الأمم المتحدة A/AC.105/1255

الجمعية العامة

Distr.: General
5 November 2021
Arabic
Original: English

لجنة استخدام الفضاء الخارجي
في الأغراض السلمية

تقرير عن المؤتمر المشترك بين الأمم المتحدة وإسبانيا والاتحاد الفلكي الدولي بشأن السماوات الحالكة الهادئة من أجل العلم والمجتمع

(لا بالما، إسبانيا (عبر الإنترنت)، 3-7 تشرين الأول/أكتوبر 2021)

أولا- مقدمة

1- نظم مكتب شؤون الفضاء الخارجي التابع للأمانة العامة (المكتب) المؤتمر المشترك بين الأمم المتحدة وإسبانيا والاتحاد الفلكي الدولي بشأن السماوات الحالكة الهادئة من أجل العلم والمجتمع، بوصفه أحد أنشطة برنامج الأمم المتحدة للتطبيقات الفضائية.

2- ونظرا لانتشار جائحة مرض فيروس كورونا (كوفيد-19)، أُجِّل المؤتمر من عام 2020 إلى عام 2021. واتفق المكتب وحكومة إسبانيا على عقد المؤتمر في شكل هجين، يتيح للبعض المشاركة بالحضور الشخصي في سانتا كروز دي لا بالما، وتُبثُّ وقائعه عبر الإنترنت لعدد أكبر من المشاركين. وبسبب ثوران بركان كامبر فيخا في لا بالما، الذي بدأ في 19 أيلول/سبتمبر وتسبب في تعطيل الأنشطة في الجزيرة، عُقد المؤتمر في نهاية المطاف عبر الإنترنت بالكامل، في الفترة من 3 إلى 7 تشرين الأول/أكتوبر 2021.

3- وشارك في تنظيم المؤتمر حكومة إسبانيا والاتحاد الفلكي الدولي. وتلقى المؤتمر دعما من معهد الفيزياء الفلكية في جزر الكناري بوصفه الجهة المنظِّمة المحلية، وشارك في رعايته مجلس لا بالما وبلدة سانتا كروز ومؤسسة ستار لايت (Starlight Foundation).

4- ويقدم هذا التقرير وصفا لأهداف المؤتمر، ويتضمن تفاصيل عن الحضور وموجزا للعروض الإيضاحية والمناقشات، وكذلك الاستنتاجات والملاحظات.

ثانيا- المعلومات الأساسية والأهداف

5- في عام 2017، اتفقت لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية على أن ينظم المكتب، بالاشتراك مع الاتحاد الفلكي الدولي، مؤتمرا بشأن موضوع التلوث الضوئي عموما.

031221 031221 V.21-08175 (A)

الرجاء إعادة استعمال الورق

6- وفي عام 2020، وبينما كان السفر مقيَّدا خلال أزمة كوفيد-19، عقدت اللجنة التنظيمية العلمية التابعة للمؤتمر حلقة عمل عبر الإنترنت حول موضوع "سماوات حالكة هادئة من أجل العلم والمجتمع" في الفترة من 5 إلى 9 تشرين الأول/أكتوبر 2020. وناقش المشاركون في حلقة العمل آثار ثلاث فئات من التداخل في علم الفلك: (أ) الضوء الاصطناعي ليلا؛ (ب) العدد الكبير من السواتل في المدارات الأرضية المنخفضة؛ (ج) انبعاثات الموجات الراديوية. وفي ضوء النتائج الأولية والتعليقات الواردة، أعدت الأفرقة العاملة التابعة للجنة التنظيمية العلمية تقريرا نشره الاتحاد الفلكي الدولي في كانون الثاني/يناير 2021. وقد قدَّمت إثيوبيا والأردن وإسبانيا وسلوفاكيا وشيلي والاتحاد الفلكي الدولي التوصيات الواردة في ذلك التقرير إلى اللجنة الفرعية العلمية والتقنية، التابعة للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، في دورتها الثامنة والخمسين المعقودة في نيسان/أبريل 2021، في ورقة اجتماع معنونة "توصيات للحفاظ على السماوات الحالكة الهادئة من أجل العلم والمجتمع" (A/AC.105/C.1/2021/CRP.17).

7- وركَّز المؤتمر الذي عُقد في الفترة من 3 إلى 7 تشرين الأول/أكتوبر 2021 على الإجراءات التقنية والسياساتية المتصلة بتلك التوصيات، وبخاصة تحديد أصحاب المصلحة والشركاء الذين يحتاجون إلى التعاون فيما بينهم من أجل تنفيذ حلول مُرضية للحفاظ على حلكة السماوات وهدوئها. وتضمن برنامج المؤتمر عروضا إيضاحية قدمتها الأفرقة العاملة التابعة للجنة التنظيمية العلمية، ومحاضرات قدمها متكلِّمون مدعوون، ومساهمات اختيرت من خلال دعوة إلى تقديم خلاصات بحثية.

8- وهيأ المؤتمر فرصة للاستماع إلى وجهات نظر متنوعة وتمكين أصحاب المصلحة من تقديم اقتراحاتهم، وذلك حتى يتسنى للدول الأعضاء في اللجنة تعميق معرفتها بمختلف العناصر التي يجري تناولها.

ثالثا- الحضور

9- بلغ عدد الأفراد الذين سجلوا أسماءهم لحضور المؤتمر ومُنحوا إمكانية الدخول إلى منصة الاتصال عبر الإنترنت ما مجموعه 724 فردا، شكلت النساء نسبة 32 في المائة منهم.

10- وكانت البلدان الـ 76 التالية ممثلة في المؤتمر: الاتحاد الروسي، إثيوبيا، أذربيجان، الأرجنتين، الأردن، أرمينيا، إسبانيا، أستراليا، ألمانيا، إندونيسيا، أوروغواي، أوكرانيا، إيران (جمهورية-الإسلامية)، أيرلندا، إيطاليا، باكستان، البرازيل، البرتغال، بروني دار السلام، بلجيكا، بنغلاديش، بنما، بوركينا فاسو، بولندا، بيرو، بيلاروس، تايلند، تركيا، تشاد، تونس، الجزائر، الجمهورية الدومينيكية، جمهورية تنزانيا المتحدة، جمهورية كوريا، جنوب أفريقيا، رومانيا، زمبابوي، سري لانكا، سلوفينيا، السويد، سويسرا، شيلي، صربيا، الصين، غانا، غواتيمالا، فرنسا، الفلبين، فنزويلا (جمهورية-البوليفارية)، قبرص، الكاميرون، كرواتيا، كندا، كولومبيا، كينيا، لبنان، ليبيا، مالطة، ماليزيا، مصر، المغرب، المكسيك، المملكة العربية السعودية، المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية، النمسا، نيبال، نيجيريا، نيوزيلندا، الهند، هندوراس، هنغاريا، هولندا، الولايات المتحدة الأمريكية، اليابان، اليمن، اليونان. ومُثِّلت في المؤتمر أيضا مقاطعة تايوان الصينية.

11- وتذبذب عدد المشاركين في المؤتمر عبر الإنترنت تبعا لاختلاف المناطق الزمنية حول العالم. وعند الذروة، كان حوالي 140 مشاركا متصلين بالمؤتمر في نفس الوقت.

12- ودُعي الحضور إلى استخدام منصة الاتصال عبر الإنترنت لتقديم الأسئلة إلى المتكلمين كتابيا أثناء المناقشات، واستخدم المنظِّمون نفس الواجهة لتوفير معلومات تكميلية متى كان ذلك مناسبا.

رابعا- البرنامج

ألف- لمحة عامة

13- تألَّف برنامج المؤتمر من جلسات لتقديم العروض الإيضاحية، ومناقشات مائدة مستديرة، وعروض موجزة للملصقات. وقد نوقشت أولا الجوانب المختلفة للضوء الاصطناعي ليلا، وتلى ذلك مناقشات وتوصيات بشأن آثار التشكيلات الساتلية على علم الفلك وعلى علم الفلك الراديوي.

14- وكان الغرض من عرض الملصقات عبر الإنترنت أن يوفر بديلا إلكترونيا لجلسة عرض الملصقات بالحضور الشخصي، وهو ما أتاح زيادة عدد المبادرات المعروضة ومكَّن المتكلمين الأقل خبرة من تقديم عروض إيضاحية.

15- واستغرقت الفعالية 28 ساعة إجمالا على مدى خمسة أيام، وشارك فيها 69 متكلما (22 امرأة و47 رجلا).

16- وقد أُتيحت جميع العروض الإيضاحية التي قدَّمها المتكلمون على الموقع الشبكي لمكتب شؤون الفضاء الخارجي بعد انتهاء المؤتمر (www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/schedule/2021/dark_skies.html_2021/).

باء- الكلمات الترحيبية الرئيسية

17- استُهلت الفعالية بكلمة ترحيبية ألقاها مدير معهد الفيزياء الفلكية في جزر الكناري، بوصفه الجهة المنظِّمة المحلية، وبالنيابة عن إسبانيا. وأشار مدير المعهد إلى أن مواطني لا بالما يدعمون الأنشطة الفلكية منذ عقود، وأعرب عن أسفه للظروف الاستثنائية التي أدت إلى عقد المؤتمر عبر الإنترنت بالكامل.

18- وأعقب ذلك كلمة ترحيبية ألقتها ممثلة عن الاتحاد الفلكي الدولي، بالنيابة عن اللجنة التنظيمية العلمية، ذكَّرت فيها الحضور بأن تقريرا مفصَّلا عن حلقة العمل التي عُقدت عبر الإنترنت في تشرين الأول/أكتوبر 2020 متاح على الموقع الشبكي للاتحاد الفلكي الدولي (www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf)، وهو يتضمن توصيات سيجري تناول تنفيذها بمزيد من المناقشة خلال المؤتمر.

19- وبعد الترحيب بالحضور، أوضح ممثلٌ لمكتب شؤون الفضاء الخارجي الأساس المنطقي للمؤتمر، وشرح خصوصيات عمل اللجنة، وكيف وجَّه عدد من الوفود انتباهها إلى موضوع السماوات الحالكة الهادئة. وقال إن اللجنة الفرعية العلمية والتقنية كانت قد شجَّعت المكتب، في دورتها الثامنة والخمسين، على أن يتواصل مع جميع أصحاب المصلحة المعنيين، مثل الاتحاد الفلكي الدولي وغيره، بشأن هذا الموضوع، وأن يقدم ما يتمخض عنه هذا التواصل من نتائج، بما في ذلك النتائج المتعلقة بتناول هذه المسألة بمزيد من المناقشة، إلى اللجنة الفرعية لتنظر فيها. وفي هذا الصدد، يمكن للمؤتمر أن يقدم مدخلات للاستعانة بها في مناقشة تركز على فرص التعاون الدولي. ووفقا للاتفاق الذي توصلت إليه اللجنة الفرعية في دورتها الثامنة والخمسين، سينظم مكتب شؤون الفضاء الخارجي أيضا ندوة الصناعة في الدورة التاسعة والخمسين للجنة الفرعية، في عام 2022، عن موضوع السماوات الحالكة الهادئة.

