الأمم المتحدة A/AC.105/C.1/108*

الجمعية العامة

Distr.: General
13 November 2013
Arabic
Original: English/Spanish

لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية
اللجنة الفرعية العلمية والتقنية
الدورة الحادية والخمسون
فيينا، ١٠-٢١ شباط/فبراير ٢٠١٤
البند ٨ من جدول الأعمال المؤقَّت**
الحطام الفضائي

البحوث الوطنية المتعلقة بالحطام الفضائي، وبأمان الأجسام الفضائية التي توجد على متنها مصادر قدرة نووية، وبالمشاكل المتصلة باصطدامها بالحطام الفضائي

مذكّرة من الأمانة

أولاً- مقدِّمة

١- أعربت الجمعية العامة في قرارها رقم ٧٥/٦٨، عن قلقها إزاء هشاشة بيئة الفضاء والتحدِّيات التي تعترض استدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد، وخصوصاً أثر الحطام الفضائي الذي يشكِّل مسألةً تثير قلق جميع الدول؛ ورأت أنَّ من الضروري أن تولي الدول مزيداً من الاهتمام لمشكلة اصطدام الأجسام الفضائية، بما فيها الأجسام الفضائية التي تستخدم مصادر القدرة النووية، بالحطام الفضائي، وللجوانب الأخرى المتصلة بالحطام الفضائي؛ ودعت إلى مواصلة البحوث الوطنية بشأن تلك المسألة وإلى استحداث تكنولوجيا

* أُعيد إصدارها لأسباب فنِّية في ١٧ كانون الثاني/يناير ٢٠١٤.

** A/AC.105/C.1/L.332.

051213 V.13-87712 (A)

الرجاء إعادة الاستعمال

محسَّنة لرصد الحطام الفضائي وجمع البيانات المتعلقة به ونشرها؛ ورأت أنه ينبغي، قدر الإمكان، تزويد اللجنة الفرعية العلمية والتقنية بمعلومات في هذا الشأن؛ ووافقت على أنَّ التعاون الدولي ضروري للتوسّع في وضع الاستراتيجيات المناسبة الميسورة التكلفة للتقليل من أثر الحطام الفضائي في البعثات الفضائية في المستقبل إلى الحد الأدنى.

٢- واتفقت اللجنة الفرعية العلمية والتقنية، في دورتها الخمسين، على أنَّه ينبغي مواصلة البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي، وأنَّه ينبغي للدول الأعضاء أن تتيح لجميع الأطراف المهتمة نتائج تلك البحوث، بما فيها معلومات عن الممارسات التي أثبتت نجاعتها في التقليل إلى أدنى حد ممكن من تكوُّن الحطام الفضائي (A/AC.105/1038، الفقرة ١٠٤). وفي مذكرة شفوية مؤرخة ١٦ تموز/يوليه ٢٠١٣، دعا الأمين العام الحكومات والمنظمات الدولية التي تتمتع بصفة مراقب دائم لدى اللجنة إلى أن تقدّم في موعد غايته ١٤ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٣ تقارير عن البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي وبأمان الأجسام الفضائية التي توجد على متنها مصادر قدرة نووية، وبمشاكل اصطدام هذه الأجسام الفضائية بالحطام الفضائي، لكي يتسنى تقديم هذه المعلومات إلى اللجنة الفرعية في دورتها الحادية والخمسين.

٣- وقد أَعدَّت الأمانة هذه الوثيقة بناءً على المعلومات الواردة من خمس دول أعضاء - وهي تايلند وسويسرا وكندا والمكسيك والمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية - ومن ثلاث منظمات غير حكومية تتمتَّع بصفة مراقب دائم لدى اللجنة - وهي لجنة أبحاث الفضاء ومؤسسة العالم الآمن والمجلس الاستشاري لجيل الفضاء. وستتاح المعلومات الواردة من تايلند تحت عنوان "تصرُّف تايلند في الحطام الفضائي (٢٠١٣)"، والتي تتضمَّن صوراً وجداول وأرقاماً تتعلق بالحطام الفضائي، على الموقع الإلكتروني لمكتب شؤون الفضاء الخارجي التابع للأمانة (www.unoosa.org) باللغة الإنكليزية فقط وعلى هيئة ورقة غرفة اجتماعات خلال الدورة الحادية والخمسين للجنة الفرعية التقنية والعلمية.

ثانياً- الردود الواردة من الدول الأعضاء

كندا

[الأصل: بالإنكليزية]
[٤ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٣]

يهدِّد الحطام الفضائي استدامة الأنشطة الفضائية لجميع الأمم في الأمد البعيد. وما زالت كندا على قناعة بأهمية الأعمال التي يضطلع بها المجتمع الدولي في تنسيق أنشطة البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي، وستواصل العمل بنشاط مع شركائها.

وقد أطلقت كندا في شباط/فبراير ٢٠١٣ باكورة سواتلها الدفاعية المخصصة الغرض، سافاير، ليكون مستشعراً مساهماً في شبكة الولايات المتحدة لمراقبة الفضاء. وسافاير هو مستشعر فضائي كهربائي-بصري مصمَّم لتعقُّب الأجسام الفضائية الاصطناعية في المدار الأرضي المرتفع من أجل تحسين الوعي بأحوال الفضاء في كندا. وفي اليوم نفسه، أُطلق الساتل الكندي نيوسات لزيادة الإسهام في الكشف عن الحطام المداري والكويكبات. وتشمل قدرات نيوسات رصد وتتبُّع السواتل والحطام في المواضع التي يصعب الكشف والتعقُّب فيها باستخدام المقاريب الأرضية.

لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي

ما برحت وكالة الفضاء الكندية منذ انضمامها إلى لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي (لجنة التنسيق المشتركة) في عام ٢٠١١ تتعاون وتتبادل المعلومات مع أعضاء تلك اللجنة لتسهيل التعاون في مجال البحوث والأنشطة المتعلقة بالحطام الفضائي. ولجنة التنسيق المشتركة محفل دولي حكومي مؤلَّف من ١٢ وكالةً عضواً يستهدف التنسيق على الصعيد العالمي للأنشطة المتصلة بقضايا الحطام الاصطناعي والطبيعي في الفضاء. وتتمثل أولويات كندا باعتبارها عضواً في لجنة التنسيق في تبادل المعلومات بشأن قضايا الحطام الفضائي، وإقامة أنشطة تعاونية في مجال بحوث الحطام الفضائي (مثل بحوث الارتطام بسرعة عالية)، والنظر في خيارات التخفيف من الحطام. واستضافت كندا الاجتماع الثلاثين للجنة الاستشارية المشتركة في مونتريال في عام ٢٠١٢، وترأست أيضاً، بهذه الصفة، الفريق التوجيهي في الفترة من نيسان/أبريل ٢٠١٢ إلى نيسان/أبريل ٢٠١٣. وتسهم وكالة الفضاء الكندية إسهاماً نشطاً في أعمال الفريق التوجيهي وأفرقته العاملة، وتشغل مقعد نائب رئيس الفريق العامل ٣، المعني بالحماية.

الأنشطة البحثية الكندية المتعلقة بتخفيف الحطام الفضائي

تعمل وكالة الفضاء الكندية مع المؤسسات الأكاديمية والإدارات الحكومية الأخرى، وتقود في ذلك السياق المبادرات العلمية والتكنولوجية المتعلقة بالحطام الفضائي المتخذة داخل كندا. ونتيجة لإنشاء مرفق لاختبار السرعات الفائقة المولَّدة بالانفجار إلى الداخل، وهو مرفق يوفِّر قدرات فريدة من نوعها لزيادة سرعة الكتل إلى مستويات سرعة الحطام على نحو يتيح دراسة نظم الارتطام الكامل، حصلت كندا على وضعية رائدة في هذا المجال. وتعمل كندا في الوقت الراهن على استحداث أجهزة استشعار تعتمد على الألياف البصرية

ستُضمَّن في مُرَكّبات قادرة على التصليح الذاتي من أجل تقييم الارتطامات بالحطام الفضائي في وقت حدوثها، مع الحد في الوقت نفسه من تكاثر الحطام الثانوي نتيجة لذلك الارتطام. وستشارك كندا أيضا في استقصاء أكورد (ACCORD) الذي يجريه الاتحاد الأوروبي بشأن الحطام المداري، الذي يشمل تصميم المركبات الفضائية وعمليات المركبات الفضائية.

