

Distr.: General  
25 October 2023  
Arabic  
Original: English



لجنة استخدام الفضاء الخارجي  
في الأغراض السلمية  
اللجنة الفرعية العلمية والتقنية  
الدورة الحادية والستون  
فيينا، 29 كانون الثاني/يناير - 9 شباط/فبراير 2024  
البند 6 من جدول الأعمال المؤقت\*  
الحطام الفضائي

## البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي وأمان الأجسام الفضائية التي تحمل على متنها مصادر قدرة نووية والمشاكل المتصلة باصطدامها بالحطام الفضائي

مذكرة من الأمانة

### أولاً - مقدمة

1- اتفقت اللجنة الفرعية العلمية والتقنية التابعة للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، في دورتها الستين، على مواصلة دعوة الدول الأعضاء والمنظمات الدولية التي لها صفة المراقب الدائم لدى اللجنة، إلى تقديم تقارير عن البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي وأمان الأجسام الفضائية التي تحمل على متنها مصادر قدرة نووية والمشاكل المتصلة باصطدام تلك الأجسام بالحطام الفضائي، والسبل التي يجري بها تنفيذ المبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي (الوثيقة A/AC.105/1279، الفقرة 99). وبناءً على ذلك، دُعيت الدول الأعضاء والمنظمات الدولية التي لها صفة مراقب دائم، في خطاب أرسل إليها في 16 آب/أغسطس 2023، إلى تقديم تقاريرها بحلول 20 تشرين الأول/أكتوبر 2023، لكي يتسنى إتاحة المعلومات الواردة فيها للجنة الفرعية العلمية والتقنية في دورتها الحادية والستين.

2- وقد أعدت الأمانة هذه الوثيقة على أساس المعلومات الواردة من سبع دول أعضاء هي ألمانيا والإمارات العربية المتحدة والجزائر وسلوفاكيا وميانمار والنمسا واليابان. وستتاح معلومات أخرى مقدمة من

\* A/AC.105/C.1/L.412



الرجاء إعادة استعمال الورق

201123 201123 V.23-20640 (A)



اليابان، تشمل أرقاماً عن الحطام الفضائي، في شكل ورقة اجتماع عند انعقاد الدورة الحادية والستين للجنة الفرعية.

## ثانياً - الردود الواردة من الدول الأعضاء

### الجزائر

[الأصل: بالفرنسية]

[18 تشرين الأول/أكتوبر 2023]

ترحب الجزائر، التي تولي اهتماماً خاصاً لهذه المسائل، بالعمل الذي يضطلع به مكتب شؤون الفضاء الخارجي من أجل تعزيز التعاون الدولي ودعم التقدم في هذا المجال، وتعرب من جديد عن تأييدها لجهود المجتمع الدولي الرامية إلى تخفيف الحطام الفضائي وحماية البيئتين المدارية ودون المدارية.

وفيما يتعلق بأمان الأجسام الفضائية التي تحمل على متنها مصادر قدرة نووية، تشارك الجزائر بنشاط في أعمال لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية وهيئتها الفرعيتين، وهي تؤيد أهداف الخطة الخمسية التي وضعها الفريق العامل المعني باستخدام مصادر القدرة النووية في الفضاء الخارجي، والتي أقرت في الدورة السادسة والستين للجنة.

ويرى بلدنا أن الدول ينبغي أن تولي اهتماماً أكبر للعواقب المحتملة لاستخدام مصادر القدرة هذه في الفضاء الخارجي، الأمر الذي قد يقوض أي شكل من أشكال استدامة أنشطة الفضاء الخارجي في الأمد البعيد والحفاظ على الفضاء بوصفه تراثاً مشتركاً للبشرية لفائدة الأجيال المقبلة.

وفي هذا الصدد، تستذكر الجزائر أحكام المادة الرابعة من معاهدة المبادئ المنظمة لأنشطة الدول في ميدان استكشاف واستخدام الفضاء الخارجي، بما في ذلك القمر والأجرام السماوية الأخرى، التي تنص على أن تتعهد الدول الأطراف في المعاهدة 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 بأيّة طريقة أخرى.

### النمسا

[الأصل: بالإنكليزية]

[18 تشرين الأول/أكتوبر 2023]

إلى جانب إجراء القياسات الروتينية للمسافات الفاصلة عن السواتل النشطة المجهزة بالعاكسات الارتجاعية المكعبية الركنية، تشارك محطة قياس المسافات الفاصلة عن السواتل بالليزر التابعة لمعهد البحوث الفضائية بالأكاديمية النمساوية للعلوم، في الوقت الحالي، في عدة أنشطة تتصل بالسلامة الفضائية. وسيؤدي تصميم وتجميع العاكسات الارتجاعية الاحتياطية من أجل استخدامها في البعثات الساتلية المقبلة دوراً حاسماً في تحديد الاتجاه وفي بعثات الإزالة في المستقبل. ويعكف معهد البحوث الفضائية على تطوير أداة لمحاكاة فوارق قياس المسافات الفاصلة عن السواتل بالليزر مع تغيير المدار، أو التدرج، أو تكوين العاكس الارتجاعي المكعب الركني. وبالإضافة إلى ذلك، تحدّد حركة التدرج والاتجاه عن طريق تحليل المنحنيات الضوئية بالفوتونات المنفردة، التي تعرض ضوء الشمس المنعكس من السواتل أو قطع الحطام الفضائي. وقد أنشئت قاعدة بيانات كبيرة تصف وتقيس أكثر من 20 قطعة مختلفة