جيم- الضوء الاصطناعي ليلا

20- تناولت الجلسة 1 التهديد المتزايد الذي يمثله الضوء الاصطناعي ليلا، وكيف يؤثر على العالم الطبيعي. وأفيد بأن التلوث الضوئي عامل مساهم في مشاكل رئيسية مثل انقراض الحشرات والانبعاثات غير

الضرورية لثاني أكسيد الكربون. وهو يؤثر أيضا، إلى جانب تأثيره في علم الفلك، في التراث الثقافي البشري من خلال محو سماء الليل. وما فتئ الضوء الاصطناعي ليلا، وبخاصة الضوء الأزرق الناتج عن مصادر الإضاءة بالصمامات الثنائية الباعثة للضوء (LEDs)، يتزايد بمعدل سريع، ومن المتوقع أن يشهد زيادات أخرى. وتأثرت مراكز إيكولوجية (ecological niches) تأثرا مباشرا إذ أن الضوء الاصطناعي غيَّر أساليب الحيوانات في اختيار موئلها وبحثها عن طعامها وهجرتها. ويؤثر الضوء على النَظْم اليومَاوي (circadian rhythm)، الذي يؤثر بدوره على الهرمونات والنَظْم الموسمي، بما لذلك من تبعات مباشرة على الإنجاب. وفي المحيطات، يعرقل الضوء هجرة العوالق الحيوانية التي تتجنب الضوء. أما الحيوانات التي تسترشد بالنجوم لتحديد مسارها، وخاصة الطيور المهاجرة التي تستخدم ضوء مجرة درب التبانة، فقد أضاعت الوقت والطاقة حين غاب هذا المرجع. ويؤثر أيضا الضوء الاصطناعي ليلا على كامل الخواص الفيزيولوجية للحشرات، وتجري الآن دراسة مسؤوليته عن انخفاض أعدادها. وأصبح الوعي أيضا بآثاره السلبية على صحة الإنسان آخذ في التزايد ببطء. وينبغي الحد من التلوث الضوئي بطريقة متكاملة، ليس فقط من خلال خفض درجة حرارة الإضاءة، ولكن أيضا من خلال النظر في تحديد المكان والتوقيت الذي تكون فيه الإضاءة لازمة حقا. والتلوث الضوئي مسألة يمكن حلها بطريقة توفّر الموارد. وبعض المدن تسعى، عند تصميم الإضاءة الخارجية، إلى توفير الطاقة وخفض التكلفة، وذلك بغية الحد من التلوث الناشئ محليا، غير أنَّ التلوث الفضائي الناجم عن السواتل التي تعكس الضوء يشكل تهديدا ناشئا ويتطلب تعاونا دوليا.

21- وتناولت الجلسة 2 حماية المواقع الفلكية. واشتمل ذلك على عرض تجارب العديد من المراصد الفلكية. ورأت الأوساط الفلكية أن التوصل إلى اتفاق دولي على التدابير اللازمة لحماية المواقع الفلكية من الضوء الاصطناعي ليلا أمر ضروري، بالنظر إلى أن تلك المواقع كثيرا ما تكون ممولّة من عدة بلدان ومشيَّدة في بلد آخر. وشرح المتكلمون الأربعة تجاربهم في هذا الصدد على النحو التالي:

(أ) في الولايات المتحدة، أُنشئت المراصد الأحدث عهدا في مواقع يكون فيها التلوث الضوئي محدودا. ومع ذلك، ينبغي أن تهدف التدابير إلى عكس اتجاه الزيادة الحالية في هذا التلوث عن طريق مضاهاة الإضاءة بالاحتياج إليها، مع فرض رقابة نشطة للحد من الإضاءة عند انتفاء الحاجة إليها، بأساليب منها إرساء حدود قصوى لدرجة الإضاءة وحظرها بعد مواعيد محدَّدة. وينبغي عدم توجيه أي ضوء فوق المستوى الأفقي. وفي المناطق القريبة من المراصد (على مسافة 30 كيلومترا، على سبيل المثال)، ينبغي أن يكون هناك ما يبرر استخدام ألوان معينة من الضوء، مع تحديد مناطق دائرية متحدة المركز تُفرض فيها مستويات متزايدة من القيود. كما ينبغي ألا تتجاوز درجة الإضاءة في التصميمات 20 في المائة من الحد الأدنى المشدد لأغراض الأمان، مع توجيه الضوء المتدفق إلى الأماكن التي تستلزم وجوده، وتصميمه خصيصا ليلائم البيئة المحلية؛

(ب) في إسبانيا، جرى التوقيع على قانون بشأن السماء يهدف إلى الحفاظ على حلكة السماء في جزر الكناري، ودخلت اللوائح التنظيمية ذات الصلة حيز النفاذ في عام 1992. وتشمل المنطقة المحمية جزيرة لا بالما بأكملها وأجزاء من جزيرة تينيريف. ويكفل المكتب التقني المعني بحماية نوعية السماء إنفاذ هذه التدابير، من خلال عمليات الرصد والتفتيش الميداني المستمرة. وقد أمكن وضع هذا الإطار التنظيمي بفضل الدعم القوي على المستوى السياسي، وجهود الاتصال القوية، والدعم المحلي من سكان الجزيرتين؛

(ج) استهل المغرب مشروعا لإنشاء محمية للسماء الحالكة في منطقة الأطلس في عام 2018، تحظى بالحماية من التلوث الضوئي من مراكش وأغادير وورزازات. وقد بدأت أعمال المشروع بقياس الضوء المنبعث من المناطق المحلية ودراسة المسائل القائمة، ومن المتوقع أن يحصل على الاعتراف من الرابطة الدولية للسماء الحالكة في عام 2023؛

(د) في الصين، يجري اتخاذ الإجراءات اللازمة لوضع معايير لحماية السماء الحالكة على الصعيد الوطني، وإقناع الحكومات المحلية بإرساء حدود قصوى للإضاءة. وقد عُدِّلت بعض ممرات الحركة الجوية لحماية علم الفلك. وفي نهاية المطاف، قد تكون هناك حاجة إلى نقل المراصد إلى مواقع جديدة في مناطق أقل اكتظاظا بالسكان. وفيما يتعلق بعلم الفلك الراديوي، تقوم الصين بقياس التداخلات الراديوية والتخفيف منها، وتنظر في إنشاء مناطق صمت راديوي.

22- وتناولت الجلسة 3 تأثير الضوء الاصطناعي ليلا على البيئة البيولوجية، وعلى النَظْم اليومَاوي للبشر والحيوانات، وعلى صحة الإنسان عموما. فالضوء الاصطناعي الخارجي ليلا ملوِّث، وينبغي اعتباره كذلك. وبدلا من الاستمرار في محاولات تقليل الضوء الاصطناعي من خلال معالجة مصادره الواحد تلو الآخر، سيكون من الأجدى اتباع نهج عالمي ينطوي على وضع عتباتٍ محدَّدة علميا وتنسيقٍ على الصعيد الدولي، لا سيما أنه آخذ في التزايد في جميع أنحاء العالم. ويُعزى التلوث الضوئي، في معظمه، إلى سوء تخطيط الإضاءة وضعف التحكم فيها. وأوضح المتكلمون تأثير الضوء في النَظْم اليومَاوي البشري، فقالوا إن النَظم يستغرق مدة أطول قليلا من 24 ساعة، ويعيد الضوء ضبطه كل يوم. ويعوق الضوء إفراز الميلاتونين، وهو المادة التي تحدد ميقات ساعة الجسم، خلال النهار، ويتسبب وجود الضوء في تعطيل إفرازه خلال الليل. وقد أعلنت منظمة الصحة العالمية أن اضطراب ميقات النَظْم اليومَاوي عامل مسرطِن من الفئة 2، وذلك بسبب ارتباطه بمجموعة متنوعة من الأمراض. ولذلك توصي بعض الجمعيات الطبية بإزالة الضوء الأزرق من مصادر الإضاءة لحماية صحة الإنسان. وأصبحت هناك أدلة متزايدة على أن الخلايا السرطانية البشرية تنشأ عندما يجري تثبيط إفراز الميلاتونين، كما لوحظت آثار مماثلة في أنواع أخرى من الكائنات الحية. وأوضح أحد المتكلمين أن التكنولوجيا اللازمة للحد من هذه الآثار السلبية في الصحة موجودة بالفعل، غير أن صناعة الإضاءة ليست ملزمة حاليا بتقييم الأثر البيئي للتكنولوجيات الخاصة بها، وقد لا ترحب بمثل هذا التقييد.

