الأمم المتحدة A/AC.105/C.1/L.396

الجمعية العامة

Distr.: Limited
24 December 2021
Arabic
Original: English

لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية
اللجنة الفرعية العلمية والتقنية
الدورة التاسعة والخمسون
فيينا، 7-18 شباط/فبراير 2022

حماية السماوات الحالكة الهادئة

ورقة عمل من إعداد إسبانيا وسلوفاكيا وشيلي والاتحاد الفلكي الدولي والمرصد الجنوبي الأوروبي ومرصد مصفوفة الكيلومتر المربع

أولا- مقدمة

1- استفاد علم الفلك خلال العقود الستة الماضية من زخم هائل يرتبط باستخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية. فقد منحت عشرات السواتل العلمية إمكانية الوصول إلى نطاق الإشارات الكهرمغناطيسية الكونية بأكمله، من الموجات الصغرى إلى أشعة غاما الأكثر امتلاءً بالطاقة. وقد استخدم العلماء البيانات الجديدة من أجل بناء نموذج شامل للكون بأسره وتاريخه، ولكنها مكنتهم أيضا من وصف ظواهر جديدة عالية الطاقة تتجاوز بكثير نطاق أي مرافق تجريبية أرضية قائمة حاليا أو ستنشأ مستقبلا. وقد تبين أن الفضاء الخارجي يمثل مختبرا لا بديل له للنهوض بالفيزياء الأساسية.

2- غير أن علم الفلك الفضائي وحده ما كان ليحقق تلك الإنجازات بدون المساهمة التكميلية الأساسية التي وفرتها المرافق الفلكية الأرضية الكبيرة. فالجمع بين البيانات الفضائية والأرضية هو وحده الذي يمكِّن من تحقيق تقدم حقيقي في معرفتنا بالواقع الفيزيائي. وبالمثل، فاستكشاف أجسام النظام الشمسي، من الكويكبات إلى الكواكب، يعتمد بشكل حاسم على عمليات الرصد المفصلة التي تقوم بها المرافق الفلكية الأرضية والفضائية. ولذلك، فمن مصلحة المجتمع العلمي الدولي بأسره حماية قدرات الرصد الفلكي العالمية من التداخل الاصطناعي المدمر والضار إلى حد كبير.

3- وهناك ثلاث فئات من التداخل الاصطناعي التي تؤثر سلبا على عمليات الرصد الفلكي: (أ) الإضاءة الحضرية أو الضوء الاصطناعي ليلا؛ (ب) الآثار البصرية/تحت الحمراء التي تخلفها السواتل الموجودة في مدار أرضي منخفض؛ (ج) البث الراديوي بواسطة أجهزة البث الأرضية والفضائية، ولا سيما انطلاقا من السواتل الموجودة في مدار أرضي منخفض.

الرجاء إعادة استعمال الورق

4- ويتعلق أحدث هذه التداخلات بنشر أعداد كبيرة من سواتل الاتصالات في مدار أرضي منخفض، وهذا يمثل إنجازا تكنولوجيا مبتكرا. والغرض الرئيسي منها هو توفير شبكات اتصال ذات فترة استجابة أرض-فضاء-أرض منخفضة لأي منطقة مأهولة في العالم. وهذا يمثل آمالا كبيرة فيما يتعلق بالاتصال، وربما يشكل جزءا هاما من نظام النطاق العريض العالمي.

5- وتشكل التشكيلات الكبيرة من السواتل تحديا جديدا بالنسبة لعلم الفلك نظرا لعددها، وسطوعها في السماء (بسبب الانعكاسات البصرية أو الانبعاثات الحرارية)، وانتشارها في السماء (مقارنة بالسواتل الموجودة في مدار ثابت بالنسبة للأرض والمقتصرة على "حزام" واحد) وقربها (وهو ما يفسر انخفاض فترة الاستجابة).