وفي عام ٢٠١٣، شرعت كندا والجمهورية التشيكية، بدعم من المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي، في وضع خلاصة وافية للمعايير المعتمدة من قبل الدول والمنظمات الدولية من أجل تخفيف تكوُّن الحطام الفضائي. ويمثِّل ذلك النشاط مساهمة في المبادرات المتعلقة بالحطام الفضائي التي تضطلع بها لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية. ومن المتوقَّع أن تُعرض الخلاصة الوافية في إطار بند جدول الأعمال المعنون "تبادل عام للمعلومات والآراء بشأن الآليات القانونية المتصلة بتدابير تخفيف الحطام الفضائي" خلال الدورة الثالثة والخمسين للجنة الفرعية القانونية، في عام ٢٠١٤، بغرض إعلام جميع أعضاء اللجنة بالخلاصة الوافية وقيامهم باستعراضها.

الممارسات التشغيلية الراهنة

واصلت وكالة الفضاء الكندية طوال عام ٢٠١٣ ملاحظة عدد متزايد من مخاطر الاصطدام بالموجودات الفضائية الكندية، التي تستدعي إجراء المزيد من التحليل، وعند الاقتضاء، إجراء مناورات للمركبات الفضائية لتفادي الاصطدام بالحطام. وقد وضع مركز خبرات الحطام الفضائي التابع لوكالة الفضاء الكندية عدداً من الإجراءات المتصلة بحالات الاقتراب الشديد من الحطام الفضائي، وكوَّن علاقات مع مشغِّلي السواتل في كندا، بحيث يقدِّم تحليلاً مفيداً في غضون دقائق من استقبال إنذارات الاقتراب الشديد. وأقيم تعاون وثيق مع خلية عمليات الفضاء الكندية التابعة لوزارة الدفاع الوطني في سياق تحليل مخاطر الحطام الفضائي، بحيث يتم تزويد الشركاء الاستراتيجيين في الحكومة الكندية بوسائل تمكين فضائية حاسمة الأهمية، بتعاون وثيق مع حلفاء كندا حول العالم.

وفي ٢٩ آذار/مارس ٢٠١٣، أُصيب أول ساتل كندي مخصَّص لرصد الأرض، وهو رادارسات-١، بخلل تقني جسيم. وتبيَّن من التحقيق الواسع النطاق الذي أجري استحالة إصلاح الساتل، ما أفضى إلى خروجه من الخدمة. وكان رادارسات-١ قد وفَّر خلال مدة خدمته المتميِّزة التي بلغت ١٧ عاماً مئات الألوف من الصور لما يربو على ٦٠٠ مستخدم في كندا وفي ٦٠ بلداً في أرجاء العالم كافة. واستعين بالصور التي وفَّرها في جهود الإغاثة

خلال ٢٤٤ حدثاً كارثياً، كما وضع خريطة كاملة للعالم، حيث وفَّر تغطية شاملة لقارات العالم وجروفه القارية وقلنسواته الجليدية القطبية.

ومن بين إنجازات رادارسات-١ العديدة أنه أجرى بعثتي رسم خرائط للقارة القطبية الجنوبية، وذلك في عامي ١٩٩٩ و٢٠٠٠، وأنتج أول خرائط عالية الاستبانة في التاريخ لكامل القارة المتجمدة. كما نفَّذ أول تغطية رادارية مجسَّمة للكتلة الأرضية لكوكب الأرض وأول تغطية قياس تداخل عالية الاستبانة لكندا، وأنتج لقطات كاملة لموسم واحد لجميع القارات. وستواصل كندا إجراء تقييمات لمخاطر الحطام الفضائي بدعم من شركائنا الدوليين، كما استهلَّت مؤخَّراً أبحاثاً على هذا الساتل داخلية تتعلق بالحطام.

المكسيك

[الأصل: بالإسبانية]
[١٤ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٣]

البحوث الوطنية المتعلقة بالحطام الفضائي وأمان الأجسام الفضائية التي توجد على متنها مصادر قدرة نووية وبالمشاكل المتصلة باصطدامها بالحطام الفضائي

الحطام الفضائي

المكسيك منخرطة بعمق في مسألة استدامة النشاط الفضائي، التي يمثِّل موضوع الحطام الفضائي أحد جوانبها الرئيسية. وبسبب الطابع المعقَّد لهذا الموضوع، يصعب التوصُّل إلى حلول قصيرة الأجل. والمكسيك ممثَّلة في أفرقة الخبراء الأربعة المنبثقة من الفريق العامل المعني باستدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد التابع للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية.

وتجدر الإشارة إلى أنَّ الجامعة الوطنية المستقلة في المكسيك تعدّ دراسة عن إجراء خاص بعودة السواتل إلى الغلاف الجوي. وقد قُدِّمت الوثيقة ذات الصلة إلى اللجنة.

وقد بدأت أنشطة الفضاء في بلدنا في عام ١٩٨٥ بإطلاق الساتلين موريلوس الأول وموريلوس الثاني الثابتين بالنسبة للأرض. وهناك حالياً خمسة سواتل عاملة، ومن المأمول إطلاق اثنين آخرين في نفس المدار خلال عامي ٢٠١٤ و٢٠١٥.

ووفقاً للممارسة المتَّبعة في إزالة الحطام الفضائي، تمثَّلت السياسة المكسيكية بشأن مدار السواتل الثابتة بالنسبة للأرض في الاحتفاظ بما يكفي من الوقود لضمان نزول الساتل من المدار تلقائياً في نهاية عمره. وهذا هو الإجراء المتبع في الساتل ساتمكس ٥.

وتراعى في جميع الإجراءات المشار إليها أعلاه المبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي الصادرة عن لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية واللوائح الصادرة في هذا الصدد في مختلف البلدان التي لديها برامج فضائية كبيرة.

أمان الأجسام الفضائية التي توجد على متنها مصادر قدرة نووية والمشاكل المتصلة باصطدامها بالحطام الفضائي

تتناول المبادئ التوجيهية هذا الموضوع. ووفقا لمعاهدة المبادئ المنظمة لأنشطة الدول في ميدان استكشاف واستخدام الفضاء الخارجي، بما في ذلك القمر والأجرام السماوية الأخرى، تمسّكت المكسيك بموقفها بشأن عدم عسكرة الفضاء الخارجي واستخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية. ولا يشكِّل استخدام مصادر القدرة النووية جزءا من أي برنامج فضاء في بلدنا. ويخضع استخدام هذه المصادر للوائح الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية. ولذلك يُفهم ضمناً أنَّ سلامة البشر في الفضاء الخارجي والبيئة الفضائية ذات أهمية أساسية في كل ما يتعلق باستخدام مصادر القدرة النووية.

وفي هذا الصدد، توفِّر المبادئ التوجيهية إطارا أساسياً فيما يتعلق بالسلامة.

وليس للمبادئ ذات الصلة باستخدام مصادر القدرة النووية في الفضاء الخارجي ولا المبادئ التوجيهية صفة الإلزام. وتهيئ المادة الرابعة من معاهدة الفضاء الخارجي قدراً من الحماية، وإن كان نسبياً.

