومات إضافية.

٣-٢-٣ يتوقف أداء النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية على عدد الأقمار الصناعية في مجال الرؤية. ويزيد النظام العالمي المتعدد الكوكبات للملاحة بالأقمار الصناعية من عدد تلك الأقمار زيادة جوهرية. وسيحسن ذلك توافر الخدمة واستمراريتها، خصوصاً في المناطق التي يمكن فيها لومض الأيونوسفير أن يتسبب في انقطاع الإتصال بأقمار صناعية فردية. وبالإضافة إلى ذلك، فإن وجود ما يزيد عن ثلاثين مصدراً واقعاً في نطاق واحد للتشغيل البيني، سيدعم تطور نظم تقويم الإشارات على متن الطائرات (ABAS)، التي يمكن أن توفر إجراءات إقتراب ذات توجيه عامودي في جميع أرجاء العالم، بحد أدنى من إشارات التقويم الخارجية، أو لربما دون أي حاجة إليها، في المدى البعيد.

٣-٢-٤ إن توفر تردد ثانٍ سيمكّن الكرونيات الطائرة من احتساب التأخير الناتج عن الغلاف الأيوني بالوقت الحقيقي، وإزالة مصدر خطأ رئيسي بشكل فعال. وستكون نظم تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية (SBAS) قادرة في المستقبل على دعم توفر المزيد من خدمات الأداء محدد الموضع بالإرشاد الرأسي (LPV) بانخفاض أدنى لعلو القرار يصل إلى ٢٠٠ قدم. وسيتم أيضاً تحسين متانة نظم التقويم الأرضية (GBAS) وتوفير فئة الأداء II/III. وبالإضافة إلى ذلك، كما تمت المناقشة في الفقرة ٢-٣-٢، فإن تنويع التردد يشكل تخفيفاً بالغ الفعالية للتشويش غير المقصود، سيما وأنه من غير المرجح كثيراً أن يؤثر مصدر تشويش غير مقصود في نفس الوقت على أكثر من تردد واحد من النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٣-٢-٥ يزيد وجود كوكبات مستقلة متعددة من القدرة على تخفيف مخاطر انقطاع الخدمة بسبب تعطل نظام رئيسي ضمن كوكبة أساسية، ويعالج مخاوف بعض الدول بشأن الاعتماد على كوكبة واحدة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية خارج نطاق مراقبتها التشغيلية.

٣-٣ التحديات

٣-٣-١ يستتبع إدخال نظام عالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متعدد الكوكبات ومتعدد الترددات عدداً من التحديات الجديدة غير تلك التي اقترنت سابقاً بتنفيذ النظام الحالي للملاحة بالأقمار الصناعية. ومن الأمثلة على تلك التحديات: الحاجة لأن تكون إشارات مختلف كوكبات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية قابلة للتشغيل البيني؛ وشواغل المسؤولية القانونية؛ والدور الأكثر تعقيداً لنظم التقييم التي يمكن أن تتناول مختلف تركيبات كوكبات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية؛ وتزايد تعقيدات الكرونيات الطيران والتكامل والمراقبة التشغيلية على متن الطائرات (على الأخص إذا فرضت دول مختلفة أو منعت استخدام تركيبات مختلفة لإشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في مجالاتها الجوية المختلفة). وترد مناقشة أكثر تفصيلاً لذلك في الفقرة ٣ من المرفق (ب) بهذه الورقة.

٣-٣-٢ لتحقيق الفوائد من الكوكبات المتعددة، تحتاج الايكاو، والدول، ومقدمو خدمات الملاحة الجوية، وهيئات التوحيد القياسي، والمصنعون، ومشغلو الطائرات إلى تنسيق الأنشطة من أجل التغلب على هذه التحديات. والهدف النهائي هو إعداد إطار مؤسسي وقانوني يمكن من استخدام أي عنصر من عناصر النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية استخداماً غير محدود. وبانتظار ذلك، سيكون على الايكاو وصناعة الطيران أن تطورا حلولاً واقعية للوصول إلى إدخال تدريجي لنظام عالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متعدد الكوكبات.

٤- الاستنتاجات

٤-١-١ سلطت المناقشة في القسم ٢ من هذه الورقة الضوء على الحاجة إلى تدابير فعالة لتحقيق أقصى خفض ممكن لاحتمال انقطاع إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية ولتخفيف أثر أي انقطاع متبق. وعلى هذا الأساس، فإن المؤتمر مدعو للموافقة على التوصيتين التاليتين:

التوصية ٦/.....- مساعدة الدول على التخفيف من جوانب الضعف في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

أن يقوم المؤتمر بالطلب من الإيكاو القيام بما يلي:

(أ) مواصلة التقييم الفني للتهديدات المعروفة التي تواجه النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية، بما في ذلك مسائل الطقس الفضائي، وإتاحة المعلومات للدول؛

(ب) تجميع ونشر المزيد من الإرشادات التفصيلية للدول لاستخدامها في تقييم جوانب ضعف النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية؛

(ج) وضع آلية رسمية بالاشتراك مع الاتحاد الدولي للاتصالات وهيئات أخرى مناسبة تابعة للأمم المتحدة لمعالجة مسائل محددة تتعلق بالتشويش الضار بالنظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية التي تبلغ بها الدول الايكاو؛

(د) تقييم مدى الحاجة إلى نظام بديل لتحديد الموقع والملاحة والتوقيت وجدوى ذلك.

التوصية ٦/.....- التخطيط للتخفيف من جوانب ضعف النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

أن يقوم المؤتمر بالطلب من الدول القيام بما يلي:

- (أ) تقييم احتمال وآثار جوانب ضعف النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في مجالها الجوي، والقيام عند الضرورة بتطبيق أساليب معترف بها ومتاحة؛
- (ب) إدارة الطيف وحماية ترددات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بصورة فعالة لخفض احتمال التشويش غير المقصود أو تدهور أداء النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية؛
- (ج) إفادة الايكاو بحالات التشويش الضار بالنظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية التي يمكن أن يكون لها تأثير على عمليات الطيران المدني الدولي؛
- (د) تطوير وتطبيق إطار تنظيمي قوي يحكم استخدام أجهزة التكرار وأشباه الأقمار الصناعية وأجهزة الإشارات المضللة والتشويش؛
- (هـ) إفساح المجال أمام تحقيق كامل الفوائد من التقنيات الموجودة على متن الطائرة لتخفيف أثر التشويش ، لا سيما نظم الملاحة بالقصور الذاتي؛
- (و) إعطاء الأولوية، حيثما يتقرر أن المساعدات الأرضية ضرورية كجزء من استراتيجية تخفيف التشويش، لاستخدام أجهزة قياس المسافة (DME) في إطار نظام الملاحة بالقصور الذاتي (DME/INS) أو ملاحة المنطقة DME/DME ونظام الهبوط الآلي على مدارج مختارة.