من الحطام الفضائي. ويجري أيضا استكشاف إمكانية الجمع بين تقنيات مختلفة (مثل المنحنيات الضوئية، وقياس المسافة الفاصلة عن السواتل بالليزر، وقياس المسافات الفاصلة عن الحطام الفضائي بالليزر، ورادار التصوير) ويشار إلى هذه العملية باسم "دمج البيانات". ويعكف المعهد حاليا على تحديث محطة قياس المسافة الفاصلة عن السواتل بالليزر الموجودة في تيديه بجزيرة تينيريفي، بغرض توفير قدرات قياس المسافة الفاصلة عن الحطام الفضائي بالليزر. وجار تطوير فكرة جديدة لتصميم مقرب قائم على تكبير قطر شعاع الليزر لرصد الحطام الفضائي، وتجميع ذلك المقرب واختباره. وستُشغّل المحطة الجديدة في مبنى ذي تصميم فريد، عبارة عن قبة قائمة بذاتها مخصصة حصريا للبصريات المتعلقة بتكبير قطر شعاع الليزر من أجل رصد الحطام الفضائي. وستُشغّل الإعدادات روتينيا بطريقة الإرسال والاستقبال من موضعين، جنبا إلى جنب مقرب الاستقبال الموجود في محطة قياس المسافة الفاصلة عن السواتل بالليزر الأصلية. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات عن محطة قياس المسافات الفاصلة عن السواتل بالليزر على الموقع: [www.oaaw.ac.at/en/iwf/research/research-groups/satellite-laser-ranging](http://www.oaaw.ac.at/en/iwf/research/research-groups/satellite-laser-ranging).

## ألمانيا

[الأصل: بالإنكليزية]

[20 تشرين الأول/أكتوبر 2023]

تُجرى أنشطة بحثية بشأن المسائل المتصلة بالحطام الفضائي في ألمانيا في جميع الميادين ذات الصلة. ويشمل ذلك نمذجة بيئة الحطام الفضائي، ورصد الحطام الفضائي، وتطوير التكنولوجيا لأغراض الرصد، وإجراء دراسات بشأن آثار الاصطدام الفائق السرعة على المركبات الفضائية، وحماية المنظومات الفضائية من ارتطام النيازك الدقيقة والحطام الفضائي، فضلا عن تكنولوجيات التصميم بغرض تحقيق التلاشي. ويشترك الخبراء الألمان بنشاط في المحافل الدولية المعنية في ميدان بحوث الحطام الفضائي وأمان الفضاء، ومنها لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي والأكاديمية الدولية للملاحة الفضائية، وفي أنشطة توحيد المقاييس الدولية في ميدان الحطام الفضائي، وفي الجوانب المتعلقة بتنسيق حركة المرور في الفضاء. وتشارك الصناعة والأوساط الأكاديمية الألمانية أيضا في التطورات التكنولوجية الرامية إلى خدمة استدامة استخدام الفضاء الخارجي في الأمد البعيد وحماية الأرض.

ويتواصل الحوار مع مبادرة السواتل الصغيرة للجامعات الألمانية ومع أصحاب المصلحة الوطنيين والأوروبيين الآخرين (التي أبلغ عنها في مساهمة العام الماضي). والهدف من هذا الحوار هو الحفاظ على مستوى عال من الاستدامة في الأنشطة الفضائية الآخذة في النمو بسرعة في الجامعات وفي المنشآت الصغيرة والمتوسطة، ودعم تبادل المعارف وأفضل الممارسات. وتقدم وكالة الفضاء الألمانية الدعم للمشاريع الجارية، ونظمت حلقات عمل يقدمها خبراء عبر الإنترنت تتعلق بمواضيع تخفيف الحطام الفضائي، وشاركت في عدد من المؤتمرات.

## القياسات

يلزم تنمية القدرات على توليد واستخدام بيانات الاستشعار من أجل ترسيخ الكفاءة الوطنية في مجال مراقبة الفضاء، لأغراض منها، على سبيل المثال، وضع قائمة بالأجسام الفضائية وإجراء عمليات تحديد المدار. وقائمة الأجسام هذه هي العمود الفقري لعمليات التوعية بأحوال الفضاء. ولذلك، شرعت وكالة الفضاء الألمانية، من خلال برنامجها الوطني الممول من الوزارة الاتحادية الألمانية للشؤون الاقتصادية والعمل المناخي، في تطوير الرادار الألماني التجريبي لعمليات المراقبة والتتبع الفضائية (GESTRA). وتولى تطوير هذا النظام معهد فراونهوفر للفيزياء العالية التردد وتقنيات الرادار. وهو نظام تجريبي لمسح وتحديد المعلومات المدارية للأجسام

الفضائية الموجودة في مدار أرضي منخفض. ويُستخدم النظام حاليا للقيام بمزيد من أنشطة الاختبار والتحقق. ويمكن تشغيل النظام عن بُعد بالكامل بواسطة المركز الألماني للتوعية بأحوال الفضاء (GSSAC). ويهدف الرادار الألماني التجريبي أيضا إلى أن يكون بمثابة منصة تجريبية لتشغيل الرادار من موضعين أو مواضع متعددة، وتوفير البيانات لمؤسسات البحوث في ألمانيا لإجراء مزيد من البحوث في هذا المجال.

وقد أنشأ المركز الألماني للتوعية بأحوال الفضاء قاعدة بيانات مركزية واستضافها وقام بتشغيلها منذ عام 2019 لجمع وتبادل القياسات الواردة من اتحاد المراقبة والتتبع الفضائيين (SST) التابع للاتحاد الأوروبي، الذي يعمل بمثابة المنصة الرئيسية لتبادل البيانات لمبادرة المراقبة والتتبع الفضائيين في الاتحاد الأوروبي. وكخطوة ثانية، جار وضع قائمة أوروبية سليفة بالاستناد إلى قاعدة البيانات تلك.