23- وتناولت الجلسة 4 واحات السماء الحالكة، وعُرضت ممارسات فضلى في هذا الشأن من إسبانيا وألمانيا ونيوزيلندا، مع شرحٍ لأساليب تصميم الإضاءة على نحو مسؤول بيئيا. وأفيد بأن أصحاب المصلحة في مجال الصحة العمومية مهتمون الآن بهذه المسألة، جنبا إلى جنب علماء الفلك وهواة مراقبة النجوم. ويُقاس وهج الهواء (النُّصوع) بالكانديلا لكل متر مربع، وتعني أي قيمة تزيد عن ميكروكانديلا واحدة للمتر المربع بأن السماء ملوثة بالضوء، وهو ما يعني أن حوالي 80 في المائة من سكان العالم يعيشون في مناطق ملوثة بالضوء. ومن الناحية المثلى، ينبغي أن تكون المراصد الفلكية واقعة في مناطق لا يزيد فيها وهج الهواء عن مستواه الطبيعي بأكثر من 10 في المائة، في حين قد تكون مستويات أكثر سطوعا مقبولة في مناطق أخرى. ومع ذلك، تفتقر الحكومات المحلية إلى الإمكانيات والمعلومات اللازمة للتصدي لما يوصف بأنه أزمة عالمية. ومن شأن وجود مبادئ توجيهية قوية، مثل اتفاقية بشأن الإضاءة، تنطبق على واحات السماء الحالكة والبيئات الحضرية، أن يمكِّن الدول من اتباع بروتوكولات مقررة على الصعيد العالمي. ويمكن أيضا إدراج هدف جديد ضمن أهداف التنمية المستدامة بشأن نوعية سماء الليل، حسبما اقترحت مؤسسة ستار لايت (Starlight Foundation) في إسبانيا. وأفيد بأن السياحة الفلكية قد شهدت نموا مطردا. فعلى سبيل المثال، يتأتى نحو 10 في المائة من مجموع إيرادات السياحة في لا بالما من السياحة الفلكية. وفي نيوزيلندا، استُحدثت السياحة الفلكية في منطقة تيكابو، وتحقق نتائج مماثلة. ومن ثمَّ، يمكن للسياحة الفلكية أن تعوِّض الطابع الموسمي للسياحة وأن تساعد على منع تناقص السكان. وفي ألمانيا، حيث لا يستطيع حوالي 44 في المائة من السكان رؤية درب التبانة، كانت قياسات درجة سطوع السماء في المتنزهات الطبيعية هي الدافع وراء اتخاذ القرار بإنشاء محميات السماء الحالكة، وأصبح عدد متزايد من المجتمعات المحلية مهتم بتنفيذ الفكرة. وتعكف وزارات البيئة في ألمانيا والدانمرك وهولندا على خفض انبعاثات الضوء في بحر فادن، المصنَّف كموقع من مواقع التراث العالمي لمنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة. وفي الوقت الحالي، لا تزال البحوث

المتعددة التخصصات في مجال تطوير الضوء في مراحلها الأولى، ولم تُترجم بعد إلى قوانين. وهناك حاجة إلى تصميمات إضاءة مسؤولة بيئيا من أجل تحسين إضاءة الشوارع والمباني، والمرافق الرياضية والإعلانات الخارجية، والمناظر الطبيعية، وكذلك للإضاءة اللازمة لأغراض السلامة والأمن، وإضاءة الفعاليات. وحتى الآن، تميل منشورات السياسات العامة في هذا الشأن إلى الاقتصار على تناول بعض البارامترات. وهناك حاجة إلى أدوات متاحة بسهولة لقياس الإضاءة، مع وضع مبادئ توجيهية للإضاءة المسؤولة، وإطار تنظيمي، وزيادة التمويل المخصص للبحوث المتعددة التخصصات.

24- وعُرض ملصقان عن تخفيف التلوث الضوئي في أوروغواي وتأثير الضوء الاصطناعي ليلا على نظم الاتصال بين الحيوانات.

25- وتناولت الجلسة 5 قياس الضوء الاصطناعي ليلا ونمذجته. وأفيد بأنه من الممكن إجراء القياسات اللازمة للرصد الإقليمي من الفضاء أو من الطائرات أو على الأرض، باستخدام أجهزة بسيطة تقيس سطوع السماء في اتجاه واحد. وهذه الأجهزة متاحة للشراء ويمكن استخدامها لهذا الغرض في شكل شبكات، حالما تتم معايرتها. وهناك أجهزة أخرى يسهل الحصول عليها مثل عدسات عين السمكة، وأدوات ميسورة التكلفة توفر قياسات لـ "كامل السماء". وهناك حاجة إلى إعداد نموذج للسماء الطبيعية من أجل تقييم الضوء الإضافي الناتج عن الضوء الاصطناعي ليلا، ويجري حاليا تطوير نموذج من هذا القبيل بناء على عمليات الرصد الساتلي، في حين تتناول نماذج أخرى المكونات المختلفة للتلوث الضوئي (الضوء المباشر، والضوء غير المباشر، والضوء الذي تعكسه أو تشتته الأيروسولات والجزيئات مثل ملح البحر أو السخام). وهذا النموذج معقد للغاية ويتطلب أعمال حوسبة مكثفة، ومن ثمَّ يجري حاليا تطوير نسخة مبسَّطة مناسبة لغير الخبراء.

26- وعُرضت ثلاثة ملصقات تناولت قياس التلوث الضوئي في إندونيسيا، حيث يمثل ذلك موضوعا جديدا نسبيا، واقتراحا بإنشاء مرصد فلكي في جنوب تونس، وكيفية قياس التغيرات في الانبعاثات الطيفية والزاويّة الناجمة عن البنية التحتية للإضاءة في المدن لأغراض رصد كيفية تطبيق اللوائح التنظيمية.

27- وكانت الجلسة 6 ملخصا تجميعيا للتوصيات المقترحة للحد من الضوء الاصطناعي ليلا. وأفيد بأن التوصيات بشأن التدابير اللازمة لحماية المواقع الفلكية وواحات السماء الحالكة والبيئة الأحيائية متشابهة للغاية. وبدلا من تقديم العديد من التوصيات التقنية المنفصلة، اقتُرح النظر في المبادئ التالية: (أ) وضع مخططٍ رئيسي وتصميماتٍ فعالة للإضاءة؛ (ب) استخدام نظم التحكم القابل للتكيف والضبط الطيفي للضوء، ولا سيما من أجل الحد من الضوء الأزرق؛ (ج) تحديد فئاتٍ اسمية وقابلة للتكيف للإضاءة المستخدمة في المناطق الخارجية، مع توصياتٍ قائمة على البحوث لكل مستوى من مستويات الإضاءة المرتبطة بالأمان؛ (د) اعتماد نظامٍ لتقسيم المناطق وتعيين الحدود الفاصلة بينها؛ (هـ) الحد من وهج السماء في المناطق المحمية؛ (و) الحد من إضاءة واجهات المباني والإضاءة الملونة، وحجب جميع مصادر الإضاءة الخارجية؛ (ز) قياس الضوء ورصده باستخدام نظام قياس موحَّد؛ (ح) تخطيط الرحلات الجوية التجارية والعسكرية على نحو يتجنب المرور في المناطق القريبة من المراصد؛ (ط) دعم البحوث المتعلقة بآثار الضوء الاصطناعي ليلا، ولا سيما البحوث المتعددة التخصصات بشأن الإضاءة والبحوث الطبية والبيئية؛ (ي) تحديد أهداف طويلة الأجل، مع وضع استراتيجية لضمان التخفيف من الآثار غير المرغوب فيها.

28- وأعقب هذا الملخص التجميعي تقديم ثلاثة عروض إيضاحية. وأفيد بأن اللجنة الدولية لشؤون الإضاءة تتعاون مع اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس والمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس. وتجمع لجنة شؤون الإضاءة بين خبراءٍ من الأوساط الأكاديمية والصناعة من أجل صوغ بيانات الموقف وإعداد المنشورات التقنية ووضع المعايير الدولية، مع العمل من أجل تحقيق التوازن بين مصالح مختلف الأطراف صاحبة المصلحة. ويتطلب إنفاذ القوانين أن تكون التشريعات مستندة إلى قياسات محدَّدة بدقة وقابلة للتتبع. وفي المقابل، تتطلب

القياسات تحديد القيم الكمية المستخدمة، وتوفير الأجهزة المناسبة، وتعريف عدم اليقين، والاضطلاع بعمليات لتقييم مطابقة الأجهزة. والأدوات المستخدمة حاليا كثيرا ما تكون مصممة لغرض مختلف، ومن ثمَّ فهي تحتاج إلى المعايرة المناسبة وتوفير إمكانية التتبع وطرائق تقدير عدم اليقين في القياسات. وهناك منشور قديم العهد بعنوان "Guidelines for Minimizing Sky Glow" (المبادئ التوجيهية لتقليل وهج السماء) صادر عن اللجنة الدولية لشؤون الإضاءة، وقد اعتمدته بالفعل بعض الجهات التنظيمية والتشريعية. وأعدت اللجنة أيضا خطة رئيسية للإضاءة الحضرية ومناطق الإضاءة كجزء من وثيقة إطارية في مجال وضع السياسات. وخلال المناقشة، أُعرب عن بعض الشك فيما إذا كانت المعايير المستخدمة قائمة على الأدلة، وأثيرت شواغل بشأن تضارب المصالح. وأوضح ممثل لجنة شؤون الإضاءة أن الوثائق قد اعتُمدت بتوافق الآراء بين جميع الأعضاء، وأن الوثائق الأقدم تحتاج إلى التحديث بعد أن توفرت بحوث جديدة.

29- وفي الجلسة 7، عُرضت مقترحات سياساتية عامة وخيارات قانونية. وخلال المناقشات، اقترح الخبراء معاملة الضوء الصناعي ليلا على أنه ملوِّث. وإذا ما اعتُرف به بهذه الصفة، ستنطبق عليه القوانين واللوائح التنظيمية البيئية ذات الصلة المعمول بها على الصعد الدولي والوطني والإقليمي. ويمكن تحديد حصص مقبولة من الضوء الاصطناعي ليلا، وذلك مثلا من خلال الضرائب أو مخططات الحدود القصوى للحصص وتداولها. وقد ذُكرت فكرة تقييم الأثر البيئي مرارا أثناء المناقشة، بالنظر إلى أنها ستجبر أصحاب المصلحة على النظر فيما يسببونه من تأثير، وستتيح للجمهور فرصة المشاركة في العملية. وعند مناقشة صلة الإضاءة الزائدة بهذا الموضوع، شدد المتكلمون على أن الضوء يمنع رصد الفضاء الخارجي. وبالنظر إلى أن الفضاء الخارجي عامل تمكين ومصدر إلهامٍ للعلم، فإن لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية وسيلةٌ للتوعية بالحاجة إلى الحد من الضوء الاصطناعي ليلا، لأسباب عديدة.

30- وناقش المتكلمون الثلاثة خيارات التنفيذ، مثل الحوافز الاقتصادية القائمة على المصلحة الذاتية، ومخططات الحدود القصوى للحصص وتداولها، وفرض "ضريبة الضوء". وقيل إنه لا يوجد نموذج وحيد للحوكمة صالح لكل مكان وعلى جميع المستويات. وسيكون استخدام البنى التحتية القانونية القائمة، مثلا بإدراج الضوء الاصطناعي ليلا ضمن إطار التوجيهات واللوائح التنظيمية المتعلقة بقانون البيئة وقانون الصحة، هو النهج الأسهل. وينبغي أن يكون التنفيذ تدريجيا، أي على مراحل، بالنظر إلى أنه سيثير بعض الاعتراضات التي ستفضي إلى منح إعفاءات. وينبغي أيضا تنفيذ تدابير وقائية لوقف الإضاءة غير الملائمة أو حظر المنتجات الرديئة، جنبا إلى جنب ما يتخذ من تدابير كرد فعل لواقعة ما، بالاعتماد على وجود هيئات إنفاذ ذات موارد جيدة، بغية منع سوء الاستخدام المتعمد وكذلك نقل تكاليف علاج المشكلة إلى مالك مصدر الإضاءة. ويحتاج الإنفاذ إلى قياسات بسيطة، مثل قراءة بطاقة وسم، وليس إلى قياسات تقنية. وعلى الرغم من أن التثقيف يكتسي أهمية حاسمة، فإنه ينبغي أن تكون هناك أيضا قوانين مطبقة على مختلف المستويات تتراوح بين القوانين الدولية والمراسيم المحلية. ويمكن للدول أن تبادر إلى وضع معاهدة، إلا أن المزايا المحلية الناتجة عن الحفاظ على حلكة السماء تبرر اتخاذ القرارات على الصعيد المحلي، مثلا في المناطق الريفية المهتمة بالسياحة الفلكية.