سويسرا

[الأصل: بالإنكليزية]
[١٤ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٣]

يواصل المعهد الفلكي التابع لجامعة برن جهوده البحثية الرامية إلى تحسين فهم بيئة الحطام في الفضاء القريب من الأرض. ويستخدم المعهد مقرابه "زيمات" (ZIMAT) الذي يبلغ قطره متراً واحداً، ومقراباً روبوطياً صغيراً اسمه "زيمسمارت" (ZimSMART)، وكلاهما

موجود في مرصد زيمرفالد القريب من مدينة برن، لاكتشاف الحطام صغير الحجم وتحديد خصائصه الفيزيائية. ومن النتائج الرئيسية لهذا البحث إعداد فهرس فريد من نوعه بالحطام ذو نسبة المساحة المرتفعة إلى الكتلة الموجود في مدارات ثابتة بالنسبة للأرض ومدارات إهليلجية مرتفعة. ويتم إعداد الفهرس وتعهده بالتعاون مع وكالة الفضاء الأوروبية ومعهد كيلديش للرياضيات التطبيقية في موسكو. ويتولى هذا الأخير تشغيل الشبكة الدولية للأرصاد البصرية العلمية، التي ظل معهد جامعة برن يتبادل معها بيانات الرصد في سياق التعاون العلمي لسنوات عديدة. وبدأت هذه الشبكة مؤخرا تعاوناً مع مبادرة علوم الفضاء الأساسية التابعة لمكتب شؤون الفضاء الخارجي. وقد ركزت دراسات المعهد الفلكي التابع لجامعة برن مؤخراً على عمليات مسح عميق بحثاً عن أجسام الحطام الصغيرة في المدارات ذات الشكل الإهليلجي البالغ، بما في ذلك مدار الانتقال إلى المدار الثابت بالنسبة للأرض والمدارات التي من نوع مدارات سواتل مولنيا. وتشير النتائج الأولى إلى وجود عدد كبير من الأجسام "غير المعروفة" في تلك المناطق المدارية، أي أجسام لا ترد في أي من الفهارس المدارية المتاحة للجمهور. وستكون لتحديد خصائص تلك الأجسام أهمية كبيرة في تحديد مصادر الحطام وفي نهاية المطاف تصميم تدابير ذات كفاءة وذات جدوى اقتصادية لتخفيف الحطام الفضائي. وفي سبيل إثراء النقاش الدائر بشأن الإزالة النشطة للأجسام الكبيرة من المدارات الأرضية المنخفضة، بدأ المعهد برنامج رصد لتقييم معدلات تقلُّب أجسام الحطام الكبيرة الموجودة في مدارات على ارتفاع يتراوح بين ٧٠٠ كيلومتر و١ ٠٠٠ كيلومتر عن طريق المنحنيات الضوئية البصرية.

كما واصل مركز الفضاء السويسري التابع لمعهد البوليتكنيك الاتحادي في لوزان وشركاؤه البحث والتطوير في مجال الإزالة النشطة للحطام، في إطار برنامجه المسمى كلين-مي (Clean-mE). وانصب التركيز مؤخرا على تطوير آليات وتكنولوجيات التقاط (ميكانيكية بحتة أو مع قوابض مطاطة عازلة للكهرباء ليِّنة متقدمة). وكجزء من ذلك البرنامج، يستهدف مشروع اسمه "كلين سبيس وان" (CleanSpace One) إنزال الساتل "سويس كيوب" (SwissCube) من مداره. وركّزت الأنشطة الأخيرة أساساً على زيادة دقة تصميم ساتل البعثة والإزالة. وتحقق مؤخرا تأمين التمويل للبعثة. كما شارك معهد لوزان خلال عام ٢٠١٣ في الدراسات الأوروبية الممولة من المركز الوطني للدراسات الفضائية في فرنسا لتقييم هياكل البعثات والحملات، وتصميمات مزيلات الحطام، والتكاليف المقترنة بإزالة ٥ إلى ١٠ أجسام كبيرة من الحطام في السنة. وفي هذا السياق، صمم معهد لوزان أداة لتقييم هيكل وتكنولوجيا بعثات الإزالة النشطة للحطام. ولم تُنشر النتائج بعد.

تايلند

[الأصل: بالإنكليزية]
[١٤ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٣]

رصد الحطام الفضائي بالساتل التايلندي لرصد الأرض

لدى المحطة الأرضية التابعة للساتل التايلندي لرصد الأرض (ثيوس) مصدران لمراقبة الحطام الفضائي هما: مركز العمليات الفضائية المشتركة ورابطة البيانات الفضائية. وقد أصدر المركز إخطارات بحالات اقتراب حطام فضائي من الساتل ثيوس بمسافة إخطاء للساتل أقل من كيلومتر واحد، بينما تُصدر الرابطة إخطارات بأي حطام فضائي يقترب من الساتل في حدود ٥ كيلومترات.

حالات الاقتراب الشديد من الساتل التايلندي لرصد الأرض

تعرَّض الساتل ثيوس لعدة حالات اقتراب شديد، نظراً لتشغيله على ارتفاع ٨٢٢ كيلومتراً، حيث تبلغ كثافة الحطام الفضائي أقصاها. وتستخدم المحطة الأرضية للساتل معيارين للنظر في ضرورة إجراء مناورة لتفادي الاصطدام، وهما:

(أ) مسافة الإخطاء القطرية < (خطأ الجسم الأساسي قطرياً) + ٣ (خطأ الجسم الثانوي قطرياً) + نصف قطر الجسم الأساسي + نصف قطر الجسم الثانوي؛

(ب) مسافة الإخطاء القطرية < ١٠٠ متر، ومسافة الإخطاء في المسار < ٣٠٠ متر، ومسافة الإخطاء عبر المسار < ١٠٠ متر.

تجارب الساتل التايلندي لرصد الأرض في مناورات تفادي الاصطدام

أُجريت حتى الآن ثلاث مناورات لتفادي الاصطدام، مرة لتفادي الاصطدام بالساتل إيريدوم 33DEB ومرتين لتفادي الاصطدام بالساتل كوزموس 2251 DEB.

ويكون لأي مناورة غير متوقعة أو مناورة لتفادي الاصطدام أثران في تشغيل الساتل التايلندي، هما: استخدام الوقود الداسر والتدخّل في التشغيل. فبعد تنفيذ عملية تعديل الارتفاع لتفادي الاصطدام، تميل المعلمة الخاضعة للتحكُّم (وهي خطأ المسار الأرضي) إلى تجاوز النوافذ المحددة بمعدل أعلى. ولذلك يتعين التعجيل بتصحيح الارتفاع قبل التوقيت الذي كان مفترضاً، وهذا يؤدي إلى استخدام المزيد من الوقود الداسر.

خطة إنزال الساتل التايلندي لرصد الأرض من المدار

للزيادة في عدد أجسام الحطام الفضائي سببان محتملان هما: انفجار السواتل ذاتياً والاصطدام بين السواتل التي لم تعد مستخدمة.

ولهذا السبب، ادُّخر ٢٤,١ كيلوغراماً من الوقود الداسر لإنزال الساتل ثيوس من المدار عند إنهاء تشغيله. ولتجنب تكوين المزيد من الحطام الفضائي، سيخفض نصف المحور الأكبر للساتل ثيوس من ٧,٢٠٠ كم إلى كم ٧,٠٣٠ كم، وبذلك سوف يتسنى إنزاله من المدار في غضون ٢٥ سنة، وفقا لمعيار التخلص في المدارات الأرضية المنخفضة، وليس ذلك فحسب، بل سيؤدي أيضاً إلى إزالة الساتل من ارتفاع مكتظ بالأجسام الفضائية، بما يقلل من احتمال الاصطدام بأجسام فضائية أخرى في وقت لاحق.

وقد ورد في المثال المبين في ورقة غرفة الاجتماعات التي ستتاح في الدورة الحادية والخمسين للجنة الفرعية أنه لا يتسنى إنزال المركبة الفضائية من المدار في غضون ٢٥ سنة إذا بلغت مسافة نصف المحور الأكبر ٧,٠٤٠ كيلومتراً. ولذلك تمثل مسافة نصف المحور الأكبر البالغة ٧,٠٣٠ كيلومتراً حلاً وسطاً جيداً يفي بمتطلبات الإنزال من المدار مع استخدام أقل قدر ممكن من الوقود الداسر.

ويتطلب التوصل إلى هذا المدار المستهدف أن تكون Δa=١٧٠ كيلومترا، وهذا يقتضي أن تكون ΔV = ٨٧,٨ متر/ثانية. وبما أنَّ الدفع النوعي (لوحدة الوقود الداسر) في نهاية عمر الساتل يبلغ ٢١٠,٦ ثانية فإنَّ نقصان الكتلة المناظر، أو Δm، يساوي ٢٤,١ كيلوغراماً. وسيستهلك كل الوقود الداسر خلال عملية الإنزال من المدار، منعا لانفجار الساتل ذاتياً، الذي من شأنه أن يؤدي إلى زيادة في عدد أجسام الحطام الفضائي.

