الأمم المتحدة A/AC.105/C.1/107

الجمعية العامة

Distr.: General
16 November 2012
Arabic
Original: English/Spanish

لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية
اللجنة الفرعية العلمية والتقنية
الدورة الخمسون
فيينا، ١١-٢٢ شباط/فبراير ٢٠١٣
البند ٧ من جدول الأعمال المؤقَّت*
الحطام الفضائي

البحوث الوطنية المتعلقة بالحطام الفضائي، وبأمان الأجسام الفضائية التي توجد على متنها مصادر قدرة نووية، وبمشاكل اصطدامها بالحطام الفضائي

مذكّرة من الأمانة

أولاً- مقدِّمة

١- سلَّمت الجمعية العامة، في قرارها ١١٣/٦٧، بأنَّ مسألة الحطام الفضائي تثير انشغال جميع الدول؛ ورأت أنَّ من الضروري أن تولي الدول الأعضاء مزيداً من الاهتمام لمشكلة اصطدام الأجسام الفضائية، بما فيها الأجسام التي تستخدم مصادر قدرة نووية، بالحطام الفضائي، ولجوانب الحطام الفضائي الأخرى؛ ودَعت إلى مواصلة البحوث الوطنية بشأن هذه المسألة واستحداث تكنولوجيا محسّنة لرصد الحطام الفضائي وجمع البيانات المتعلقة به ونشرها؛ كما رأت أنه ينبغي تزويد اللجنة الفرعية العلمية والتقنية التابعة للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية بأقصى ما يمكن توفيره من معلومات بهذا الشأن؛

* الوثيقة A/AC.105/C.1/L.328.

070113 V.12-57469 (A)

الرجاء إعادة الاستعمال

وأقرّت بأنَّ التعاون الدولي ضروري للتوسّع في وضع الاستراتيجيات المناسبة والميسورة التكلفة للتخفيف إلى أدنى حد من تأثير الحطام الفضائي على البعثات الفضائية في المستقبل.

٢- واتفقت اللجنة الفرعية العلمية والتقنية، في دورتها التاسعة والأربعين، على أنه ينبغي مواصلة البحوث بشأن الحطام الفضائي، وأنه ينبغي للدول الأعضاء أن تتيح لجميع الأطراف المهتمّة نتائج تلك البحوث، بما في ذلك معلوماتٌ عن الممارسات التي ثبتت فعاليتها في التقليل إلى أدنى حدّ من تكوّن الحطام الفضائي (الوثيقة A/AC.105/1001، الفقرة ٩١). وفي مذكّرة شفوية مؤرّخة ٣١ تموز/يوليه ٢٠١٢، دعا الأمين العام الحكومات إلى أن تُقدَّم بحلول ١٩ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٢ تقارير عن البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي وأمان الأجسام الفضائية التي توجد على متنها مصادر قدرة نووية والمشاكل المتعلقة باصطدام هذه الأجسام الفضائية بالحطام الفضائي، من أجل تقديم هذه المعلومات إلى اللجنة الفرعية في دورتها الخمسين.

٣- وقد أَعدّت الأمانةُ هذه الوثيقةَ استناداً إلى المعلومات الواردة من ثلاث دول أعضاء - هي ألمانيا وبيرو واليابان - ومن منظَّمتيْن غير حكوميتين - هما لجنة أبحاث الفضاء (كوسبار) ومؤسسة العالم الآمن. أما المعلومات المقدَّمة من اليابان في الوثيقة المعنونة "Report on space debris-related activities in Japan" (تقرير عن الأنشطة ذات الصلة بالحطام الفضائي في اليابان)، والتي تتضمّن صورا وجداول وأشكالا تتعلق بالحطام الفضائي، فسوف تُتاح باللغة الإنكليزية فقط على الموقع الشبكي لمكتب شؤون الفضاء الخارجي التابع للأمانة العامة (www.unoosa.org) وسوف توزَّع باعتبارها ورقة غرفة اجتماعات في الدورة الخمسين للجنة الفرعية العلمية والتقنية. وأما المعلومات المقدّمة من مؤسسة العالم الآمن فترد في المذكّرة الصادرة عن الأمانة بشأن المعلومات عن الخبرات والممارسات ذات الصلة باستدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد (A/AC.105/C.1/104).

ثانياً- الردود الواردة من الدول الأعضاء

ألمانيا

[الأصل: بالإنكليزية]
[٢٩ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٢]

تشمل أنشطة البحوث الألمانية المتصلة بمسائل الحطام الفضائي، التي أجرِيت في عام ٢٠١٢، جوانب متنوِّعة.

وقد تواصلت أنشطة البحوث في معهد فراونهوفر إرنست-ماخ الرامية إلى تحسين مرفق جديد لتعجيل سرعة الجُسيمات — وهو المرفق المسمَّى "توينغَن" (TwinGun). ويستخدم هذا المرفق لتحليل مواطن ضعف المركبة الفضائية وقدرتها على البقاء إزاء حالات الارتطام بالحطام الفضائي والنيازك الدقيقة. والهدف من ذلك هو التمكُّن من إجراء تجارب على محاكاة الارتطامات الفائقة السرعة بمعدَّلات سرعة تصل إلى ١٠ كم/ثانية دون تغيير الخصائص الفيزيائية للمقذوفات خلال عملية التسارع.

ويُضطلع حالياً في جامعة براونشفايغ التقنية بدراسة تبحث في اقتصاديات الإزالة النشيطة للأجسام الكبيرة من المدارات المتزامنة مع الشمس. ويجري تحديد الأجسام الشديدة المخاطر الشريكة في الاصطدام باعتبارها مرشَّحة لإمكانية الإزالة من المدار. وتُجرى عمليات محاكاة لإظهار تأثير الإزالة النشيطة لهذه الأجسام على تطوُّر بيئة الحطام الفضائي مستقبلاً.