٤-١-٢ أظهرت المناقشة في القسم ٣ من هذه الورقة الفوائد الكبيرة المحتملة للتطور الجاري للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في اتجاه سيناريو تعدد الكوكبات وتعدد الترددات. وأظهرت أيضاً أنه ينبغي التغلب على العديد من التحديات من أجل ضمان تلك الفوائد. وعلى هذا الأساس، فإن المؤتمر مدعو للموافقة على التوصيتين التاليتين:

التوصية ٦/.....- برنامج عمل الايكاو لدعم تطور النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

أن يقوم المؤتمر بدعوة الايكاو للاضطلاع ببرنامج عمل لمعالجة ما يلي:

- (أ) قابلية التشغيل البيئي الفني لكوكبات ونظم تقويم إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية؛
- (ب) وضع حلول فنية وتشغيلية لمواجهة الشواغل المؤسسية والقانونية؛
- (ج) تحديد الفوائد التشغيلية لتمكين مقدمي خدمات الملاحة الجوية ومشغلي الطائرات من تحديد كمية هذه الفوائد بالنسبة لبيئتها التشغيلية الخاصة؛
- (د) مواصلة تطوير القواعد والتوصيات الدولية والمواد الإرشادية لعناصر النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية وتشجيع تطوير القواعد القياسية لصناعة الكرونيات الطيران.

التوصية ٦/.....- استخدام الكوكبات المتعددة

يوصي المؤتمر الدول، عند تحديد خططها الاستراتيجية للملاحة الجوية وإدخال عمليات جديدة، بما يلي:

- (أ) الاستفادة من تحسين متانة النظام وتوافر الخدمات بفضل وجود كوكبات متعددة من النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية؛

ب) نشر معلومات تحدد عناصر النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية التي تمت الموافقة على استخدامها في مجالها الجوي؛

ج) اعتماد نهج قائم على الأداء فيما يتعلق باستخدام كوكبات النظم العالمية للملاحة بواسطة الأقمار الصناعية، بالنظر على الأخص في الصعوبات الناشئة عن منع استخدام أو الإلزام باستخدام عناصر محددة من النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

. - - - - -

المرفق (أ)

مصادر جوانب الضعف في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

١- التشويش غير المقصود

١-١ من المقرر أن تعمل أجهزة النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية، المنمطة من قبل الايكاو أو التي يتم النظر في تنميطها في المستقبل، على النطاقات ١٥٥٩ - ١٦١٠ ميجاهرتز (النظام العالمي لتحديد الموقع (GPS))، النظام العالمي للأقمار الصناعية المستخدمة في الملاحة (GLONASS)، ونظام غاليليو (Galileo)، ونظام بيدو (BeiDou) ونظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية ((SBAS))؛ والنطاقات ١٠٨ - ١١٧,٩٧٥ ميجاهرتز (نظام تقويم الإشارات باستعمال المحطات الأرضية ((GBAS))؛ والنطاقات ١١٦٤ - ١٢١٥ ميجاهرتز (النظام العالمي لتحديد الموقع، والنظام العالمي للأقمار الصناعية المستخدمة في الملاحة ، وغاليليو، وبيدو).

٢-١ ينبغي لأجهزة استقبال النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في تلك النطاقات أن تفي بمتطلبات أداء محددة بوجود مستويات من التشويش محددة من قبل الايكاو في الملحق العاشر. /اتصالات/الطيران وتستخدم في نطاق التوصيات ذات الصلة للاتحاد الدولي للاتصالات (ITU). ويمكن للتشويش الذي يتعدى المستويات المحددة أن يتسبب في تدهور أو انقطاع الخدمة، ولكن معايير الكرونيات الطيران تتطلب أن لا يؤدي مثل هذا التشويش إلى معلومات مضللة مسببة للخطر.

٣-١ هناك عدد من مصادر التشويش غير المقصود في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية ناتجة عن أجهزة بث ضمن النطاق وخارجه على حد سواء، بما في ذلك اتصالات التردد العالي المتنقلة والثابتة (VHF) وتوافقيات محطات التلفزة، وبعض الرادارات، والاتصالات المتنقلة بالأقمار الصناعية والنظم العسكرية. والأكثر تسبباً للقلق على وجه التحديد هو استخدام النطاق ١٥٥٩ - ١٦١٠ ميجاهرتز في وصلات الموجات الدقيقة من نقطة إلى نقطة التي يسمح بها عدد من الدول. ومن المقرر وقف استخدام هذه الوصلات في موعد أقصاه عام ٢٠١٥.

٤-١ تشمل المصادر الأخرى للتشويش المحتمل غير المقصود وحدات التكرار وأشباه الأقمار الصناعية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية (النظم التي تبث إشارات مكتملة لتغطية النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في المباني والمناطق الأخرى حيث لا يمكن تلقي الإشارات العادية من النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بسهولة)، وأجهزة الاختبار العائدة للطيران التي تقوم بدور مولد لإشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. وعندما لا تعمل هذه التجهيزات وفق الشروط المحددة، من الممكن أن تتداخل مع الأجهزة الأرضية لالكترونيات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية وأجهزة الاتصالات والملاحة والاستطلاع (CNS). وفي بعض الحالات يمكن لهذه النظم أن تتسبب في قيام أجهزة الاستقبال العائدة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية الواقعة ضمن النطاق باحتساب مواقع خاطئة. وينبغي أن يكون كشف مثل هذه الحالات ممكناً لأنها يمكن أن تسبب آثاراً مثل التبديلات المفاجئة والظاهرة للموقع.

