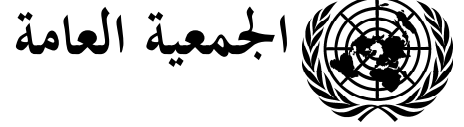


Distr.: General
2 November 2015
Arabic
Original: English



لجنة استخدام الفضاء الخارجي
في الأغراض السلمية
اللجنة الفرعية العلمية والتقنية
الدورة الثالثة والخمسون
فيينا، ١٥-٢٦ شباط/فبراير ٢٠١٦
البند ٨ من جدول الأعمال المؤقت*
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 - مقدمة

١ - أعربت الجمعية العامة، في قرارها ٨٢/٧٠، عن قلقها العميق إزاء هشاشة بيئة الفضاء والتحديات المحدقة باستدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد، وخصوصاً أثر الحطام الفضائي الذي يمثل مسألة تثير قلق جميع الدول، واعتبرت أنّ من الضروري أن تولي الدول مزيداً من الاهتمام لمشكلة اصطدام الأجسام الفضائية، ولا سيما الأجسام الفضائية التي تستخدم مصادر الطاقة النووية، بالحطام الفضائي وللجوانب الأخرى المتصلة بالحطام الفضائي. ودعت إلى مواصلة البحوث الوطنية بشأن هذه المسألة وإلى استحداث تكنولوجيا محسنة لرصد الحطام الفضائي وجمع البيانات المتعلقة به ونشرها. واعتبرت الجمعية أيضاً أنه

* A/AC.105/C.1/L.336.



ينبغي، قدر الإمكان، تزويد اللجنة الفرعية العلمية والتقنية المنبثقة من لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية بمعلومات في هذا الشأن، ووافقت على أن التعاون الدولي ضروري للتوسع في وضع الاستراتيجيات المناسبة الميسورة التكلفة للتقليل من أثر الحطام الفضائي في البعثات الفضائية في المستقبل إلى الحد الأدنى.

٢- واتفقت اللجنة الفرعية في دورتها الثانية والخمسين على الاستمرار في دعوة الدول الأعضاء والمنظمات الدولية التي تتمتع بصفة مراقب دائم لدى اللجنة إلى تقديم تقارير عن البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي، وأمان الأجسام الفضائية المزودة بمصادر قدرة نووية، والمشاكل المتعلقة باصطدام هذه الأجسام الفضائية بالحطام الفضائي، والسبل التي يجري بها تنفيذ المبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي (انظر الوثيقة A/AC.105/1088، الفقرة ١١٣)، وصدرت بناءً على ذلك دعوة في مذكرة شفوية بتاريخ ٢٧ تموز/يوليه ٢٠١٥ إلى تقديم تلك التقارير بحلول ١٩ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٥، حتى يمكن إتاحة المعلومات للجنة الفرعية في دورتها الثالثة والخمسين.

٣- وقد أعدت الأمانة هذه الوثيقة بناءً على المعلومات الواردة من أربع دول أعضاء هي النمسا وفنلندا وألمانيا واليابان، ومن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية. وسوف تُتاح المعلومات التي قدمتها اليابان، والتي تتضمن صوراً وأشكالاً تتعلق بالحطام الفضائي، كورقة غرفة اجتماعات خلال الدورة الثالثة والخمسين للجنة الفرعية العلمية والتقنية.

ثانياً- الردود الواردة من الدول الأعضاء

النمسا

[الأصل: بالإنكليزية]

[١٩ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٥]

البحوث الوطنية بشأن الحطام الفضائي

منذ عام ١٩٨٢، يشغل معهد البحوث الفضائية التابع للأكاديمية النمساوية للعلوم محطة ساتلية لقياس المسافات بالليزر (SLR) في مرصد لوستبويل في مدينة غراتس. وتعمل هذه المحطة، ليل نهار طيلة أيام الأسبوع، على قياس المسافات بواسطة أكثر من ٦٠ ساتلاً مزوداً بأجهزة عاكسة ارتجاعية للضوء إلى المصدر، ومنها مثلاً السواتل الجيوديسية الخاصة بالقياسات الأرضية، وسواتل النظم العالمية لسواتل الملاحة (مثل النظام الأوروبي للملاحة الساتلية "GALILEO"، والنظام العالمي لتحديد المواقع "GPS"، والنظام العالمي لسواتل الملاحة

"GLONASS"، والسواتل الصغيرة المستقلة المعقدة الخاصة بالبلازما والمغنطيس في المدار "COMPASS"، وسواتل رصد الأرض، وسواتل علمية وبخّية متنوّعة. وما زالت المحطة الساتلية لقياس المسافات بالليزر في مرصد غراتس تُعتبر واحدة من أدقّ محطات قياس المسافات في العالم.