وبالنظر إلى كمية الوقود الداسر المتبقية، وهي ٤٦ كيلوغراماً، يمكن دعم تشغيل الساتل ثيوس لأكثر من ١٦ سنة مقبلة.

البحوث والمشاريع ذات الصلة بتفادي الاصطدام

برمجيات تفادي الاصطدام الموجودة في الساتل ثيوس

يستهدف تطوير برمجيات توضح الاقتران بين الأجسام الفضائية برسوم ثلاثية الأبعاد تسهيل تحليل الاقتراب الشديد. وهذا يمكِّن مشغلي السواتل من اتخاذ قرار أفضل بشأن

وجوب إجراء مناورة لتفادي الاصطدام، بما يعين على تجنّب إهدار الوقود الداسر، والمناورات غير الضرورية، وخطر الاصطدام.

نظام مراقبة البيئة الفضائية

يركّز المشروع المستقبلي الخاص بتعزيز قدرات برمجيات تفادي الاصطدام للساتل ثيوس على جانبين، هما:

برمجيات رصد الحطام الفضائي داخلياً

بالنظر إلى أنَّ المحطة الأرضية الخاصة بالساتل ثيوس تعتمد إلى الآن على أنظمة أخرى لمراقبة الحطام الفضائي فإننا نخطِّط حالياً لتطوير نظام مخصَّص لأغراضنا. وستقوم برمجيات الرصد بالحصول من القيادة الأمريكية الشمالية للدفاع الجوي الفضائي على البيانات المدارية لأجسام الحطام الفضائي في شكل عناصر ذات خطَّين، ثم تقوم بتقدير تغيُّر مواضع تلك الأجسام بالنسبة إلى الزمن وتحدد مسافة الإخطاء.

تحسين معايير مناورات تفادي الاصطدام ووضع منهجية لتحليل الاقتران

تتسم المعايير الحالية بحساسية بالغة؛ وقد أُجريت على مدى أعوام التشغيل الخمسة الماضية ثلاث مناورات لتفادي الاصطدام. ويمكن أن تُراعى في المعايير الجديدة المعايير الدولية للمركبات الفضائية الروبوطية (إذا زاد احتمال الاصطدام عن 10^{-4})، ينبغي إجراء مناورة لتفادي اصطدام)، إلى جانب الإرشادات المحددة الناتجة عن تحليل الاقتران.

المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية

[الأصل: بالإنكليزية]
[١٤ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٣]

مقدِّمة

جسّدت العديد من الدول التزاماتها بموجب معاهدات الفضاء الخارجي من خلال سنّ تشريعات وطنية. وعندما وضعت معاهدات الفضاء الخارجي، لم يكن هناك فهم للحطام الفضائي. غير أنَّ المعاهدات واللوائح التنظيمية الوطنية مرنة بما فيه الكفاية لمعالجة هذه المسألة بطريقة فعّالة، بالاعتماد على أفضل الممارسات ومدونات القواعد والمبادئ من أجل تشجيع اعتماد تدابير لتخفيف الحطام الفضائي.

وهناك حاليا عدد من المعايير والمبادئ التوجيهية على الصعيدين الوطني والدولي للتقليل من تكوين الحطام وحماية المركبات الفضائية. وتُسلِّم جميع الدول المرتادة للفضاء بأهمية تدابير التخفيف هذه. وتلك خطوة رئيسية في إدارة تطور البيئة المدارية مستقبلا بطريقة عادلة ومنصفة، لأن كثيرا من ممارسات تخفيف الحطام تنطوي على تكاليف. ولضمان أن تطبيق تدابير التخفيف هذه لا يُلحق الضرر بالقدرة التنافسية العملياتية، يجب أن يعترف بها جميع مستخدمي الفضاء ويطبقوها بطريقة منسّقة. ولكي تكون الممارسات المتعلقة بتخفيف الحطام فعّالة، لا بد من أن تصبح عنصرا أصيلا ومطَّرداً من عناصر العمليات التي تُجرى في المدار بدلاً من أن تكون ممارسة مجزّأة تتناول كل حالة على حدة. وإذا تسنى تجسيد هذه الممارسات في التشريعات الوطنية، سيصبح المشغّلون ملزمين عندئذ بمراعاة مسألة تخفيف الحطام الفضائي خلال جميع مراحل البعثة، بدءا من التحديد الأولي للبعثة ودراسات الجدوى وحتى التخلّص النهائي من مكوّنات البعثة. فقانون الفضاء الخارجي هو أساس منح التراخيص للأنشطة التي يقوم بها مواطنو المملكة المتحدة في الفضاء، وجرى في الآونة الأخيرة تكييف التقييمات التقنية لتشمل مراعاة ممارسات تخفيف الحطام الفضائي عند البت في إصدار الترخيص لمقدِّم الطلب.

قانون الفضاء الخارجي في المملكة المتحدة

قانون الفضاء الخارجي لعام ١٩٨٦ هو الأساس القانوني الذي ينظّم الأنشطة التي تنفّذ في الفضاء الخارجي (بما في ذلك إطلاق الأجسام الفضائية وتشغيلها) والتي يقوم بها الأشخاص المرتبطون بالمملكة المتحدة. ويمنح القانون صلاحيات إصدار التراخيص وغيرها من الصلاحيات لوزير الدولة، الذي يعمل من خلال وكالة الفضاء في المملكة المتحدة. ويكفل القانون الامتثال لالتزامات المملكة المتحدة بموجب الاتفاقيات الدولية التي تتناول مسألة استخدام الفضاء الخارجي والتي وقّعت عليها المملكة المتحدة. وهذه الاتفاقيات هي التالية:

(أ) معاهدة المبادئ المنظمة لأنشطة الدول في ميدان استكشاف واستخدام الفضاء الخارجي، بما في ذلك القمر والأجرام السماوية الأخرى، ٢٧ كانون الثاني/يناير ١٩٦٧ (معاهدة الفضاء الخارجي)؛

(ب) الاتفاق الخاص بإنقاذ الملاحين الفضائيين وإعادة الملاحين الفضائيين ورد الأجسام المطلقة في الفضاء الخارجي، ٢٢ نيسان/أبريل ١٩٦٨ (اتفاق الإنقاذ)؛

(ج) اتفاقية المسؤولية الدولية عن الأضرار التي تحدثها الأجسام الفضائية، ٢٩ آذار/مارس ١٩٧٢ (اتفاقية المسؤولية)؛

(د) اتفاقية تسجيل الأجسام المطلقة في الفضاء الخارجي، ١٤ كانون الثاني/يناير ١٩٧٥ (اتفاقية التسجيل).

وبموجب قانون الفضاء الخارجي، لا يمنح وزير الدولة ترخيصا إلاّ إذا اقتنع بأن الأنشطة التي يؤذن بها بموجب الترخيص لن تهدّد الصحة العامة أو سلامة الأشخاص أو الممتلكات، وأنها سوف تكون متّسقة مع الالتزامات الدولية للمملكة المتحدة ولن تمسّ بالأمن القومي للمملكة المتحدة. كما أنَّ وزير الدولة يُلزم المرخّص له بالقيام بعملياته على نحو يمنع تلوث الفضاء الخارجي أو حدوث تغييرات سلبية في بيئة الأرض ويجتنب مع أنشطة الجهات الأخرى في ميدان استكشاف الفضاء الخارجي واستخدامه في الأغراض السلمية.

ويُلزم وزير الدولة الجهة المرخّص لها بأن تؤمِّن نفسها ضد المسؤولية المترتّبة على إلحاق ضرر أو خسارة بأطراف ثالثة، في المملكة المتحدة أو في مكان آخر، نتيجة للأنشطة المأذون بها بموجب الرخصة. ويتعيّن على المرخّص له، فضلا عن ذلك، تعويض حكومة صاحبة الجلالة في المملكة المتحدة عن أيّ مطالبات ناشئة عن دعاوى قضائية ترفع ضد الحكومة في حالة وقوع ضرر أو خسارة تنشأ من الأنشطة التي قام بها المرخّص له والتي ينطبق عليها القانون.