٥-١ وفي عدة حالات من التشويش المبلغ عنه في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية تم تتبع الأحداث وصولاً إلى النظم على متن الطائرة؛ وبيّنت التجربة مصادر عديدة للتشويش، بما فيها تجهيزات الاتصالات الراديوية والاتصالات بالأقمار الصناعية والأجهزة الالكترونية المحمولة. ويمكن منع مثل هذا التشويش بتركيب الكرونيات الطيران المناسبة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية (مثل الحجب، وفصل الهوائي، والترشيح خارج النطاق)، والدمج مع أجهزة الطائرة الأخرى وتقيد استخدام الأجهزة الالكترونية المحمولة.

٦-١ باستطاعة الدول التقليل من خطر التشويش غير المقصود إلى حد كبير بتطبيق إدارة فعالة للطيف، على النحو الذي تمت مناقشته في صلب الورقة.

٧-١ تستخدم الكوكبات الرئيسية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية حالياً نطاق تردد واحد (١٥٥٩ - ١٦١٠ ميجاهرتز). وإدخال إشارات للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية على ترددات إضافية ضمن النطاق ١١٦٤ - ١٢١٥ ميجاهرتز سيمنع بشكل فعال احتمال أن يتسبب التشويش غير المقصود في انقطاع كامل لخدمة النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. ولكن يمكن للخدمات المحسنة التي تعتمد على ترددات متعددة أن تتدهور من جراء مثل هذا التشويش.

٨-١ تشترك الإشارات الإضافية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في النطاق ١١٦٤ - ١٢١٥ ميجاهرتز التي سيبنها الجيل الثاني من الأقمار الصناعية الرئيسية في ذات نطاق التردد مع أجهزة قياس المسافة (DME) والنظام التكتيكي للملاحة الجوية (TACAN). وتقضي قواعد الاتحاد الدولي للاتصالات بوجوب حماية جهاز قياس المسافة والنظام التكتيكي للملاحة الجوية (DME/TACAN) من التشويش. وقد خلُصت دراسات التوافق القائمة على الهيكلية الحالية لجهاز قياس المسافة والنظام التكتيكي للملاحة الجوية أن تأثير تشويش التردد الراديوي على معالجة الإشارات الجديدة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية هو تشويش مقبول. وخلصت الدراسات أيضاً إلى أن الكثافة العالية لمراقق أجهزة قياس المسافة/النظام التكتيكي للملاحة الجوية العاملة ضمن أو قرب النطاق الجديد للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية يمكن أن تؤدي إلى تشويش مع إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في الارتفاعات العالية. وينبغي على الدول أن تقيم ما إذا كانت الزيادة في الهيكلية الأساسية لأجهزة قياس المسافة/النظام التكتيكي للملاحة الجوية تتوافق مع الاستخدام الموسع للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية أو أن تعيد توزيع مهمات أجهزة قياس المسافة بعيداً عن ترددات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية.

٢- التشويش المقصود والتضليل

١-٢ في الوقت الحاضر، ما زالت جميع المساعدات التقليدية للملاحة قيد الخدمة، وما زالت جميع الطائرات مجهزة لاستعمالها. وهكذا، ليس هناك ما يدعو للتدخل عن قصد بخدمات الطيران القائمة على النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. ولكن مع تزايد الاعتماد على هذا النظام، يمكن لخطر التشويش المقصود أن يتزايد.

٢-٢ تُستخدم النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في تطبيقات عديدة: المالية، والأمن والتتبع، والنقل، والزراعة، والاتصالات، والتنبؤ الرقمي بأحوال الطقس، والبحث العلمي، وغير ذلك. وينبغي لتحليل الخطر المقصود أن ينظر في جميع تطبيقات تكنولوجيا النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية واحتمال تأثير التشويش الموجه نحو مستخدمي قطاعات غير الطيران على عمليات الطائرات. وينبغي أن ينظر أيضاً في أوجه تخفيف الأثر التي وضعت من قبل خدمات غير الطيران. ومن دواعي القلق الرئيسية انتشار التشويش على الخصوصية الشخصية بهدف إحباط أنظمة تتبع السيارات.

٣-٢ على الدول أن تقيم وتواجه خطر التشويش المقصود في مجالها الجوي. وإذا تبين لها أن الخطر غير مقبول في مناطق محددة، باستطاعتها اعتماد استراتيجية لتخفيف الأثر على النحو الذي تمت مناقشته في صلب هذه الورقة.

٤-٢ التضليل هو بث إشارات مشابهة لإشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية من أجل التسبب في قيام الكرونيات الطيران للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية باحتساب مواقع خاطئة وتقديم إرشادات مغلوطة. وتضليل النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية هو أقل ترجيحاً من تضليل المساعدات التقليدية لأنه أكثر تعقيداً بكثير من الناحية التقنية. ولتحاشي اكتشافه على الفور، يتطلب التضليل معلومات دقيقة عن موقع الطائرة بصورة متواصلة. ومن الصعوبة بمكان مطابقة إشارات التضليل مع ديناميات جهاز استقبال مستهدف والإبقاء على قوة إشارة كافية لتمكين جهاز الاستقبال من البقاء مقلداً على إشارة التضليل. وإذا بقيت الكرونيات الطيران مقلدة على إشارة التضليل، هناك طرق عديدة لكشف ذلك: يمكن للكرونيات الطيران المتكاملة أن تبين وجود اختلافات بين مواقع النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية ونظام الملاحة بالقصور الذاتي (INS) أو مواقع أجهزة قياس المسافة - أجهزة قياس المسافة (DME-DME)؛ باستطاعة الطيارين أن يلاحظوا وجود انحرافات من

خلال الرصد العادي للأجهزة والشاشات؛ وفي بيئة الرادار، يمكن لمراقبة الحركة الجوية أن تلاحظ وجود انحرافات. وفي حال انحراف إحدى الطائرات عن مسارها، توفر أنظمة الإنذار للاقترب من الأرض (GPWS) وأنظمة تقادي الاصطدام على متن الطائرات (ACAS) حماية ضد الاصطدام بالأرض وبطائرة أخرى.

٥-٢ إن تضليل إشارات البث لبيانات نظام تقويم الإشارات الأرضي (GBAS) هو على الأقل موازٍ في صعوبته لتضليل المساعدات التقليدية للهبوط. وزيادة في حماية نظام تقويم الإشارات الأرضي تم وضع خطة مصادقة تجعل من التضليل أمراً مستحيلاً عملياً.