31- وقدمت الجلسة 8 أمثلة على تنفيذ السياسات الوطنية التي تحد من الضوء الاصطناعي ليلا على الصعيدين الوطني والإقليمي:

(أ) في شمال شيلي، كانت المراصد مهددة بسبب زيادة الضوء الاصطناعي ليلا في المدن المجاورة. وقررت شيلي حظر الضوء الأزرق في المنطقة، وتقييد إضاءة المرافق الرياضية. ويجري حاليا العمل على سن قانون جديد، غير أن الإنفاذ لا يزال يمثل مشكلة. والسياحة الفلكية متطورة بصورة كبيرة في شمال شيلي، وتشارك فيها المجتمعات المحلية التي لا يخفى أن لها مصلحة، بدورها، في حماية السماء الحالكة؛

(ب) في إسبانيا، بالإضافة إلى القانون الذي يحمي جزر الكناري، توجد قوانين على الصعيد الإقليمي. ويندرج التلوث الضوئي ضمن نطاق القانون البيئي، ولكن لا توجد أي آلية لمعالجة المشكلة. ويرى المشرِّعون الإسبان أن الفارق بين تلوث الهواء والتلوث الضوئي لا يعدو أن يكون شكليا؛

(ج) في البرتغال، شهد الضوء الاصطناعي ليلا على امتداد الساحل زيادة كبيرة لم تكن مرتبطة بزيادات سكانية، بل تُعزى في معظمها إلى عمليات تغيير إلى استخدام تكنولوجيا الصمامات الثنائية الباعثة للضوء (LEDs). وتُستخدم البرامج التعليمية في المدارس من أجل التوعية. وقد ناقش البرلمان مسألة الضوء الاصطناعي، ولكن لم يعتمد تشريعاتٍ بشأنها بعد، في حين لا تتمتع الوكالة البرتغالية للبيئة بالاختصاص فيما يتعلق بالضوء الاصطناعي ليلا؛

(د) في إيطاليا، توجد قوانين مختلفة بشأن التلوث الضوئي على الصعيد الإقليمي. وقد كانت منطقة لومبارديا سباقة في هذا الشأن، حيث جمعت 000 25 توقيع لطلب سن قانون؛ إلا أن هناك حاجة إلى تحديثه بهدف أخذ الضوء الأزرق في الحسبان، كما يلزم التحكم في إجمالي كمية الضوء المنتَج؛

(هـ) في جنوب غرب الولايات المتحدة وهاواي، يحدد خليط تنظيمي الجهة المشرفة على الإضاءة والمناطق الخاضعة لها، دون أن يتجاوز القانون الاتحادي. وكانت فلاغستاف أول مدينة تحمل علامة "مدينة دولية للسماء الحالكة" تنفذ مراسيم للحد من التلوث الضوئي، في حين طبقت هاواي قوانين مختلفة على الصعيد المحلي تشترط حجب مصادر الإضاءة وتفرض حدودا على الطيف. وكثيرا ما يتسنى تحقيق نتائج جيدة دون فرض اشتراطات قانونية، خصوصا وأن تعديل مصابيح الشوارع يحقق وفورات مالية؛

(و) في فرنسا، طُبق قانون بشأن توفير الطاقة في كانون الثاني/يناير 2020 يهدف إلى الحد من الضوء الاصطناعي ليلا من خلال اتخاذ تدابير محددة. كما أعدت الرابطة الوطنية لحماية سماء الليل والبيئة الليلية علامة "القرى والبلدات ذات السماء المرصعة بالنجوم"، التي اعتمدها 000 13 مكان تطفأ فيه الإضاءة العامة في أوقات معينة، مثلا بين الساعة 11 مساء والساعة 5 صباحا؛

(ز) في ألمانيا، أدى انخفاض أعداد الحشرات إلى قيام الحكومة بإعداد برنامج عمل بهذا الشأن. وتوجد قوانين مطبقة على الصعيد الإقليمي، مع اتخاذ تدابير تقييدية والأخذ بمفهوم الإضاءة "غير المضرة بالحشرات" (أي أن تكون الإضاءة محدودة زمنيا، وموجهة نحو الأسفل فقط، ودرجة حرارتها أقل من 000 3 كلفن، ولا تستخدم الضوء فوق البنفسجي). ويشمل القانون الاتحادي لحماية الطبيعة الصادر في حزيران/يونيه 2021 مفهوم حماية الحيوانات من الضوء الاصطناعي ليلا، ولكنه لا يحدد الأماكن التي تجوز إضاءتها وأوقات ذلك، ولا ينص على إنشاء "شرطةٍ للإضاءة".

32- واتخذت الجلسة 9 شكل مناقشة مائدة مستديرة تناول خلالها المناظرون كيفية إعداد وثيقة بالتوصيات، والسبل المثلى لتوجيه انتباه لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية إلى هذا الموضوع. وأفيد بأن العمل ضمن نطاق الأطر القائمة يمكن أن يقلل المقاومة ضد التغيير، بالنظر إلى أن هناك بالفعل أمثلة على تشريعات ناجحة ضد الضوء الاصطناعي ليلا، وقد تنجح ضغوط النظراء في إقناع الحكومات باتخاذ ما يلزم. وأفيد بأن ربط هذه المسألة بصحة الإنسان يضفي عليها طابعا عالميا، وأن من شأن بذل المزيد من الجهود في مجال التوعية أن يعود بالفائدة، نظرا لأن إقناع السكان المحليين أمر حيوي للتنفيذ والامتثال. ومن الناحية التقنية، التوصيات واضحة للغاية، ويلزمها أن تذكر صراحة ما إذا كان الهدف الرئيسي هو وقف تزايد الضوء الاصطناعي ليلا أم الحد منه تماما. وهناك قنوات مختلفة يمكن استخدامها لعرض هذه المسألة على الحكومات. وأشار متكلمون إلى أنه رغم اعتراف الكثيرين بأن السواتل مسألة تدخل ضمن اختصاص لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، فإن الضوء الاصطناعي ليلا ما زال بحاجة إلى الاعتراف به على نفس المنوال. وبما أن إمكانية الوصول إلى الفضاء الخارجي غير متاحة في العديد من الأماكن، إلا في

حدود مشـــاهدة النجوم، ينبغي أن يكون هناك نقاش بشـــأن ما إذا كانت القدرة على رؤية النجوم تعتبر من استخدامات الفضاء الخارجي.

دال- التشكيلات الساتلية

33- تناولت الجلسة 10 عمليات رصد التشكيلات الساتلي، وما يحتاجه علماء الفلك من أنواع البيانات والتجهيز البرامجي لكي يتمكنوا من تخفيف آثارها. ولئن كانت إدارة حركة المرور في الفضاء مسألة أساسية فيما يتعلق بالتشكيلات الساتلية، فإن هناك جانبين هامين بالنسبة لعلم الفلك هما: ضوء الشمس المنعكس، وتأثير الترددات الراديوية. ويجري حاليا تطوير مستودعات بيانات مفتوحة لمنتجات البيانات الفلكية التي تتأثر بالسواتل. وفيما يتعلق بتبادل البيانات في إطار هذه المستودعات، يفضل علماء الفلك أن يقدم مشغلو السواتل معلومات مدارية كل ثماني ساعات، بطريقة موحدة، مع تعيين حدود الخطأ المحتمل. وشرح بعض المتكلمين أنشطتهم الرامية إلى إطلاع علماء الفلك والمعلِّمين على عمليات رصد التشكيلات الساتلية. ويجري حاليا تطوير برامجيات للمساعدة على تخطيط عمليات الرصد بأقل قدر ممكن من الاضطراب، أو لقياس أثر السواتل على بيانات الرصد. وهذا النشاط محدد بوضوح، ولكنه يحتاج إلى متطوعين وموارد للمضي قدما. وسيكون لتعدد المركبات الفضائية في تشكيلات السواتل في المستقبل تأثير على عمليات الرصد، قد يكون كبيرا في بعض الأحيان. فعلى الرغم من أن بعض السواتل مظلمة بما يكفي لكيلا تخلِّف أثرا، فإنها لا تزال تمنع رؤية ما خلفها. وفي حالات محددة، مثل رصد عبور الزهرة أو عطارد أمام الشمس، لا يمكن لعملية الرصد أن تنتظر حتى يغادر الساتل حقل رؤية التلسكوب. وسيواصل علماء الفلك العمل مع جميع المشغِّلين المهتمين، ويحدوهم الأمل في أن يموِّل مشغلو السواتل تطوير مستودعات البيانات، أو أن تقدم الدول التمويل اللازم لذلك.