وفي عام ٢٠١٢، باشرت المحطة الليزرية في غراتس اختبار القياس الليزري لمسافات أجسام الحطام الفضائي، حيث جرى تطوير مكاشيف فوتونية متخصصة قادرة على كشف وتحليل الفوتونات المفردة، وكذلك تكييف برامجية القياس الليزري للمسافات من أجل تعقب مسار أجسام الحطام الفضائي. وتمّ لأول مرة قياس الفوتونات التي تعكسها على نحو متناثر أجسام الحطام الفضائي، وذلك من أجل تعيين المسافة إلى تلك الأجسام. ومع أنّ دقة هذه القياسات ليست بالنطاق المليمترى، باعتبار أنّ أجسام الحطام المختارة يتراوح حجمها بين متر واحد وبضعة أمتار، فإنّ هذا النهج يتيح المجال فعلاً لتعيين المدارات على نحو أفضل بدرجة كبيرة.

ومن الممكن إجراء تحسينات إضافية على تعيين المدار، إذا ما كانت محطات أخرى لقياس المسافات بالليزر قادرة على كشف فوتونات محطة غراتس المنعكسة على نحو متناثر. وفي عام ٢٠١٢، نجحت التجربة الأولى من هذا النوع، حيث انعكست الفوتونات المنبعثة من محطة غراتس على أجسام حطام السواتل انعكاساً متناثراً، وكُشفت في محطة قياس المسافات بالليزر في محطة تسيمرفالده (SLR) في سويسرا، والتي عملت من أجل تحقيق هذا الغرض بتنسيق متزامن مع محطة غراتس. ويمكن توسيع مدى هذه الطريقة المنهجية دون صعوبة ليشمل عدّة محطات أخرى مستقبلية فقط.

وما زالت محطة غراتس تشارك منذ عام ٢٠١٣ في برنامج التوعية بأحوال الفضاء التابع لوكالة الفضاء الأوروبية. وفي السنوات المقبلة، سوف يزداد التعاون على المستويين الأوروبي والدولي. كما تشارك المحطة منذ عام ٢٠١٤ في إعداد شبكة فاعلة من برامج التوعية بأحوال الفضاء الأوروبية.

قانون الفضاء

دخلت حيز النفاذ في عام ٢٠١٥ لائحة تنظيمية صادرة عن الوزارة الاتحادية للنقل والابتكار والتكنولوجيا بشأن تنفيذ القانون الاتحادي المتعلق بترخيص الأنشطة الفضائية وإنشاء سجل وطني للفضاء. وقد فرضت على المشغلين متطلبات محددة بغية منع تكوّن

الحطام الفضائي وفقاً للمادة ٥ من ذلك القانون. ويجب اعتماد تقرير بشأن منع تكوّن الحطام الفضائي أثناء التشغيل، ومنع تحطم الجسم الفضائي في المدار، على أن تراعى في ذلك التقرير المبادئ التوجيهية المقبولة دولياً بشأن الحطام الفضائي. ويجب أن يعرض التقرير التدابير التي اتخذت في أنشطة الفضاء الخارجي لتفادي حوادث الاصطدام بالأجسام الفضائية الأخرى. ويلزم علاوة على ذلك وجود توثيق مناسب لإثبات عدم احتواء الجسم الفضائي على أيّ مواد خطيرة أو ضارة قد تؤدي إلى تلويث الفضاء أو تغيير بيئتي سبلي.

فنلندا

[الأصل: بالإنكليزية]

[٢٧ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٥]

تجرى بحوث بشأن الحطام الفضائي في المؤسستين التاليتين:

(أ) معهد البحوث الجغرافية المكانية الفنلندي التابع للهيئة الوطنية لمسح الأراضي؛

(ب) جامعة أولو، من خلال استخدام إدارات الجمعية العلمية للمرفق الأوروبي لدراسة التشتت اللامتربط.