٣- تأثيرات الأيونوسفير والنشاط الشمسي

١-١-٣ هو منطقة الجو العليا المتأينة جزئياً بسبب الشمس. ويتم فيه تأخير إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في حدود متنوعة تبعاً لكثافة الجسيمات المتأينة في الجو، التي تتوقف بدورها على كثافة الإشعاع الشمسي وانفجارات الطاقة الشمسية الأخرى. وينبغي النظر في تأثيرين اثنين على إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية هما: التغييرات السريعة والواسعة لتأخير الإشارة بسبب الأيونوسفير؛ والومضات (تقلبات سريعة السعة على مراحل). وتتسبب تغييرات تأخير الإشارة بسبب الأيونوسفير في خطأ الأقمار الصناعية في قياس المدى، الأمر الذي ينبغي معالجته عن طريق تصميم النظم. ويمكن للومضات الحادة أن تؤدي إلى انقطاع مؤقت لإشارة أو أكثر من إشارات الأقمار الصناعية.

٢-٣ إن تأثير عواصف الأيونوسفير على العمليات أثناء الطريق ولغاية عمليات الاقتراب غير الدقيق يكاد لا يُذكر.

٣-٣ يمكن للومض الحاد تعطيل الإشارات الواردة من الأقمار الصناعية، ولكنه لا يؤثر على مناطق واسعة من الغلاف الجوي في نفس الوقت؛ بل يحدث في بقع. وهو لذلك على العموم يؤثر فقط على بعض الأقمار الصناعية في مجال رؤية المستخدم. ويكون انقطاع تتبع الإشارة بسبب الومض لمدة قصيرة، ولكنه يمكن أن يحدث بشكل متكرر على فترة ساعات عديدة. ويمكن لمثل هذا الانقطاع أن يتسبب بتدهور خدمة النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية أو بانقطاعها مؤقتاً. ومما يخفف من أثر ذلك هو قدرة جهاز الاستقبال على استعادة إشارة القمر الصناعي بسرعة بعد حادثة الومض. ويؤثر الومض على جميع ترددات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية، وبالتالي فإن أجهزة الاستقبال متعددة التردد سوف لن توفر حماية أقوى. ومن مخففات الأثر أيضاً استخدام الكوكبات المتعددة. وإذا كان جهاز الاستقبال قادراً على تتبع المزيد من الأقمار الصناعية، فمن المرجح أن يتم خفض انقطاع الخدمة إلى حد كبير لأن مزيداً من الأقمار الصناعية لن تتأثر.

٤-٣ لا يتواجد الومض عملياً على ارتفاعات متوسطة، فيما عدا الإرتفاعات بين المنخفضة والمتوسطة، حيث يمكن أن يحدث في أثناء عواصف الأيونوسفير الحادة النادرة. والومض الحاد مألوف تماماً في المناطق الاستوائية ويحدث عادة بعد غروب الشمس وقبل منتصف الليل محلياً. ويحدث ومض معتدل بصورة متكررة في المناطق عالية الارتفاع، ويمكن أن يصل إلى مستويات حادة في أثناء عواصف الأيونوسفير.

٥-٣ يمكن التعويض عن التأخير الناتج عن الأيونوسفير باستخدام الترددات الثنائية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. وحيث أن الآثار تتوقف على التردد، فإن استخدام التردد الثنائي يسمح لأجهزة استقبال النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بكشف واحتساب تأخيرات الأيونوسفير تلك.

٦-٣ يمكن لنظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية (SBAS) كشف آثار عواصف الأيونوسفير التي يمكن أن تهدد سلامة تصحيحات البث وضمان توقف عمليات الأداء المحدد الموضع بالإرشاد الرأسي (LPV) عندما وحيثما لا تستطيع تصحيحات البث الأيونوسفيري أن تعوّض بشكل مناسب عن هذه التأثيرات. وهذا النوع من تخفيف الأثر فعال لأن عواصف

الإيونوسفير الحادة بالقدر الذي يكفي لتهديد صلاحية تصحيحات نظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية ليست متكررة (من المتوقع أن تؤثر على خدمة أداء محدد الموضع بالإرشاد الرأسي بنسبة ١٪ من الوقت في المناطق متوسطة الارتفاع).

٧-٣ في حين أنه من النادر أن تتسبب عواصف الإيونوسفير الحادة في المناطق متوسطة الارتفاع بانقطاع في خدمة أداء محدد الموضع بالإرشاد الرأسي لنظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية (SBAS LPV)، فإن انقطاع الخدمة هو أكثر تواتراً بكثير في المناطق الاستوائية بسبب تكوّن نطاقات واسعة من الجسيمات المتأينة المتراكمة الموجودة في حدود ١٥ درجة شمال وجنوب خط الاستواء المغنطيسي. ويمكن لأحجام ضيقة وممدودة تسمى نضوب (أو فقاعات)، تهبط فيها كثافة الجسيمات المتأينة أدنى بكثير من الإيونوسفير المحيط، أن تنشأ غالباً في وسط هذه النطاقات فقط بعد غروب الشمس محلياً وتظل باقية إلى وقت متأخر في الليل المحلي. وتؤدي هذه المجموعة من الظواهر إلى تقلبات فضائية واسعة ومؤقتة في تأخير الإيونوسفير، وهي تشكل بالتالي تحدياً رئيسياً لسلامة تصحيحات الإيونوسفير من قبل نظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية (SBAS). لذلك فمن غير العملي توفير خدمة أداء محدد الموضع بالإرشاد الرأسي لنظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية SBAS LPV ذات تردد واحد في المناطق الاستوائية التي يرتفع فيها مستوى توفر تلك الظواهر.