34- وواصلت الجلسة 11 استعراض عمليات رصد السواتل، بمساهمات مقدمة من ثمانية متكلمين. وأفيد بأن عمليات الرصد في شيلي، التي يُضطلع بها بالتنسيق مع إسبانيا وجمهورية كوريا وفييت نام، قارنت سطوع السواتل ذات التصميم المختلف في التشكيلتين Starlink وOneWeb، وقاست ما إذا كانت قوة سطوعها أقل من المستوى السابع. وأجرى آخرون عمليات محاكاة لمستوى السطوع الظاهري للسواتل، بينت أنه كلما ارتفع مدارها كانت أكثر سطوعا. وأفيد بأن ساتل مراقبة الأجسام القريبة من الأرض يقيس درجة سطوع السواتل من الفضاء، ولم يجد فرقا في السطوع بين مختلف التصاميم المستخدمة في التشكيلة الساتلية Starlink، في حين أنه وجد تفاوتا أكبر في التشكيلة الساتلية OneWeb. وعندما تكون المركبات الفضائية على جانب النهار من الأرض، تضيئها أشعة الشمس المنعكسة من الأرض ويصبح الجانب الخلفي من صفيفة الخلايا الشمسية ساطعا للغاية. وتجاوزت قوة سطوع بعض المركبات الفضائية التابعة لتشكيلات سواتل الاستشعار عن بعد المستوى السابع. وأفيد بأن السواتل تعبر أيضا حقل رؤية التلسكوبات الفضائية، ففي حالة التلسكوب الفضائي CHEOPS (لتحديد خصائص الكواكب الخارجة عن المجموعة الشمسية) التي تستخدم القياس الضوئي الفائق الاستبانة من أجل تحديد خصائص الكواكب الخارجة عن المجموعة الشمسية عند مرورها بنجم، لا يحتوي إلا حوالي 0,2 في المائة من الصور على آثار مرور سواتل، وذلك لأن حقل رؤية التلسكوب صغير وفترة تعرضه للضوء قصيرة. والأثر الناجم عن ذلك في مجال العلوم ضئيل، إلا أن السواتل بصدد التأثير بالفعل على عمليات الرصد الفلكي من الفضاء. ويحدد مدار التلسكوب، إلى جانب حقل الرؤية الخاص بالجهاز، مدى تأثر عمليات الرصد التي يجريها. وعرض متكلم آخر نماذج محاكاةٍ لآثار مرور السواتل التي شهدتها تلسكوبات مختلفة من الأرض، كدالة لوقت تعرض الجهاز للضوء وحقل رؤيته. ويمكن تكييف تلك الأعمال لنمذجة الأثر الناجم على التلسكوبات الفضائية. واستعرض متكلم آخر أثر التلسكوبات القائمة ذات حقول الرؤية الكبيرة على العلوم، واقترح وضع بارامترات لتحديد خصائص تلك العمليات الرصدية.

35- وإجمالا، قيل إن تقييم انعكاسية المركبات الفضائية أمر يتسم بالتعقيد، نظرا لتنوع أشكالها والمواد المستخدمة فيها. فالأسطح المصنوعة من الألياف الكربونية تعكس الضوء بدرجة أقل بكثير من نظيرتها المصنوعة من المعدن. وينبغي الاحتفاظ بسجلات لتقييم الكيفية التي يؤثر بها تطور التصميمات بين الأجيال المختلفة من المركبات الفضائية على علم الفلك. وشرحت واحدة من المتكلمين الأثر الناجم على المرافق الأرضية في الولايات المتحدة، حيث كان مرصد فيرا روبن (Vera Rubin) هو الأكثر تضررا بسبب حقل رؤيته الكبير. وتتسق القواعد المحلية مناطق الصمت الراديوي على الأرض الكائنة حول التلسكوبات الراديوية، إلا أن السواتل تمر فوقها وتؤثر على عملياتها الرصدية. فحين تُجرى عمليات رصد باستخدام نطاقات راديوية غير مشمولة بحماية لفائدة علم الفلك، لا يوجد موقع على الأرض بعيد بما فيه الكفاية ليكون بمنأى عن تأثير السواتل. وفيما يتعلق بالرصد البصري، لا يوجد أي مزيج من تدابير التخفيف قادر على منع ظهور آثار مرور السواتل. وقد صدرت توصيات في هذا الشأن عن حلقات العمل المعنية بالتشكيلات الساتلية التي عقدتها المؤسسة الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة والجمعية الفلكية الأمريكية، ويمكن للمؤسسة الوطنية للعلوم أن تقدم الدعم في تطوير برامجياتٍ للمساعدة في وضع الجدول الزمني لعمليات الرصد.

36- وانطوت الجلسة 12 على عرض خوارزميات وأدوات برامجية تمكِّن علماء الفلك من معرفة متى سيترك مرور السواتل أثرا في الصور. وحتى الآن، أعد متطوعون نموذجا أوليا مزودا بالحد الأدنى من القدرات ومجموعة اختبار لجمع التعليقات من الأوساط المعنية، قبل بدء العمل على نماذج أقوى ومزودة بقدرات أكبر. وتوجد بالفعل التكنولوجيا اللازمة لإخفاء آثار مرور السواتل، إلا أنه مع زيادة عدد السواتل، لم تعد المعلومات المتاحة علنا بشأن مواقعها دقيقة بما يكفي لتلبية احتياجات علماء الفلك. وسيكون من المفيد معرفة درجة سطوع السواتل، والحصول على صورة لخلفيتها وبيانات مواقعها، بغية التخفيف من أثر خطوط الضوء التي يخلفها مرورها. وقدم أحد المتكلمين عرضا عمليا للتلسكوب العالمي (The Worldwide Telescope) التابع للمرصد الوطني الصيني، وهو نسخة متاحة للجمهور من المرصد الافتراضي (The Virtual Observatory)، وهو مبادرة دولية في مجال علم الفلك تنطوي على إجراء البحوث وتنفيذ أنشطة التثقيف عبر الإنترنت. وتحسب البرامجيات مدى إمكانية رؤية السواتل، ويمكن المضي في تطويرها لنمذجة حقل رؤية تلسكوب معين.

37- وتناول متكلمان كيف أدى انتشار الأجسام الفضائية إلى زيادة سطوع سماء الليل، وكيفية نمذجة التطورات المستقبلية. وأفيد بأن الضوء المجمع الصادر عن الأجسام التي تقل درجة سطوع كل منها على حدة عن عتبة الكشف ما زال يسهم في إضاءة السماء، وخصوصا في حالة أجهزة الكشف ذات حقل الرؤية الكبير. وقد تسببت السواتل الحالية في زيادة إجمالي الضوء بمعامل يبلغ 4,5 في غضون 20 عاما، وهو ما أدى إلى المستوى الحالي البالغ حوالي 16 ميكروكانديلا لكل متر مربع، في حين أن مستوى سماء الليل الطبيعية يبلغ حوالي 200 ميكروكانديلا لكل متر مربع. وحتى الآن، لا يمنع هذا المستوى رؤية مجرة درب التبانة من مكان ذي سماء حالكة، ولكنَّ إمكانية رؤية بعض الأجسام في بعض مناطق السماء قد تتأثر، وقد تطابِق هذه النسبة ما تعتبره بعض المعايير تلوثا ضوئيا. وفي غضون 15 عاما، سيتسبب وجود 000 64 ساتل إضافي في زيادة سطوع السماء بنسبة مئوية قليلة. وفي حال تحطم جميع تلك السواتل الـ 000 64، نظريا، نتيجة لحوادث تصادم إلى قطع حطام حجمها مليمتر واحد، سيزداد سطوع السماء الناجم عن التشكيلات الساتلية بمعامل يبلغ 14، أو بمعاملات أكبر من ذلك إذا كانت قطع الحطام أصغر حجما.

38- وخلال المناقشة التي تلت ذلك، خلص الرأي إلى أن هناك حاجة إلى أدوات، ولكنَّ علماء الفلك يحتاجون أيضا إلى إجراءات سياساتية تهدف إلى المحافظة على سماء الليل. وينظر علماء الفلك في التوعية بجهودهم من خلال وسائط الإعلام بغية الوصول إلى مطوري البرامجيات الذين يمكنهم المساهمة في تلك الجهود. وبالنظر إلى أن العمليات السياساتية تتقدم ببطء شديد، قد يكون إقناع قطاع الصناعة بتقديم المساعدة والبدء في تنفيذ مبادرات يشارك فيها المواطنون في البحث العلمي، أكثر فعالية.

39- وعُرضت في الجلسة 13 وجهة نظر مشغلي السواتل وقطاع صناعة السواتل. وأفيد بأنه يتعين على مشغلي السواتل النظر في آثار تصميماتهم على علم الفلك في مرحلة مبكرة للغاية من عملية التصميم، بالنظر إلى أن إدخال أي تعديلات أثناء عملية التطوير سيكون أكثر كلفة أو سيتسبب في تأخير كبير في المشروع، بل قد تحول التكلفة الباهظة دون إدخالها. وما فتئ قطاع الصناعة ينظر في كيفية الحد من سطوع المركبات الفضائية، إلا أن إشارات التردد الراديوي الساتلية يتعين أن تخترق أي مواد مستخدمة لحجب أشعة الشمس المنعكسة. وهذه القيود التقنية تحدُّ من الخيارات المتاحة، وحتى الآن، لم يتمكن أي صانع سواتل من وضع تصميم تقل قوة سطوعه عن المستوى السابع. ويمكن للأفرقة الهندسية في قطاع صناعة السواتل أن تستحدث مواد مختلفة في المختبرات بغية تقييم انعكاسيتها، كما يمكن للشركات المتخصصة أن تجري قياسات وعمليات محاكاة حاسوبية للمواد المستخدمة قبل عملية الإطلاق، وإن كان ذلك يتطلب ميزانيات إضافية. وفي نهاية المطاف، لن يتسنى إجراء التقييم في الظروف الحقيقية لأي ساتل إلا بعد إطلاقه، ومن ثمَّ يلزم مواصلة تطوير الأدوات التي تتيح التنبؤ بقوة السطوع.

40- وقيل إن صناعة السواتل ما فتئت تناقش كيفية إذكاء الوعي بالآثار الناجمة على علم الفلك لدى مصممي النظم الفضائية والجهات المنظمة لها؛ وإن هناك بالفعل انشغالا بالغا داخل قطاع الصناعة بشأن كيفية تنفيذ تدابير ضمان الأمان في الفضاء. وأفيد بأن الجهات الفاعلة في قطاع الصناعة يمكن أن تتيح البيانات المطلوبة لعلماء الفلك بعد الإطلاق، وهو ما من شأنه أن يدعم عمليات الرصد. غير أن بعض المعلومات المتعلقة بمواقع السواتل معلومات حساسة، وقد لا يرغب المشغلون في تقديمها. وقد لا يكون هناك ما يحول دون توفير معظم البيانات التي يحتاجها علماء الفلك، شريطة حفظها في مكان آمن. وهناك حوار جار بشأن التوصيات التي تحتاج إلى مزيد من المناقشة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تقل إمكانية رؤية السواتل في الارتفاعات الأقل من 600 كيلومتر، ولكن المدارات الأكثر انخفاضا تتطلب تلقائيا عددا أكبر من السواتل لتقديم نفس الخدمة. وقد يفضل قطاع الصناعة اتباع نهج يستند إلى تحقيق أهداف أداء معينة، بدلا من اتباع نهج إلزامية.