6- وقد شكلت جميع فئات التداخل المذكورة أعلاه مواضيع رئيسية لحلقة العمل والمؤتمر المتعلقين بموضوع "سماوات حالكة هادئة من أجل العلم والمجتمع"، اللذين نظمهما مكتب شؤون الفضاء الخارجي وحكومة إسبانيا والاتحاد الفلكي الدولي. وتقرير حلقة العمل، التي عقدت عبر الإنترنت في الفترة من 5 إلى 9 تشرين الأول/أكتوبر 2020، متاح على الرابط الشبكي: www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf.

7- وقدِّم ملخص لاستنتاجات حلقة العمل إلى الدورة الثامنة والخمسين للجنة الفرعية العلمية والتقنية في ورقة اجتماع بشأن توصيات للحفاظ على السماوات الحالكة الهادئة من أجل العلم والمجتمع (A/AC.105/C.1/2021/CRP.17)، قدمتها وفود إثيوبيا والأردن وإسبانيا وسلوفاكيا وشيلي والاتحاد الفلكي الدولي. وقدمت وفود كندا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية ورقة اجتماع تتصل بالموضوع نفسه تتضمن مقترحا بشأن إدراج موضوع/بند منفرد للمناقشة أثناء الدورة التاسعة والخمسين للجنة الفرعية العلمية والتقنية في عام 2022 تحت عنوان "تبادل عام للآراء بشأن آثار النظم الساتلية على الأنشطة الفلكية الأرضية" (A/AC.105/C.1/2021/CRP.24). وشجعت اللجنة الفرعية، في تقريرها عن الدورة الثامنة والخمسين، مكتب شؤون الفضاء الخارجي على أن يتواصل مع جميع أصحاب المصلحة المعنيين، مثل الاتحاد الفلكي الدولي وغيره، بشأن مسألة السماوات الحالكة الهادئة ولاحظت أن المؤتمر المقرر عقده في عام 2021 يمكن أن يقدم مدخلات للاستعانة بها في مناقشة تركز على فرص التعاون الدولي (A/AC.105/1240، الفقرة 233).

8- وحلل المؤتمر المنعقد حول "سماوات حالكة هادئة من أجل العلوم والمجتمع"، الذي عقد عبر الإنترنت في الفترة من 3 إلى 7 تشرين الأول/أكتوبر 2021، نتائج ما يقرب من عامين من التحقيقات التي تناولت التداخل المذكور أعلاه. كما ركز المؤتمر، من خلال مناقشة مفيدة مع الأوساط الفلكية وقطاعات الصناعة الفضائية، على تنفيذ تدابير ممكنة عمليا من شأنها أن تخفف من الأثر السلبي على العلم والمجتمع. ويرد تقرير المؤتمر في الوثيقة A/AC.105/1255، كما يتاح التقرير التقني المفصل للأفرقة العاملة التي تولت التحضير لهذه الفعالية على الرابط الشبكي: https://noirlab.edu/public/products/techdocs/techdoc051. وتركز ورقة العمل هذه على التدابير التي تدخل ضمن نطاق اختصاص لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية.

ثانيا- الضوء الاصطناعي ليلا

9- أصبح تداخل الضوء الاصطناعي ليلا مع عمليات الرصد الفلكي، الذي يؤثر على علماء الفلك الهواة منهم والمحترفين، مشكلة حادة مع ظهور مصادر الإضاءة بالصمامات الثنائية الباعثة للضوء، ولا سيما تلك التي تنتج مستوى عاليا من الضوء الأزرق. وقد حدد الاتحاد الفلكي الدولي عتبة قصوى مسموحا بها للتلوث الضوئي بالنسبة للمواقع الفلكية تزيد بنسبة 10 في المائة على مستويات الخلفية الطبيعية. ويتزايد التلوث الضوئي على الصعيد العالمي بنسب تتراوح بين 2 و6 في المائة سنويا، وهو يقلص الظلام في كل مكان، بما في ذلك في مواقع المراصد: فالمواقع ذات المستوى العالمي معرضة لخطر الوصول إلى عتبة 10 في المائة في العقد المقبل، والعديد من المواقع الأصغر حجما قد وصلت إليها بالفعل. وبالإضافة إلى تأثير الضوء

الاصـــطناعي في الليل على علم الفلك، فقد تكون له آثار بيولوجية كبيرة على النباتات والحيوانات، الفقاريات واللافقاريات على حد سواء، الأمر الذي يتطلب مزيدا من الدراسات من جانب الخبراء المعنيين.