ويعكف العلماء حالياً في المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي (DLR) التابع لمعهد الفيزياء التقنية على استحداث التكنولوجيا اللازمة لتتبُّع مسار الحطام الفضائي باستخدام الليزر. وفي عام ٢٠١٢، أجرِي عرض إيضاحي ناجح لأجسام حطامية حقيقية في مدار أرضي منخفض، بالتعاون مع محطة ساتلية لقياس المدى بالليزر في غراتس (النمسا). وتهدف هذه التكنولوجيا إلى القيام في آن واحد برصد البيانات الزاويّة والبعديّة الشديدة الدقّة للأجسام المدارية، التي يمكن استخدامها لتحديد المدار ذي الصلة.

وقد عُزِّز نظام تجنّب الاصطدام في المركز الألماني لعمليات الفضاء (GSOC) بإدخال أدوات متعدِّدة تدعم تقييم وتحليل الإنذارات بحالات التقارب الحِرجة. وتتمثَّل توسعةٌ أخرى لنطاق هذا النظام في استقبال الرسائل الوجيزة للإنذار بالتقارب (CSM) التي تصدر عن مركز العمليات الفضائية المشتركة (JSpOC) باعتبارها مُدخلات في عملية التقييم. ويُتيح إجراءٌ منقَّح يُتَّبع في الإنذار بالتقارب تبادلَ البيانات المدارية العملياتية، بما في ذلك تخطيط وتنفيذ المناورات اللازمة. ومنذ بداية عام ٢٠١١ (حتى أيلول/سبتمبر ٢٠١٢)، قام المركز الألماني لعمليات الفضاء بتحليل ٢٧ حدثا حرِجاً (١٧ في عام ٢٠١١، و١٠ في عام ٢٠١٢)، ورد بشأنها رسائل وجيزة للإنذار بالتقارب في ٢٤ حالة، وبتنفيذ ٦ مناورات من مناورات تجنّب الاصطدام (٣ في عام ٢٠١١، و٣ في عام ٢٠١٢) للسواتل التي يتحكّم بها المركز.

وتعمل ألمانيا حالياً على استحداث جهة اختصاصية وطنية في مجال التوعية بأحوال الفضاء وتقييمها باستخدام الموارد المتاحة. وتتمثَّل مهمَّة المركز الألماني للتوعية بأحوال الفضاء (GSSAC) في إنتاج صورة للفضاء معترَف بها من أجل المساهمة في حماية البنية

التحتية الفضائية وفي ضمان الأمن على الأرض. وسوف يقوم هذا المركز، في سبيل إنجاز المهمّة المذكورة، بالحصول على البيانات الواردة من مصادر مختلفة وجمعها ومعالجتها وتحليلها وخزنها، وسوف يعمل بتعاون وثيق مع الشركاء الوطنيين والدوليين، وسوف يتيح مختلف النواتج والخدمات من أجل توفير الصورة الفضائية المنشودة المعترف بها.

وقد أنشِئ المركز الألماني للتوعية بأحوال الفضاء في كالكار/أويدم في عام ٢٠٠٩ إلى جانب مرافق شاملة للعديد من المجالات ذات الصلة، تحت إدارة القوات الجوية الألمانية، وبمشاركة مميِّزة من إدارة شؤون الفضاء التابعة للمركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي.

وقد اكتسبت التوعية بأحوال الفضاء، بالإضافة إلى أهميتها أصلاً من الناحية التكنولوجية، بُعداً سياسياً بارزاً. وفي ألمانيا، تعمل وزارة الدفاع ووزارة الاقتصاد والتكنولوجيا معاً بشكل وثيق لتقييم القدرات الوطنية ذات الصلة. وعلاوة على ذلك، ثمة خطط راسخة لزيادة الأنشطة المتعلقة بمبادرات التعاون الفرنسي الألماني المشتركة؛ حيث إنَّ كلا البلدين لديه المعدَّات التقنية اللازمة ويكمِّل كل منهما الآخر تماماً.

اليابان

[الأصل: بالإنكليزية]
[١٨ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٢]

مقدِّمة

تركّزت البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي في اليابان، التي تجريها بصفة رئيسية الوكالةُ اليابانية لاستكشاف الفضاء الجوي "جاكسا"، على المجالات التالية:

(أ) منع الأضرار التي تلحق بالمركبات الفضائية نتيجة لاصطدامها بالحطام الفضائي، وصون عمليات البعثات؛

(ب) منع توليد الحطام الفضائي خلال عمليات تشغيل المركبات الفضائية ومركبات إطلاقها، وذلك بوسائل عدّة ومنها إزالة النظم الفضائية المنتهية مهمتها من المناطق المدارية التي يمكن استغلالها على نحو مفيد، وضمان السلامة على الأرض بالنسبة للنظم الفضائية التي تُزال من المدار ويُتاح سقوطها على الأرض؛

(ج) تعزيز البحوث التي تستهدف تحسين البيئة المدارية بإزالة قطع الحطام الفضائي الكبيرة الموجودة حاليا من المدار.