وقد استبينت خيارات متعددة لزيادة أداء قياسات رادارات المراقبة الأرضية للحطام الفضائي. ويتمثل أحد الخيارات الواعدة في استخدام رادارات مراقبة متعددة في مواقع منفصلة تعمل بتكوينات ثنائية ومتعددة المواضع. ومن المتوقع أن تؤدي هذه الشبكة من الرادارات ليس إلى زيادة حجم منطقة المراقبة فحسب، بل أن تؤدي أيضا إلى قياسات أفضل للأجسام المفردة. وتجرى حاليا دراسة لمواصلة تحليل أساليب التشغيل هذه من خلال التعاون بين معهدين من معاهد فراونهوفر. وقد وضع إطار محاكاة يتيح إمكانية نمذجة مختلف تكوينات أنظمة رادار المراقبة من مواضع متعددة. وجر تطوير أول جهاز استقبال راداري لشبكة أنظمة الرادار هذه.

وقد بدأ في عام 2017 تشغيل شبكة دولية من المقاربات البصرية، تسمى شبكة المقاربات الروبوتية ذات الفتحة الصغيرة (SMARTnet)، وهي تتألف حاليا من ستة مواقع بها 12 مقاربا في المجموع. وتقع هذه المحطات في سويسرا وإسبانيا وسلوفينيا وجنوب أفريقيا وأستراليا، ويقوم المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي بتشغيل المحطتين الموجودتين في جنوب أفريقيا وأستراليا. ومن المقرر إنشاء محطة ثالثة تابعة للمركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي في شيلي في كانون الثاني/يناير 2024. وينظم المركز هذه الشبكة بالتعاون الوثيق مع معهد علوم الفلك التابع لجامعة برن، سويسرا، وهي مفتوحة لعموم الجمهور. وتستخدم الشبكة مقاربات ذات فتحات تتراوح بين 20 و80 سنتيمترا لرصد المنطقة الثابتة بالنسبة للأرض والمدارات ذات الصلة من أجل دعم البحوث المتعلقة بتجنب الاصطدام وغير ذلك من المواضيع العلمية، وتشمل بيانات عن الأجسام التي يزيد حجمها عن 30 سنتيمترا تقريبا الكائنة في مدارات متزامنة مع دوران الأرض.

ويعكف المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي أيضا على تطوير نظام معلومات بواسطة الفهرس الرئيسي للمعلومات التفاعلية للحطام، وهو قاعدة بيانات مدارية للأجسام الموجودة في مدار أرضي، وهو أمر محوري في هذا المشروع. وتعمل حاليا بكامل طاقتها وظائف رئيسية في هذا النظام، مثل ربط الأجسام ببعضها باستخدام أرصاد مستمدة من أجهزة استشعار مختلفة (مثل قياس المسافة الفاصلة عن السوائل بالرادار والعدسات البصرية والليزر)، لتوفر بذلك أول بيانات رصدية يجهزها النظام، وكذلك تحديد المدارات واستقراء المدارات. وتطبق خوارزمية تجميع للرسوم البيانية من أجل الكشف عن الأجسام الفضائية المقيمة الجديدة. ويمكن دمج بيانات المدخلات المختلفة وضمها معا فيما يتعلق بالأجسام لبلوغ حل أفضل لتحديد المدار. وعلاوة على ذلك، يجري تطوير خوارزمية فحص كاملة للكشف عن حالات التقارب الشديد بين الأجسام. وتُبرمج جميع الخوارزميات بحيث يمكن معالجة بيانات الرصد المتعلقة بما يصل إلى 100 000 جسم أنيا. وتشمل موضوعات البحوث الجارية حاليا كشف المناورات واستخلاص التخطيط الأمثل من قاعدة البيانات لتمكين أجهزة الاستشعار من إبقاء جميع الأجسام ضمن حدود دقيقة محددة.

وقد وضع المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي في جنوب ألمانيا مقاربا كبيرا من نوع Ritchey-Chrétien يبلغ قطره 1,75 متر لرصد وتحليل قطع الحطام الفضائي الصغيرة التي يبلغ حجمها بضعة سنتيمترات، في مرصد يوهانيس كيبلر، وبدأ تشغيله في عام 2023. وقد جُهز المقرب بأربع بؤر من

طراز ناسميت (Nasmyth) ومسار كوعي. وإضافة إلى ذلك، يمكن استخدامه كأحد أجهزة إرسال الليزر أو أجهزة استقبال الفوتونات المشتركة في حملات قياس المسافات بالليزر من موقعين، باستخدام أجهزة إرسال الليزر القابلة للنقل والمحوّاة (containerized). وبصفة عامة، يعمل المقرب كمنصة بحث لتطوير تكنولوجيات بصرية ليزرية جديدة ومبتكرة لتطبيقات أمان الفضاء لجميع المدارات الأرضية، بما يشمل نطاق ارتفاع المدار الأرضي المنخفض جدا. وبالإضافة إلى تطبيق التكنولوجيات البصرية الليزرية النشيطة، سيُجرى تحليل طيفي بصري ساكن للأجسام المدارية. وسيُستخدم المرصد لإجراء قياسات دينامية عالية الاستبانة للمنحنى الضوئي لأجسام الحطام، في النطاق الطيفي المرئي والقريب من الأشعة تحت الحمراء في المقام الأول، بغرض تقييم حالة الدوران والتغيرات التي تطرأ عليها، وذلك على سبيل الاستعداد للمخاطر المرتبطة ببعثات الإزالة الروبوتية المقبلة والتخفيف من حدتها. وإضافة إلى ذلك، ستجرى بحوث أساسية على المدارات الأرضية المنخفضة جدا في المرصد بالتعاون مع جامعة شتوتغارت، في إطار مركز أبحاث تعاوني تابع لمؤسسة البحوث الألمانية (DFG). وهنا، سيبتكر المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي طريقة جديدة لقياس المسافات بالليزر من أجل تحديد مسافة الأجسام الموجودة في مدار أرضي منخفض جدا ووضعيتها.

