

Distr.: General
23 October 2017
Arabic
Original: English/Spanish



لجنة استخدام الفضاء الخارجي
في الأغراض السلمية
اللجنة الفرعية العلمية والتقنية
الدورة الخامسة والخمسون
فيينا، ٢٩ كانون الثاني/يناير - ٩ شباط/فبراير ٢٠١٨
البند ٨ من جدول الأعمال المؤقت*
الخطام الفضائي

البحوث الوطنية المتعلقة بالخطام الفضائي وأمان الأجسام الفضائية
التي تحمل على متنها مصادر قدرة نووية ومشاكل اصطدامها
بالخطام الفضائي
مذكّرة من الأمانة
أولاً - مقدمة

١- اتفقت اللجنة الفرعية العلمية والتقنية، التابعة للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، في دورتها الرابعة والخمسين، على أنه ينبغي الاستمرار في دعوة الدول الأعضاء والمنظمات الدولية التي لها صفة مراقب دائم لدى اللجنة إلى تقديم تقارير عن البحوث المتعلقة بالخطام الفضائي وأمان الأجسام الفضائية التي تحمل على متنها مصادر قدرة نووية والمشاكل المتصلة باصطدام تلك الأجسام بالخطام الفضائي والطرائق التي يجري بها تنفيذ المبادئ التوجيهية لتخفيف الخطام (انظر الفقرة ١٣٣ من الوثيقة A/AC.105/1138). وبناء على ذلك، دُعيت الدول الأعضاء والمنظمات الدولية التي لها صفة مراقب دائم، في خطاب وُجّه إليها في ٢٦ تموز/يوليه ٢٠١٧، إلى تقديم تقاريرها بحلول ١٦ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٧، لكي يتسنى إتاحة المعلومات الواردة فيها للجنة الفرعية في دورتها الخامسة والخمسين.

* A/AC.105/C.1/L.368.



٢- وقد أعدت الأمانة هذه الوثيقة بالاستناد إلى المعلومات الواردة من أربع دول أعضاء، هي ألمانيا والبرازيل والمكسيك والنمسا، ومن وكالة الفضاء الأوروبية (الإيسا). وثمة معلومات أخرى مقدمة من النمسا، تتضمن أرقاماً تتعلق بالحطام الفضائي، ستتاح في شكل ورقة غرفة اجتماعات في الدورة الخامسة والخمسين للجنة الفرعية.

ثانياً- الردود الواردة من الدول الأعضاء

النمسا

[الأصل: بالإنكليزية]

[١٦ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٧]

وفقاً لقانون الفضاء الخارجي النمساوي، ثمة شروط للحصول على إذن من الوزارة النمساوية لشؤون النقل والابتكار والتكنولوجيا للقيام بأنشطة فضائية وطنية؛ وأحد تلك الشروط هو اتخاذ تدابير لتخفيف الحطام الفضائي تُواكب أحدث التطورات التكنولوجية وتأخذ بعين الاعتبار الواجب المبادئ التوجيهية المعترف بها دولياً لتخفيف الحطام الفضائي (الفقرة الفرعية ١ (٤) من المادة ٤، والمادة ٥، من قانون الفضاء الخارجي). وكدليل على اتخاذ تدابير لتخفيف الحطام الفضائي، يجب على المشغلين أن يقدموا عرضاً عملياً للتدابير المتخذة لتفادي تكون حطام فضائي وانبعثات فضلات متخلفة من البعثة أثناء عملياتها المعتادة، ولمنع حدوث اصطدامات بأجسام فضائية أخرى في المدار، ولمنع تكسر الجسم الفضائي في المدار، وكذلك لإزالة الجسم الفضائي من مداره حول الأرض عند انتهاء النشاط الفضائي، إما بإعادة إدخال الجسم الفضائي إلى الغلاف الجوي بطريقة منضبطة وإما بنقل ذلك الجسم إلى مدار عالٍ بما فيه الكفاية ("مقبرة مدارية"). أما في حالة الأجسام الفضائية غير القابلة للتحريك، فيجب اختيار مدار البعثة بحيث لا تبقى في مدار حول الأرض لمدة تتجاوز ٢٥ سنة بعد انتهاء عملها (الفقرة الفرعية ٤ من المادة ٢ من اللائحة التنظيمية للفضاء الخارجي).