ويوفّر قانون الفضاء الخارجي الرقابة التنظيمية اللازمة الصحة العامة والسلامة العامة، وسلامة الممتلكات، وتقييم أثر الأنشطة المقترحة على البيئة؛ وتقييم آثارها على الأمن القومي والمصالح المتعلقة بالسياسة الخارجية؛ وتحديد المسؤوليات المالية والالتزامات الدولية.

عملية الترخيص والتقييم التقني

يهدف تقييم السلامة إلى تحديد ما إذا كان مقدّم الطلب قادراً على تنفيذ الإطلاق المقترح لمركبة الإطلاق أو مركبات الإطلاق وحمولتها بأمان. ونظرا إلى أنَّ المرخَّص له هو المسؤول عن سلامة الجمهور، فمن المهم أن يثبت مقدّم الطلب فهمه للمخاطر التي ينطوي عليها الأمر وأن يناقش الكيفية التي سيتم بها تنفيذ العمليات بأمان. وهناك عدد من التحليلات التقنية، بعضها كمّي وبعضها نوعي، يجب على مقدِّم الطلب إجراؤها من أجل إثبات أنَّ عمليات الإطلاق التجارية لن تنطوي على أي خطر غير مقبول يهدّد الجمهور. وتميل التحليلات الكمية إلى التركيز على عوليّة ووظائف نظم السلامة الحيوية، والمحاذير

المرتبطة بالمعدات، وخطر تلك المحاذير على الممتلكات العامة وعلى الأفراد الموجودين بالقرب من موقع الإطلاق وفي مسار التحليق وعلى السواتل والمركبات الفضائية الأخرى الموجودة في المدار. أمّا التحليلات النوعية فتركز على السمات التنظيمية الخاصة بمقدِّم الطلب، مثل سياسات وإجراءات السلامة المتعلقة بالإطلاق، والاتصالات، ومؤهّلات الأفراد الرئيسيين، وواجهات التواصل الداخلية والخارجية الحاسمة الأهمية.

ويمكن تصنيف مراحل إطلاق حمولة في المدار والمخاطر المرتبطة بهذه العملية بحسب المراحل العامة التالية من البعثة:

(أ) ما قبل الإطلاق؛

(ب) الإطلاق؛

(ج) الوصول إلى المدار؛

(د) العودة إلى الغلاف الجوي.

ويجب على مقدِّم الطلب أن يوفّر في الوثائق التقنية الخاصة بطلب الحصول على ترخيص بموجب قانون الفضاء الخارجي لعام ١٩٨٦ تقييما للمخاطر على السلامة العامة والممتلكات يشمل كل مرحلة من مراحل البعثة تكون ذات صلة بالعمليات المقترحة والنشاط المرخّص به. وينبغي أن يشمل ذلك التقييم ما يلي:

(أ) مناقشة الأعطال التي يمكن أن تحدث في المركبة والحمولة والتي قد تؤثّر على السلامة (بما في ذلك سلامة المركبات الفضائية العاملة الأخرى)؛

(ب) تقدير احتمالات وقوع تلك الأعطال، مشفوعةً ببيانات عن عوليّة المركبة، من الناحية النظرية والناحية التاريخية على السواء؛

(ج) دراسة الآثار المترتّبة على تلك الأعطال.

وينبغي، عند الاقتضاء، أن يتناول التقييم ما يلي:

(أ) المخاطر المرتبطة بمنطقة الإطلاق؛

(ب) المخاطر التي تتعرّض لها المناطق الواقعة في مسار الإطلاق من جرّاء ارتطام معدات البعثة التي يتم التخلّص منها؛

(ج) مخاطر التحليق؛

(د) المخاطر المدارية، بما في ذلك خطر الاصطدام و/أو تكوين الحطام، وذلك بسبب المدارات الوسيطة والنهائية للمراحل العليا للمركبة وحمولاتها؛

(هـ) مخاطر عودة المراحل العليا للمركبة وحمولاتها إلى الغلاف الجوي.

ويُستخدم تقييم المخاطر بعد ذلك كأساس للاستعراض الذي يجريه المقيِّمون لتحديد ما إذا كانت الأنشطة المقترحة من مقدّم الطلب ممتثلة لمقتضيات قانون الفضاء الخارجي. وتستند المعايير النوعية والكمية المستخدمة في ذلك التقييم إلى المعايير والممارسات التي تطبقها طائفة متنوعة من الهيئات الرسمية. وفي كل حالة، يسعى المقيّم إلى فهم النهج الذي اقترحه طالب الترخيص، وإلى الحكم على نوعية هذه العملية، وإلى التأكّد من درجة الاتساق في إطار المشروع، وإلى النظر في فعالية التكنولوجيا المقترحة أو العملية المقترحة، وإلى إثبات مطابقتها لمعايير الصناعة المعنية أو الوكالة المعنية ولمتطلبات قانون الفضاء الخارجي.

تخفيف الحطام الفضائي وتفسيره في إطار قانون الفضاء الخارجي

لدى وضع إطار التقييم التقني بحيث يراعي مسائل تخفيف الحطام الفضائي، تُستخدم المسائل المعيّنة المتعلقة بالتداخل المادي والتلوث المشار إليها في قانون الفضاء الخارجي. ورغم أنه لم يكن هناك إدراك لمشكلة الحطام الفضائي عندما صدر قانون الفضاء الخارجي في عام ١٩٨٦ فإنَّ هذا القانون مرن بما فيه الكفاية للسماح بتفسيره بحيث يتناول التقييم التقني هذا الجانب. فمثلاً تُستخدم عبارة "التداخل المادي" لمعالجة مسألة احتمال الاصطدام بالأجسام الأخرى في المدار، ويُستخدم مصطلح "التلوّث" لمعالجة مسألة التخلّص المأمون في نهاية العمر التشغيلي. وفيما يتعلق بالتدابير الفعلية التي تُستخدم لتقييم طلب الترخيص، يُلجأ إلى عدد متزايد من المبادئ التوجيهية ومدونات القواعد والمعايير التي يجري وضعها حالياً للتعامل مع مسألة تخفيف الحطام الفضائي. فالمبادئ التوجيهية المتعلقة بتخفيف الحطام الصادرة عن لجنة التنسيق المشتركة والمبادئ التوجيهية المتعلقة بتخفيف الحطام الصادرة عن لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية تنص على التدابير النوعية والكمية التي تُستخدم لتقييم مدى امتثال الأنشطة والتدابير المقترحة من طالبي الترخيص لأفضل الممارسات المعترف بها في الأوساط المختصة. وأشيع طلبات الترخيص التي تعالجها وكالة الفضاء في المملكة المتحدة هي طلبات الترخيص الخاصة بالحمولة. ففي حال الترخيص الخاص بالحمولة، يتحقّق مقيِّمو السلامة من مواصفات منصة الساتل (مثل نظام التحكم في الوضع الاتجاهي، والمدار، وآلية تخزين الطاقة، وواجهة التواصل بمركبة الإطلاق وآلية الانفصال)، ومن عمليات السلامة (الخطط والإجراءات)، لتقييم فعاليتها في تخفيف الحطام الفضائي. وترد فيما يلي أمثلة عن ذلك:

نظام التحكم في الوضع الاتجاهي. التحديد الأولي لطبيعة النظام ومدى وفائه بالغرض. هل يقوم على تكنولوجيا تستعمل دافعات الغاز البارد أم عجلات التفاعل/العزم الفيزيائي؟ وهل هناك إمكانية لوجود طاقة مخزونة في نهاية العمر التشغيلي؟ وإذا كان الأمر كذلك، فيُنظر في احتمال حدوث التشظي، فإذا كان الأمر كذلك، فيوصي باتخاذ تدابير لتخميل الجسم الفضائي في نهاية عمره التشغيلي.