وتبعاً لذلك، تحدِّد الوكالةُ "جاكسا" التفاصيل الأساسية لاستراتيجيتها المتصلة بالحطام الفضائي في الخطة الاستراتيجية الخاصة بالحطام الفضائي على النحو التالي:

الاستراتيجية ١: ضمان سلامة البعثة. تطبيق تدابير تخفيف الحطام وضمان موثوقية البعثة بتكلفة معقولة. ومن شأن ذلك أيضاً أن يكفل أداء أنشطة تخفيف الحطام بنجاح؛

الاستراتيجية ٢: الحفاظ على البيئة المدارية. ضمان استدامة أنشطة الفضاء والعمل على تخفيف توليد الحطام بغية الحفاظ على البيئة، مع مراعاة التوازن بين التكلفة والموثوقية؛

الاستراتيجية ٣: سلامة العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي. إذا تسبَّبت عودة الأجسام إلى الغلاف الجوي الأرضي في إصابات، فلن يكون ذلك حدثاً مأساوياً بالنسبة للضحايا فحسب، بل حدثاً مؤسفاً أيضاً بالنسبة لمستعملي الفضاء حيث إنّ من شأنه أنْ يؤخِّر أنشطة الفضاء أو يفرض إدخال تغييرات أساسية على الإجراءات ذات الصلة؛

الاستراتيجية ٤: استصلاح البيئة المدارية. من أجل منع التفاعلات المتسلسلة الناجمة عن الاصطدام فيما بين الأجسام المدارية، فإنَّ من الأمور الحاسمة إزالة جزء من هذه الأجسام الكبيرة المتروكة في المدار مستقبلاً. وسوف يتطلَّب هذا الإجراء بذلَ جهود جماعية من جانب بلدان متعدِّدة؛ ومن ثَمّ ينبغي تشجيع التعاون الدولي في هذا الصدد.

الاستراتيجية ١: ضمان سلامة البعثة

(أ) هدف الاستراتيجية

هدف الاستراتيجية ١ هو ضمان موثوقية البعثة وذلك باتِّخاذ تدابير معقولة ورشيدة. وسوف تتضمّن الخطةُ الاستراتيجية اتّخاذَ تدابير لمنع أيِّ فقدان في أداء الوظائف ومهام البعثة. وعلاوةً على ذلك، وفي إطار المسؤولية الدولية، سوف تتضمّن العمل على منع التشظِّي الناجم عن التصادم وأيّ فقدان للوظائف ذات التأثير الحاسم التي تُستخدم في تنفيذ إجراءات التخلُّص.

(ب) هيكل تفصيلي للأعمال

تتألَّف التدابير العامة لضمان سلامة البعثة، التي يحفز على اتخاذها نهجُ التخطيط لحالات الطوارئ، من تدابير وقائية، وكشف التهديد على وجه اليقين، وتدابير مضادة. ويمكن تجنّب الاصطدام بالأجسام الكبيرة التي يمكن كشفها (حجمها أكثر من ١٠ سنتيمترات أو عدة سنتيمترات في مدار أرضي منخفض) عن طريق إجراء مناورات، في حين

ينبغي توفير الوقاية من أجزاء الحطام الصغيرة (حجمها أقل من ١ ملّيمتر أو عدة ملّيمترات) عن طريق التصميم. بيد أنه يستحيل كشف أجسام تتراوح أحجامها بين عدّة ملّيمترات و١٠ سم بهدف تجنّب الاصطدام ومنع وقوع الضرر. وبغية الحدّ من المخاطر ذات الصلة، تهدف تكنولوجيا الرصد إلى كشف أصغر الأجسام، في حين تستهدف تكنولوجيا الوقاية الحطام الأكبر حجماً إلى أقصى حدّ ممكن.

(ج) أنشطة البحث والتطوير

بغيةَ دعم التدابير المذكورة أعلاه من أجل ضمان سلامة البعثة، تم تحديد ما يلي من أعمال البحث والتطوير في الخطة الاستراتيجية:

'١' نماذج بيئة الحطام، بما في ذلك وظيفة التنبُّؤ بحالة البيئة مستقبلاً؛

'٢' أدوات وإجراءات تحليل الإنذار بالتقارب من أجل إجراء مناورات التجنّب؛

'٣' رصد أصغر الأجسام حجماً في المدار الأرضي التزامني، وتحديد الخصائص المدارية؛

'٤' رصد أصغر الأجسام حجماً في المدار الأرضي المنخفض باستخدام مقراب بصري؛

'٥' نمذجة خصائص الضرر الناجم عن الارتطام ووضع التدابير الوقائية اللازمة؛

'٦' المسح الاستقصائي لمجموعات الجسيمات ونمذجتها.

ويرد في القسم الفرعي التالي عرض يتناول البنود '٣' إلى '٦' المذكورة أعلاه:

'٣' تكنولوجيا الرصد لكشف أصغر الأجسام حجماً في المدار الساتلي الثابت بالنسبة للأرض

إنَّ الغرض من هذه الدراسة هو استحداث تكنولوجيات لتحديد الخصائص المدارية، بغض النظر عن بيانات فهرس الولايات المتحدة، وكشف الأجسام التي هي أصغر مما هو محدَّد وفق المستوى العالمي الحالي (الحدّ الرسمي هو ١ متر في المدار الساتلي الثابت بالنسبة للأرض، وفقاً لشبكة الرصد الفضائي في الولايات المتحدة). وفي الوكالة "جاكسا"، يجري منذ عام ٢٠٠٠، تطوير طريقة للتكديس تُستخدم فيها صور متعدّدة ملتقطة بكاميرا ذات جهاز متقارن الشحنات للكشف عن أجسام باهتة جداً غير قابلة لكشفها باستخدام صورة واحدة بمفردها من هذا النوع. لكنّ نقطة الضعف الوحيدة التي تشوب طريقة التكديس هذه هي امتداد الفترة