ويمثل الساتل النانوي PEGASUS، وهو الساتل الوطني النمساوي الثالث الذي أُطلق بنجاح في حزيران/يونيه ٢٠١٧، أول ساتل يخضع لإجراءات إصدار الإذن بمقتضى التشريعات الفضائية النمساوية، وفي هذا الصدد، أثبتت أدوات تخفيف الحطام الفضائي التي استحدثتها الإيسا، وخصوصاً النموذج المرجعي للنيازك والحطام الفضائي في بيئة الكرة الأرضية ("MASTER") وأداة تقييم مخاطر الحطام وتحليل تدابير تخفيفها ("DRAMA")، أنها مفيدة جداً في تقييم ما إذا كانت البعثة تفي بمعايير تخفيف الحطام الفضائي الدولية، مثل المبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي الصادرة عن لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي (اليادك) وعن لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية. وهذا يشمل تقييم العمر المداري، وحساب احتمال وقوع اصطدامات، وتحليل عمليات التكسر والانذار أثناء معاودة الدخول إلى الغلاف الجوي وما يرتبط بذلك من مخاطر فوق سطح الأرض. وإلى جانب ذلك، جرى تسجيل الساتل بمقتضى اتفاقية تسجيل الأجسام الفضائية في الفضاء الخارجي، وتتولى القيادة الاستراتيجية للولايات المتحدة تتبع مساره مما يمكن سائر الجهات الفاعلة في مجال الفضاء من أخذه في الحسبان في إجراءاتها الخاصة بتفادي الاصطدام.

البحوث النمساوية المتعلقة بالحطام الفضائي

منذ أكثر من ثلاثة عقود، يشغل معهد البحوث الفضائية التابع لأكاديمية العلوم النمساوية محطة ساتلية لقياس المسافات بالليزر ("SLR") في مرصد لوسغنبوهل بمدينة غراتس. وإلى جانب تتبع ما يزيد على ١٥٠ هدفاً تعاونياً (مزودة بمعاكس قلوبية ليزرية)، أخذت عمليات تحديد مسافات الحطام الفضائي بواسطة الليزر تكتسب قدراً متزايداً من الاهتمام. وفي الماضي القريب، أخذت البحوث النمساوية المتعلقة بالحطام الفضائي تركز على المجالات الثلاثة المبينة أدناه:

كشف الفوتونات المنفردة وتحديد ترأصفها ووضع نماذج مرجعية لها

تعمل أداة كشف الفوتونات المنفردة وتحديد ترأصفها ووضع نماذج مرجعية لها (SP-DART)، التي استحدثت في غراتس، كمحطة "SLR" صغيرة يمكن تركيبها على مقاريب (تلسكوبات) خارجية. وهي تتألف من غميطة إرسال (مرسل ليزري منخفض الطاقة (١٥ ميكروجول/١ نانو ثانية/٢ كيلوهيرتز، وأجهزة بصرية مركبة على مقرب) وحزمة كشف (حاسوب شخصي، وحدة مراقبة قائمة على صفيحة بوابات قابلة للبرمجة الميدانية، جهاز لتوقيت الأحداث من طراز Riga، وحدة نظم عالمية لسواتل الملاحية، أجهزة أرصاد جوية). والميزة الرئيسية لهذه التركيبة هي قلة الجهد اللازم لتحديد التراصف نتيجة لتفادي أي مسار كوعي. وقد اختبر نظام SP-DART بنجاح على مقرب فلكي يبلغ قطره ٧٠ سم، تمتلكه شركة "Astrosysteme Austria". وعلى وجه الإجمال، جرى أثناء ليلتين من الرصد تتبع ١٧ هدفاً بمعدلات رجوع قصوى تتراوح بين أكثر من ٣٠ في المائة للسواتل ذات المدارات الأرضية المنخفضة و٠,٢ في المائة للسواتل Compass-15. وقد طبق هذا النهج المبتكر مؤخراً في محطة "SLR" الكائنة في غراتس، باستخدام جهاز ليزري مُدمج عالي الطاقة لكشف الحطام الفضائي مركب مباشرة على مقرب غراتس، ونجح في تحديد مسافات عدة أجسام حطام فضائي مستهدفة.

التجارب المتعددة المحطات

التجارب المتعددة المحطات هي عمليات معقدة لقياس مسافات الحطام الفضائي بواسطة الليزر، تُشارك فيها على الأقل ثلاث محطات مختلفة تقيس المسافة إلى جسم الحطام الفضائي المستهدف نفسه. إذ تُرسل محطة SLR الكائنة في غراتس فوتونات باستخدام أشعتها الليزرية الخضراء العالية الطاقة (٢٠ وات/١٠٠ هيرتز) لرصد الحكام الفضائي، وفي الوقت نفسه، ترسل محطة SLR الكائنة في فيتسيل فوتونات باستخدام أشعتها الليزرية دون الحمراء المخصصة لرصد الحطام الفضائي إلى الحطام الفضائي المستهدف نفسه. وبعد انعكاس الأشعة المنتشرة عند الحطام الفضائي المستهدف، تنتشر الفوتونات عبر أوروبا. والآن، تُكشف فوتونات غراتس الخضراء من قبل محطة غراتس نفسها ومن قبل محطة SLR الكائنة في فيتسيل. وفي الوقت نفسه، تكشف محطات غراتس وفيتسيل وشتوتغارت فوتونات فيتسيل دون الحمراء، وقد تبين من تحليل البيانات أن هذه القياسات المترابطة تزيد كثيراً من دقة التنبؤ بأحوال المدار مقارنة بنفس العدد من المحطات العاملة في نسق أحادي المحطة.