المدار. الفهم الأساسي للعناصر المدارية للمسار المقترح. والنظر في مدى العمر التشغيلي الطبيعي، والاستقرار في المدار تحت تأثير الاضطرابات الطبيعية، ودرجة الاكتظاظ على ارتفاع معيّن، وأيّ جوانب فريدة في شكل المدار.

آلية تخزين الطاقة. استعراض عام للتكنولوجيا وصلاحيتها. هل هذه الآلية مادية (دولاب الموازنة) أم كهربائية؟ وهل خلايا الوقود مصنوعة بالتكنولوجيات العادية؟ وهل هناك أيُّ عناصر فريدة أو غريبة (مثل وجود مولّد حراري يستخدم النظائر المشعّة)؟ وهل النظام مدرّج لملاءمة متطلبات الطاقة ودورات الشحن الخاصة بالمنصة (مراعاة الخصائص الكسوفية)؟ وهل هناك مشكلة احتمال حدوث شحن مفرط في نهاية العمر التشغيلي؟ وهل ينظر في إمكانية تخميل الجسم الفضائي؟

واجهة التواصل بمركبة الإطلاق وآلية الانفصال. فهم طبيعة عملية الاقتران والانقذاف. هل تمّ اختيار واجهة التواصل على أساس مركبة الإطلاق أم على أساس الحمولة؟ وهل بيئة الإطلاق كثيرة المتطلبات؟ وهل بيئة الإطلاق مفهومة جيدا ومحدّدة ومناسبة للحمولة؟ وكم عدد الأجسام التي أُدخلت في المدار بالإضافة إلى المرحلة العليا للمركبة والحمولة؟ وهل تقلِّل عملية الفصل تكوين الحطام؟

عمليات وإجراءات السلامة. تحديد وجود المسائل المتعلقة بالسلامة وبحثها. والنظر، حيثما يكون ذلك منطبقا على مرحلة الإطلاق، في الآثار المترتبة على الحمولة من حيث سلامة مركبة الإطلاق: وهل هناك مخاطر فريدة مرتبطة بالحمولة في حال إطلاق حمولات متعدّدة؟ وهل ينطوي نشر الحمولة على خطر على أجسام أخرى؟

وفيما يتعلق بتلوّث البيئة، يتم تقييم التأثير على بيئة الحطام وعلى البيئة الإشعاعية (تداخل الترددات، على سبيل المثال).

التأثير على بيئة الحطام. ينظر مقيّمو السلامة في احتمال اصطدام الحمولة بحمولات عاملة أخرى وببيئية الحطام العامة. ويتحدّد ذلك من خلال شكل المدار والعمر التشغيلي في المدار والحجم المادي للأجسام الفضائية وكثافتها المكانية عند الارتفاع المقترح.

خطط إخراج الجسم الفضائي عن المدار أو تحويله إلى مدار آخر. فيما يتعلق بقدرة المشغِّل على الامتثال لمتطلبات السلامة، يُسأَلُ مقدّم الطلب عن خططه المتعلقة بإخراج الجسم الفضائي عن المدار وتحويله إلى مدار آخر، وعمّا إذا كانت هناك خطط لإزالة الساتل من مداره التشغيلي في حال حدوث عطل لا يمكن تداركه، ومدى توافر هذه القدرة، وما إلى ذلك. ولا بدّ أن يعرف مقيّمو السلامة هل هناك خطط، وهل هي فعّالة إن وجدت؟ وهل بُحثت المسألة؟ وما هو ارتفاع المدار التشغيلي؟ وهل التخلّص ضروري؟ وهل من المخطط له تحويل الجسم الفضائي إلى ارتفاع أعلى أو تنزيله إلى ارتفاع منخفض؟ وهل مدارات التخلّص فعّالة؟ وهل هي ممتثلة للمعايير والمبادئ التوجيهية الحالية (مثل استخدام صيغة تغيير المدار التي وضعتها لجنة التنسيق المشتركة من أجل تطبيقها على السواتل الموجودة في المدار الثابت بالنسبة إلى الأرض، والتي تقضي بتحديد العمر التشغيلي في مدار التخلّص بمدّة أقصاها ٢٥ عاما على ارتفاع يقل عن ٠٠٠ ٢ كم)؟ وما الذي يمكن تحقيقه بواسطة تكنولوجيا المنصة؟ وما هو مدى الاستقلالية المتاح على متن الجسم الفضائي لإجراء عمليات إخراج الجسم الفضائي من مداره أو تحويله إلى مدار آخر دون تدخّل من القطاع الأرضي؟ وما هي المعايير المستخدمة لتحديد نهاية العمر التشغيلي؟ وهل الإجراءات التشغيلية متفق عليها أم سوف تحدّد قبل بدء العمليات العادية؟

ملخَّص

تنفّذ المملكة المتحدة تدابير لتخفيف الحطام الفضائي في إطار تقييمها لطلبات الترخيص بموجب قانون المملكة المتحدة بشأن الفضاء الخارجي لعام ١٩٨٦ لضمان الامتثال لمعاهدات واتفاقيات الفضاء الخارجي القائمة وللمجموعة الآخذة في التكوّن من المبادئ التوجيهية ومدونات القواعد والمعايير. وبالإضافة إلى تحديد متطلبات الامتثال، تنفّذ المملكة المتحدة أنشطة لرصد الامتثال، تشمل استخدام أنظمة أرضية لمراقبة الفضاء، مثل المقراب البصري ستاربروك، لرصد المواقع المدارية للسواتل المرخصة في المملكة المتحدة.

ثالثاً– الردود الواردة من المنظمات الدولية

لجنة أبحاث الفضاء

[الأصل: بالإنكليزية]
[٨ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٣]

تعالج لجنة أبحاث الفضاء موضوع الحطام الفضائي منذ أكثر من ربع قرن من الزمان. وظلّ الفريق المعني بالأنشطة الفضائية المحتمل إضرارها بالبيئة التابع للجنة أبحاث الفضاء يعقد على مدى سنوات عديدة جلسات متعدّدة حول الحطام الفضائي في كل اجتماع من اجتماعات لجنة أبحاث الفضاء التي تعقد كل سنتين. وتعالج تلك الجلسات ما يلي (أ) تحديد خصائص بيئة الحطام الفضائي من خلال القياسات والنمذجة؛ (ب) المخاطر التي تشكلها اصطدامات الحطام الفضائي على المركبات الفضائية؛ (ج) وسائل حماية المركبات الفضائية؛ (د) الاستراتيجيات والسياسات الرامية إلى الحد من تكوُّن حطام فضائي جديد.

وكان الموضوع المحوري لجلسات الفريق المذكور في عام ٢٠١٢ هو "الحطام الفضائي – خطوات نحو التحكم البيئي". وسيكون الموضوع المحوري لجلسات الفريق خلال الاجتماع العلمي الأربعين للجنة أبحاث الفضاء، في عام ٢٠١٤، هو "الحطام الفضائي – التصدِّي لبيئة دينامية". وسوف تتناول أربع جلسات مدة كل منها نصف يوم أوجه التقدُّم في الرصد الأرضي والفضائي وسبل استغلالها، وتقنيات القياس في الموقع، ونماذج بيئة الحطام والنيازك، وتدفُّق الحطام ومخاطر الاصطدام على بعثات الفضاء، وتقييم الاصطدام في المدار، وتقييمات مخاطر العودة إلى الغلاف الجوي، والتخفيف من الحطام وتقنيات استصلاح بيئة الحطام وفعالية تلك التقنيات فيما يتعلق باستقرار البيئة طويل الأمد، والمعايير والمبادئ التوجيهية الوطنية والدولية المتعلقة بالتخفيف من الحطام.

وقبل عام ٢٠٠٧ كان ٩٥ في المائة من الحطام الفضائي الخطر يتكون في انفجارات عرضية أو متعمدة للمركبات الفضائية والمراحل المدارية لمركبات الإطلاق. وأدركت الدول والمنظمات الرئيسية المرتادة للفضاء التهديد الذي يمثله النمو المستمر في حجم الحطام الفضائي للمنظومات الفضائية العديدة التي تلبي احتياجات حيوية على الأرض، واعتمدت سياسات على الصعيد الوطني أولاً ثم على الصعيد الدولي للتخفيف من الحطام الفضائي. وفي عام ٢٠٠٢ أنشأت لجنة التنسيق المشتركة أول مجموعة توافقية من المبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي من أجل وكالات الفضاء الوطنية الرئيسية في العالم. واستُخدمت

تلك المبادئ التوجيهية كأساس للمبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي لعام ٢٠٠٧ الصادرة عن لجنة الفضاء الخارجي.