الزمنية التي يتطلَّبها تحليل البيانات لدى كشف أجسام غير مرئية لا يُعرف مسار حركتها، إذ يجب عندئذٍ افتراض مجموعة من المسارات المحتملة والتحقُّق منها. ومن أجل تقليص زمن التحليل الذي تستغرقه طريقة التكديس، يجري حالياً تطوير نظام تحليلي يطبِّق تقنية صفيفة البوابات القابلة للبرمجة ميدانياً. وفي عام ٢٠١١، تمَّ تركيب نظام صفائف البوابات القابلة للبرمجة ميدانياً في مرفق "جاكسا" للرصد البصري المقام على جبل نيوكاسا لرصد الحطام في المدار الساتلي الثابت بالنسبة للأرض؛ وقد نجح هذا النظام في تحديد الخصائص المدارية للأجسام التي لم تُفهرسها الولايات المتحدة. ونجح أيضا في كشف شظايا صغيرة (تقريبا من فئة الـ٢٠ سم) بالقرب من المدار الساتلي الثابت بالنسبة للأرض باستخدام مقراب بصري فتحته ٣٥ سم. وستمكِّن هذه التكنولوجيا من كشف أجسام من فئة ١٠ سم وتحديد مدارها، إذا ما طُبِّقت باستخدام مقاريب أكبر حجماً متاحة في اليابان. (انظر التذييل ألف من التقرير عن الأنشطة المتصلة بالحطام الفضائي في اليابان، المُتاح على الموقع الشبكي www.unoosa.org.)

‘٤’ تكنولوجيا الرصد المستخدمة في كشف أصغر الأجسام في المدار الأرضي المنخفض بواسطة مقراب بصري

عادةً ما تُرصد الأجسام في المدار الأرضي المنخفض بواسطة نظام راداري. بيد أنَّ استخدام نظام من هذا القبيل لكشف الأجسام من فئة الـ١٠ سم يقتضي أن تتجاوز الميزانية بقدر كبير المستويات المسموح بها. وتبعاً لذلك، تُجرى حاليا دراسة نظام رصد بصري بدلاً من استخدام نظام راداري كتدبير ثانوي بسبب انخفاض تكلفته. إلا أنه تُطبَّق قيود صارمة ناجمة عن ظروف الإضاءة من الشمس، والوقت (علاقته بإشراق الشمس) وظروف الطقس. ومن شأن هذا النظام أن يكون فعَّالا من حيث التكلفة إذا أمكن حلّ مشاكله بتحديد مواقع متعدِّدة للتعويض عن هذه المشكلة الخاصة بالإضاءة من الشمس. وعن طريق استخدام بصريَّات واسعة حقل الرؤية وكاميرات كبيرة عالية السرعة مزوّدة بجهاز اقتران الشحنات، سيكون ممكناً كشفُ الحطام المتراص في المدار الأرضي المنخفض وتحديد مداره. وتمَّ حتى الآن تقييم جدوى هذا النظام إيجابياً، ويُتوقَّع أيضاً أن يكون ممكناً تطبيق هذه التكنولوجيا على نظم الرصد في المدار.

‘٥’ نمذجة أنماط الضرر الناجم عن الارتطام ووضع تدابير وقائية

جرت على مرّ الزمن دراسة تكنولوجيات لوقاية النظم المأهولة من ارتطام أجزاء الحطام التي هي أصغر من سنتيمتر واحد أو نحو ذلك. بيد أنَّ السواتل العادية تظلّ عرضةً

لأخطار الارتطام، حتى بالجسيمات التي هي أصغر من ١ مم. وفي إطار هذه الدراسة، تجري حاليا دراسة خاصية الضرر الناجم عن الارتطام بالنسبة للعناصر المعرّضة للأخطار من المركبة الفضائية، مثل التجهيزات الكهربائية والشطائر البينية النُخروبيَّة، وذلك باستخدام تقنية اختبار الارتطام الفائق السرعة وتحليل المحاكاة العددي، بالإضافة إلى بعض المواد اللازمة لدرع الوقاية. وتتبدّى نتيجة هذه الدراسة في دليل التصميم الذي وضعته الوكالة "جاكسا" من أجل تزويد أفرقة مشروع المركبة الفضائية بتدابير وقائية فعَّالة من حيث التكلفة. وفي البيئة المدارية الحديثة العهد، أصبح تطبيقُ تصميم وقائي على المركبات الفضائية المهمِّة ذا أهمية حاسمة لضمان الحدّ الأدنى من الأداء للوظائف التي لها تأثير حاسم على إجراءات التخلُّص من قطع الحطام. (انظر التذييل باء من التقرير عن الأنشطة المتصلة بالحطام الفضائي في اليابان، المُتاح على الموقع الشبكي www.unoosa.org.)

٦٠ تكنولوجيا للمسح الاستقصائي لمجموعات الجُسيمات ونمذجتها

عندما يُطبَّق تصميم وقائي لدرء الارتطام بالجسيمات الحطامية، فإنَّ الزيادة في كتلة الدرع الواقي أو مخفِّف الصدمة قد تؤثّر في الجهود المتعلقة بالتحكُّم بالكتلة بطريقة يجب معالجتها. وعلى العكس من ذلك، يحذِّر المهندسون، في مجال تقييم المخاطر باستخدام نماذج بيئة الحطام الحالية، من الميل إلى المبالغة في تقدير احتمال الارتطام إلى حدّ يتعدَّى إدراكهم الهندسي، ومن ثمّ لا بدّ من توفُّر نموذج أكثر دقَّة لتقدير مجموع الحطام. وتهدف هذه الدراسة إلى تحديد مجموع الحطام الفعلي باستخدام جهاز استشعار قياس قطع الحطام المتناهية الصغر في الموقع، وإلى تحسين نموذج مجموع الحطام. ويُتوقَّع أن تتوفَّر في أيِّ جهاز استشعار من هذا النوع القدرة على قياس جسيمات يتراوح حجمها بين نحو ١٠٠ ميكرومتر إلى ١ ملّيمتر، كما ينبغي أن تتوفَّر فيه المزية التي تتيح الكشف في الوقت الحقيقي الذي تجري فيه المسوح التقليدية على المركبة الفضائية المُسترجعة بعد سنوات قليلة من الارتطام. وقد تم التحقُّق من أداء جهاز الاستشعار المذكور باستخدام النموذج التجريبي المفرود على لوحة دارات لكشف الأجسام التي يتراوح حجمها بين ١٠٠ ميكرومتر وبضعة ملّيمترات. ويُتوقَّع مستقبلاً أن يُركَّب جهاز الاستشعار إياه في مركبة فضائية عالمية، وأن يتم التشارك في البيانات الناتجة عنه لتحسين النماذج العالمية لمجموعات الحطام، وأن يساهم في تصميم نماذج واقية أكثر فعَّالية من حيث التكلفة. وتأمل اليابان في التنسيق في هذه الأنشطة المشار إليها مع سائر وكالات الفضاء المنضوية في لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام

الفضائي (IADC). (انظر التذييل جيم من التقرير عن الأنشطة المتصلة بالحطام الفضائي في اليابان، المُتاح على الموقع الشبكي www.unoosa.org.)

الاستراتيجية ٢: الحفاظ على البيئة المدارية

(أ) هدف الاستراتيجية

هدف الاستراتيجية ٢ هو التخفيف من الحطام ومن ثَمّ ضمان استدامة أنشطة الفضاء.

سوف يجري ضمن الخطة الاستراتيجية استحداث تكنولوجيا وبنية تحتية ونظام إداري للتحكُّم في توليد الحطام وذلك امتثالاً للمبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي التي وضعتها لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية كحدّ أدنى.

(ب) الأنشطة

'١' معلومات عامة

إنَّ التكنولوجيات المشمولة في عموم أنشطة تخفيف الحطام، ومنها مثلاً تكنولوجيا الحدِّ من انبعاث الأجسام ذات الصلة بالبعثات الفضائية أو منع تفكُّكها، تكاد تكون قد نضجت و لم تعد بنوداً رئيسية تلقى ترويجاً لدى أنشطة البحث والتطوير. ويجري التحكُّم بأنشطة تخفيف الحطام في إطار هندسة النظم أو إدارة التصاميم أو التحكُّم بالعمليات، و لم يبق ثمة سوى عدد قليل من المشاكل التقنية التي ينبغي دراستها. وهنالك استثناء واحد هو دراسة وحدة دفع جديدة لمحركات الصواريخ الصلبة الوقود، لا تقذف الخبَثَ.

وفي وقت لاحق، سوف تشمل الأعمال ذات الصلة على نحو رئيسي العملَ الإداري الذي يتوخَّى تشجيع أنشطة تخفيف الحطام، ومشاريع التحكُّم، وتجنّب الانخراط في أنشطة قد تهدِّد سائر أنشطة الفضاء، وإقامة نظام دعم يوفِّر للمهندسين أفضل الممارسات الكفيلة باستدامة أنشطة الفضاء. ويبدو أن النقاش الدائر على الصعيد الدولي يتركَّز على الكيفية التي يمكن بها تعزيز الأنشطة الطوعية لنشر تلك الممارسات بحيث تشمل سائر الدول والمنظمات الدولية في جميع أنحاء العالم، وعلى إرساء تدابير الشفافية وبناء الثقة لاجتناب المنازعات من خلال التفاهم المتبادل. وترد في الأقسام التالية أمثلة على الأنشطة المُضطلع بها في إطار لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي.

'٢' الأعمال المُضطلع بها في إطار لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية

في إطار لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، أنشِئ فريق عامل تابع للجنة الفرعية العلمية والتقنية للاضطلاع ببند جدول الأعمال المتعلق باستدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد. وفي شباط/فبراير ٢٠١١ و٢٠١٢، اقترحت الحكومة اليابانية عملاً شاملاً يتضمَّن تقييم المخاطر، بتحديد المواضيع باستخدام نهج التخطيط لحالات الطوارئ، ووضع أفضل الممارسات لضمان نواتج فعَّالة. وحدَّد الاقتراح المذكور مواطن الضعف الحالية، كما حدّد العمل التعاوني المقترح كحلّ لها. وانطوت إحدى النقاط الفريدة من نوعها على التركيز على موضوع "عدم وجود ضمان الجودة والموثوقية" باعتباره أحد المخاطر. وثمة، في الوقت الراهن، عدد من النظم الفضائية التي تعرَّضت للتفكُّك بعد إطلاقها مباشرةً بسبب تدمير عرضي أو متعمَّد. وعلاوة على ذلك، لوحظ أنَّ بعض المركبات الفضائية المعيّنة تنحو إلى فقدان وظائفها بعد إدخالها مباشرةً في المدار، فتنتهي كحطام عديم الفعَّالية. وتأتي المبادئ التوجيهية العالمية لتخفيف الحطام على ذكر ضرورة الإحجام عن التدمير المتعمَّد، إلا أنها لا تشمل ضمان الجودة من أجل منع تفكيك النظم المعيبة أو منع إطلاقها. وقد تشمل الأسباب المؤدِّية إلى ذلك استخدام أجزاء غير صالحة، وعدم إجراء اختبارات للتحقُّق من مواطن قوَّتها الميكانيكية أو الحرارية وغير ذلك. ويُتوقَّع أن يطرأ تحسُّن على هذا الوضع عن طريق إرساء معايير سليمة، مثل المعايير التي تضعها المنظمة الدولية للتوحيد القياسي.