"التحديق والملاحقة"

"التحديق والملاحقة" هي طريقة لتتبع الحطام الفضائي المستهدف الذي لا تتوافر بشأنه معلومات مدارية مسبقة، ولقياس المسافة إليه عن طريق التحديد البصري لوجهة التصويب إلى تلك الأهداف. وثمة كاميرا فلكية نظيرية مجهزة بعدسة عادية قطرها ٥٠ مم ترصد حقل رؤية يقارب سبع درجات من السماء. وتُحمل منظومة الكاميرا على ظهر مقراب SLR التابع لمعهدنا باتجاه محاذ تقريباً للمحور البصري. ثم ينقل المقراب إلى موقع عشوائي، "مُحدّداً" نحو السماء ومُظهرًا النجوم مُكبَّرة بمقدار يصل إلى رتبة ١٠^٩. ومن هذه الخلفية النجمية، وباستخدام خوارزمية لتحليل اللوحات التصويرية، تحدد وجهة التصويب الاستوائية لمركز الكاميرا بدقة تقارب ١٥ ثانية قوسية. ومتى مرَّ جسم حطام فضائي مُضاء بنور الشمس عبر حقل الرؤية تُخزَّن إحداثياته الاستوائية ووقت مروره. ومن هذه المعلومات الخاصة بوجهة التصويب، يُولّد ملف للتنبؤات المدارية في شكل "CPF" (الشكل الموحد المعتمد رسمياً للملفات التنبؤ) ويُستخدم هذا الملف لتتبع الساتل آنياً داخل الممر نفسه. ويمكن إتمام هذه العملية، من أول كشف للساتل حتى تتبّعه بنجاح، في غضون أقل من دقيقتين. ومتى حُدّد مسار التتبع تبدأ منظومة SLR بـ"ملاحقة الهدف بواسطة ليزر مخصص لرصد الحطام الفضائي ذي قدرة عالية (٢٠ وات/١٠٠ هيرتز). وقد أمكن التوصل بنجاح إلى تحديد المسافات إلى عدة أهداف من أجسام الحطام الفضائي "متعاونة" و"غير متعاونة" (بدون معاكس قلوبية)، باستخدام تلك التنبؤات القائمة على "التحديق والملاحقة".

البرازيل

[الأصل: بالإنكليزية]

[١٦ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٧]

تشمل البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي مجالين رئيسيين، هما: (١) العودة إلى الغلاف الجوي (حيثما ومتى تولّد حطام فضائي يمكن أن يعود)؛ و(٢) التنبؤ بمحدوث اصطدام في المدار (احتمال الاصطدام في المدار) والمنهجيات المتبعة لتفادي تولّد الحطام الفضائي ودفعه إلى العودة إلى الغلاف الجوي على نحو منضبط أو طبيعي (إنزاله من المدار). وليس هناك في البرازيل بعد أي طلب على مجال أمن الأجسام الفضائية التي تحمل على متنها قدرة نووية.

وفيما يتعلق بمشاكل الحطام الفضائي، أجريت مؤخراً في مركز تتبع السواتل ومراقبتها، التابع للمعهد الوطني لبحوث الفضاء، بضعة تحليلات للاصطدامات بالحطام الفضائي استندت إلى تنبيه بشأن احتمال حدوث اصطدام، ورَد من مركز شيان للتحكم في السواتل. وتمثل التحليل في إنتاج تقارير تحليلية لفترة مقبلة مدتها أسبوع واحد بشأن الساتل الصيني/البرازيلي لرصد موارد الأرض (CBERS-4) 4. واستُخدمت لهذه الغاية برامجة "عدّة الأدوات الساتلية" (STK)، لأن غيبتها الخاصة بالاقتراب اللصيق تتيح إنتاج هذا النوع من التقارير. وقد حُصل على البارامترات المدارية للحطام وغيره من الأجسام، التي كانت ضرورية لبيانات التحليل، من الموقع الشبكي للقيادة الأمريكية الشمالية للدفاع الجوي الفضائي (www.space-track.org). وبفضل النتائج المتحصل عليها من هذه التحليلات، يجري حالياً النظر في احتمال إنتاج نفس النوع من التقارير بصورة دورية بشأن جميع

السواتل التي يشغلها المعهد الوطني لبحوث الفضاء (سواتل جمع البيانات SCD-1 و SCD-2 و CBERS-4).