وتستعد فنلندا حالياً لإطلاق باكورة سواتلها، المسمى آلتو - ١، وهو من فئة سواتل "كيوبسات" ويزن ٣ كغ. وهذا الساتل مزوّد بجهاز كايح قائم على مفهوم "الشراع الكهربائي" (انظر www.electric-sailing.fi) يتيح إنزال الساتل بسرعة أعلى بكثير من إنزاله دون استخدام المكبح.

ألمانيا

[الأصل: بالإنكليزية]

[١٩ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٥]

في ألمانيا، يُضطلع بأنشطة البحوث بشأن المسائل المتعلقة بالحطام الفضائي في كلّ الميادين ذات الصلة بالموضوع، ومنها مثلاً نمذجة بيئة الحطام الفضائي، وعمليات رصد الحطام الفضائي، والدراسات عن وطأة آثار الارتطامات الفائقة السرعة على المركبات الفضائية، وحماية النظم الفضائية من ارتطامات النيازك الصغرى والحطام الفضائي. ويشترك الخبراء الألمان بنشاط في المحافل الدولية المعنية في ميدان بحوث الحطام الفضائي، ومن ضمنها

لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي (IADC)، وكذلك في الأنشطة الدولية المتعلقة بالتوحيد القياسي في ميدان التخفيف من الحطام الفضائي.

أمّا فيما يخصُّ المشاريع الفضائية التي يربعاها المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي، فإنَّ المتطلبات الخاصة بتخفيف الحطام الفضائي تُعدُّ جزءاً لازماً من متطلبات ضمان جودة وسلامة النواتج الخاصة بالمشاريع الفضائية التي يضطلع بها المركز الألماني. وتكفل هذه المتطلبات تنفيذ تدابير التخفيف المعترف بها دولياً، بما في ذلك التدابير المحددة في المبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي الصادرة عن لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي والمبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي الصادرة عن لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية. ومن الأهداف العامة المنشودة الحدُّ من تكوُّن حطام فضائي جديد، ومن ثمَّ الحدُّ من المخاطر على البعثات الفضائية الراهنة والمستقبلية وكذلك من المخاطر على حياة البشر. ومن التدابير المطلوب اتخاذها تحقيقاً لتلك الأهداف إجراء تقييم رسمي لمساعي تخفيف الحطام الفضائي، وتنفيذ تدابير تصميمية محددة ترمي إلى منع إطلاق الأجسام ذات الصلة بالبعثات والشظايا والأعطال والتصادم في المدار، واعتماد تدابير خاصة بتحميل الأجسام الفضائية والتخلُّص منها في نهاية عمرها الوظيفي وإعادةتها بسلام.

ويجب على أيِّ بلد راغب في تطوير قدرته الوطنية على المراقبة الفضائية أن يكون لديه المقدرة على توليد بيانات الاستشعار واستخدامها، وذلك، على سبيل المثال، من أجل وضع فهرس خاص بالأجسام الفضائية أو تنفيذ عملية تحديد المدار. ويمثل هذا النوع من الفهارس المرتكز الرئيسي لعمليات التوعية بأحوال الفضاء. ويتطلب اكتساب هذه القدرة الشاملة وجود برنامج عمل منسق يغطي جوانب مختلفة كثيرة. وقد وضعت إدارة الفضاء في المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي برنامجاً من هذا القبيل، وبدأت بالتعاقد في عام ٢٠١٥ على صنع الرادار التجريبي الألماني للمراقبة والتتبع في الفضاء (GESTRA)، وهو نظام تجريبي يطوره معهد فراونهوفر لبحوث فيزياء الترددات العالية والتقنيات الرادارية بغرض تحديد معلومات مدارية في المدار الأرضي المنخفض، ومن المتوقع بدء اختبارها في أواخر عام ٢٠١٧.