41- وركزت المناقشة على كيفية تحديد التدابير المناسبة، بالنظر إلى أن القيود الهندسية والتشغيلية المقترحة تحتاج إلى أن تكون مستنيرة وواقعية. والاقتراح الذي طرحه علماء الفلك باستهداف المستوى السابع من السطوع نشأ أصلا من استحالة استرجاع البيانات الفلكية، إلا أن هناك حاجة إلى إثبات الجدوى التقنية قبل اعتماد قاعدة كهذه. وربما أمكن طلب إجراء تقييمٍ للأثر البيئي قبل الإطلاق كشرط مسبق في إطار العملية التنظيمية. وفي هذه الحالة، ستنتقل المسؤولية إلى السلطات الوطنية. وهذه التدابير يمكن أن تؤثر على الجدوى المالية للخدمات الساتلية، وبعض المشغلين يواجهون بالفعل صعوبات في التمويل. ومن ثمَّ، هناك حاجة إلى مواصلة الحوار مع علماء الفلك من أجل تحديد الخيارات المجدية بصورة مشتركة.

42- وقدمت الجلسة 14 لمحة عامة عن تنفيذ السياسات في بلدان مختلفة. وأفيد بأن تباين المصالح بين مشاريع الاتصالات وعلم الفلك ليس بالأمر الجديد، ففي عام 1961، أنشأ مشروع ويست فورد سابقة تاريخية عندما عارض علماء الفلك خطة إرسال ملايين الهوائيات المعدنية الثنائية القطب إلى المدار. وعادة ما تتولى جهات صاحبة مصلحة منفصلة، بالإضافة إلى وكالات الفضاء، الإشراف على الإنفاق في مجال العلوم ومنح التراخيص المدارية وتنظيم استخدام طيف الترددات الراديوية. وفي المملكة المتحدة، طرحت الجمعية الفلكية الملكية أسئلة على البرلمان بعد أن أدى شراء الحكومة لجزء من شركة OneWeb إلى جعلها جزءا لا يتجزأ من الاستراتيجية الفضائية الحكومية. وعلى المستوى الأوروبي، عقد علماء الفلك اجتماعات مع أعضاء في البرلمان الأوروبي، وأرادوا استهلال حملة عامة بشأن الأثر المجتمعي المترتب على فقدان السماء الحالكة، تتناول كلا من التراث والتقاليد الثقافية. ويعكف فريق من الخبراء على إعداد توصيات تتضمن دراسات حالة من 25 بلدا بغية تقديمها إلى الاتحاد الفلكي الدولي. وأوضح المتكلم تلك العناصر في إطار الحالة في الأرجنتين والإمارات العربية المتحدة وكندا. وقال إن هناك جهودا قوية تُبذل من أجل دعم نمو اقتصاد الفضاء في العديد

من البلدان، وإن الشواغل المتعلقة بالاستدامة كثيرا ما لا تُترجم إلى تدابير محددة. ويستثمر العديد من الدول موارد بشرية ومالية كبيرة في الأنشطة الفلكية دون وجود محفل ملائم على الصعيد الوطني يعمل من أجل تحقيق التوازن بين الاهتمام بالأنشطة الفلكية وبين الأنشطة التجارية.

43- وأعقب ذلك مناقشة قانونية بشأن كيفية تعريف "البيئة"؛ على سبيل المثال، ما إذا كان التعريف يشمل نقاط لاغرانج أو سطح المريخ، وإمكانية توسيع نطاق المفهوم القانوني لحماية أجسام النظام الشمسي من التلوث بكائنات حية من الأرض بحيث يشمل الأجرام السماوية. ومن منظور محامٍ يعمل في مجال التقاضي، فإن كون علم الفلك ينطوي على أنشطة اقتصادية تتمثل في ضخ الاستثمارات في مجال البحث العلمي هو حجة مهمة ضد زيادة سطوع السماء يمكن استخدامها عند مخاطبة الحكومات. وثمة حجج أخرى يمكن أن تركز على أن عودة السواتل إلى الغلاف الجوي تولّد أوكسيد الألمنيوم، وهو مادة تؤثر على الغلاف الجوي، أو أن المدارات مورد طبيعي وأن بيئة الأرض ينبغي أن تُنظَّم بناء على ذلك.

44- وقدم ممثل للاتحاد الدولي للاتصالات لمحة عامة عن كيفية تنظيم طيف الترددات الراديوية والمدارات المرتبطة بها. وأفيد بأن الضوء لا يعتبر جزءا من الترددات الراديوية، ومن ثمَّ لا يخضع لتنظيم الاتحاد الدولي للاتصالات. و"لوائح الراديو" معاهدة دولية وُضعت من خلال المؤتمرات منذ عام 1906، وتُعدَّل بتوافق الآراء بين جميع الأطراف الموقِّعة؛ وتُعدُّ أي تغييرات في إطار أفرقة دراسية تجتمع قبل انعقاد المؤتمرات العالمية المعنية بالراديو. وتتألف عضوية الأفرقة الدراسية من ممثلين عن الدول الأعضاء، ويشارك فيها أيضا باحثون وممثلون عن الأوساط الأكاديمية والقطاع الخاص. وتتولى الإدارات الوطنية، وليس المشغلون مباشرة، تسجيل الشبكات الساتلية لدى الاتحاد الدولي للاتصالات؛ ويلزم تنسيق جميع الترددات المستخدمة في الفضاء والمدارات المرتبطة بها قبل إدراجها في السجل الأساسي الدولي للترددات. والأحكام الحالية في لوائح الراديو بشأن تسجيل الشبكات الساتلية لا تشمل أي استعراض محدد للشواغل البيئية. وإذا دعت الحاجة إلى التنسيق التقني من أجل مواجهة خطر محدد يتعلق بتداخل الإشارات، يتناقش المشغلون والسلطات الوطنية وينسقون فيما بينهم مباشرة قبل إبلاغ الاتحاد الدولي للاتصالات باتفاقهم. وبالنظر إلى أن المشغِّلين يقدمون طلباتهم الأولية في مرحلة مبكرة من التصميم، فإن الطلبات تجسد احتياجاتهم المقدَّرة. وقد تحتوي الطلبات الأولية على قدر أكبر من المعلومات عن الخواص المادية للسواتل وحزم الترددات الراديوية، ولكنَّ الطلبات المسجلة في السجل الأساسي تبين استخدام الطيف والمدارات بدقة. ولا تنص لوائح الراديو على عدد أقصى من السواتل، فما دام النظام الجديد يستوفي شروط التشغيل دون التسبب في تداخل غير مقبول للآخرين، لا يوجد ما يمنع تسجيله. وتُولَى حماية الخدمات القائمة واستحداث الخدمات الجديدة نفس القدر من الأهمية، لأغراض دراسات التوافق التقني. ويحاول الاتحاد الدولي للاتصالات تجنب تخزين الطيف والمدارات لصالح مشاريع نظرية لا تُنفَّذ عمليا، ولذلك يشترط أن تكون أي شبكة ساتلية متاحة للاستخدام في غضون سبع سنوات. ومنذ عام 2015، تم تكييف لوائح الراديو لكي تلائم التشكيلات الساتلية. وفي هذا الصدد، يستمر انطباق مبدأي حماية الخدمات الأخرى و"الأولوية بالأسبقية"، إلا أنه بعد أن يصبح الساتل الأول من التشكيلة متاحا للاستخدام، يلزم إبلاغ الاتحاد الدولي للاتصالات بالمراحل الرئيسية للنشر.

45- وناقش المتكلمون كيف يمكن للحكومات أن تُلزم المشغلين بتحمل المسؤولية، وكيف يمكن لأي بلد يرغب في حماية علم الفلك أن يدرج هذه الاعتبارات في نظامه الخاص بإصدار التراخيص لمشغلي السواتل.

46- وركزت الجلسة 15 على السياسة الدولية. وناقشت واحدة من المتكلمين مسألة اعتبار علم الفلك شكلا من أشكال استخدام الفضاء المشمولة بحماية معاهدة المبادئ المنظمة لأنشطة الدول في ميدان استكشاف واستخدام الفضاء الخارجي، بما في ذلك القمر والأجرام السماوية الأخرى (معاهدة الفضاء الخارجي)، وما إذا كان مبدأ عدم التملُّك المنصوص عليه في المعاهدة يمكن أن ينطبق إذا كانت تشكيلات ساتلية ما تمنع الآخرين من استخدام نفس المدار. واستُعرضت مبادئ القانون البيئي، مثل منع الضرر العابر للحدود، والمبدأ

الوقائي، ومبدأ "الملوِّث يدفع"، والاستخدام المستدام. وأفيد بأن الجهات الفاعلة الخاصة ليست ملزمة بصورة مباشرة بالقانون الدولي العام، ولكن يقع على عاتق الدول التزام بتنظيم أنشطتها، وتقييم الامتثال للقانون البيئي الدولي المنطبق، ومراعاة الاستدامة. وينبغي أن تخضع الأنشطة غير الحكومية لشكل ما من أشكال الالتزام بالتشاور مع الدول الأطراف المتأثرة. ويمكن أن تُطبَّق مفاهيم مسؤولية الشركات على الأنشطة الخاصة، في الفضاء الخارجي أيضا. وفي هذا الصدد، يمكن استخدام "أداة تقييم استدامة النظم الفضائية"، وهي أداة طوعية يمكن أن تشجع هذه الممارسات.

47- وخلال المناقشات التي تلت ذلك، لوحظ غياب آليات الإنفاذ اللازمة لفرض الرقابة على المخالفين بعد عملية الإطلاق. وعلى الدول أن تراعي جميع الأطراف ذات المصالح المشروعة، وبدلا من التعويل على القانون الدولي، ينبغي أن يكون ذلك شاغلا على المستوى الوطني أثناء عملية إصدار التراخيص للأنشطة الفضائية. وما برحت لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية تناقش خطر الحطام الفضائي منذ سنوات عديدة، ولكنَّ هذا المأزق الذي يواجهه علم الفلك أحدث عهدا. وتعكف عدة دول حاليا على تحديث لوائحها التنظيمية بغية أخذ الحطام الفضائي في الحسبان، وهو ما يتيح فرصة أيضا للنظر في الآثار الأوسع نطاقا على البيئة. ويسلم تقرير "خطتنا المشتركة"[1] الذي نشره الأمين العام مؤخرا بأن الفضاء مشاع عالمي، ولا يمكن للقادمين الجدد إقصاء الآخرين. وتشترط عملية الإشعار المسبق لدى الاتحاد الدولي للاتصالات على الراغبين في إطلاق مبادرة جديدة أن ينسقوا مع الأطراف المتأثرة بغية حل أي نزاعات، في إطار عملية ثنائية بين الدول. وناقش متكلمون ما إذا كان قانون الفضاء يمكن أن يتطور بنفس الطريقة التي يتطور بها قانون البحار، مع وجود محكمة دولية متخصصة لتسوية المنازعات، أم أنه سيتجه نحو التحكيم.