وإلى جانب ذلك، يُستخدم في المرحلة التجريبية في مركز تتبع السواتل ومراقبتها، التابع للمعهد الوطني لبحوث الفضاء، نظام برامجيات مُستحدث داخلياً للتنبؤ باصطدام السواتل بالحطام الفضائي. وتوفر هذه البراجمية، التي تحمل الاسم الرمزي "CHKDEBRISGP8"، احتمال اصطدام أي جسم متاح من خلال القيادة الأمريكية الشمالية للدفاع الجوي والفضائي، التي لديها حالياً قرابة ١٧ ٠٠٠ جسم مفهرس (١٦ ٦٩٥ جسماً في ٢٩ أيلول/سبتمبر ٢٠١٧) بالسواتل التي تتولى مسؤوليتها البرازيل (OSCAR-17 و SCD-1 و SCD-2 و CBERS-1 و SSCI-1 و CBERS-2 و CBERS-4A و NANOSAT-C-BR1 و CBERS-4، وغيرها من السواتل التي ستطلق قريباً: CBERS-4A و AMAZONIA/PMM). وثمة براجمية أخرى ذات نموذج رقمي، تحمل الاسم الرمزي CHKDEBRISNUM، توفر تنبؤاً أدق عندما تُبين نتائج البراجمية CHKDEBRISGP8 احتمال اصطدام يزيد على ١ في المائة. وتقيم التنبيهات ثلاث مرات يومياً، وترسل نتائج التقييم إلى الاختصاصيين. والعملية كلها مؤتمتة.

وفي عام ٢٠١٦، أُنجزت أطروحة في إطار دورة المعهد الوطني لبحوث الفضاء للحصول على الماجستير في هندسة النظم الفضائية وإدارتها، كان عنوانها "تحليل مقارن لعمليات الحصول على المادتين الخزفيتين α alumina و zirconia-3YTZP ومركب α alumina + ١٨,٥ في المائة من zirconia-3YTZP، لاستخدامها كدروع لحماية السواتل من آثار الارتطام بالحطام الفضائي". وكان الهدف من هذه الأطروحة دراسة واستبانة المواد التي يمكن استخدامها كقطع خزفية في نظام للحماية من الارتطامات. ومن ثم، جرى تقدير الكتلة الحديدية للحطام المراد درؤه. وقد أظهر المركب الخزفي المتحصّل عليه من مزيج معلقات مساحيق غير مُندفة خصائص ميكانيكية أفضل. وأفضت هذه النتائج إلى تصنيف مركب الألومينا-زركونيا كأفضل مرشح بين المواد التي جرت دراستها لكي تستعمل كدروع للسواتل.

وفي عام ٢٠١٧، أُنجزت أطروحة أخرى في إطار دورة المعهد للحصول على درجة الماجستير في هندسة النظم الفضائية ذات الصلة بالحطام الفضائي. وكان موضوع الدراسة في هذا العمل "من الإطلاق إلى الإدخال في المدار - مجالات ارتطام (سقوط) مراحل مركبة الإطلاق وعودة البضاعة المحمولة إلى الغلاف الجوي". ويوفر هذا العمل دعماً للجهود البحثية المبذولة لدراسة عملية إعادة آخر مراحل مركبة الإطلاق قسراً إلى الغلاف الجوي. ولهذه الأداة المستحدثة استخدام مباشر في مركبات الإطلاق البرازيلية.

ألمانيا

[الأصل: بالإنكليزية]

[١٣ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٧]

تُجرى في ألمانيا أنشطة بحثية بشأن المسائل المتعلقة بالحطام الفضائي في جميع الميادين ذات الصلة. وهذا يشمل نمذجة بيئة الحطام الفضائي، ورصد الحطام الفضائي، وتطوير التكنولوجيا

الخاصة بالأرصاء، ودراسة آثار الارتطام الفائق السرعة على المركبة الفضائية، وحماية النظم الفضائية من الارتطام بالنيازك الصغرى والحطام الفضائي، وكذلك تصميم تكنولوجيات خاصة بالزوال. ويشترك الخبراء الألمان مشاركة نشطة في المحافل الدولية ذات الصلة بميدان بحوث الحطام الفضائي وبالأمان الفضائي، بما فيها لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي (اليادك) والأكاديمية الدولية للملاحة الفضائية، وفي أنشطة التوحيد القياسي الدولية في ميدان تخفيف الحطام الفضائي. كما تشارك الصناعة والمؤسسات الأكاديمية الألمانية في عمليات تطوير التكنولوجيا لأغراض استدامة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد وحماية الكرة الأرضية.

وفيما يخص المشاريع الفضائية التي تضطلع بها إدارة شؤون الفضاء، التابعة للمركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي، تعتبر متطلبات تخفيف الحطام الفضائي شرطاً لازماً من شروط ضمان جودة المنتجات ومن متطلبات أمان المشاريع الفضائية لذلك المركز. وهذه الشروط تكفل تنفيذ تدابير التخفيف المعترف بها دولياً، بما فيها التدابير المحددة في المبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي الصادرة عن كل من اليادك ولجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية. والهدف العام هو الحد من تكون حطام فضائي جديد، ومن ثم تخفيف الخطر الذي يتهدد البعثات الفضائية الحالية والمقبلة كما يتهدد الأرواح البشرية. ومن التدابير التي يتعين اتخاذها لتحقيق هذا الهدف إجراء تقييم رسمي لمدى الامتثال لمتطلبات تخفيف الحطام الفضائي، واتخاذ تدابير خاصة بالتصميم للحيلولة دون انفكاك أجسام خاصة بالبعثة أو تشظيها أو حدوث قصور في عملها أو وقوع اصطدامات في المدار، وكذلك تدابير تتعلق بالتخميد وبالتخلص من الأجهزة عند انتهاء عمرها التشغيلي وبالعودة الآمنة إلى الغلاف الجوي.