وقد طور المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي نظاما مصغرا يعمل آليا لقياس المسافات الفاصلة عن السوائل بالليزر (miniSLR). ويوفر هذا النظام دقة في قياس المسافات بالليزر بما يصل إلى بضعة سنتيمترات في البيانات الموضوعية المستمدة من السوائل الموجودة في المدار الأرضي المنخفض والمدار الأرضي المتوسط والمجهزة بعاكسات ارتجاعية. ولهذه البيانات تطبيقات عديدة في الجيوديسيا ورصد الأرض وتشغيل السوائل ورصد السوائل التي توقف تشغيلها. وقد طُوّر عنصر مُناظِر في المدار قائم على تصميم عاكس ارتجاعي خزفي غير حراري، ويمكن أن يستخدمه مشغلو السوائل كأحد حلول تتبع الحركة بواسطة الليزر. وإضافة إلى ذلك، فإن استخدام عاكسات ارتجاعية جديدة ساكنة للقياس الاستقطابي يمكن تمييزها يسمح بوسم السوائل، وهو أمر مفيد، على سبيل المثال، في حالة إطلاق مجموعات من السوائل الصغيرة وداخل تشكيلات السوائل. وتكَيّف المحطة الأرضية البصرية لنظام قياس المسافات الليزري المصغر (miniSLR) للعمل بمثابة جهاز إرسال ليزري مخصص لمكونات حمولة العاكس الارتجاعي ذي المقياس الاستقطابي. ويعكف المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي على إعداد عروض توضيحية لتكنولوجيا الوسم الزمني الدقيق (time tagging) للمسافات الفاصلة عن السوائل المقيسة بالليزر في بعثات كيوسبات المقبلة. وبوجه عام، من شأن العاكسات الارتجاعية المكعبية الركنية التي تعمل كمكونات مدارية مكَيّفة لتلائم تكنولوجيا المحطة الأرضية الخاصة بنظام قياس المسافات الليزري المصغر، أن تمكّن من نقل قدرات قياس المسافات بالليزر وتحديد المدار بدقة إلى السوائل غير الجيوديسية، وأن تسهم في استخدام المدارات المكتظة بالأجسام استخداما مستداما.

### النمذجة وتقييم المخاطر في المدار وعلى الأرض

يتمثل الهدف الرئيسي لمشروع جديد في جامعة براونشفايغ التقنية في تعزيز وتحديث النماذج القائمة التي تصف تكون الحطام الفضائي باستخدام بيانات مستقاة حديثا. ويركز المشروع بشكل خاص على بلورة وتحسين النموذج الذي يشرح عملية التشظي، بما يشمل الانفجارات والاصطدامات في الفضاء على السواء. فهذه الأحداث تثير قلقا بالغا لاحتمال تسببها في حدوث عواقب وخيمة على عمل السوائل والبعثات المأهولة بصورة آمنة، وخصوصا في المدار الأرضي المنخفض. ومن الضروري أن توضع نماذج دقيقة للحطام الناتج عن أحداث التشظي من حيث الكم والحجم والتطور المكاني والزمني، من أجل تقييم مخاطر الاصطدام. ويمتد هذا التقييم إلى ما هو أبعد من مجرد السوائل العاملة، ليشمل جميع الأجسام الموجودة في المدار. وهو يؤدي، تبعا لذلك، دورا حاسما في ضمان أمان البيئة المدارية للأرض واستقرارها في الأمد البعيد بوجه عام.

ويتركز اهتمام البحوث الأخرى الجارية حول وضع مقاييس الحرجية (criticality) المختلفة وتحديد خصائصها وتوليفها. وهذه المقاييس ضرورية لتقييم حالة بيئة الحطام الفضائي. والهدف النهائي هو إنشاء مقياس قادر على تقييم تأثير الأجسام الفردية على البيئة العامة، وتحديد المجالات المثيرة للقلق بصفة خاصة، ورصد صحة البيئة عموماً. وإضافة إلى ذلك، يجري باستمرار تعزيز الأدوات المستخدمة لمحاكاة السيناريوهات المحتملة مستقبلاً في بيئة الحطام الفضائي. وتشمل هذه التحديثات تقنيات نمذجة وقواعد بيانات جديدة، مع التركيز بوجه خاص على التصدي للتحديات الفريدة التي تطرحها التشكيلات الكبيرة.

وتواصل ألمانيا استحداث طرائق عددية متقدمة لمحاكاة أحداث تفكك المنظومات الفضائية على نطاق واسع. وأظهرت أبحاث حديثة أجريت في معهد فراونهوفر للدديناميات العالية السرعة التابع لمعهد إرنست ماخ، إمكانية تكرار آثار التشظي الناجمة عن ارتطام فائق السرعة على مواد مختلفة، باستخدام نهج محاكاة حركة فرادى الجسيمات المكونة للشظايا (discrete element method). وتعد القدرة على الرصد السلس لانتقال مادة ما من حالة صلبة إلى حالة تشظي أمراً محورياً لبحث توليد الحطام الفضائي في سيناريوهات الارتطام المعقدة. وعلى وجه التحديد، تنطوي هذه الأحداث على تفكك السوائل والمراحل العليا لمركبات الإطلاق بسبب انفجارات أو اصطدامات، وهو ما لا يمكن بحثه من خلال التجارب الأرضية. وعلى الرغم من أن التشظي الناجم عن اصطدام فائق السرعة هو الذي يحدد عملية تدمير الجسم، فإن التوصيف الكامل لخصائص حالات التشظي الكبيرة يستلزم أيضاً إجراء محاكاة واقعية للتشوهات وما يطرأ من تأثيرات على المادة مثل إجهاد الخضوع واللدونة. وهذا هو الهدف من مشروع جديد يهدف إلى ربط الرموز المطورة لمحاكاة حركة فرادى الجسيمات المكونة للشظايا، مع طرائق تلائم محاكاة سلوك المواد المستمر. والهدف العام هو توفير أداة ناجعة لمحاكاة السوائل التي تتعرض لتشظي كارثي ودراسة العواقب الناجمة على البيئة المدارية.