'٣' الأعمال المتعلقة باللجنة التقنية ٢٠/اللجنة الفرعية ١٤ للنظم والعمليات الفضائية التابعتين للمنظمة الدولية للتوحيد القياسي (*ISO/TC20/SC14*)

بما أنَّ العمل جار في المنظمة الدولية للتوحيد القياسي على وضع العديد من المعايير ذات الصلة بالحطام، فعلى المهندسين أيضاً الرجوع إلى كثير منها والاستفادة من جميع الشروط المفروضة في النظم الفرعية أو المكوِّنات التي هم مسؤولون عنها. وقد اقترحت اليابان وضع تقرير تقني بعنوان "دليل تصميم وتشغيل المركبات الفضائية في بيئة الحطام"، يُتوخَّى منه دعم المهندسين المكلَّفين بتصميم المفاهيم التقنية أو تصميم النظم أو تصميم النظم الفرعية أو تصميم المكوِّنات أو الاضطلاع بعمليات التشغيل، ومساعدتهم على فهم المتطلبات والتوصيات التقنية والامتثال لها على نحو منهجي. وتقوم الوكالة "جاكسا" والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي كلتاهما بوضع هذا الدليل بالتوازي معاً وبدعم من صناعة الفضاء اليابانية. ويهدف الدليل إلى ما يلي:

(أ) التشجيع على تصميم تقنية لتخفيف الحطام بدءاً من مرحلة مبكِّرة من دورة عمر المُنتَج؛

(ب) التشجيع على تحديد فلسفة هندسية تؤثِّر في تصميم النظم (التخلُّص من الحطام، السلامة على الأرض، تجنّب الاصطدام، الوقاية من الارتطام، وغير ذلك)؛

(ج) توفير قائمة بجميع المتطلبات والتوصيات التي تؤثّر في تصميم النظم؛

(د) توفير قائمة مرجعية لتصميم النظم الفرعية والمكوِّنات المقترنة بذلك وتخطيط عمليات تشغيلها.

الاستراتيجية ٣: سلامة العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي

(أ) الهدف الاستراتيجي

ينطوي هدف الاستراتيجية ٣ على الحدّ من أخطار العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي، لا لمنع وقوع مأساة تحلّ بالأفراد فحسب، بل كذلك لمنع حدوث آثار اجتماعية وسياسية قد تؤدِّي إلى ردّ فعل يستلزم إيقاف أنشطة الفضاء.

وستمكّن الخطةُ الاستراتيجية من تحديد مخاطر العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي على النحو السليم، وتوفير تدابير تصميمية ترمي إلى التقليل إلى أدنى حدّ من المخاطر باستخدام معدَّات أو تكنولوجيات محدَّدة للتحكُّم بمسار العودة.

(ب) هيكل تفصيلي للأعمال

ترد تدابير السلامة على الأرض أثناء العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي، في الجدول ٣ من التقرير عن الأنشطة المتصلة بالحطام الفضائي في اليابان، المُتاح في الموقع الشبكي www.unoosa.org.

(ج) أنشطة البحث والتطوير

من أجل دعم تدابير السلامة على الأرض المذكورة أعلاه، حُدِّدت البنود التالية كبنود رئيسية للبحث والتطوير في إطار خطة الوكالة "جاكسا" الاستراتيجية:

'١' تحسين دقّة تحليل مدى القابلية للبقاء خلال العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي (أداة تحليل القابلية للبقاء أثناء العودة، وغيرها من التدابير الرامية إلى تحسين دقّة التحليل)؛

'٢' تطوير خزان وقود دفعي مركَّب من أجزاء لغرض إنهاء النشاط المبكِّر؛

'٣' إتقان تكنولوجيا التحكُّم في العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي؛

'٤' إتقان تكنولوجيا تقدير مسار الاضمحلال.

ويرد في القسمين الفرعيين التاليين عرض بنديْ البحث والتطوير الأوليين الواردين أعلاه.

'١' تحسين دقَّة تحليل مدى القابلية للبقاء خلال العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي

تسعى معظم وكالات الفضاء العالمية جاهدة للحدّ من عدد الإصابات المتوقَّع أثناء عودة المركبة الفضائية إلى الغلاف الجوي الأرضي وأثناء المراحل المدارية لمركبة الإطلاق، وذلك إلى مستوي يقلّ عن ٠,٠٠٠١. وبما أنه يَصعبُ الوفاء بهذا المعيار، وخصوصاً بالنسبة للمراحل المدارية لمركبة الإطلاق، التي تتضمَّن العديد من المكوِّنات الميكانيكية والحرارية المحكمة التصميم، فإنَّ حساب عدد الإصابات المتوقَّع يتطلَّب دراسة متأنّية. ففي عام ٢٠٠١، قامت الوكالة "جاكسا" بالتنسيق مع الوكالة "ناسا" لاستيراد أداة لتحليل مدى القابلية للبقاء خلال العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي، وأدخلت عليها تحسينات منذ ذلك الحين، فأضافت إليها وظائف وبرامج دعم. وثمة في الوقت الحاضر خطط للتحقُّق من التحليل باستخدام بيانات فعلية تحصل عليها أجهزة الاستشعار المنصوبة على متن المركبة بما يمكِّنها من ثمّ من الحصول على الخصائص الحرارية للمواد اللازمة للتحليل الدقيق.

'٢' خزان الوقود الدفعي المركَّب من أجزاء

أحد العناصر التي تزيد من مخاطر العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي هو استخدام زجاجات الضغط وخزانات الوقود الدفعية المصنوعة من سبائك التيتانيوم. وتعكف الوكالة "جاكسا" على دراسة إمكانية تطوير خزانات مركَّبة من أجزاء ذات قشرة معدنية ملفوفة بأكملها بالبلاستيك المقوَّى بألياف الكربون، إذ يُتوقَّع تفكُّكها خلال عودتها إلى الغلاف الجوي الأرضي.