٨-٣ يوفر بث نظام التقويم الأرضي (GBAS) تصحيحات زائفة النطاق تنطبق على جميع مصادر الخطأ، وكذلك على معلومات السلامة التي تكون فعالة حتى في حالة وجود تعكّر حاد في الأيونوسفير المحلي. ولكن يمكن لخدمة نظام تقويم الإشارات الأرضي أن تنقطع إذا تسبب الومض الحاد بفقدان الكترونيات الطيران أو محطة تقويم الإشارات الأرضية لقدر كاف من إشارات القمر الصناعي. ولا يتأثر بث نظام تقويم الإشارات الأرضي بحد ذاته بظروف الإيونوسفير. ولكن نموذج خطر الإيونوسفير المستخدم من قبل مراقبي السلامة في نظام تقويم الإشارات الأرضي ينبغي أن يكون متوافقاً مع الظروف المحلية، الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى توفر خدمة أدنى أو بقاء تقييدات في المناطق الاستوائية أكثر منه في المناطق متوسطة الارتفاع. وباستطاعة نظم تقويم الإشارات الأرضية ثنائية التردد أن تعوّض عن آثار تأخير الإيونوسفير وتسمح بتحقيق أداء محسّن مع قدر أقل من القيود.

٩-٣ على وجه العموم، يمكن أن يكون للطقس الفضائي أثر مباشر على النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. ويمكن تعريف الطقس الفضائي بأنه الظروف السائدة على الشمس والرياح الشمسية والغلاف المغنطيسي (المغنيتوسفير)، والغلاف الأيوني (الإيونوسفير)، والغلاف الحراري (الترموسفير) التي يمكن أن تؤثر على أداء ودقة النظم التكنولوجية الفضائية والأرضية وأن تهدد بالخطر الحياة البشرية أو صحة طواقم وركاب رحلات الطيران. فالاضطرابات في هالة الشمس يمكن أن تؤدي إلى حدوث انفجارات راديوية شمسية يُحتمل أن تتسبب في زيادة مستوى ضجة التردد الراديوي في نطاق/نطاقات التردد في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية، وتؤثر بالتالي على استقبال الإشارات من جميع الأقمار الصناعية في مجال الرؤية في الجانب المضاء من الأرض. وفي بعض الحالات النادرة، يمكن لكثافة ونطاق تردد الانفجار الراديوي الشمسي أن يتسبب في انقطاع أجهزة استقبال النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بصورة مؤقتة عن تتبع جميع الأقمار الصناعية في مجال الرؤية. وقد بيّنت التجربة أن هذه الأحداث يمكن أن تستمر على مدى ساعة، تفقد خلالها أجهزة الاستقبال الأرضية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية اتصالها بجميع الأقمار الصناعية في مجال الرؤية لبضع دقائق. لكن يتوقف ضعف أجهزة الاستقبال بالنسبة لمثل هذه الأحداث إلى حد كبير على تصميمها. ويختلف تصميم أجهزة استقبال الطيران في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية عن تصميم أجهزة الاستقبال الأرضية، ولحد الآن لم يظهر أثر كبير على أجهزة استقبال الطيران.

^٢ تتسبب هذه الاضطرابات المعروفة بالكتل الإكليلية (CMEs)، بإطلاق كميات هائلة من المادة والإشعاعات الالكترومغناطيسية في الفضاء ويمكن أن تتجه صوب الأرض بسرعة تصل إلى آلاف الكيلومترات في الثانية.

٤- جوانب الضعف الأخرى

١-٤ يمكن للمسائل البرنامجية، بما في ذلك النقص في الموارد، وحالات الفشل في إطلاق الأقمار الصناعية أو فشلها غير المتوقع، أن تؤدي إلى عدم توفر ما يكفي من الأقمار الصناعية لدعم خدمات محددة قائمة على النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. فالفشل في قطاع المراقبة أو الخطأ البشري يمكن أن يتسبب أيضاً بانقطاع الخدمة وبوقوع أخطاء أسلوب مشتركة على متن العديد من الأقمار الصناعية في كوكبة واحدة. ويتطلب توفير خدمات موثوقة من الكوكبات الرئيسية للأقمار الصناعية نظام إدارة قوي وتمويل.

٢-٤ يجب على الدول أن تتوقع احتمال انقطاع أو تدهور خدمات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية وخدمات المساعدة الملاحية التقليدية أثناء حالة طوارئ وطنية (انظر المادة ٨٩ من اتفاقية شيكاغو). ويجب أن يكون لدى الدول خطط طوارئ في حال قيام نزاع دولي أو قيام دولة أخرى بتشويش إشارات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بطريقة تؤدي إلى تعطيل الخدمة خارج حدودها. وتتولى بعض الدول معالجة الجوانب الأمنية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية ويمكن أن يسفر ذلك عن إجراءات جديدة لحماية سلامة وفعالية الملاحة الجوية.

٣-٤ تقوم السلطات العسكرية في بعض الدول باختبار قدرات تجهيزاتها ونظمها من حين لآخر ببحث إشارات تشويش تعطل الخدمة في مناطق محددة. ويتم تنسيق هذا النشاط عادة مع مكاتب الطيف في الدولة ومقدمي خدمات الملاحة الجوية. وينبغي على السلطات العسكرية وغيرها التي تقوم بتشغيل أجهزة التشويش أن تتسق مع مقدمي خدمات الملاحة الجوية لتمكينهم من تحديد الفضاء الجوي المتأثر، وإبلاغ مشغلي الطائرات ووضع الإجراءات اللازمة.

٤-٤ تقع مسؤولية أمن مساعدات الملاحة الأرضية التي تدعم الملاحة الجوية على سلطات الدولة. وتمتد تغطية النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية فوق أراضي العديد من الدول، وهكذا ينبغي أن يُعالج أمن هذا النظام على المستوى الاقليمي أو العالمي. ومن الأهمية بمكان حماية عناصر النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية المستخدمة في الطيران المدني من الارهاب أو الأعمال العدائية.

المرفق (ب)

الفوائد والتحديات المتوقعة لتطور النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية

١- التطور المتوقع للنظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية على مدى الـ ١٥ - ٢٠ سنة القادمة

١-١ الكوكبات الرئيسية

١-١-١ تخطط الولايات المتحدة والاتحاد الروسي لتوفير ميزات إضافية للنظام العالمي لتحديد الموقع (GPS) والنظام العالمي للأقمار الصناعية المستخدمة في الملاحة (GLONASS) في غضون السنوات القليلة القادمة. ويخطط النظام العالمي لتحديد الموقع لحيازة قدرة تردد ثنائية كاملة بين النطاقين L1-L5 بحدود العام ٢٠٢٠، على أساس تصاميم محسنة للإشارة في النطاق L5. وعلى المدى الطويل، يجري النظر أيضاً في اعتماد إشارة حديثة في النطاق L1. ويعتزم النظام العالمي للأقمار الصناعية المستخدمة في الملاحة توفير خدمة تردد ثنائية في النطاقين L1 و L3 والتطور تدريجياً نحو بلوغ قدرة كوكبة بالكامل قبل عام ٢٠٢٠. وتدعو الخطط طويلة الأجل إلى اعتماد إشارات حديثة تستخدم نظام تشكيل إشارة متلائم في النطاقين L1 و L3 يُفترض أن يزيد تحسين التشغيل البيئي مع النظم العالمية الأخرى.