وقد واصل المركز الألماني لعمليات الفضاء العمل على زيادة تطوير وصيانة وتشغيل نظام برمجي لتقييم حالات التقارب بين المركبات الفضائية التي طورها المركز في عام 2009. وإلى جانب تقييم التقارب، يتميز أيضاً نظام تجنب الاصطدام التابع للمركز بتخطيط مناورات تجنب الاصطدام وإعداد منتجات تتعلق بتجنب الاصطدام. ويدعم المركز الألماني لعمليات الفضاء الكيانات الأخرى في تقييم التقارب وتجنب الاصطدام. وهو يتقاسم البيانات الساتلية المتعلقة بالتقويم الفلكي مع مقدمي الخدمات المتعلقة بالتقارب مثل اتحاد المراقبة والتنشع الفضائيين التابع للاتحاد الأوروبي ورابطة البيانات الفضائية وسرب الدفاع الفضائي الـ 18 التابع للقوات الفضائية الأمريكية، وهو يتصل بنشاط بمشغلي السوائل الآخرين من أجل تنسيق تدابير تجنب الاصطدام عند الحاجة. وعلاوة على ذلك، يعكف المركز الألماني لعمليات الفضاء على تطوير نظام البرمجيات "الصعود الآمن" (Ascent Safety (ASSET)). ويقدم هذا البرنامج أمان مسارات الإطلاق ومدارات حقن الحمولة لعمليات الإطلاق الأرضية والبحرية والجوية. وللقيام بذلك، تقم مسارات ما قبل الرحلة وأوجه عدم اليقين المرتبطة بها في غضون الأطر الزمنية لنوافذ الإطلاق بأكملها، وتُحسب مخاطر الاصطدام الفردية والتراكمية بالأجسام الفضائية المقيمة. ونتيجة لذلك، تتوافر معلومات عن تطور حرجية الاصطدام على امتداد نوافذ الإطلاق كأداة مساعدة في صنع القرارات فيما يخص جزئية الإطلاق.

### مفاهيم البعثات والتكنولوجيات ذات الصلة لزيادة الاستدامة في المدار الأرضي

استهل المركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي مشروعاً لتحفيز الاستدامة المدارية (مشروع أيون) للجمع بين الكفاءات من ميادين الفضاء والأمن والملاحة الجوية، وخصوصاً فيما يتعلق بالعمليات الساتلية، والروبوتات والأتمتة، ورصد الحطام الفضائي وقياسه، وطقس الفضاء، وأعمال الصيانة والإصلاح الملاحية الجوية في قطاع الفضاء الجوي.

وسيتواصل تحليل التكنولوجيات ذات الصلة لتناول المفاهيم والتكنولوجيات الرامية إلى زيادة الاستدامة في المدار الأرضي طوال دورة حياة السوائل والبنية التحتية المدارية، وتكفل وكالة الفضاء الألمانية حالياً بتمويلها. والمراد من تطوير مفاهيم ساتلية وعمليات تصنيع وسيناريوهات تشغيل جديدة هو تمهيد الطريق من "السوائل التي تستخدم لمرة واحدة" في الوقت الراهن إلى بنية تحتية أكثر أداء واستدامة في مدار الأرض، والتي يمكن أن تكون أيضاً بمثابة نقطة انطلاق للبعثات إلى الكواكب المجاورة لنا. وتخدم هذه التقنيات تطبيقات من قبيل ما يلي:

- (أ) على المدى القصير: إزالة الحطام الفضائي، وإطالة العمر، والتفتيش؛
- (ب) على المدى المتوسط: الإصلاح، وتعديل الحمولة، والتجميع في الموقع؛
- (ج) على المدى الطويل: التصنيع، وإعادة التدوير، والمستودعات المدارية.

وتعد الأتمتة والروبوتيات تكنولوجيات رئيسية لزيادة استقلالية المركبات الفضائية، بوسائل منها عمليات الذكاء الاصطناعي، وللممكن من تلقي أو تقديم الخدمات الروبوتية في المدار، مثل الصيانة أو الإنتاج أو إعادة التشكيل.

ويتمثل أحد الأهداف الرئيسية لهذه التكنولوجيات في إعداد الخواص الوظيفية اللازمة لسيناريو أي بعثة يلزم تحديده. وسينطوي أساساً سيناريو البعثة المذكور على مهمة الاقتراب من سائل مستهدف والتقاطه.

وثمة هدف هام آخر هو تحسين التفاعل بين التكنولوجيات المتعلقة بكشف الحطام الفضائي وتتبعه وتقييمه على الأرض، والمتعلقة بالاقتراب من جسم مستهدف والتقاطه. وستؤدي التطورات الجديدة في مجال كشف الحطام الفضائي وتحليله إلى نشوء تقنيات جديدة قادرة على توفير معلومات عن معدل دوران الهدف واتجاه دورانه، بغرض مساعدة نظم التوجيه والملاحة والتحكم والنظم الروبوتية على التقاط الهدف بكفاءة في المدار.