ويمكن أن تؤدِّي الاصطدامات بين الأجسام الفضائية المستقرَّة في المدار لا إلى احتمال وقوع كوارث فحسب، بل كذلك إلى توليد أعداد كبيرة من أجسام الحطام الجديدة التي يمكن أن تزيد من تدهور حالة بيئة الفضاء القريب من الأرض. وقد نوقش هذا التهديد لأول مرة في السبعينات من القرن الماضي، بيد أنَّ دراسات جديدة أُجريَت في عام ٢٠٠٥ أشارت إلى أنَّ بعض أجزاء منطقة المدار الأرضي المنخفض، أي عند الارتفاعات التي تقلّ عن ٢ ٠٠٠ كم، قد أصبحت غير مستقرة بالفعل. وبعبارة أخرى، تجاوز معدّلُ توليد الحطام من جرّاء حالات التصادم العرَضي مُعدّلَ الإزالة الطبيعية للحطام بالسَّحب الهوائي في الغلاف الجوي. ومن ثمّ فإنَّ مجموع الحطام الفضائي في تلك النظم سيستمر في التزايد حتى في حال عدم نشر سواتل جديدة. وهذه الحالة، التي تُعرف باسم متلازمة كيسلر، هي إحدى المسائل الرئيسية التي تؤثّر في استدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد.

أمَّا في الأمد القريب، فإنَّ التهديد الأكبر الذي تواجهه المركبات الفضائية العاملة هو المجموع الكبير جداً من الحطام الذي تتراوح أحجام أجزائه بين ٥ مم و١٠ سم. وتحمل أجزاء الحطام الصغيرة هذه، بما لها من معدَّلات سرعة عالية جداً عند الاصطدام، طاقة كافية لاختراق النظم الحيوية في المركبة الفضائية وإتلافها. وفي الأمد البعيد، ينشأ التهديد الرئيسي من اصطدام الأجسام الأكبر حجماً، الذي سيولِّد بدوره أعدادا كبيرة من الحطام الفضائي الجديد. وحتى لو كانت جميع السواتل التي تُطلق حديثاً ممتثلة للتوصيات الدولية المتعلقة بالحدِّ من فترات البقاء في المدار الأرضي المنخفض فإنَّ الأعداد الكبيرة من المركبات الفضائية المهجورة والمراحل المدارية لمركبات الإطلاق والحطام المتوسط الحجم الموجود أصلاً في المدار سوف تتصادم فيما بينها بتواتر متزايد فتولِّد بذلك حطاماً خطيراً جديداً.

وتبعاً لذلك فإنَّ إزالة الحطام الفضائي الموجود حاليا، سواء أكان صغيراً أو كبيراً، ذات أهمية كبيرة للحفاظ على الفضاء القريب من الأرض على نحو يمكِّن الأجيال القادمة من استخدامه. وتعكف عدَّة بلدان في الوقت الحاضر على تقييم الإمكانية التقنية والاقتصادية لمجموعة واسعة من مفاهيم إزالة الحطام الفضائي. وتمتد هذه المقترحات من استخدام قاطرات فضائية تقليدية إلى الأفكار المبتكرة التي تتوخَّى استخدام أجهزة تعظيم السَّحب الهوائي، والحبال الكهروديناميةِ، والأشرعة الشمسية، والعديد من الأجهزة المبتكرة الأخرى.

والتحدِّيات في مجال الإزالة النشطة للحطام الفضائي كبيرة، ولكنّ الدول المرتادة للفضاء، والمنظمات العلمية الدولية، مثل لجنة أبحاث الفضاء، تكرِّس حالياً قدراً كبيراً من الجهود لتعزيز استدامة العمليات في الفضاء القريب من الأرض في المدى البعيد بما يعود بالفائدة على الجميع.

ولا تزال لجنة أبحاث الفضاء تتولى الريادة في العمل على إيجاد فهم أفضل لطبيعة بيئة الحطام الفضائي ومخاطره وفي تشجيع الدول والمنظمات المرتادة للفضاء على التصرُّف بطريقة متجاوبة في الفضاء خلال كل مرحلة من مراحل البعثات، بما في ذلك نشر البعثات، وعملياتها، والتخلص منها.

مؤسسة العالم الآمن

[الأصل: بالإنكليزية]
[١٨ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٣]

تهتم مؤسسة العالم الآمن اهتماما كبيرا باستدامة بيئة الفضاء في الأمد البعيد، وترى أنَّ تخفيف الحطام الفضائي موضوع مهم. وقد أكملت المؤسسة في عام ٢٠١٣ تنفيذ سلسلة من الأحداث الدولية امتدت عامين بشأن قضايا تقديم الخدمات للسواتل في المدار والإزالة النشطة للحطام. ويشكّل تقديم الخدمات للسواتل في المدار والإزالة النشطة للحطام جزءاً من فئة ناشئة من الأنشطة المدارية المستقبلية الحاسمة الأهمية للقيام بالقفزة القادمة في استخدامنا للمدار الأرضي، ويمكن أن تؤدي دوراً حاسماً في تخفيف الحطام المداري ومنع الاصطدامات بين الحطام المداري والسواتل العاملة. وتثير تلك الأنشطة أيضا مجموعة من التحدِّيات الدبلوماسية والقانونية والمتعلقة بالأمان والتشغيل والسياسات تلزم معالجتها لكي يتسنى تحقيق هذا المستقبل. وقد نظمت المؤسسة بالتعاون مع شركاء آخرين سلسلة من الأحداث الدولية بغية الحصول على رؤى جميع أصحاب المصلحة وآرائهم بشأن التحديات غير التقنية المتعلقة بالإزالة النشطة للحطام وتقديم الخدمات للسواتل في المدار.

بدأت سلسلة الأحداث بحلقة عمل قائمة على سيناريوهات مفترضة محددة، عُقدت في واشنطن العاصمة في ٥ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٢، وجمعت بين خبراء من وكالات حكومة الولايات المتحدة والقطاع الخاص والمجتمع المدني لدراسة التحديات التنظيمية الوطنية المتعلقة بالإزالة النشطة للحطام وتقديم الخدمات للسواتل في المدار، وتناولت أربعة سيناريوهات مفترضة مختلفة لأنشطة القطاع الخاص المستقبلية المحتملة. وفي ٣٠ تشرين

الأول/أكتوبر ٢٠١٢، عقدت المؤسسة، بالشراكة مع المعهد الفرنسي للعلاقات الدولية، مؤتمرا مفتوحاً أمام الجمهور بشأن تقديم الخدمات للسواتل في المدار والإزالة النشطة للحطام، عُقد في بروكسل من أجل إشراك الاتحاد الأوروبي. وكان من المواضيع المحددة التي عولجت طابع الاستخدام المزدوج لتكنولوجيات تقديم الخدمات للسواتل في المدار والإزالة النشطة للحطام، وقواعد السلوك للاضطلاع بأنشطة خدمات السواتل في المدار والإزالة النشطة للحطام، والشفافية وتدابير بناء الثقة للحد من احتمال اعتبار هذه الأنشطة تهديدات. وفي ١٩ شباط/فبراير ٢٠١٣، عقدت المؤسسة في سنغافورة حلقة عمل أخرى قائمة على سيناريوهات مفترضة بشأن الإزالة النشطة للحطام وتقديم الخدمات للسواتل في المدار. وكان من بين الحضور خبراء في مجالات سياسة الفضاء وقانون الفضاء وعمليات الفضاء من أستراليا وألمانيا وسويسرا والصين وكندا والهند والولايات المتحدة واليابان. وفي ٢٠ شباط/فبراير ٢٠١٣، عقدت المؤسسة مؤتمرا مفتوحاً أمام الجمهور ليوم كامل بالشراكة مع رابطة سنغافورة لشؤون الفضاء والتكنولوجيا. وكان المؤتمر استمراراً للمناقشات التي جرت سابقاً في المؤتمرين اللذين عقدا في بلجيكا والولايات المتحدة.