ويجري تطوير برامج محاكاة بيانات قياس الاستشعار في معهد الأنظمة الفضائية بجامعة براونشفايغ التقنية. وتُتخذ البيانات الناتجة عن المحاكاة أساساً لتنفيذ الخصائص الوظيفية الرئيسية مثل مضاهاة الأجسام وتعيين المدار وإنشاء قاعدة بيانات خاصة بالأجسام. ويجري أيضاً النظر في طرائق تكميلية لتعيين المدار والانتشار في الفضاء، وذلك لضمان توافر طرائق سريعة ودقيقة ضمن سلسلة عمليات نظام محاكاة لمراقبة الفضاء.

وتُبذل جهود من أجل تطوير شبكة محطات للرصد البصري يقيمها المركز الألماني لعمليات الفضاء بالمركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي بالتعاون الوثيق مع المعهد الفلكي التابع لجامعة برن بسويسرا. والمراد من تلك الشبكة رصد المناطق الثابتة بالنسبة إلى الأرض والمدارات ذات الصلة دعماً للبحث العلمي وتجنب التصادم، ويدير المركز الألماني لعمليات الفضاء مقاربيها عن بعد روبوتياً من داخل المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي. وستتيح البيانات الملتقطة تعقب مدار الأجسام الثابتة بالنسبة إلى الأرض الأكبر من ٥٠ سم تقريباً والتنبيه به. وقد وقع الاختيار على مرصد سذرلاند في جنوب أفريقيا محلاً لأول محطة مقارب، على أن يُستكمل إعدادها في أوائل عام ٢٠١٦. وأجريت بنجاح عدة حملات اختبار، مما أفضى إلى مقدار سطوع مستشعر للأجسام أعلى من درجة سطوع ١٨. ويجري حالياً تطوير قاعدة بيانات مدارية للأجسام في المدار الأرضي ضمن مشروع مشترك بين معهد تكنولوجيات المحاكاة والبرامجيات ودائرة عمليات الفضاء وتدريب الرواد، وكلاهما تابع للمركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي. وموضوعات البحث الرئيسية هي تعريف الأجسام من خلال مختلف نتائج الاستشعار، وتحديد المدارات، والانتشار المداري، بما في ذلك متجه الحالة وعدم يقينية الحالة. وستتيح شبكة مقارب الرصد البصري أول بيانات رصد تعالج من خلال قاعدة البيانات.

وتُنفذ حالياً في جامعة براونشفايغ التقنية أنشطة لتحليل التطور الطويل الأمد لبيئة الحطام الفضائي. وقد ركز أحد المشروعات المستكملة على نقل أساليب الانتشار إلى وحدات معالجة رسومية تحقيقاً لخفض جذري في الزمن المستغرق في الحوسبة. وبالإضافة إلى ذلك، أجريت عمليات محاكاة بمزيد من التفصيل لتطور بيئة الحطام لدراسة آثار تدابير التخفيف والإزالة النشيطة للحطام، مع التركيز بشكل خاص على ما يقترن بذلك من تكاليف. كما خضعت للدراسة سيناريوهات لبيئة المدار الأرضي المتوسط والمدار الثابت بالنسبة إلى الأرض. واستناداً إلى هذه الإنجازات، يُنفذ نشاطٌ جديد لتوظيف زمن التشغيل المخفض لعمليات المحاكاة الطويلة الأمد، وبمحت أوجه عدم التيقن ضمن هذه العمليات، وذلك بشكل جزئي ضمن إطار أحد أنشطة لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي، وتحليل آثار الاتجاهات الحالية في الرحلات الفضائية، مثل الزيادة في عدد سواتل كيوسات، وإجراء تحليلات للتكلفة بمزيد من التفصيل.

وتتعرض مواد الأجزاء الخارجية من المركبات الفضائية لبيئة الفضاء القاسية، مما يسبب تدهورها. وتتمثل التهديدات الرئيسية في إشعاعات الجسيمات المشحونة، والإشعاعات فوق البنفسجية، والأوكسجين الذري في المدار الأرضي المنخفض، ودرجات

الحرارة القصوى، والتعرض للدورة الحرارية، وارتطامات النيازك الصغرى والحطام. ويعتمد الأثر النسبي لكل من التهديدات على نوع البعثة المطلوب تنفيذها، ومدة البعثة، والدورات الشمسية، والأحداث الشمسية، والمدار الذي ستوضع فيه المركبة الفضائية. ومصادر الجسيمات التي تسبب التدهور هي الطلاء الذي تدهن به الأجزاء العليا من المركبات، وشرائح العزل متعددة الطبقات المستخدمة في الغالبية العظمى من المركبات الفضائية للحفاظ على درجة حرارة التشغيل. وتجري محاكاة عملية التدهور والإطلاق والتوليد المتأصلين للجسيمات الأصغر من 1 مم على أساس بارامترات نموذجة تجريبية.