٢-١-١ سيوفر نظام غاليليو الأوروبي خدمات تردد ثنائية على نطاق التردد E1 و E5 وسيستخدم تصاميم إشارة توفر دقة ومثانة محسنة. وسيُنشر النظام تدريجياً بقدرات خدمة أولية في عام ٢٠١٥ وباستخدام كوكبة كاملة قبل عام ٢٠٢٠. وسيوفر النظام الصيني BeiDou خدمة ثنائية الترددات على الصعيدين الإقليمي والعالمي على النطاقين B1 و B2 وبقدرة خدمة أولية في عام ٢٠١١ وباستخدام كوكبة كاملة قبل عام ٢٠٢٠.

٢-١ أنظمة تقويم الإشارات

١-٢-١ نظام تقويم الإشارات على متن الطائرات (ABAS)

١-١-٢-١ يتيح توفر المزيد من الإشارات الأوسع مدى على ترددتين من كوكبات متعددة إمكانية تحسين الأداء من خلال مفهوم رصد السلامة باستعمال جهاز استقبال مستقل (RAIM). وهذا ما يسمح بتوفير خدمات لتحسين الخدمات على صعيد عالمي بتقليل الاعتماد على تقويم الإشارات الخارجية (نظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية (SBAS) ونظام تقويم الإشارات على متن الطائرات (ABAS)). وسيزيد إدماج النظام المتقدم لرصد السلامة باستعمال جهاز استقبال مستقل (RAIM) مع نظم القصور الذاتي من تحسين الخدمة بتقليل تأثيرها بالتشويش قصير الأجل أو باضطرابات الأيونوسفير.

٢-٢-١ نظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية (SBAS)

١-٢-٢-١ سيؤدي التطور الأول لنظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية إلى توسيع مجالات خدمة الأنظمة القائمة. ومن المتوقع أن يحصل ذلك في غضون السنوات القليلة القادمة مع خدمات أداء محدد الموضع بالإرشاد الرأسي (LPV) يوفرها العديد من نظم تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية. وسيقوم التطور الرئيسي الثاني على الاستفادة من إشارات التردد الثنائي. ويمكن لهذه المرحلة أن تشمل أيضاً استخدام الإشارات من كوكبات متعددة، ولكن يمكن النظر في هذا الأمر في مرحلة ثالثة. ومن المتوقع أن يحصل ذلك بعد الإطار الزمني لعام ٢٠٢٠ عندما يوفر عدد كاف من الكوكبات الرئيسية قدرة تردد ثنائية للأقمار الصناعية.

٣-٢-١ نظام تقويم الإشارات باستعمال المحطات الأرضية (GBAS)

١-٣-٢-١ تمر القواعد القياسية للايكوا لخدمة نظام التقويم باستعمال المحطات الأرضية ذات التردد الواحد GBAS Cat II/III حالياً في مرحلة التحقق من التشغيل. وينطوي المزيد من تطور نظام التقويم باستعمال المحطات الأرضية على استخدام تردد

ثان وأكثر من كوكبة واحدة. ويمكن لنظام التقويم باستعمال المحطات الأرضية ذات التردد الثنائي والكوكبات المتعددة Cat II/III GBAS أن يكون متوافقاً في الإطار الزمني ٢٠٢٠-٢٠٢٥.

٢- الفوائد

١-٢ المقدمة

١-١-٢ إن استخدام الإشارات من كوكبات متعددة تثبت على ترددات متعددة يحسّن الأداء الفني للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. وينتج ذلك الفرصة لتحقيق فوائد تشغيلية. وتتطوي تلك الفوائد على أداء محسّن، وخفض احتمال انقطاع الخدمة وتغطية خدمة متزايدة. ويعالج استخدام الكوكبات المتعددة شواغل بعض الدول بالنسبة لاعتماد النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية على كوكبة واحدة خارج سيطرتها التشغيلية. ومن شأن انتقال النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية إلى تعدد الكوكبات أن يسرّع من تخفيض المساعدات التقليدية.

٢-١-٢ من الممكن في هذه المرحلة من تطور تكنولوجيا تعددية الكوكبات وتعددية الترددات تحديد فوائد تشغيل نوعية فقط. ولكن، مع تقدم التطور، ستكون الدول ومقدمو خدمات الملاحة الجوية ومشغلو الطائرات قادرين على تحديد كمية تلك الفوائد.

٣-١-٢ تبيّن الأقسام التالية الميزات الرئيسية لنظام عالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متعدد الكوكبات ومتعدد الترددات، وتفسّر التحسينات المتوقعة في الأداء الفني، وتبيّن كيف يمكن لهذه التحسينات أن توفر فوائد تشغيلية.

٢-٢ توفر مصادر إضافية أوسع مدى

١-٢-٢ يتميز أداء النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بحساسية خاصة بالنسبة لعدد الأقمار الصناعية في مجال الرؤية. وستوفر الكوكبات المتعددة ذات التشغيل البيئي مصادر إضافية أوسع مدى لتحسين توفر واستمرار الخدمة التي ستزيد المتانة التشغيلية وتمكّن من القيام بتطبيقات متقدمة في مجال الملاحة والاستطلاع.

٢-٢-٢ في المناطق الاستوائية، وإلى حد أقل في المناطق القطبية يمكن للومض الأيونوسفيري أن يتسبب انقطاع إشارات أقمار صناعية فردية، مما يؤدي إلى انقطاع الخدمة. ويؤثر الومض على بقع في السماء في أي وقت من الأوقات. ومع وجود المزيد من الأقمار الصناعية في مجال الرؤية سيكون من الأقل ترجيحاً أن يؤدي الومض إلى انقطاع الخدمة.