النمذجة والجسيمات الصغيرة

تجرى في معهد النظم الفضائية (IRAS)، التابع لجامعة براونشفايغ التقنية، تحليلات للتطور الطويل الأمد لبيئة الحطام الفضائي تُستخدم فيها نماذج انتشار تلك البيئة على المدى الطويل. وتمثل هذه التحليلات أداة مهمة لتقييم فعالية تدابير تخفيف الحطام الفضائي، ويجري استخدامها في الدراسات التي تجريها اليادك. وتأخذ تلك الدراسات في الحسبان ما لوحظ من تغيرات في معدلات الإطلاق وأنواع البعثات، وهي تزايد عدد السواتل الصغيرة والسيناريوهات التي تشتمل على احتمال استخدام تشكيلات كبيرة جديدة في مدار أرضي منخفض.

ومن أجل تحسين المعارف المتعلقة بما يوجد في الفضاء من أجسام صغيرة (يتراوح قطرها بين ١٠٠ ميكرومتر و ١ سم) ولكن وفيرة العدد، استُحدث في المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي نوع جديد من أجهزة الاستشعار الموقعية، يُدعى بمكشاف الارتطامات القائم على ألواح شمسية ("SOLID")، وهو جهاز استشعار للارتطامات واسع التغطية يمكن وضعه على مركبة فضائية في أي مدار ويمكنه أن يوفر بيانات قياس آنية. وقد أدمج جهاز الاستشعار SOLID في المركبة الفضائية TechnoSat، التابعة لجامعة برلين التقنية، وأطلق بنجاح على متن صاروخ من طراز "سيوز" من قاعدة بايكونور، كازاخستان، في ١٤ تموز/يوليه ٢٠١٧، إلى مدار يبلغ ارتفاعه ٦٠٠ كم.

عمليات القياس

بغية إنشاء قدرات وطنية متخصصة في مجال مراقبة الفضاء، يلزم توافر المقدرة على توليد بيانات الاستشعار واستخدامها، من أجل وضع فهرس للأجسام الفضائية مثلاً، أو القيام بتحديد البارامترات المدارية. ويمثل وجود فهرس من هذا القبيل الركن الأساسي لعمليات التوعية بأحوال الفضاء. ويتطلب تكوين هذه القدرة المكتملة برنامج عمل منسقاً يشمل جوانب مختلفة كثيرة. وثمة برنامج من هذا القبيل جارٍ بالفعل في إدارة شؤون الفضاء التابعة للمركز المذكور أعلاه، بدأ بإنشاء الرادار التجريبي للمراقبة والتتبع الفضائيين "GESTRA" وتجهيزه للتشغيل ابتداءً من عام ٢٠١٥. ويجري تطوير هذا النظام في معهد فراونهوفر للفيزياء العالية التردد والتقنيات الرادارية. وهو نظام تجريبي لاستقصاء وتحديد المعلومات المدارية في المدارات الأرضية المنخفضة. ويتوقع أن يبدأ تجريب النظام في أواسط عام ٢٠١٨.

وفي المعهد نفسه، يجري دراسة أفكار جديدة للمراقبة الفضائية بواسطة الرادار. وثمة خيارات متعددة لتعزيز أداء قياسات الحطام الفضائي بواسطة رادارات المراقبة الأرضية. ومن الخيارات التي يجري دراستها حالياً بالتفصيل من جانب معهد فراونهوفر استخدام رادارات مراقبة متعددة في مواقع متفرقة. ويتوقع من شبكة الرادارات هذه ألا تزيد من حجم المنطقة المشمولة بالمراقبة فحسب، بل وأن تحسّن عمليات قياس الأجسام المنفردة أيضاً.

ويشغل المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي محطة بصرية لرصد الحطام الفضائي، تقع بالقرب من شتوتغارت في جنوب ألمانيا، مخصصة لأغراض البحث والتطوير. ولها وضعية محطة هندسية، وتشارك في شبكة الدائرة الدولية للقياس بالليزر (ILRS). وهذه المحطة مجهزة بمقرب من طراز Dall-Kirkham ذي قطر قدره ١٧ إنشاً وبمنظومة كاميرات متنوعة عالية الأداء. وقد دخل نظامها الليزري لقياس المسافات أثناء فترة التحليق حيز التشغيل ونجح في قياس المسافة إلى الأجسام الموجودة في مدار أرضي منخفض بدقة لا يزيد هامشها على متر واحد. وأجريت بنجاح عروض بيانية لعمليات "تحديق وملاحقة" بصرية، أتاحت تتبّع أجسام غير مفهرسة. وإلى جانب ذلك، يجري حالياً اختبار ميداني لمنظومة حاويات قابلة للنقل ومناسبة لتتبع الحطام الفضائي بواسطة الليزر، ويتوقع أن تصبح جاهزة للاستعمال وللنشر على نطاق عالمي في وقت قريب.