10- وللضـــوء الاصـــطناعي في الليل أثر ســـلبي خطير على علم الفلك عموما، وبالتالي على علم الفلك الفضـائي أيضـا. ولذلك، تشـجَّع الوفود على النظر في اعتماد التوصـيات التفصـيلية والكمية الواردة في تقريري حلقة العمل والمؤتمر المعقودين عبر الإنترنت، ولا سيما في مجال المرافق الفلكية الأرضية.

ثالثا- التشكيلات الساتلية وعلم الفلك البصري/علم فلك الأشعة تحت الحمراء

11- يشـير الاتحاد الدولي للاتصـالات وكذلك الملفات التنظيمية الوطنية إلى إمكانية إطلاق ما يقرب من 000 100 سـاتل في مدار أرضـي منخفض في العقد المقبل، وقد بدأت عدة شـركات بالفعل في بناء وإطلاق تشكيلات ساتلية.

12- وعلى الرغم من فوائد تشكيلات الاتصالات التي لا جدال فيها، فإن العدد الكبير غير المسبوق من السواتل التي سـتملأ الغلاف المداري الأرضـي المنخفض يؤدي إلى وضـع جديد يطرح عدة تحديات، بما في ذلك بالنسـبة للرؤية الصافية للسماء ليلا ولعلم الفلك.

13- وكما بينت ذلك حلقة العمل والمؤتمر المنعقد حول "ســـماوات حالكة هادئة من أجل العلم والمجتمع"، فالتشكيلات الساتلية الكبيرة تشكل تحديا لعلم الفلك البصري/علم فلك الأشعة تحت الحمراء بسبب التداخل الضوئي الناتج عن العوامل المتعلقة بانعكاس وحرارة المركبات الفضـائية. وهذا يمثل مشـكلة جديدة بالنسـبة لعلم الفلك بسـبب الزيادة الكبيرة في عدد السواتل، وانتشارها في كل مكان في السماء وقربها من الأرض. وتتوقف رؤية الساتل وسطوعه أثناء الليل على مدى ارتفاع مداره (الذي يتراوح حاليا بين 350 كيلومترا و200 1 كيلومتر تقريبا) وعلى انعكاســـية سطحه ووضعيته مقارنة بالجهة التي تقوم بالمراقبة، فضلا عن التشكيلة المدارية للنظام. وفي المدار، يمكن رؤية جزء صغير من السواتل بالعين المجردة (تلك التي تقل قوة سطوعها عن سبعة)، ولكنها يمكن أن تُكتشف جميعها أثناء رفع المدار وخفضه وفي المدار بواسطة أجهزة للكشف عن التلسكوبات تتسم بالحساسية الشديدة، حيث تترك آثار عبورها على الصـــور الفلكية، مما يقلل إلى حد كبير من قابلية الاســـتخدام العلمي للبيانات المجموعة. وقد تبيَّن أن المعالجة اللاحقة للصـور المتضـررة ليسـت هي الحل: فالآثار الأكثر سـطوعا (قوة سـطوع أدنى من سـبعة) قد تشـيِّع أجهزة الكشـف، مما يجعل أجزاءً من الصـور غير صـالحة للاسـتعمال، في حين أن إزالة الآثار الأضـعف تترك آثارا تلحق ضررا كبيرا بالبرامج العلمية الهامة، مثل الدراسات الاستقصائية الإحصائية التلقائية للمجرات الشديدة الخفوت.