٣-٢-٢ سيؤدي توفر ما يزيد عن ثلاثين مصدر مدى ذات تشغيل بيئي في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية إلى دعم تطور نظام تقويم الإشارات على متن الطائرات (على سبيل المثال نظام رصد السلامة باستعمال جهاز استقبال مستقل) الذي يمكنه أن يوفر تطبيقات متقدمة مثل العمليات العالمية للاقترب الرأسي الموجه، بحد أدنى، أو دون حاجة إلى إشارات تقويم خارجية على المدى البعيد.

٣-٢ قيام نظام عالمي للملاحة بالأقمار الصناعية ثنائي الترددات

١-٣-٢ المصدر الرئيسي للخطأ في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية ذات التردد الواحد هو الصعوبة في تقدير الخطأ بسبب التأخير الرأسي للأيونوسفير. ويسمح توفر تردد ثانٍ بقيام الكرونيات الطيران باحتساب التأخير بصورة آلية وبالوقت الحقيقي، والقضاء عملياً على مصدر هذا الخطأ والحاجة إلى أنظمة تقويم الإشارات لتوفير تصحيحات للمستخدمين المجهزين بتردد ثنائي. وستكون نظم تقويم الإشارات باستخدام الأقمار الصناعية المعززة بكوكبات متعددة وترددات متعددة قادرة على توفير الخدمة لما يقارب ١٠٠٪ من خدمة الأداء المحدد الموضع بالإرشاد الرأسي (LVP) المتاحة في مطارات مناسبة ذات حدود دنيا لانخفاض علو قرار الملاحة الفضائية إلى ٢٠٠ قدم (DA) حتى في المناطق الاستوائية.

٢-٣-٢ يتطلب التوسع المستقبلي لنظام تقويم الإشارات باستعمال أقمار صناعية قائمة على استخدام ترددات متعددة عدداً أقل بكثير من محطات الرصد لعمليات الاقتراب الرأسي الموجهة في مجمل أثر القمر الصناعي المستقر بالنسبة للأرض (GEO).

٣-٣-٢ يمكن للتردد الواحد للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية أن يتعطل من جراء تشويش غير مقصود، كالذي تسببه أجهزة إرسال متعطلة. ويشكل تنوع الترددات على نطاقات مختلفة وسيلة فعالة للتخفيف من أثر التشويش غير المقصود، سيما وأنه من غير المرجح كثيراً أن يؤثر مصدر تشويش من خارج النطاق على أكثر من تردد واحد في نفس الوقت في النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. وستكون إشارات الكوكبات الحديثة الناشئة (GPS و GLONASS) أكثر مقاومة للتشويش بالنظر لكونها ذات طاقة أعلى وتصميمات إشارة محسنة، مما يؤدي إلى زيادة قدرتها على منع التشويش.

٤-٢ توفر كوكبات متعددة مستقلة

١-٤-٢ تزيد الكوكبات المتعددة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية القدرة على تخفيف خطر انقطاع الخدمة بسبب فشل نظام رئيسي ضمن كوكبة رئيسية. ويحسن توفر مصادر مدى إضافية وترددات توفرها كوكبات مستقلة من المتانة التشغيلية، التي تعرف بأنها القدرة على الاحتفاظ بالأداء التشغيلي المطلوب بالتقليل من الحاجة للعودة إلى نظام احتياطي بديل أقل قدرة على المساندة (مثل الرادارات، والمساعدات الملاحة التقليدية) التي تشير في بعض الحالات إلى انعدام القدرة. وتوفر النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية خدمة عالمية سلسلة لا تستطيع نظم الملاحة التقليدية بلوغها. وتتطلب الافتراضات المستقبلية للتخطيط زيادة سعة مستمرة في المجال الجوي من شأنها أن تدفع نحو قواعد قياسية أعلى للتوافر والاستمرارية. وسيكون من الأسهل كثيراً الوفاء بهذه المعايير في بيئة متعددة الكوكبات.

٢-٤-٢ توفر النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية مرجعاً زمنياً دقيقاً يُستخدم في تحقيق التزامن بين النظم الأرضية، والتجهيزات على متن الطائرات، وشبكات الاتصالات والعمليات. ومن المتوقع أن يصبح وجود نظام مرجعي عالمي أكثر حرجية في المستقبل في النطاق التشغيلي المستقبلي (مثل العمليات القائمة على مسار 4D). وستوفر الكوكبات المتعددة مصادر زمنية مرجعية مستقلة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية لزيادة متانة هذه النظم والتطبيقات المتصلة بها.

٣- التحديات

١-٣ التشغيل البيئي

١-١-٣ تؤثر درجة التشغيل البيئي بين إشارات مختلف كوكبات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية بصورة مباشرة على تعقيد وكلفة الكترونيات الطيران، وعلى جدوى أعمال مشغلي الطائرات. ومن الناحية المثالية، يُفترض في الأقمار الصناعية من كوكبات متعددة أن تكون "قابلة للتشغيل المتبادل"، وأن تمكن جهاز الاستقبال من دمج جميع الأقمار الصناعية في حل واحد، الأمر الذي سيوفر تحسناً كبيراً في الأداء.

٢-٣ المشاكل المتعلقة بالمسؤولية عن الكوكبات المتعددة

١-٢-٣ يتوجب على كل دولة أن تؤمن سلامة خدمات الملاحة الجوية الموفرة في نطاق مجالها الجوي السيادي. وقد أظهرت تجربة النظم العالمية لتحديد الموقع بأن الاعتماد على خدمات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية الموفرة من قبل دول أخرى يمكن أن تثير شواغل قانونية تتعلق بالمسؤولية. ورفضت بعض الدول الموافقة على أي من العمليات القائمة على النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية.

٢-٢-٣ ولمعالجة هذا الوضع إعتمدت بعض الدول استخدام أنظمة رصد للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية و/أو أنظمة تقويم إشارات لرصد ومراقبة مستقلة لاستخدام الخدمات المرخصة القائمة على النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. ويجدد ظهور نظام عالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متعدد الكوكبات الحاجة لتحديد خطة للمسؤولية الدولية خاصة بهذه النظم.