وثمة شبكة مقارِب بصرية، تُدعى "شبكة المقارِب الروبوتية الصغيرة الفتحة" "SMARTnet"، تتألف في الوقت الحاضر من محطتي مقارِب واقعتين في تسيمرفالد، سويسرا، وقرب سذرلاند، جنوب أفريقيا. وفي إطار جهد مشترك، يتولى المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي تشغيل هاتين المحطتين عن بعد، في تعاون وثيق مع المعهد الفلكي التابع لجامعة بيرن، سويسرا. وتضم محطتا المقارِب عدة مقارِب ذات فتحات تتراوح أقطارها من ٢٠ إلى ٥٠ سم. وقد بدأت هذه الشبكة في رصد منطقة المدار الثابت بالنسبة للأرض والمدارات ذات الصلة لدعم البحوث المتعلقة بتفادي الاصطدام وغيره من المواضيع العلمية. وسوف تشمل البيانات الأجسام التي يزيد مقاسها على نحو ٣٠ سم في المدارات المتزامنة مع الأرض. وقد كُشِفَ بالفعل أجسام يقل مقدار سطوعها الظاهري عن ١٨,٥، وقيست إحداثيات مواقعها. كما استُبينت مجموعات من السواتل بوضوح تام. وسوف تستخدم هذه الأرصاد في زيادة تحسين نوعية خدمات تفادي الاصطدام.

ويقوم المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي أيضاً بإنشاء نظام معلومات للمراقبة الفضائية. ويُعدّ الفهرس الرئيسي للمعلومات الترابطية عن الحطام، وهو عبارة عن قاعدة بيانات مدارية خاصة بالأجسام الموجودة في مدار أرضي، ركناً محورياً في هذا المشروع. ويجري حالياً تنفيذ واختبار وظائف أساسية، مثل تحديد العلاقة الترابطية بين الأجسام باستخدام بيانات الرصد المستمدة من أجهزة استشعار مختلفة، مثل SMARTnet، وتوفير بيانات الرصد الأولى التي سيعالجها النظام، وتحديد مدارات الأجسام واستقراء مداراتها المستقبلية. وترجع جميع الخوارزميات بحيث يتسنى معالجة بيانات الرصد الخاصة بما يصل إلى ١٠٠ ٠٠٠ جسم معالجة آنية. وسوف تُستخدم قاعدة البيانات المدارية في المقام الأول للتنبؤ بالاقتربات اللصيقة لأغراض تفادي الاصطدام، غير أنه يمكن توسيع نطاق استخدامها لتشمل تطبيقات أخرى. وتشمل مواضيع البحوث مقارنة درجات دقة مختلف أدوات استقراء المدارات، مثل أدوات الاستقراء العددية وشبه العددية، وكذلك استخلاص طريقة التخطيط المثلى من قاعدة البيانات لكي تبقى أجهزة الاستشعار جميع الأجسام ضمن نطاق الدقة المطلوبة.

ويقوم معهد النظم الفضائية (IRAS) في الوقت الحاضر باستحداث أداة برمجية لمحاكاة قياسات الحطام الفضائي من مختلف أنواع أجهزة الاستشعار، بما فيها أجهزة الاستشعار الرادارية والبصرية. وفي الوقت نفسه، يجري تنفيذ وظائف أساسية مثل تحديد العلاقة الترابطية بين الأجسام وتحديد مداراتها وإنشاء قاعدة بيانات خاصة بها. ومتى أُنجزت هذه الأداة، يمكن استخدامها في تقصي مختلف طرائق تحديد المدارات واستقراءها، وكذلك لضمان توافر طرائق سريعة ودقيقة ضمن إطار سلسلة المعالجة الخاصة بنظام مراقبة فضائية قائم على المحاكاة. كما ستكون هذه الأداة قادرة على تحليل أداء شبكات أجهزة الاستشعار العشوائية. ويجري أيضاً تركيب مقراب بصري في موقع قريب من ذلك المعهد من أجل رصد الحطام الفضائي ودعم الأنشطة البحثية.