14- ويمكن التخفيف من الأثر باتباع اتجاهين رئيســـيين: (أ) الخطوات التي يمكن لعلماء الفلك اتخاذها بالعمل على مستوى الطرف الآخر من عملية الرصـد؛ (ب) الخطوات التي يمكن لصـناعة السواتل والسلطات التنظيمية أن تتخذها عن طريق التدخل من خلال عمليات تصـميم وتشـغيل التشكيلات. وتشير الخبرة المكتسبة حتى الآن إلى أن أكثر النتائج فعالية تتأتى من خلال التعاون الوثيق بين الأوساط الفلكية والجهات الفاعلة الصناعية.

15- وترد الخطوات التي يمكن لعلماء الفلك اتخاذها للتخفيف من أثر التشـــكيلات في تقريري حلقة العمل والمؤتمر وتشمل، في جملة أمور، ما يلي: (أ) عمليات الرصد المنسقة لسواتل فردية انطلاقا من مواقع متعددة؛ (ب) وضـع خوارزميات لاستبانة الشرائط الضـوئية الضـيقة وإخفائها والتنبؤ بمرور السواتل من خلال مؤشرات رصد مخططة ومحددة؛ (ج) استحداث أجهزة كشف بصرية/للأشعة تحت حمراء ونظم استقبال لاسلكية "ذكية"؛ (د) الحلول البرمجية والمعالجة اللاحقة للبيانات؛ (هـ) نشر المعلومات ودعم تنفيذ أفضـل الممارسات في مجال عمليات الرصد ومعالجة البيانات.

16- وخلص الفريق العامل المعني بالتشكيلات الساتلية التابع للمؤتمر، في القسم المتعلق بالصناعة من تقريره،[1] إلى أن مشغلي السواتل من الأرجح أن يعتمدوا ممارسات طوعية أو أدوات للتخفيف إذا تعاملوا مع علماء الفلك في وقت مبكر من دورات مشاريعهم، وقبل وضع اللمسات الأخيرة على تصاميم المركبات الفضائية، وعندما يكون من الممكن إدخال تعديلات على هياكل أو تصاميم المركبات الفضائية أو عملياتها بأقل تكلفة أو تأثير على الجدول الزمني المحدد. ويرد ملخص لمجموعة من المبادئ التوجيهية المتعلقة بأفضل الممارسات في تقرير المؤتمر، وهي تغطي خمسة مجالات ذات أولوية هي: (أ) معالجة السطوع المرئي للسواتل كما يُرى من الأرض؛ (ب) التصدي للتأثير الذي تخلفه التشكيلات الكبيرة من السواتل الموجودة في المدارات الأرضية المنخفضة التي يزيد ارتفاعها على 600 كيلومتر على العلوم الفلكية من حيث الرؤية؛ (ج) إتاحة إمكانية الاطلاع على بيانات عامة عالية الدقة بشأن المواقع المتوقعة لسواتل فردية (التقويم الفلكي) ليستخدمها علماء الفلك من أجل تجنب آثار السواتل أثناء عمليات الرصد التي يقومون بها؛ (د) الاعتبارات المتعلقة برفع المدار والإزالة من المدار، مما يقلص إلى أدنى حد العوامل التي تؤثر في عمليات الرصد الفلكية بسبب السواتل مباشرة بعد إطلاقها وأثناء مراحل إزالتها من المدار/عودتها إلى المدار؛ (هـ) استمرار التعاون بين الأوساط المعنية بالرصد الفلكي والأوساط المعنية بالسواتل. ووضع الفريق العامل أيضا مشروع خطة عمل يمكن أن تشكل أساسا للبنود التي ستناقش في إطار بند واحد من بنود جدول الأعمال.