وكانت النتيجة العامة التي خلصت إليها المناقشات التي دارت في تلك الأحداث هي أهمية وجود بعثة تجريبية واحدة أو أكثر للإزالة النشطة للحطام وتقديم الخدمات للسواتل في المدار من أجل معالجة التحديات القانونية والسياساتية. وفي الوضع الأمثل، ينبغي أن يشترك في هذه البعثات النموذجية أكثر من بلد واحد وجهات فاعلة من القطاعين الحكومي والخاص. ومن شأن هذه البعثات النموذجية أن تقدم أمثلة ملموسة لهذه الأنشطة التي تحيط بها تحديات قانونية وسياساتية محددة. كما أنَّ من شأن هذه البعثات التجريبية أن تجبر الأطراف الفاعلة ذات الصلة على التغلب على تلك التحديات، وبذلك ترسي أسس إنشاء الآليات وتحقيق الشفافية واتخاذ تدابير بناء الثقة ووضع القواعد اللازمة لتنفيذ أنشطة الإزالة النشطة للحطام وتقديم الخدمات للسواتل في المدار في المستقبل بطريقة تحقق السلامة والأمن والاستدامة.

وأشار جميع المشاركين في تلك المناقشات إلى أن هناك حاجة إلى قدر من الحوار والعمل أكبر بكثير لمعالجة تحديات الإزالة النشطة للحطام وتقديم الخدمات للسواتل في المدار. وكان هناك توافق في الآراء على أن من شأن تلك الأنشطة أن تمثل جزءا رئيسيا من الأنشطة البشرية المستقبلية في الفضاء. ويتسم التصدي للتحديات القانونية والسياساتية التي تفرضها تلك الأنشطة بأهمية حاسمة ليس من أجل التمكُّن من القيام بتلك الأنشطة فحسب بل أيضا لضمان إسهامها في سلامة المجال الفضائي وأمنه واستدامته في الأمد الطويل، بدلاً من أن تلحق به الضرر.

وفي أيلول/سبتمبر دعا برنامج المهنيين الصغار التابع للاتحاد الدولي للملاحة الجوية الجيل القادم من مهنيي الفضاء الجوي إلى جلسة احتفالية حول الحطام الفضائي كجزء من المؤتمر الدولي الرابع والستين للملاحة الفضائية، الذي عقد في بيجين. ورعت ذلك الحدث مؤسسة العالم الآمن ومعهد البوليتكنيك الاتحادي في لوزان، واستمع أكثر من ١٠٠ مندوب إلى مناقشة بين الخبراء حول مخاطر الحطام الفضائي وتحديات التخفيف من تلك المخاطر، وطرحوا آراءهم من خلال أسئلتهم وتعليقاتهم.

المجلس الاستشاري لجيل الفضاء

[الأصل: بالإنكليزية]
[١٥ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٣]

تصميم بعثة إزالة نشطة للحطام الفضائي على أساس الأهداف ذات الأولوية

يشكّل الحطام الفضائي أكثر من ٩٣ في المائة من الأجسام المفهرسة الموجودة في المدار، الأمر الذي يعرِّض سلامة المركبات الفضائية العاملة، بما فيها تلك التي تحمل على متنها مصادر للقدرة النووية، للخطر بسبب الاصطدامات المحتملة التي يمكن أن تسفر عن وقوع أضرار هيكلية أو تحطيم كامل. وقد أجرت عدة برامج بحثية تقييماً للوضع الحالي والمستقبلي للبيئة الفضائية، وأشارت بعض الدراسات إلى وجود حاجة ملحة إلى برامج للإزالة النشطة للحطام ضماناً لاستدامة استخدام الفضاء في الأمد الطويل. ويتطلب تصميم بعثة فعالة للإزالة النشطة للحطام أن توضع أولاً أهداف ذات أولوية عليا لبعثات الإزالة النشطة للحطام في المستقبل استناداً إلى بيانات قطعية عن أهم الأجسام المقترنة، تُستمد من الإنذارات اليومية بشأن اقتران السواتل. ويتيح التمثيل الدقيق للأجسام والمناطق الشديدة التعرُّض للخطر في الفضاء التطوير المستمر لحلول الإزالة النشطة للحطام القادرة على معالجة الحطام الفضائي في المدار الأرضي المنخفض وتنفيذ تلك الحلول.

تصميم بعثات ذات جدوى تقنية للإزالة النشطة للحطام

رغم فائدة الجهود الدولية للتخفيف من الحالة الراهنة للحطام والحد من تكوُّن حطام جديد، بيَّنت دراسات أُجريت مؤخَّراً للتنبُّؤ بتطوّر الحطام أنَّ تلك الجهود لن تكفي لضمان وصول الإنسانية إلى البيئة القريبة من الأرض واستخدامها في الأمد الطويل. والأحرى أنه يجب الاضطلاع بالإزالة النشطة للحطام إن أردنا استمرار الاستفادة من الأنشطة الفضائية

ومباشرتها. ويوصى بوضع برنامج قادر على تحقيق الاقتراب من الجسم الحطامي من خلال التقاء قريب المدى، وإقامة اتصال مادي، وتثبيت ارتفاع الجسم الحطامي، وإزالته من المدار. وقد أظهرت بحوث أجريت في المجلس الاستشاري لجيل الفضاء أنه يمكن استخدام المرحلة العليا من مركبة إطلاق بعد تعديلها بإضافة شبكة حبال كهروديناميةٍ لإزالة أجسام الحطام الكبيرة من المدار القطبي، مع إيصال حمولة مقبولة إلى المدار في الوقت نفسه. وتسمح جدوى المفهوم المقترح بأن تقوم المرحلة العليا من مركبة الإطلاق بدور "نظام اصطياد" بعد إيصال حمولتها الأساسية.

التدابير المتعلقة ببعثة إزالة نشطة للحطام ذات جدوى اقتصادية وقانونية وسياسية

ليس مفهوم الإزالة النشطة للحطام بجديد، غير أن هناك مجموعة كبيرة من القضايا الاقتصادية والقانونية والتنظيمية والسياسية المرتبطة بمعالجة الحطام. ويمكن معالجة الكثير من هذه القضايا من خلال مفهوم شراكة دولية تعاونية بين القطاعين العام والخاص، مع تحقق الاستدامة الاقتصادية فيه، والقيام في الوقت نفسه بوضع مجموعة سليمة من اللوائح والمعايير وأفضل الممارسات. وطرحت ورقة أعدَّها فريق مشروع معني بسلامة الفضاء واستدامته وقُدِّمت خلال المؤتمر الدولي الرابع والستين للملاحة الفضائية اقتراحاً بشأن طريقة تقييم موضوعي تستند إلى سجل أداء يتضمَّن معايير في كلٍ من هذه المجالات غير التقنية من أجل إجراء تقييم متعدد التخصصات لمفاهيم الإزالة النشطة للحطام. وأسلوب سجل الأداء هو أداة استراتيجية لرصد الأداء تُستخدم لتتبع المعايير التي تعتبر مهمة لأداء النظام، تستند إلى فعالية المشروع المعني في مجال معين، بما في ذلك الأطر القانونية والسياساتية والتقنية والاقتصادية.

ويتسم البحث المتواصل الرامي إلى وضع إطار للجهود الدولية لإزالة الحطام بأهمية حاسمة لفهم نطاق مسألة الحطام الفضائي فهماً كاملاً، والمساعدة على تجنُّب الاصطدامات، والتوصُّل في نهاية المطاف إلى إدارة الإزالة النشطة للحطام. ونيابةً عن المجلس الاستشاري، يشجع فريق مشروع سلامة الفضاء واستدامته، على المشاركة الفعَّالة من جانب الطلاب والمهنيين الشباب في المناقشات والأنشطة ذات الصلة بسلامة الفضاء واستدامته من أجل توسيع نطاق المعارف الحالية بغية التقليل إلى أدنى حد من احتمال حدوث الاصطدامات المدارية.