تقييم المخاطر في المدار وعلى سطح الأرض

ثمة خوارزميات عديدة جديدة، قائمة على طريقة العنصر المتفرد، تُستخدم لمحاكاة ارتطامات الحطام الفضائي الفائقة السرعة بالركبة الفضائية وما يترتب عليها من تعطل للمعدات ومن عمليات تَشَطُّ. وقد استُخدمت هذه البرمجية لمحاكاة أحداث ارتطام جسيمات الحطام الصغيرة في نسق السرعة الفائقة. وقورنت سحب الحطام المتولد عن الارتطام المحاكى بتجارب الارتطام الفائقة السرعة. والهدف النهائي من هذه الدراسة هو استخدام الطريقة الجديدة لمحاكاة ما ينتج عن ارتطام الحطام الفضائي بالمركبات الفضائية وعن اصطدام المركبات الفضائية معاً من عمليات تَشَطُّ معقدة.

ومن أجل تخفيف مخاطر حدوث إصابات على سطح الأرض نتيجة لعودة الأجسام بصورة غير منضبطة إلى الغلاف الجوي، استُحدثت في المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي طريقة جديدة لتحسين كيفية تكسّر الأجسام أثناء مرحلة عودتها إلى الغلاف الجوي بفعل القوى الأيرودينامية. وتُظهر نتائج المحاكاة أن المساحة الإجمالية للمنطقة المتضررة بفعل ارتطام صاروخ غمطي من صواريخ المرحلة العليا بالأرض يمكن أن تقلص إلى أقل من الخمس.

وهناك عدة شركات ومؤسسات بحثية ألمانية تشارك حالياً في دراسات تجريبها وكالة الفضاء الأوروبية، تتناول موضوع عودة الحطام الفضائي إلى الغلاف الجوي، وشملت مؤخراً دراسة أولى

تتعلق بعودة محطة الفضاء الدولية إلى الغلاف الجوي. وتركز دراسات "التصميم لغرض الزوال" على إيجاد حلول هندسية مبتكرة لمكونات المركبات الفضائية بحيث تحقق أعلى درجة من الزوال أثناء العودة إلى الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى الحد من المخاطر على الأرض. وفي الوقت الحاضر، تركز أنشطة "التصميم لغرض الزوال" هذه على التبكير المتعمد بتكسر السواتل أثناء عودتها إلى الغلاف الجوي، وعلى إجراء تحليلات بشأن قابلية بعض المكونات الخاصة للمركبات الفضائية للزوال. وفي إطار الدراسة المعنونة "تأثير زوال المركبات الفضائية على الغلاف الجوي". يجري تقصي تأثير زوال المركبات الفضائية على الغلاف الجوي للأرض ومناخها. وفيما يتعلق بتطور برامج محاكاة العودة إلى الغلاف الجوي، يجري حالياً وضع صيغة محسنة لمجموعة أدوات تقييم مخاطر الحطام وتحليل تدابير تخفيفها (DRAMA) التي استحدثتها الإيسا.

واستهلت جامعة شتوتغارت، بالتعاون مع شركة صغيرة تُدعى HTG، مشروعاً لإجراء تحليل تجريبي ونظري لمعايير تعطل بني الفضاء الجوي بفعل تكسر الأجسام عند عودتها إلى الغلاف الجوي. ولهذا الغرض، تُستخدم مرافق النفق الريحي ذي المحتوى الحراري المرتفع في إجراء اختبار أيروديناميكي مخصص لتحديد معايير التعطل المرتبط بتكسر الأجسام أثناء عودتها بصورة غير منضبطة إلى الغلاف الجوي تحت أحمال حرارية وميكانيكية. وسوف تُستخدم النتائج لوضع معايير تكسر خاصة بأدوات التنبؤ بعودة الأجسام إلى الغلاف الجوي.

المكسيك

[الأصل: بالإسبانية]

[٢٩ أيلول/سبتمبر ٢٠١٧]

تتعاون المكسيك مع الفريق العامل المعني باستدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد ضمن إطار أفرقة الخبراء الأربعة: فريق الخبراء ألف، المعني بالاستخدام المستدام للفضاء في دعم التنمية المستدامة على الأرض؛ وفريق الخبراء باء، المعني بالحطام الفضائي؛ وفريق الخبراء جيم، المعني بطقس الفضاء؛ وفريق الخبراء دال، المعني بوضع قواعد تنظيمية وإرشادات للجهات الفاعلة في ميدان الفضاء.

وفي هذا الصدد، وفيما يخص البحوث الوطنية المتعلقة بالحطام الفضائي، ووفقاً للممارسة المتبعة بشأن إزالة الحطام، تقوم جامعة المكسيك الوطنية المستقلة، من خلال معهد الهندسة ومركز التكنولوجيا الراقية التابع له، بعمل يهدف إلى التخطيط لبعثات مقبلة تركز على الاستدامة.

ويشمل هذا العمل كشف الجسيمات الفضائية، ووضع نماذج رياضية لتولّد الحطام، وقياس ذلك الحطام وإعداد خطط للحماية منه. كما تعمل الجامعة المذكورة على إنشاء حجرة انفراسي و حجرة إشعاع كهرومغناطيسي لاختبار السواتل وقدرتها على تحييد تلك التدخلات من أجل الحد من احتمال حدوث قصور في أدائها أثناء العمليات الفضائية فتصبح حطاماً فضائياً. وتعمل الجامعة أيضاً على استحداث وحدات دسر تعمل بالطاقة الكهربائية لضمان أن تغادر السواتل مدارها متى بلغت نهاية عمرها التشغيلي وأن تعود إلى الغلاف الجوي للأرض وتحلل، مما يحول دون تولّد حطام فضائي إضافي.