17- ويتوقف تأثير التشكيلات على علم الفلك في نهاية المطاف على توليفة من جميع العوامل المذكورة أعلاه. ولذلك، فبدلا من اقتراح فرض قيود محددة على العوامل الفردية (مثل ارتفاع المدار وانعكاسية السطح، وما إلى ذلك)، نقترح أن تقوم الشركات التي تعتزم تصميم تشكيلات ساتلية وإطلاقها وتشغيلها بإجراء دراسة كمية عن الآثار المتوقعة للتشكيلات المقترح وضعها على علم الفلك. وسيقوم مركز حماية السماء الحالكة من التشكيلات الساتلية التابع للاتحاد الفلكي الدولي الذي أنشئ حديثا بإنتاج ونشر بيانات ومعلومات جديدة عن أثر السواتل سيكون بوسع أي مجموعة من أصحاب المصلحة الاستفادة منها. ويمكن للمركز، إذا طلب منه ذلك، أن يساهم في الدراسة وأن يقترح تدابير قد تخفف، إذا ما اعتمدت طوعا في المراحل المبكرة من التصميم، من أثر التشكيلات على علم الفلك دون أن تؤدي إلى زيادة كبيرة في التكاليف، مع إتاحة تحقيق أهداف التشكيلات.

18- ولا يزال هناك العديد من الأسئلة التي لم تتم الإجابة عليها والعديد من المجالات التي تحتاج إلى المزيد من الدراسة. فالأثر على علم الفلك البصري/علم فلك الأشعة تحت الحمراء لم يثبت بعد: وهذه مشكلة متعددة الأبعاد، وهناك أسئلة تظل دون إجابة، مثل العدد الإجمالي للسواتل الموصى به في التشكيلات المدارية المختلفة. ويوصى بمواصلة دراسة هذه المسألة وغيرها من المسائل ذات الصلة.

رابعا- التشكيلات الساتلية وعلم الفلك الراديوي

19- تدخل إدارة الطيف الراديوي ضمن نطاق عمل قطاع الاتصالات الراديوية داخل الاتحاد الدولي للاتصالات. وتوفر لوائح الراديو تخصيصات لخدمات مختلفة، بما في ذلك علم الفلك الراديوي في إطار دائرة علم الفلك الراديوي. والواقع أن لعلم الفلك الراديوي تاريخا طويلا من النشاط التفاوضي الرامي إلى حماية نطاقات التردد ذات الأهمية الفلكية من التداخل الضار الناجم عن الانبعاثات الراديوية الاصطناعية ضمن نطاق الطول الموجي الذي له أهمية من حيث علم الفلك، بما في ذلك التخصيصات وعمليات التعرف والحمايات المنصوص عليها في الحواشي في لوائح الراديو.

20- وتمثل الوضعية التي نشأت عن التشكيلات الكبيرة الجديدة لسواتل الاتصالات تهديدات جديدة لعلم الفلك الراديوي تستحق مزيدا من الدراسة. وقد استبان تقرير المؤتمر عددا من التحديات المحددة، مما يبرز كيف أن تدابير الحماية القائمة غير كافية لحماية علم الفلك الراديوي، حتى داخل مناطق الصمت الراديوي. وتشمل التوصيات الواردة

(1) متاح على الرابط الشبكي: https://noirlab.edu/public/products/techdocs/techdoc051.

في تقرير المؤتمر من أجل حماية علم الفلك الراديوي ما يلي: (أ) ينبغي أن تكون لدى تصاميم السواتل القدرة على تجنب توجيه الإضاءة المباشرة للتلسكوبات الراديوية ومناطق الصمت الراديوي؛ (ب) ينبغي الإبقاء على كثافة دفق القدرة المكافئة للإشعاعات الكهرمغناطيسية غير المعتمدة، بما في ذلك الانبعاثات الكلية والانبعاثات خارج النطاق والانبعاثات التوافقية والعرضية، دون الحد الذي اتفق عليه الاتحاد الدولي للاتصالات (بالنسبة للحالات الفردية والمجتمعية). ويبرز التقرير أهمية إذكاء الوعي العام بقابلية تضرر علم الفلك الراديوي.