الاستراتيجية ٤: استصلاح البيئة المدارية

(أ) هدف الاستراتيجية

هدف الاستراتيجية ٤ هو استحداث تكنولوجيا فعَّالة من حيث التكلفة لإزالة ما هو موجود من حطام كبير من المناطق المدارية التي يمكن استغلالها على نحو مفيد، ومن ثم منع حدوث تفاعل متسلسل من جرّاء الاصطدامات في المدار.

وستساعد الخطة الاستراتيجية على تسريع التعاون الدولي على إزالة كمية معيَّنة من الحطام.

(ب) تفصيل الأعمال

اقتُرحِت عدّةُ تدابير تقنية لإزالة ما هو موجود من أجسام كبيرة (على مستوى النظم) من المناطق المدارية التي يمكن استغلالها على نحو مفيد. وقد تشمل هذه التدابير أجهزة الدفع التقليدية، وأجهزة تعزيز السحب الحركي الهوائي (الأيروديناميكي)، وإطلاق أشعة الليزر من الأرض، وغير ذلك. ومن أجل إزالة الأجسام الكبيرة العديمة الفعالية من المدار الأرضي المنخفض، على ارتفاع يتراوح بين ٨٠٠ كم و١ ٠٠٠ كم تقريباً، باستخدام أجهزة ذات كتلة خفيفة، تسعى الوكالة "جاكسا" إلى استحداث نظام لربط الديناميات الكهربائية. ويشمل هذا العمل في البحث والتطوير تكنولوجيات تكفل تحديد نقاط التقاء مع الأجسام غير المستجيبة، وتقدير المسلك الحركي، وتركيب أجهزة الربط، وغير ذلك. بيد أنه لا يمكن لبلد بمفرده أن ينجز مهمَّة استصلاح البيئة المدارية. لذا تقترح الوكالة "جاكسا" أن تُذكَر هذه المسألة في تقرير الفريق العامل المعني باستدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد، التابع للجنة الفرعية العلمية والتقنية. وإلى جانب الحاجة إلى الابتكار التقني، ما زال من الضروري التأكُّد من واقع بعض المواضيع قبل الشروع في عمليات الاستصلاح. فأولاً، لا بدّ من معرفة الكيفية التي يمكن بها التوصُّل إلى توافق في الآراء مع المالكين حول اختيار الأجسام المستهدفة. وثانياً، ثمة مخاطر تنطوي على وقوع إصابات خلال العودة إلى الغلاف الجوي الأرضي. فهذه المسائل وغيرها من المسائل غير التقنية هي أيضا قيد المناقشة في اللجنة التي تضمُّ الجانب المعني في قطاع الصناعة. وتقترح الوكالة "جاكسا" أيضا أن تناقش لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي ما ورد أعلاه توخِّياً للتعاون بشأنه مستقبلاً. (انظر التذييل دال من التقرير عن الأنشطة المتصلة بالحطام الفضائي في اليابان، المُتاح على الموقع الشبكي www.unoosa.org.)

وتدرس الوكالة "جاكسا" أيضاً في الوقت الحاضر الجدوى العملية من إعادة الأجسام الكبيرة إلى المدار انطلاقاً من المدار الساتلي الثابت بالنسبة للأرض باستخدام التشعيع بالحُزَم الأيونية. ويمكن تشغيل هذا النظام دون الحاجة إلى اصطياد الأجسام المستهدفة ويمكن، بالتالي، تطبيقه على مجموعة واسعة من أجسام الحطام، بغض النظر عن أشكالها أو أوجه دورانها. (انظر التذييل هاء من التقرير عن الأنشطة المتصلة بالحطام الفضائي في اليابان، المُتاح على الموقع الشبكي www.unoosa.org.)

الاستنتاجات

تُعدُّ الجهودُ الرامية إلى تخفيف الحطام ذات أهمية حاسمة بالنسبة لضمان استدامة أنشطة الفضاء في الأمد البعيد. وإذا أصبح هذا الفهم عالمياً، سترحِّب الأوساط الصناعية بهذه الاتِّجاهات لضمان بيئة عمل منصفة وتنافسية. ولا بدّ أن يشمل نطاق العمل في هذا الصدد أيضاً الجامعات، شريطة أن تقع عليها مسؤوليات تدريب طلابها على إتقان كيفية الانضمام إلى المجتمع البشري.

بيد أنَّ البيئة المدارية الحالية تدهورت إلى درجة أنه يُوصى الآن بشدة اتِّخاذ تدابير وقائية، لا لضمان موثوقية سلامة البعثات فقط، بل في إطار المسؤولية عن استدامة أنشطة الفضاء أيضاً. وستواصل الوكالة "جاكسا"، في إطار الخطة الاستراتيجية التي جاء عرضها أعلاه، تسريع العمل على تخفيف الحطام واتِّخاذ تدابير وقائية، والمساعدة على وضع إطار عمل عالمي لاستدامة أنشطة الفضاء، مع مراعاتها الجدوى العملية التقنية والمالية.

بيرو

[الأصل: بالإسبانية]
[٩ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٢]

في إطار نظام الرصد الساتلي البصري الأرضي لآسيا والمحيط الهادئ (APOSOS)، وهو مشروع تدير عمله منظمةُ التعاون الفضائي لآسيا والمحيط الهادئ (APSCO)، يجري تنفيذ إنشاء عقدة اتصال تابعة للنظام.