وفيما يتعلق برصد الحطام الفضائي ضماناً لأمان المرافق الفضائية، شاركت جامعة سينالوا المستقلة، من خلال استعمال مقرهما، في جهود دولية تقودها الشبكة الدولية للأرصاء البصرية العلمية. ويرصد الحطام الفضائي منذ عام ٢٠١٢، ويكتشف كل سنة نحو اثني عشر جسماً جديداً، منها شظايا وسواتل مفقودة كانت قد غادرت مدارها الثابت بالنسبة للأرض. وانضم إلى تلك الجهود أيضاً مركز البحوث المتعلقة بالعلوم الفيزيائية والرياضية، التابع لجامعة نويفو ليون المستقلة، الذي يمثل جزءاً من المشروع الدولي لرصد الحطام الفضائي، المؤلف من شبكة تضم ٢٥ مرصداً في أكثر من ١٥ بلداً ويتولى تنسيقه معهد كيلديش، التابع للأكاديمية العلوم الروسية.

وتسير كل الأنشطة المذكورة أعلاه وفقاً للوائح تنظيمية دولية، مثل المبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي، الصادرة عن لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي، وتوصية الاتحاد الدولي للاتصالات ITU-R S 1003 ("حماية بيئة المدار الثابت بالنسبة للأرض")، ومعايير المدونة الأوروبية لقواعد السلوك الخاصة بتخفيف الحطام الفضائي، والمعايير ٢٤١١٣ (النظم الفضائية: متطلبات تخفيف الحطام الفضائي) الصادر عن المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس. وشاركت المكسيك أيضاً، إلى جانب ألمانيا وتشيكيا وكندا، في المبادرة الرامية إلى إعداد خلاصة لمعايير تخفيف الحطام الفضائي، عُرضت في الدورة الثالثة والخمسين للجنة الفرعية القانونية، التابعة للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية. وهي أول وثيقة تحتوي على معلومات موجهة إلى الدول الأعضاء، بما فيها المكسيك، بشأن التدابير التنظيمية للحد من الحطام الفضائي وإزالته (انظر الصفحة ٣١ من الوثيقة A/AC.105/C.2/2014/CRP.15).

أمان الأجسام الفضائية التي تحمل على متنها مصادر قدرة نووية، والمشاكل المتعلقة باصطدامها بالحطام الفضائي

فيما يخص أمان الأجسام الفضائية التي تحمل على متنها مصادر قدرة نووية، تمثل المكسيك للمبادئ ذات الصلة باستخدام مصادر القدرة النووية في الفضاء الخارجي، وقد حافظت على موقفها بشأن عدم عسكرة الفضاء الخارجي وبشأن الاستخدام السلمي للفضاء الخارجي. وهذا الموقف محكوم بصكوك دولية مثل معاهدة حظر الأسلحة النووية في أمريكا اللاتينية (معاهدة تلاتيلولكو). والمكسيك طرف في اتفاقية الأمان النووي، التي تتناول مسألة الأمان كمسعى وقائي ومنهجي، وتجسد ما يوليه المجتمع الدولي من أهمية لضمان أن يكون استخدام الطاقة النووية مأموناً وجيد التنظيم وسليماً من الناحية البيئية.

والمكسيك، إلى جانب ما سبق ذكره، طرف في معاهدة المبادئ المنظمة لأنشطة الدول في ميدان استكشاف واستخدام الفضاء الخارجي، بما في ذلك القمر والأجرام السماوية الأخرى، التي تنص الفقرة ١ من فصلها الرابع على ما يلي:

"تتعهد الدول الأطراف بعدم وضع أية أجسام تحمل أية أسلحة نووية أو أي نوع آخر من أسلحة التدمير الشامل في أي مدار حول الأرض، أو وضع مثل هذه الأسلحة على أية أجرام سماوية أو في الفضاء الخارجي بأية طريقة أخرى."

ثالثاً – الردود الواردة من المنظمات الدولية

وكالة الفضاء الأوروبية

[الأصل: بالإنكليزية]

[٢٦ تموز/يوليه ٢٠١٧]

تقرير الإيسا السنوي عن بيئة الفضاء، المعنون *ESA's Annual Space Environment Report*

Technical Note GEN-DB-LOG-00208-OPS-GR, rev. 2 (Darmstadt, Germany, ESA Space Debris

Office, 2017)، متاح في الموقع الشبكي https://www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/

[.Environment_Report_IIR2_20170427.pdf](https://www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Environment_Report_IIR2_20170427.pdf)