## اليابان

[الأصل: بالإنكليزية]

[20 تشرين الأول/أكتوبر 2023]

### لمحة عامة

يقدم هذا التقرير عرضاً للأنشطة المتصلة بالحطام التي تضطلع بها أساساً الوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء الجوي، رداً على الطلب الوارد من الأمانة. وحتى تشرين الأول/أكتوبر 2023، يجري الاضطلاع بأنشطة البحث والتطوير المتصلة بالحطام التالية:

- (أ) الإزالة النشيطة للحطام؛
- (ب) مناورات تجنب الحطام والبحوث المتعلقة بتكنولوجيا معرفة أحوال الفضاء؛
- (ج) البحوث بشأن تكنولوجيا رصد الأجسام في المدار الأرضي المنخفض والمدار الثابت بالنسبة للأرض وتحديد مدارات هذه الأجسام؛
- (د) نظام قياس الحطام المتناهي الصغر في الموقع؛
- (هـ) تطوير خزان وقود داسر مركب؛
- (و) رصد الحطام الفضائي باستخدام قياس المسافات الفاصلة عن السوائل بالليزر، وتطوير عاكس لقياس المسافات الفاصلة عن السوائل بالليزر للأغراض العامة.

## الحالة

## الإزالة النشيطة للحطام

وضعت الوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء الجوي (الوكالة اليابانية) برنامجا بحثيا بهدف تنفيذ بعثات منخفضة التكلفة للإزالة النشيطة للحطام. وتتناول أنشطة البحث والتطوير الخاصة بالتكنولوجيات الرئيسية للإزالة النشيطة للحطام المواضيع الرئيسية الثلاثة التالية: الالتقاء بالأجسام غير المتعاونة، وتكنولوجيا التقاط الأهداف غير المتعاونة، وتكنولوجيا إخراج الأجسام من المدار لإزالة أجزاء الحطام الفضائي الكبيرة السليمة. وفي محاولة لتوفير هذه التكنولوجيات الرئيسية الأساسية، تتعاون الوكالة اليابانية مع شركات يابانية خاصة لتمكين القيام ببعثات منخفضة التكلفة للإزالة النشيطة للحطام على أساس تجاري.

وعلاوة على ذلك، تولت الوكالة اليابانية الدور القيادي في البرنامج الاستعراضى لإزالة الحطام تجاريا (CRD2). ويتألف هذا البرنامج من مرحلتين ويهدف إلى تنفيذ بعثات إزالة نشيطة للحطام بالشراكة مع شركات القطاع الخاص. وفي المرحلة الأولى من البرنامج، من المقرر أن تُعرض التكنولوجيات الرئيسية في هذا المجال، مثل الالتقاء بالأجسام غير المتعاونة وعملية التقارب وفحص جاهزية المرحلة الثانية من مركبة الإطلاق H-IIA، في السنة المالية اليابانية 2023. وفي المرحلة الثانية، من المقرر أن تُعرض عملية الإزالة النشيطة للحطام للمرحلة الثانية من مركبة الإطلاق H-IIA بعد السنة المالية اليابانية 2026. واختيرت شركة Astroscale Japan Inc. من خلال مسابقة مفتوحة في شباط/فبراير 2020 كشريك للمرحلة الأولى.

## مناورات تجنب الحطام والبحوث المتعلقة بتكنولوجيا معرفة أحوال الفضاء

تتلقى الوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء الجوي (الوكالة اليابانية) بانتظام من مركز العمليات الفضائية المشتركة إشعارات بشأن التقارب. وفي عام 2022، نفذت الوكالة اليابانية مناورتين لتجنب اصطدام إحدى مركباتها الفضائية بحطام فضائي في المدار الأرضي المنخفض. وتتعترف الوكالة اليابانية، بوصفها مشغل نشط للسواتل، بالمخاطر المتصاعدة للتقارب الناجم عن الحطام الفضائي، في بيئة الفضاء الآخذة في التدهور باستمرار.

## التكنولوجيا الأساسية للتوعية بأحوال الفضاء

وضعت وزارة الدفاع والوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء الجوي نظاما للتوعية بأحوال الفضاء، يعمل بكامل طاقته منذ نيسان/أبريل 2023. ويشمل النظام العناصر التالية:

- (أ) الرادار: وضعت الوكالة اليابانية تصميمًا هندسيًا لرادار جديد للمدار الأرضي المنخفض، يمكنه اكتشاف الأجسام من فئة الـ 10 سنتيمترات على ارتفاع 650 كيلومترا؛
- (ب) المقارِب: قامت الوكالة اليابانية بتجديد مقارِبها من فئة 1 متر و50 سنتيمترا من أجل زيادة قدرتها على رصد الحطام الفضائي في المدار المرتفع، بما في ذلك المدار الثابت بالنسبة للأرض؛
- (ج) نظام التحليل: أدخلت الوكالة اليابانية نظاما جديدا لتحليل بيانات الرصد المستمدة من أجهزة الرادار والمقارِب. وهذا النظام مفيد في إجراء تقييمات للمخاطر وصوغ خطط تجنب الاصطدام في الحالات التي يقترب فيها الحطام الفضائي من سواتل الوكالة اليابانية.

وقد استحدثت الوكالة اليابانية أيضا أداة لدعم تخطيط مناورات تجنب الحطام بمجرد تلقيها رسائل بيانات تفيد بوجود تقارب، من مركز العمليات الفضائية المشتركة. ومنذ آذار/مارس 2021، أتاحت الوكالة اليابانية الأداة، دون أي تكلفة، لجميع مشغلي السواتل عبر موقعها الشبكي.