ثالثاً- الردود الواردة من المنظمات الدولية

لجنة أبحاث الفضاء

[الأصل: بالإنكليزية]
[٢٣ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٢]

تواصل لجنة أبحاث الفضاء (كوسبار) العناية بموضع الحطام الفضائي منذ أكثر من ربع قرن من الزمن. وظلّ فريق كوسبار المعني بالأنشطة الفضائية المحتمل إضرارها بالبيئة (PEDAS) يعقد على مدى سنوات عديدة جلسات متعدّدة حول الحطام الفضائي في كل دورة من جمعية لجنة كوسبار التي تعقد كل سنتين. وتتناول هذه الجلسات (أ) تحديد

خصائص بيئة الحطام الفضائي من خلال عمليات القياس والنمذجة، و(ب) المخاطر التي تتعرَّض لها المركبة الفضائية من جرَّاء الاصطدام بالحطام الفضائي، و(ج) وسائل حماية المركبة الفضائية، و(د) الاستراتيجيات والسياسات العامة بشأن الحدّ من توليد حطام فضائي جديد.

وفي اليوم الحاضر، يتجاوز عددُ الأجسام التي هي من صنع الإنسان والتي تُرصد فرادى في المدار الأرضي ٠٠٠ ٢٢ جسم تشكِّل كتلة حجمها أكثر من ٠٠٠ ٦ طن متري. ويبلغ عدد أصغر أجسام الحطام الذي يُحتمل أن يشكِّل خطرا على السواتل العاملة ملايين عديدة. وحتى الآن، أسفر حادثا تصادم مُحدَّدان بين مركبة فضائية عاملة وحطام فضائي عن إلحاق الضرر بمركبة فضائية واحدة وتدمير مركبة فضائية أخرى تدميراً كلِّياً. وتُنفَّذ في كل عام عشرات المناورات لتجنّب الاصطدام، بما في ذلك عن طريق محطة الفضاء الدولية.

وقبل عام ٢٠٠٧، نشأ ما نسبته أكثر من ٩٥ في المائة من مجموع الحطام الفضائي الخطير من جرَّاء انفجارات عَرضية أو تفجيرات متعمَّدة في مركبات فضائية وفي مراحل مدارية لمركبات إطلاق. واعترفت الدول والمنظمات الرئيسية التي ترتاد الفضاء بالتهديد الذي يشكِّله استمرار نمو مجموع الحطام الفضائي بالنسبة لنظم فضائية متعدَّدة تخدم احتياجات حيويَّة على الأرض، فاعتمدت أولاً على الصعيد الوطني ومن ثمّ على الصعيد الدولي سياسات عامة تتوخَّى تخفيف الحطام الفضائي. ووضعت لجنةُ التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي، في عام ٢٠٠٢، أول مجموعة مبادئ توجيهية توافقية لتخفيف الحطام الفضائي تلبيةً لأغراض وكالات الفضاء الوطنية الرائدة في العالم. واستُخدمت هذه المبادئ التوجيهية كأساس لمبادئ الأمم المتحدة التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي لعام ٢٠٠٧.

ويمكن أن تؤدِّي أحداثُ التصادم فيما بين الأجسام الفضائية المستقرَّة في المدار لا إلى احتمال وقوع كوارث فحسب، بل كذلك إلى توليد أعداد كبيرة من الحطام الجديد الذي يمكن أن يزيد من تدهور بيئة الفضاء القريب من الأرض. وقد أطلِقتْ الدعوةُ أولاً إلى مواجهة هذا التهديد في السبعينات من القرن الماضي، بيد أن دراسات جديدة أُجريَت في عام ٢٠٠٥ أشارت إلى أنَّ بعض أجزاء منطقة المدار الأرضي المنخفض، أي عند ارتفاعات تقلّ عن ٠٠٠ ٢ كم، قد أصبحت غير مستقرة. وبعبارة أخرى، تجاوز معدّلُ توليد الحطام من جرّاء التصادم العرَضي مُعدّلَ الإزالة الطبيعية للحطام بالسحب الهوائي في الغلاف الجوي. ومن ثمّ، فإنَّ مجموع الحطام الفضائي في تلك النظم سيستمر في التزايد حتى في غياب انتشار سواتل جديدة. وهذا 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 مجموع الحطام الكبير جداً الذي تتراوح أحجام أجزائه بين ٥ مم و١٠ سم. وتحمل أجزاء الحطام الصغيرة هذه، بما لها من معدَّلات سرعة عالية جداً تجاه التصادم، طاقة كافية لاختراق النظم الحيوية في المركبة الفضائية وإتلافها. وفي الأمد البعيد، ينشأ التهديد الرئيسي من تصادم الأجسام التي هي أكبر حجماً، الذي سيولِّد، بدوره، أعدادا كبيرة من الحطام الفضائي الجديد. وحتى لو امتثلت جميع السواتل التي أطلقت حديثاً للتوصيات الدولية 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 بوتيرة متزايدة فتولِّد بذلك حطاماً خطيراً.

وتبعاً لذلك، فإنَّ إزالة الحطام الفضائي الموجود حاليا، سواء كان صغيراً أو كبيراً، هو ذو أهمية كبيرة في الحفاظ على الفضاء القريب من الأرض على نحو يمكِّن الأجيال القادمة من استخدامه مستقبلاً. وتعكف عدَّة بلدان في الوقت الحاضر على تقييم الإمكانات التقنية والاقتصادية التي تنطوي عليها مجموعة واسعة من المفاهيم المتعلقة بإزالة الحطام الفضائي. وتتراوح هذه المقترحات بين استخدام قاطرات فضائية تقليدية والأخذ بأفكار مبتكرة تتوخَّى استخدام أجهزة تكبير السحب، والحبال الكهروديناميةوالأشرعة الشمسية والعديد من الأجهزة المبتكرة.

إنَّ التحدِّيات في مجال الإزالة النشطة للحطام الفضائي كبيرة، ولكنّ الدول التي ترتاد الفضاء، 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.