ومن مجالات البحث الأخرى في معهد الأنظمة الفضائية الإزالة النشيطة للحطام الفضائي. ويجري حالياً النظر في نُهج مختلفة باستخدام مجموعة متنوعة من التكنولوجيات، مثل الأذرع الروبوتية وكابلات الربط أو الشبكات، كما خضعت الفوائد والتحديات المترتبة بتلك النهج للبحث. وعلى ذلك الأساس، أطلقت شركة "إيرباص ديفنس أند سبيس بيرمين" ومعهد الأنظمة الفضائية مشروعاً مشتركاً للبحث في إزالة أجسام الحطام الكبيرة بكابلات ربط، ومن أهداف ذلك المشروع تطوير خوارزميات وقوانين تحكّم لتحقيق الثبات في نظام فضائي بكابلات ربط وإخراجه من المدار بشكل آمن، على أن يضم ذلك النظام وحدة مطاردة وكابل ربط وهدف غير متعاون. وقد أنشأ معهد الأنظمة الفضائية أداة برمجية خاصة استخدمها لتعيين أثر الاضطرابات المدارية على الأنظمة الفضائية المربوطة بكابلات.

وتشارك عدة شركات ومنظمات بحثية ألمانية حالياً في دراسات وكالة الفضاء الأوروبية التي تتناول موضوع عودة الحطام الفضائي إلى الغلاف الجوي. وهناك مشروع اسمه "تحديد خصائص المواد القابلة للزوال" يستهدف زيادة المعرفة بما يجرى للمواد وعمليات الزوال خلال عملية العودة إلى الغلاف الجوي للحد من أوجه عدم التيقن المترتبة بأدوات المحاكاة المستخدمة حالياً لتقييم مخاطر العودة إلى الغلاف الجوي. وتستخدم أنفاق الرياح ذات التدفق العالي للمحتوى الحراري الموجودة لدى المركز الألماني للفضاء الجوي في مدينة كولونيا لهذا الغرض على وجه الخصوص. أما نشاط "التقييم السريع لأثر التصميم في تكوّن الحطام" فيستهدف تطوير أداة جديدة لتحليل تكوّن الحطام لدى العودة إلى الغلاف الجوي، على أن يتاح استخدامها بشكل متزامن في مرافق هندسية وأن يكون لها ميزات التصميم الأمثل التلقائي. وترتكز دراسات "التصميم من أجل الزوال" على إيجاد حلول هندسية مبتكرة لمكونات المركبات الفضائية بحيث تحقق أعلى مستوى ممكن من الزوال أثناء العودة إلى الغلاف الجوي، مما يؤدي بالتالي إلى الحد من المخاطر على الأرض.

وستتيح أداة "تحليل التقلب في المدار" ناشراً طويلاً الأمد بست درجات حرية، مما يدعم بعثات الإزالة النشيطة للحطام في المستقبل بتنبؤات موثوقة لمعدلات تقلب للأجسام المستهدفة.

اليابان

[الأصل: بالإنكليزية]

[٢٣ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٥]

١ - لحة عامة

تقدم اليابان المعلومات التالية بشأن أنشطتها المتعلقة بالحطام الفضائي، التي تضطلع بها أساساً الوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء الجوي (جاكسا)، استجابةً للطلب الوارد من مكتب شؤون الفضاء الخارجي التابع للأمانة.

وكانت مذكرة الأمانة بشأن البحوث الوطنية المتعلقة بالحطام الفضائي وبأمان الأجسام الفضائية التي توجد على متنها مصادر للقدرة النووية وبمشاكل اصطدامها بالحطام الفضائي (A/AC.105/C.1/107) قد ضمت لحة عامةً عن الخطة الاستراتيجية للوكالة بشأن الحطام الفضائي.