ومن المتوقع أن تبسط هذه الأداة عملية مناورات تجنب الحطام وأن تقلل من عبء العمل ذي الصلة. وما زالت الوكالة اليابانية ملتزمة بتقديم الدعم المستمر لهذه المبادرة.

### البحوث بشأن تكنولوجيا رصد الأجسام في المدار الأرضي المنخفض والمدار الثابت بالنسبة للأرض وتحديد مدارات هذه الأجسام

عادة ما تُرصد الأجسام في المدار الأرضي المنخفض بواسطة نظام رادار بصورة رئيسية، ولكن الوكالة اليابانية شرعت منذ فترة في تطوير نظام بصري لخفض تكاليف تشييد نظم الرادارات وتكاليف تشغيلها. وتبعاً لذلك، تم تطوير جهاز استشعار مكمل كبير يستخدم أشباه الموصلات المصنوعة من أكسيد فلزي (CMOS) لرصد المدار الأرضي المنخفض. وتحليلات البيانات التي يوفرها جهاز الاستشعار المذكور المزود بتكنولوجيات قائمة على وحدات معالجة الرسوم ومعالجة الصور، يمكن أن تساعد على اكتشاف الأجسام الكائنة في مدار أرضي منخفض التي يبلغ حجمها 10 سنتيمترات أو أقل. ومن أجل زيادة القدرات على رصد الأجسام الموجودة في مدار أرضي منخفض وفي مدار ثابت بالنسبة للأرض، أنشئ موقعان للرصد عن بُعد في أستراليا. وسيمكّن موقع الرصد الإضافيان المذكوران، إلى جانب مرصد جبل نيوكاسا في اليابان، من إجراء عمليات دقيقة لتحديد المدارات وتقدير ارتفاعات الأجسام الموجودة في مدار أرضي منخفض باستخدام البيانات المستمدة من الموقعين في أستراليا.

### نظام قياس الحطام المتناهي الصغر في الموقع

جهاز رصد الحطام الفضائي عبارة عن جهاز استشعار للحطام المتناهي الصغر في الموقع يركز على الحطام الذي يتراوح حجمه بين واحد من المليون (ميكرو) متر وواحد من الألف (مللي) متر في المدار. وقد أجريت آخر تجربة طيران باستخدام مركبة النقل من نوع H-II المسماة (HTV-5) Kounotori-5. والمعلومات المستمدة من القياسات الفعلية لقطع الحطام الصغيرة هذه ضرورية لفهم الكميات الهائلة من الحطام الصغير الموجودة في مدارات قريبة من الأرض فهما سليماً، لا سيما وأن هذا الحطام أصبح عامل خطر مهماً في المدار.

وتتمثل الخصائص الفريدة لجهاز رصد الحطام الفضائي في بساطة نظام الكشف الذي يعتمده والذي لا يحتاج إلى أي معايرة خاصة قبل الطيران، بالإضافة إلى سهولة تعاونه مع أجهزة الاستشعار الأخرى. ويتألف جهاز رصد الحطام الفضائي من مكونين رئيسيين هما: منطقة الكشف عن الحطام، ومناطق الدارات. وتُصنَع منطقة الكشف عن الحطام من مادة بوليميد رقيقة جداً مزودة بالآلاف من خيوط الشبكة الموصلة على نطاق 50 ميكرومتر التي يمكنها كشف قطر الحطام المتصادم الذي يتراوح حجمه بين 100 ميكرومتر وبضعة مليمتترات. ويقاس حجم الحطام المتصادم بالكشف عن عدد خطوط الشبكة التي تُقَطَع عندما يصطدم الحطام ويخترق الطبقة الرقيقة.

وتتعاون الوكالة اليابانية حالياً مع المكتب المعني ببرنامج الحطام المداري التابع للإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (وكالة ناسا) بالولايات المتحدة الأمريكية بهدف تطوير جهاز جديد لرصد الحطام الفضائي. وتتيح هذه المبادرة الفرصة الأولى لإدماج جهاز رصد حطام فضائي مع أجهزة استشعار أخرى، من قبيل جهاز استشعار الحطام التابع لوكالة ناسا، وستشتمل على قياس الحطام ليس من حيث حجمه فحسب، بل أيضاً من حيث سرعته والمواد التي يتكون منها وجوانب أخرى مختلفة ذات صلة.

## تطوير خزان وقود داسر مركب

يُصنع خزان الوقود الداسر عادة من سبائك التيتانيوم ذات النوعية الفائقة نظراً لخفة وزنها وتوافقها الكيميائي الجيد مع أنواع الوقود الداسر. إلا أن درجة انصهار تلك السبائك عالية إلى حدٍ يمنع تلاشي الخزان أثناء عودته إلى الغلاف الجوي، مما يشكل خطراً على الناس على الأرض.

وما برحت الوكالة اليابانية تعمل على مدى عدة سنوات على تطوير خزان مبطن بالألمنيوم ومغلف بمركبات كربونية ينصهر في درجات حرارية أدنى. ومن أجل إثبات جدوى ذلك الخزان، أجرت الوكالة اختبارات أساسية شملت اختباراً لمعرفة ما إذا كانت بطانة الألومنيوم متوافقة مع وقود الهيدرازين الداسر، فضلاً عن اختبار تسخين بالقوس الكهربائي.

وبعد صنع واختبار نموذج الخزان الهندسي الأقصر EM-1، صنعت الوكالة خزان EM-2 الكامل الحجم. وشكّل الخزان EM-2 مطابقاً لشكل الخزان العادي، الذي يتضمن جهازاً لإدارة الوقود الداسر. وباستخدام الخزان EM-2، أُجري اختبار للضغط، واختبار للاهتزاز (في ظروف رطبة وجافة)، واختبار للتسرب الخارجي، واختبار لدورة الضغط، واختبار لضغط الانفجار، وقد أظهرت جميعها نتائج جيدة. واكتمل بذلك استعراض التصميم الحاسم.