٣-٣ دور أنظمة تقويم الإشارات

١-٣-٣ يكون دور أنظمة تقويم الإشارات في سيناريو نظام عالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متعدد الكوكبات أكثر تعقيداً إلى حد كبير بالنسبة للمستخدمين ومصنعي الكرونيات الطيران إذا تم تصميم نظم تقويم مختلفة لتقويم مختلف تشكيلات كوكبات النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية.

٢-٣-٣ تعالج القواعد القياسية الحالية لنظم تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية النظام العالمي لتحديد الموقع والنظام العالمي للأقمار الصناعية المستخدمة في الملاحة ولكنها ليست قابلة للتوسع لتقويم إشارات ما يصل إلى أربع كوكبات. وينبغي أن تتم إعادة تصميم بنية رسالة نظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية بحيث تستوعب نظاماً عالمياً للملاحة بالأقمار الصناعية متعدد الكوكبات بالتزامن مع التحديث المقرر للنظام العالمي لتحديد الموقع إلى نظام ثنائي الترددات.

٣-٣-٣ الوضع مشابه بالنسبة لنظام تقويم الإشارات باستعمال المحطات الأرضية، حيث يتوجب أن توسع المعايير المقترحة حالياً بتردد واحد وكوكبة واحدة من خلال إطار دولي منسق لنظام عالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متعدد الترددات ومتعدد الكوكبات.

٤-٣ التحديات التي تواجه تطوير الكرونيات الطيران والتكامل بين الطائرات

١-٤-٣ ترتبط التحديات التي تواجه تطوير الكرونيات الطيران والتكامل بين الطائرات بتعقيدات تكامل القدرة والمراقبة التشغيلية لأجهزة استقبال النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية.

٢-٤-٣ بالرغم من إمكانية تصميم جهاز استقبال واحد يستخدم جميع الكوكبات وإشارات التقويم المتوفرة، فإن مثل هذا المستقبل يمكن أن تكون له أنماط تشغيل عديدة، الأمر الذي سيزيد من تعقيد. فاستخدام ترددات متعددة يمثل أيضاً تحدياً بالنسبة لتصميم الهوائيات التي يمكن أن تدعم استخدام نطاقات متعددة. ويمثل ظهور كوكبات رئيسية جديدة وأشكال جديدة من موجات الإشارة في الترددات الجديدة تحدياً لمصممي أجهزة الاستقبال لتنفيذ تصاميم يمكن أن تتكيف مع البيئة الجديدة الأكثر تعقيداً، ولكنها مع ذلك بسيطة وقابلة للاعتماد. وتتولى أوساط صناعة التتميط حالياً معالجة هذه التحديات (مثل المنظمة الأوروبية لمعدات الطيران المدني (EUROCAE)).

٣-٤-٣ تكون المراقبة التشغيلية ودمج الكرونيات الطيران صعبة إذا فرضت الدول أو منعت استخدام كوكبات أو إشارات أو خدمات تقويم محددة. وفي الوقت الحاضر، حيث تقوم جميع الكرونيات الطيران عملياً على أساس النظام العالمي لتحديد الموقع وحده، فإن تحديد النظام الذي ينبغي استخدامه في مجال جوي معين بسيط نسبياً: إما أن تكون الدولة قد أذنت باستخدام النظام العالمي لتحديد الموقع أو لم تأذن بذلك. وفي سيناريو الكوكبات المتعددة، توجد بدائل أكثر (تبعاً لتركيبات الكوكبات المسموح بها في كل دولة)، ويتعين على الكرونيات الطيران معرفة أي من الكوكبات يمكن استخدامها وأين. ويمتد نفس المفهوم إلى الترددات المتعددة وإلى النظم الإقليمية المتعددة لتقويم الإشارات مثل نظام تقويم الإشارات بالأقمار الصناعية حيث يمكن لتقويم تغطية الإشارة بشكل كبير أن يمتد إلى خارج منطقة الخدمة. ومن الأمور المعقدة تطبيق وسيلة ضبط عندما يستخدم جهاز الاستقبال عناصر مختلفة من النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية. ومن شأن إشراك الطيارين في مثل هذه القرارات أن يزيد من عبء العمل والتعقيدات، لذلك من المرتقب توفر مستوى معين من التشغيل الآلي. وبالإضافة إلى ذلك، وبما أن حالة أي من العناصر المسموح بها أو الممنوعة يمكن أن تتغير تدريجياً مع مرور الزمن، ينبغي تحديث المعلومات التي تقود العمليات الآلية على أساس منتظم.

٤-٤-٣ هناك تحد آخر يواجه تكامل الطيران هو الموافقة على صلاحية الطائرات للطيران. ويتم إصدار شهادات الصلاحية للطيران من قبل دولة التسجيل. وتبين الشهادة في جملة أمور أخرى أن الطائرة وجدت مطابقة لتصميمها المصادق عليه، الذي يشكل جزءاً من شهادة الطراز التي تُمنح من قبل دولة التصميم. وتُمنح شهادة الطراز للمصممين بعد أن يبينوا أن التصميم المحدد يتوافق مع معيار دولة التصميم بما في ذلك الأنظمة التطبيقية المنصوص عليها من قبل هيئة الطيران المدني في دولة التصميم. وهكذا، فإن المصادقة على طراز الطائرة الذي ينطوي على استخدام عناصر من النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية غير موافق عليها من قبل دولة المصمم ستكون موضع إشكال. وسبق أن نشأ هذا الوضع لدى إدارة الطيران الفيدرالية

الأمريكية التي ليس لديها معايير تصميم أو مواد إرشادية ضرورية تسمح بالمصادقة على أجهزة استقبال النظم العالمية للأقمار الصناعية المستخدمة في الملاحة. ومن المرجح أن تصبح مثل هذه الحالات أكثر تعقيداً في المستقبل مع نضوج الكوكبات الرئيسية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بمعدلات مختلفة وإذا وافقت دول تصميم ودول تسجيل مختلفة على عناصر مختلفة من النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية في أوقات مختلفة. وستزداد هذه المشكلة تفاقمًا عندما تسمح هذه الدول أو تمنع استخدام عناصر محددة من النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية.

٣-٤-٥ إن استعداد صناعة الطيران لمواجهة التحديات المتعلقة بتحديث تجهيزات الملاحة الجوية والمصادقة عليها سيلعب الدور الرئيسي في تحقيق فوائد بيئة متعددة الكوكبات.

- انتهى -