وترد في القسم التالي التطورات الرئيسية في أنشطة إزالة الحطام التي اضطلعت بها جاكسا خلال عام ٢٠١٥:

- (أ) بحوث بشأن تقييم الاقتران وبشأن التكنولوجيات الأساسية للتوعية بأحوال الفضاء؛
- (ب) بحوث بشأن تكنولوجيا رصد الأجسام في مدارات أرضية منخفضة ومدارات أرضية تزامنية وتحديد مدارات تلك الأجسام؛
- (ج) نظام قياس الحطام المتناهي الصغر في الموقع؛
- (د) الحماية من الاصطدام بالحطام المتناهي الصغر؛
- (هـ) استحداث خزان وقود دفعي يتحلل بسهولة عند عودته إلى الغلاف الجوي؛
- (و) الإزالة النشيطة للحطام.

٢- الحالة الراهنة

٢-١- بحوث بشأن تقييم الاقتران وبشأن التكنولوجيات الأساسية للتوعية بأحوال الفضاء

تتلقى جاكسا بانتظام إشعارات بالاقتران من مركز العمليات الفضائية المشتركة. ففي أيلول/سبتمبر ٢٠١٥، على سبيل المثال، بلغ عدد الإشعارات المتلقاة ٦٤ إشعاراً، وهو رقم يتجاوز قيمة عتبية محدّدة للاقتران. وفيما بين عامي ٢٠٠٩ و ٢٠١٥ (أيلول/سبتمبر)، أجرت جاكسا ١٥ مناورة لتفادي الاصطدام فيما يتعلق بمركبات فضائية في مدارات أرضية منخفضة.

وعلى التوازي من ذلك، تحدّد جاكسا مدار الأجسام الفضائية باستخدام الرادار وبيانات الرصد بالمقاريب المستمدة من مركزي كاميسايارا وبيساي للحراسة الفضائية التابعة لمتدى الفضاء الياباني، وتتنبأ بحالات التقارب الشديد باستخدام آخر المواقع المدارية لسواتلها، وتحسب بيانات احتمال الاصطدام باستخدام وسائل استحدثتها هي بنفسها.

وتُقيّم جاكسا أيضاً معايير تقييم الاقتران ومناورات تفادي الاصطدام بناءً على خبرتها الذاتية. وتقوم الوكالة، في معرض تقييمها هذا، بتحليل الاتجاهات السائدة فيما يتعلق بشروط الاقتران وأخطاء التنبؤ الناجمة عن الاضطرابات (على سبيل المثال عدم التيقن من مقاومة الهواء).

وقد نجحت جاكسا، من خلال نموذج مبسط للتشظي، في تحديد أصل حطام التشظي في المدارات الأرضية التزامنية عن طريق استخدام بيانات الرصد البصري الملتقطة في مركز بيساي للحراسة الفضائية ضمن بحث مشترك مع جامعة كيوشو.

٢-٢- بحوث بشأن تكنولوجيا رصد الأجسام في مدارات أرضية منخفضة ومدارات أرضية تزامنية وتحديد مدارات تلك الأجسام

يجري رصد الأجسام في المدارات الأرضية المنخفضة بشكل عام عن طريق الرادارات، إلا أن جاكسا تحاول الاستعاضة عن ذلك باستخدام أجهزة الرصد البصري خفصاً للتكاليف المقترنة بكلٍ من التصنيع والتشغيل. وتستخدم صفائف من أجهزة الاستشعار البصري لتغطية مناطق كبيرة في السماء. وقد بيّنت عمليات الرصد باستخدام مقراب قطره ١٨ سنتيمتراً وكاميرا مزوّدة بجهاز اقتران الشحنات أن بالإمكان كشف الأجسام التي يبلغ قطرها ٣٠ سنتيمتراً أو أكثر على ارتفاع ١٠٠٠ كيلومتر، وأن ١٥ في المائة من تلك الأجسام غير مفهرسة. وأما بالنسبة لرصد الأجسام في المدارات الأرضية