48- وحضر الجلسة 16 ممثلون عن علماء الفلك وصناعة الفضاء وخبراء في السياسة العامة بغية إجراء مناقشة مائدة مستديرة حول التشكيلات الساتلية. وقيل إن استخدام التشكيلات الساتلية لسد الفجوة الرقمية مساهمة إيجابية في تمكين العلوم، إلا أن المتكلمين ناقشوا ما إذا كانت هناك سوق كافية لجميع مشاريع التشكيلات الساتلية. فقد شهدت هذه الصناعة طلبا متزايدا على الإنترنت الساتلي وحماسا للحصول على هذه الخدمة، وواكب ذلك تطور التكنولوجيا نحو استخدام شبكات الجيل الخامس (5G) والأجهزة المتصلة بشبكة الإنترنت. واستلزم تخفيض فترة الاستجابة إطلاق تشكيلات للسواتل في مدارات أرضية منخفضة بدلا من إطلاق سواتل في المدار الثابت بالنسبة للأرض. وتسبب إطلاق أجسام عديدة في المدار والانتقال إلى نهج "طرح الإلكترونيات التي ترضي المستهلك" (consumer-electronics approach) في مشاكل مماثلة لـ "مأساة المشاعات" التي شُهدت في مجال العلوم الاقتصادية نتيجة تلوث المحيطات والغلاف الجوي العلوي. وأشار أحد المتكلمين إلى أن القواعد المتعلقة بالأنشطة الفضائية وُضعت منذ عقود طويلة، بالرغم من الوتيرة السريعة للابتكار في هذه الصناعة. ويجري حاليا تطوير التكنولوجيا اللازمة لإنزال المركبات الفضائية من المدار بأمان، جنبا إلى جنب المبادئ التوجيهية الدولية ذات الصلة، ومن ثمَّ، هناك حاجة إلى وضع القواعد اللازمة لكفالة استدامة الفضاء. وينبغي أن تنطوي عملية منح التراخيص للمشغلين على تقييمات للمخاطر، وذلك حتى يتسنى للدول معرفة المخاطر التي ستنشأ عن ذلك والأثر المحتمل على الخزانة العامة. ومشغلو التشكيلات الساتلية الكبرى على علم بهذه المشكلة التي يواجهها علم الفلك، وهم يحاولون اقتراح ممارسات فضلى يمكن أن ينفِّذها جميع المشغلين، مثل نمذجة السطوع واختباره قبل الإطلاق. وما زال رصد ما يحدث في المدار أمرا ضروريا لإنفاذ القواعد، غير أن أحد المتكلمين شدد على أنه قد تكون هناك صعوبات في تعقب بعض الأجسام، أو تحديات متصلة بقوانين مراقبة الصادرات تحول دون تبادل هذه البيانات.

(1) متاحة على الرابط: https://www.un.org/ar/un75/common-agenda.

49- ولاحظ أحد المتكلمين أن المبادئ التوجيهية بشأن استدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد لا تعالج التشكيلات الساتلية تحديدا لأن التحديات التي تطرحها لا تزال قيد المناقشة. وليس من الواضح ما إذا كانت الدول تعتبر علم الفلك نشاطا فضائيا، أو ما إذا كان واضعو معاهدة الفضاء الخارجي قد أخذوا علم الفلك في اعتبارهم. وبدلا من فتح مناقشة بشأن كيفية تفسير المعاهدة، أوصى المتكلم باتباع نهج عملي يقوم على اعتماد تشريعات وطنية في الدول التي تصرح بالأنشطة الفضائية وتهتم بعلم الفلك. وبعض الدول التي تبذل جهودا كبيرة في مجال علم الفلك مشاركة أيضا في التشكيلات الساتلية. والأمم المتحدة لم تعالج مسألة تخفيف الحطام الفضائي بوضع معاهدة جديدة، بل من خلال توفير الممارسات الفضلى والمبادئ التوجيهية التي تختار بعض الدول إدماجها في أطرها التنظيمية الوطنية. وتساءل متكلمون عما إذا كانت الدول التي لديها مراصد فلكية تستطيع أن تضع اللوائح التنظيمية اللازمة كجزء من عملية إصدار التراخيص المطبقة على الصعيد الوطني، مع فرض عقوبات على عدم الامتثال. ورئي أن جمع الأدلة الداعمة بشأن الآثار الناجمة على علم الفلك، ثم صوغ توصيات ذات صلة بعبارات بسيطة، سيساعد الأوساط الفلكية على إثارة هذه المسألة مع الحكومات.

هاء- علم الفلك الراديوي

50- لخصت الجلسة 17 حالة علم الفلك الراديوي. وأفيد بأن علم الفلك الراديوي يمسح نطاقات واسعة من الترددات ومساحات كبيرة من السماء بدرجة عالية من الحساسية، نظرا لأن بعض الظواهر شديدة الخفوت ولا تُرى إلا في بعض الترددات. وعندما بدأت سواتل تسبب تداخلاتٍ في عمليات الرصد، قام علماء الفلك بتعديل هوائيات التلسكوبات الراديوية يدويا لترشيح الإشعاعات الخارجية. وبعد ذلك بسنوات، طغت كثرة عدد السواتل على التلسكوبات وأصبح من الصعب التنبؤ بآثارها الجانبية، وصارت الضوضاء المتراكمة قوية بما يكفي لتجاوز قدرة نظم الترشيح على الاستيعاب، مما استلزم إعادة تصميم أجهزة الاستقبال. ويمكن أيضا لتشغيل الرادارات المحمولة على متن سواتل الاستشعار عن بعد أن يؤدي إلى تشبُّع التلسكوبات الفلكية الراديوية، بل وإلى تدميرها إذا وُجِّهت الانبعاثات مباشرة إلى أجهزة الاستقبال. وقد شهد عدد السواتل المزوَّدة برادارات على متنها زيادة هائلة، حيث وصل إلى عدة مئات. وعلى الرغم من أن علماء الفلك الراديوي حاولوا التواصل مباشرة مع القادمين الجدد لتحذيرهم من الضرر الذي قد يسببونه، فإن هناك تهديدات جديدة آخذة في الظهور، حيث تجري حاليا دراسة سواتل ستحوِّل الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية تُوزَّع على الأرض. وعلى الرغم من أن لوائح الراديو تحمي إجراء بحوث فضائية ساكنة على الجانب البعيد من القمر، يجري حاليا إعداد بعثات مزوَّدة بسواتل للاتصالات والملاحة بهدف إطلاقها في المدار هناك.

51- ومن أجل الحفاظ على علم الفلك الراديوي، ينبغي ألا تولِّد إشعاعات اصطناعية (سواء موجات ضوئية أو راديوية) إذا لم تكن لازمة، وألا تكون هذه الإشعاعات قابلة للاكتشاف حيثما تكون غير مُستخدمة. وينبغي أن تتجنب السواتل الإضاءة المباشرة لمناطق الصمت الراديوي، مع اتخاذ التدابير اللازمة للحد من الانبعاثات الناتجة عن الفصوص الجانبية لهوائياتها.

52- وتتطلب حماية علم الفلك الراديوي تخصيص الموارد لمختلف الهيئات المعنية بإدارة الطيف، بالنظر إلى أن علماء الفلك القلائل الذين يعملون في إدارة الطيف لا يستطيعون مجاراة الموارد الأكبر بكثير التي تخصصها الشركات الخاصة لهذا الموضوع. وهناك حاجة إلى تقديم حوافز للأجيال الشابة لتشجيعهم على المشاركة، لأن العمل في مجال إدارة الطيف لا يسهم في تقدم المسار المهني العلمي. ولم يعد التوجه إلى مناطق نائية من الكوكب لتجنب التداخلات خيارا مطروحا: فقياسات خلفية الموجات الصغرى الكونية، التي لا غنى عنها في مجال الفيزياء الأساسية، تُظهر في البيانات أن السواتل الكائنة في مدار ثابت بالنسبة للأرض ساطعة أكثر من الشمس. وهناك مخاوف من أن التشكيلات الساتلية ستتسبب في تشويه البيانات

بنفس الطريقة، وأن عددا كبيرا من التجارب الممولة من الأموال العمومية سيتأثر إلى حد كبير. وخيار تعديل أجهزة الاستقبال أو تجنب توجيهها نحو السواتل ليس عمليا لجميع التلسكوبات، في حين أن الرصد لفترات أطول لتعويض فقدان البيانات يؤدي إلى زيادة مباشرة في تكلفة الأنشطة العلمية.

53- وتخضع الحدود المفروضة على الانبعاثات المتعمَّدة لتنظيم الاتحاد الدولي للاتصالات وحكومات الدول، في حين أن الحدود المفروضة على الإشعاعات الكهرمغناطيسية غير المتعمدة تُعتَمد على الصعيد الوطني. وبالنسبة للسواتل، تركز اختبارات الإشعاع الكهرمغناطيسي على التوافق مع مركبة الإطلاق، ولا يُولى أي اعتبار محدد لحماية نطاقات علم الفلك الراديوي. وهذا الأمر لا يمثل مشكلة في وجود عدد قليل من السواتل، ولكن في مجال يقوم على الإنتاج الواسع النطاق، سيلزم تخفيض الحد الأقصى المسموح به من الإشعاعات الكهرمغناطيسية في أي نطاق من نطاقات علم الفلك الراديوي كلما ازدادت أعداد السواتل، وإلا ستتسبب هذه السواتل في غلق نوافذ الطيف المستخدمة في عمليات الرصد الخاصة بعلم الفلك الراديوي إلى الأبد.

54- وشرحت واحدة من المتكلمين كيف تُستخدم الإشارات الراديوية للكشف عن الشهب والأثر المؤيَّن الذي تخلفه في الغلاف الجوي، حيث تُستمد المعلومات من الانعكاس وتشتت الموجات الراديوية الناجم عن الأثر. وتُستخدَم عدة رادارات شديدة الحساسية في جميع أنحاء العالم لهذا الغرض.