21- وإلى جانب التوصيات الواردة أعلاه بشأن علم الفلك الراديوي، يلزم إيلاء اهتمام خاص لحماية التحقيقات الأرضية بشأن خلفية الموجات الصغرى الكونية، التي تستخدم مرافق الرصد الخاصة بها مقاييس بالبولومتر، تكون حساسة لأي طاقة توجد ضمن نطاقها الترددي. ويقترح أن تقيِّم الأوساط المعنية بخلفية الموجات الصغرى الكونية ومشغلو السواتل بشكل مشترك الأثر المتوقع من الانبعاثات التراكمية للموجات الصغرى من التشكيلات وأن يقترحوا استراتيجيات للتخفيف منها.

خامسا- الاستنتاج

22- في إطار حلقة العمل المنعقدة عام 2020 والمؤتمر المنعقد عام 2021 بشأن موضوع "السماء الحالكة الهادئة من أجل العلوم والمجتمع" الذين نظمهما عبر الإنترنت مكتب شؤون الفضاء الخارجي وحكومة إسبانيا والاتحاد الفلكي الدولي، أجري تقييم علمي وتقني للتأثير الذي ستخلفه التشكيلات الساتلية الكبيرة الموجودة في المدار الأرضي المنخفض على علم الفلك. واقترح المشاركون فيهما تدابير تخفيفية قابلة للتطبيق، ومجموعة قائمة من المبادئ التوجيهية المتعلقة بأفضل الممارسات، ومخططا للعمل الذي يمكن الاضطلاع به مستقبلا من أجل التخفيف من الأثر السلبي الذي قد تخلفه التشكيلات الساتلية على عمليات الرصد الفلكي.

23- وفي ورقة العمل هذه، نعرض على نظر الوفود لدى لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية ملخصا رفيع المستوى لتقرير المؤتمر وعددا من المقترحات من أجل التنفيذ الرشيد لتدابير التخفيف والمبادئ التوجيهية المتعلقة بأفضل الممارسات الممكن تطبيقها فيما يخص التشكيلات الساتلية.

24- ونود أن نقترح على وجه الخصوص أن تنظر الوفود في جميع الإجراءات المقترحة التالية أو جزء منها وأن تؤيدها في نهاية المطاف:

(أ) الأخذ بالبحوث الفلكية، المنجزة انطلاقا من الأرض والفضاء، باعتبارها جزءا أساسيا من الأنشطة الفضائية؛

(ب) زيادة اهتمام سلطاتها الحكومية بالضرر الناجم عن توسع الضوء الاصطناعي ليلا على نحو يخرج عن السيطرة، ليس فقط بالنسبة لعلم الفلك، بل وربما أيضا بالنسبة لمجالات أخرى؛

(ج) دعم اعتماد مجموعة المبادئ التوجيهية الطوعية المتعلقة بأفضل الممارسات بشأن التشكيلات الساتلية الموجودة في المدارات الأرضية المنخفضة والأوساط الفلكية، التي ترد في تقريري حلقة العمل والمؤتمر بشأن كل من علم الفلك الراديوي والبصري/علم فلك الأشعة تحت الحمراء؛

(د) إدراج بند في جدول أعمال اللجنة الفرعية العلمية والتقنية بعنوان "تأثير التشكيلات الساتلية على المرافق الفلكية". فنشر التشكيلات الساتلية يتطور على نحو سريع، وبالتالي، فتأثيرها على علم الفلك سيزداد، مما يطرح تحديات جديدة قد تتطلب استراتيجيات جديدة للتخفيف منه. ومن شأن هذا البند من جدول الأعمال أن يوفر محفلا مناسبا للوفود لعرض ومناقشة موقف كل منها بشأن هذه المسألة، والتحديثات والتعديلات التقنية على المجموعة الحالية من المبادئ التوجيهية المتعلقة بأفضل الممارسات. ويمكن حذف بند جدول الأعمال هذا بمجرد تحقيق توازن مرضٍ.