التزامنية، فقد أُكِّدت صفيحة بوابات قابلة للبرمجة ميدانياً قادرة على تحليل ٣٢ إطاراً باستبانة تصل إلى 4096×4096 بيكسل (وهي استبانة يشار إليها على نحو شائع بالصيغة $4K \times 4K$) في غضون ٤٠ ثانية أنه أمكن كشف أجسام يبلغ قطرها ١٤ سنتيمتراً عن طريق تحليل صور كاميرا مزوّدة بجهاز اقتران الشحنات ملتقطة بواسطة مقراب قطره متر واحد في مركز بيساي للحراسة الفضائية. ومقارنة بالحجم الأدنى الراهن لكشف الأجسام في المدارات الأرضية التزامنية، والذي يبلغ متراً واحداً، يُمكن القول إنَّ هذه النتيجة تبين أنَّ هذه التقنية فعّالة فيما يتعلق بكشف الشظايا الصغيرة الناجمة عن حالات التحطم في منطقة المدارات الأرضية التزامنية.

٢-٣- نظام قياس الحطام المتناهي الصغر في الموقع

بالنسبة للحطام المتناهي الصغر (الذي يقل قطره عن مليمتر واحد)، والذي لا يُمكن كشفه من الأرض، تعكف جاكسا على استحداث مكشاف يُحمَل على متن المركبات الفضائية من أجل إجراء القياسات في الموقع. وجهاز الاستشعار المستخدم فيه، والمشار إليه باسم راصد الحطام الفضائي، هو أول جهاز يطبّق مبدأ الاستشعار المستند إلى خطوط موصلة (مقاومة).

وإذا ما رُكِّبت أجهزة الاستشعار هذه على عدد كبير من المركبات الفضائية، فمن الممكن للبيانات المستمدة منها أن تساعد على تحسين نموذج بيئة الحطام. وقد أُطلق أول راصد للحطام الفضائي من هذا القبيل مع مركبة النقل H-II كونوتوري-٥ في ١٩ آب/أغسطس من عام ٢٠١٥، وذلك من أجل أول تجربة لقياس الحطام المتناهي الصغر على محطة الفضاء الدولية باستخدام خطوط موصلة (مقاومة) للاستشعار. وتجري جاكسا حالياً تحليلاً للبيانات المتحصل عليها.

ولا يُعرَف حالياً إلا القليل عن الحطام الدقيق والنيازك المتناهية الصغر في الفضاء الخارجي، رغم أنَّ هذه المعرفة ضرورية جداً لتقييم مخاطر الاصطدام وتحليل فرصة بقاء المركبات الفضائية سليمة وتصميم حماية فعّالة للتكلفة للمركبات الفضائية. وسوف يكون من الجدير جداً بالترحيب لو أنَّ وكالات الفضاء في العالم شرعت في استخدام أجهزة استشعار من هذا القبيل على مركباتها الفضائية وتبادلت البيانات المستمدة منها وأسهمت بالتالي في تحسين النماذج الحالية للحطام والنيازك.

٢-٤ - الحماية من الاصطدام بالحطام المتناهي الصغر

لقد زادت كمية الحطام المتناهي الصغر (الذي يقل قطره عن مليمتر واحد) في المدارات الأرضية المنخفضة. ويُمكن للاصطدام بالحطام المتناهي الصغر أن يسبب أضراراً بالغة للسواتل لأنَّ سرعته تبلغ في المتوسط ١٠ كيلومترات في الثانية.

وتجري جاكسا اختبارات اصطدام فائق السرعة وعمليات محاكاة رقمية على الألواح الهيكلية ومواد وقاية المصدات بغية تقييم آثار اصطدام الحطام بالسواتل. وجرى أيضاً بحث الأضرار الداخلية التي تصيب الألواح الهيكلية بمساعدة عمليات المحاكاة الرقمية.

وترد نتائج تلك البحوث في "الدليل الخاص بتصميم أساليب الحماية من الحطام الفضائي" (دليل وكالة الفضاء اليابانية JERG-2-144-HB). وكانت النسخة الأصلية من الدليل قد نُشرت في عام ٢٠٠٩ ومن ثم نُقِّحت في عام ٢٠١٤.