55- واتخذت الجلسة 18 شكل مناقشة مائدة مستديرة بين علماء الفلك الراديوي وممثل عن مكتب الاتصالات الراديوية التابع للاتحاد الدولي للاتصالات، تناولت الدور الذي يضطلع به كل من الاتحاد ولجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية. وأفيد بأن إدارة الطيف تطورت من مجال يضم عددا قليلا من المشاركين إلى مجال يتسم بالتنافس بين مطالب المشغِّلين الذين يستخدمون رادارات عالية القدرة وأجهزة إرسال محمولة على منصات عالية الارتفاع. وأصبحت الاتصالات الساتلية مجالا ضخما للأعمال التجارية، وانتقلت عمليات تشغيل السواتل من الحكومات، وهي الجهات التي تتفاعل مع الاتحاد الدولي للاتصالات، إلى الشركات الخاصة. ولم تتقدم الممارسات المتبعة في إدارة الطيف بنفس السرعة التي تطورت بها التكنولوجيا. ورأى المتكلمون أنه يلزم إجراء المزيد من المناقشة بشأن الدور الذي تؤديه لوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد، وبشأن دور اللجنة. ويتعين على علماء الفلك التواصل مع إداراتهم الحكومية، بالنظر إلى أنها هي الجهات التي يحق لها اقتراح تغييرات على لوائح الراديو في إطار عملية تبدأ بإعداد دراسات تحضيرية قبل أن تُقترح بنود لجدول الأعمال في أحد المؤتمرات العالمية المعنية بالراديو التي انبثقت عنها تلك اللوائح. وأوضح ممثل الاتحاد الدولي للاتصالات أن الترددات الراديوية التي تتجاوز 000 3 غيغاهرتز لا تخضع للتنظيم، ولكنَّ إجراء الدراسات، بما في ذلك تلك المتعلقة بالألياف البصرية، أمرٌ ممكن في أي تردد. ورئي أنه بالنظر إلى أن لوائح الراديو لا تتضمن حاليا حدودا رسمية على عدد الأجسام المطلقة في الفضاء، في حين أن مكتب شؤون الفضاء الخارجي، بالنيابة عن الأمين العام، مكلف بالاحتفاظ بسجل الأجسام المطلقة في الفضاء الخارجي، فإن لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية هي المحفل المناسب لمناقشة هذا الموضوع. وتندرج أيضا المناقشات التي تُجرى على مستوى الأمم المتحدة بشأن الاستخدام المستدام للفضاء ضمن عمل اللجنة.

56- وشدد المشاركون في المناقشة على أن بعض المشاكل عويصة بوجه خاص، مثل تحديد السبل التي تتيح مواصلة رصد خلفية الموجات الصغرى، وتتطلب حلولا مشتركة ربما تنطوي على مشاركة كيانات علمية دولية مثل لجنة أبحاث الفضاء. وقيل إن التصريح بإنشاء تشكيلات ساتلية نجمت عنه تبعات واسعة النطاق لم تكن متوقعة.

خامسا- الملاحظات والتوصيات

57- في الجلسة الأخيرة، التي تشارَك في رئاستها ممثلا المكتب والاتحاد الفلكي الدولي، لُخصت وجهات النظر المختلفة بشأن الإجراءات التي يمكن الشروع في اتخاذها بعد الفعالية. وأعقب ذلك مناقشة شارك فيها ممثلون عن كل فريق من أفرقة الخبراء التي أعدت مساهمات في المؤتمر.

58- وضُمَّت التوصيات المقدمة بشأن الضوء الاصطناعي ليلا إلى تلك المتعلقة بحماية المراصد وحماية واحات السماء الحالكة وحماية البيئة البيولوجية. فالعالم أصبح يحرم نفسه تدريجيا من السماء الحالكة، بما لذلك من تداعيات على صحة الإنسان وعمل النظم الطبيعية أثناء الليل، بالإضافة إلى أثره في علم الفلك. وكانت التوصيات على النحو التالي:

(أ) بالنسبة للمناطق المحمية الخاصة، يتعين تحديد إجمالي كمية الضوء المقبولة، مع تعيين أساليب قياس درجة الإضاءة ووقف الزيادة فيها. وهناك بالفعل وسائل تقنية تتيح توجيه الضوء والحد منه، تشمل تعديل مستوى الضوء بحسب الاستخدام في مناطق محدَّدة وفقا لنظام تقسيم دينامي، دون أن يتجاوز ما هو ضروري. وتجرى حاليا مناقشة الجوانب العملية لتحقيق ذلك الهدف، وسيحتاج المهندسين والمخططين ومقرري السياسات، لدى وضع التصميمات التقنية، إلى إرشادات كمية يمكن أن توافيهم بها منظمات مثل اللجنة الدولية لشؤون الإضاءة؛ ومع ذلك، سيلزم تعديل الاحتياجات الكمية وفقا للظروف؛

(ب) هناك حاجة إلى تغيير ثقافي، حيث ينبغي أن يكون الظلام الطبيعي هو خط الأساس، وألا تضاف الإضاءة إلا عند الضرورة. وسيكون من الأرجح أن يؤيد الرأي العام هذا التغيير إذا استطاع الناس أن يروا بأنفسهم الحالة الطبيعية لسماء الليل؛

(ج) تستلزم العلوم الفلكية إجراء عمليات رصدية من الأرض من أجل نجاح العلوم الفضائية. ومن شأن اتخاذ تدابير داعمة للعلوم تهدف إلى الحد من الإضاءة الموجهة على نحو خاطئ أن يعود بالفائدة أيضا في مجالات أخرى، مثل الصحة والبيئة البيولوجية، وكذلك كشف الأجسام القريبة من الأرض.

59- وتناولت التوصيات المتعلقة بالتشكيلات الساتلية عدة جوانب، على النحو التالي:

(أ) يحتاج علماء الفلك، بغية التخفيف من الأضرار، إلى تبادل البيانات والبرامجيات والحصول على معلومات عن مواقع السواتل بدقة حتى يتمكنوا من التنبؤ بمواعيد عبورها في حقول الرؤية الخاصة بالتلسكوبات. فتطوير البرامجيات اللازمة لإخفاء السواتل أمر معقد، ويمكن أن يؤدي استخدامها إلى ظهور أخطاء صُنعية في البيانات. ويلزم توفير التمويل اللازم لهذه الجهود قبل أن تتاح خدمات تخفيف الأضرار للاستخدام المهني؛

(ب) دأب مشغِّلو السواتل وقطاع الصناعة التحويلية على إجراء المناقشات مع علماء الفلك على أساس طوعي. ويحتاج كلا الجانبين إلى التعاون منذ البدايات الأولى لمشاريع السواتل، وإلى العمل معا على وضع تدابير التخفيف. وينبغي أن تشجع الحكومات هذا التنسيق، بينما ينبغي أن تواصل الصناعة تطوير الاختبارات المعملية وعمل النماذج، وكذلك تبادل البيانات وأفضل الممارسات؛

(ج) يمكن للسياسات الفضائية الوطنية أن تنظر في مسألة سطوع الأجسام الفضائية في إطار إجراءات إصدار التراخيص والأذون، التي تعد عنصرا أساسيا في تنفيذ الدول لالتزاماتها بموجب معاهدة الفضاء الخارجي. وتنص بعض الدول على الشواغل البيئية المتصلة بالأنشطة الفضائية. ويمكن بالمثل وضع معايير دولية لتحديد درجة سطوع الأجسام الفضائية والسبل لفرض حدود لها؛

(د) ستلزم زيادة التمويل المخصص لعلم الفلك لاستحداث تدابير التخفيف اللازمة، والمخصص أيضا لقطاع الصناعة بالنظر إلى أن هذا الموضوع جديد عليها؛

(هـ) على الصعيد الدولي، مادام علم الفلك يمكن اعتباره شكلا من أشكال استخدام الفضاء الخارجي، فإن الاتصالات السلكية واللاسلكية تعتبر هي أيضا كذلك، ومن ثمَّ يلزم تحقيق التوازن بين ضرورات فرادى الدول. ويمكن أيضا النظر في إجراء عملية تشاور تنبثق عنها مبادئ توجيهية تأخذ علم الفلك في الحسبان.

60- وترى التوصيات المتعلقة بعلم الفلك الراديوي أن الانبعاثات غير المرغوب فيها التي تؤثر على التلسكوبات الراديوية، سواء كان مصدرها هو الضوء الاصطناعي ليلا أو انعكاس الضوء على السواتل، ينبغي ألا تُولَّد. وأشير إلى أن بعض التخصصات في علم الفلك الراديوي، مثل دراسة خلفية الموجات الصغرى، تواجه صعوبات حرجة بوجه خاص لا يمكن التغلب عليها من خلال لوائح الراديو. وكانت التوصيات على النحو التالي:

(أ) ينبغي إلزام السواتل بتجنب توجيه الإضاءة المباشرة نحو التلسكوبات الراديوية ومناطق الصمت الراديوي. والإضاءة المباشرة تنتج عن طريقة تشغيل السواتل واتجاهها وعن مستويات الفصوص الجانبية لهوائياتها؛

(ب) لا تشير التوصيات تحديدا إلى إدارة الطيف أو الاتحاد الدولي للاتصالات. وبالنظر إلى أن تسجيل الأجسام المطلقة في الفضاء الخارجي يخضع للنظام القانوني للفضاء الخارجي الذي وضعته لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، وأن مكتب شؤون الفضاء الخارجي يحتفظ بسجل الأجسام المطلقة في الفضاء الخارجي، فإن اللجنة هي المحفل المناسب لمناقشة مسألة وجود هذا العدد الكبير من السواتل في المدار.

61- وشدد المتكلمون على الدور المحوري للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، وناقشوا كيفية الربط بين مختلف المسائل ذات الصلة. ودعت بعض الدول الأعضاء إلى إدراج موضوع/بند منفرد للمناقشة في جدول أعمال دورة اللجنة الفرعية العلمية والتقنية في عام 2022، تكون صيغته على غرار ما يلي: "تبادل عام للآراء بشأن أثر السواتل على علم الفلك". ويمكن الاستعانة بمختلف الآراء والاقتراحات التي نوقشت في المؤتمر كمدخلات في تلك المناقشة بشأن فرص التعاون الدولي.

62- وأشير إلى أن الدول المهتمة الأعضاء في لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية قد تنظر في تقديم ورقة عمل تقترح اتخاذ إجراءات معينة.

سادسا- الاستنتاجات

63- ناقش المؤتمر المعني بالسماوات الحالكة الهادئة من أجل العلم والمجتمع طائفة واسعة النطاق من التدابير التي يمكن اتخاذها للحد من تأثير مصادر التلوث الضوئي وتداخلاته على علم الفلك البصري والراديوي.

64- واختتم ممثلو كل من البعثة الدائمة لإسبانيا لدى الأمم المتحدة والاتحاد الفلكي الدولي ومكتب شؤون الفضاء الخارجي المؤتمر بتوجيه الشكر لجميع المشاركين في تنظيم الفعالية، وأعربوا عن تضامنهم مع شعب لا بالما.

65- وشُجع المشاركون على تقديم تعليقات مكتوبة عن طريق ملء استمارة مخصصة لذلك الغرض عبر الإنترنت، وأعلن الاتحاد الفلكي الدولي عن إنشاء مركز مخصص معني بهيكلة المبادرات.