وقد استحدثت جاكسا أداة لتقييم مخاطر الاصطدام بالحطام اسمها توراندوت (Turandot). وتحلّل هذه الأداة مخاطر الاصطدام بالحطام باستخدام نموذج ثلاثي الأبعاد لمركبة فضائية. وقد جرى تحديثها لكي تنطبق على أحدث نموذج لبيئة الحطام أعدته وكالة الفضاء الأوروبية، وهو النموذج MASTER-2009.

٢-٥ - استحداث خزان وقود دفعي يتحلل بسهولة عند عودته إلى الغلاف الجوي

في العادة، تُصنع خزانات الوقود الدفعي من سبائك التيتانيوم، وهذه السبائك هي الأفضل بسبب خفة وزنها وتوافقها الكيميائي الجيد مع أنواع الوقود الدفعي المستخدمة، بيد أن نقاط انصهارها عالية إلى درجة تحول دون تحللها عند عودتها إلى الغلاف الجوي مما يثير مخاطر وقوع ضحايا على الأرض.

وقد أجرت جاكسا بحثاً من أجل استحداث خزان مبطّن بالألومنيوم ومغلف بمركبات الكربون يتسم بأن نقطة انصهاره أكثر انخفاضاً. وعلى سبيل الاضطلاع بدراسة جدوى، أجرت جاكسا اختبارات أساسية، بما في ذلك اختبار لتحديد مدى توافق الألومنيوم كمادة تبطين مع وقود الهيدرازين الدفعي واختبار تسخين قوسي. وقد أنتجت جاكسا نموذجاً أولياً لنموذج تناسبي اسمه Trial 1. وأجريت اختبارات اهتزاز على جهاز لإدارة الوقود الدفعي بغية تأكيد تحمله لبيئة الإطلاق. وتتمثل الخطوة المقبلة في الإنتاج التجريبي للخزان بالمقياس الفعلي واختبار تأهيله. ومتى اجتاز الخزان اختبار التأهيل، فسوف

يكون أقل تكلفة ويستغرق صنعه وقتاً أقصر مما كان الحال عليه بالنسبة لخزانات التيتانيوم السابقة.

٢-٦- الإزالة النشيطة للحطام

تعكف جاكسا على دراسة نظام فعال من حيث التكلفة لإزالة النشيطة للحطام يستطيع التلاقي مع أجسام الحطام غير المتجاوبة واقتناصها في المدارات المكتظة لإخراجها من المدار. وقد دُرست تكنولوجيات رئيسية لتحقيق الإزالة النشيطة للحطام، ومن ذلك التلاقي مع الأجسام غير المتجاوبة باستخدام أجهزة استشعار الصور، والالتقاط باستخدام الأذرع القابلة للمد والرماع وغير ذلك من النُهج. وتعتبر أنظمة كابلات الربط الكهرودينامية مباشرة، وما ذلك لقدرتها على إخراج الحطام من المدار دون أيّ وقود دفعي فحسب، بل أيضاً لسهولة إصاقها بجسم الحطام. ومن المخطط إجراء رحلة عرض لكابلات الربط لمركبة النقل H-II كونوتوري-٦، كما يجري إنتاج مكونات كابلات ربط كهرودينامية واختبارها في عام ٢٠١٥.

ثالثاً- الردود الواردة من المنظمات الدولية

المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

[الأصل: بالإنكليزية]

[١٠ آب/أغسطس ٢٠١٥]

تعتمد المنظمة العالمية للأرصاد الجوية على استخدام الموجودات الفضائية للعديد من الأنشطة الأساسية، وذلك في المقام الأول لرصد الغلاف الجوي ومتغيرات بيئية أخرى تعضيداً للتنبؤ بالطقس ورصد المناخ والحد من أخطار الكوارث وتطبيقات أخرى، فضلاً عن الاتصالات والملاحة الساتلية.

ولذلك، فإن سلامة استخدام الأنظمة الفضائية واستدامتها يمثلان شأغلاً مهماً. وفي هذا الصدد، تقدر المنظمة العالمية للأرصاد الجوية الجهود التي يبذلها مكتب شؤون الفضاء الخارجي لتعزيز التعاون وإحراز تقدم في التخفيف من حدة المخاطر المتصلة بالحطام الفضائي. وستسترعي المنظمة العالمية للأرصاد الجوية نظر فريق الخبراء المعني بنظم السواتل التابع للجنة النظم الأساسية إلى هذه المسألة.