وتجدر الإشارة إلى أن خزان الوقود الداسر المصنوع من تركيبة من المواد يتسم بمدة صنع أقصر وتكلفة أقل مقارنة بخزان الوقود الداسر المصنوع من التيتانيوم. ويجري حالياً تقييم تجريبي وتحليلي لإمكانية تلاشيهِ أثناء عودته إلى الغلاف الجوي.

## رصد الحطام الفضائي باستخدام قياس المسافات الفاصلة عن السواتل بالليزر، وتطوير عاكس لقياس المسافات الفاصلة عن السواتل بالليزر للأغراض العامة

ما برحت الوكالة اليابانية تركز على قياس المسافات الفاصلة عن السواتل بالليزر باعتباره الطريقة الثالثة لرصد الحطام الفضائي بعد الرصد بالرادارات والمقاريب. ومن هذا المنطلق، بدأت محطة تسوكوبا لقياس المسافات الفاصلة عن السواتل بالليزر عملها في حزيران/يونيه 2023.

وفي السنوات الأخيرة، أصبح من المهم بشكل متزايد تحسين رؤية الأجسام المدارية. وتلبية لهذا الاحتياج، طورت الوكالة اليابانية عاكساً مصغراً سعره معقول لقياس المسافات الفاصلة عن السواتل بالليزر يسمى Mt.FUJI، يمكن استخدامه عالمياً في المدار الأرضي المنخفض. وتروج الوكالة اليابانية لتطبيقه على الصعيد الدولي من أجل تحسين إمكانية تتبع الأجسام الموجودة في المدار، مما يسهم مساهمة مجدية في الاستخدام المستدام للفضاء الخارجي.

## ميانمار

[الأصل: بالإنكليزية]

[6 تشرين الأول/أكتوبر 2023]

حضر ممثل عن ميانمار الجزء الرفيع المستوى من فعالية اليونسبيس+50 التي عقدت يومي 20 و 21 حزيران/يونيه 2018. وكانت هذه المشاركة في الذكرى التاريخية لمؤتمر الأمم المتحدة الأول المعني باستكشاف الفضاء الخارجي واستخدامه في الأغراض السلمية، التي دعمها مكتب شؤون الفضاء الخارجي،

موضع ترحيب وإشادة. وستبقى ميانمار عضواً في المجتمع الدولي المعني بالفضاء من أجل تعزيز استخدامات الفضاء في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

وقد قامت بالفعل حكومة جمهورية اتحاد ميانمار، باعتبارها من البلدان النامية، بصياغة منظومتي ميانمار الساتليتين وهما ميانمارسات-1 وميانمارسات-2، بهدف تحقيق تطلعاتها إلى إطلاق سائل ميانمار الوطني في الفضاء واكتساب القدرة على التحكم في أنشطة الاتصالات والبيث الوطنية الاستراتيجية. وستركز ميانمار أثناء تشغيل نظامها الساتلي على علوم وتكنولوجيا الفضاء وقانون الفضاء والسياسات المعنية بالفضاء لصالح المجتمع الإقليمي والمتعدد الأقاليم، وسوف تساهم أيضاً في إنجاز مبادرات عالمية مثل خطة التنمية المستدامة لعام 2030.

وبالنظر إلى أن مشروع سائل ميانمار الوطني ميانمارسات-3 ما زال في مرحلة التخطيط، فإن البلاد لم يواجه مسائل الحطام الفضائي ومصادر القدرة النووية والمشاكل ذات الصلة. وعلى الرغم من أن ميانمار لم تنتظر بعد في إجراء بحوث بشأن تلك المسائل، فإنها ستركز على التعاون مع المجتمع الدولي والمنظمات الدولية من أجل تطوير وتنفيذ عمليات تخفيف الحطام الفضائي، بالنظر إلى أهمية بناء بيئة آمنة وسلمية في الفضاء في الوقت الذي تعمل فيه على إحراز تقدم بشأن نظام السوائل الخاص بها.

## سلوفاكيا

[الأصل: بالإنكليزية]

[19 تشرين الأول/أكتوبر 2023]

**عمليات الرصد التي تقوم بها أجهزة الاستشعار البصرية السلوفاكية للأجسام التي يمكن أن تكون أهدافاً لبعثات الإزالة النشيطة للحطام ولرصد ظروف ما قبل العودة**

تقوم شعبة علوم الفلك والفيزياء الفلكية، التابعة لكلية الرياضيات والفيزياء والمعلوماتية بجامعة كومينيوس في براتيسلافا، بشكل منتظم وباستخدام مقراب نيوتن التابع لها الذي يبلغ قطره 0,7 متر (AG070)، بمراقبة الأجسام التي توجد في مدار أرضي منخفض والتي يحتمل أن تكون هدفاً لبعثات الإزالة النشيطة للحطام، بما يشمل أهدافاً مثل محوّل فيسبا التابع لوكالة الفضاء الأوروبية. وبالإضافة إلى ذلك، أجريت حملات مكثفة لرصد الخصائص الدينامية والدورانية للأجسام قبل أشهر وأسابيع من عودتها إلى الغلاف الجوي من أجل التنبؤ بدقة أكبر بتلاشيها. وتتلقى هذه الجهود دعماً من الصناعة السلوفاكية، التي توفر أرصاداً مستمدة من شبكة الاستشعار الخاصة بها.

**تطبيق شبكة شُهَب كل السماء السلوفاكية لرصد أحداث العودة**

تستخدم كلية الرياضيات والفيزياء والمعلوماتية بجامعة كومينيوس الأرصاد المستمدة من شبكة منظومة مدارات شُهَب كل السماء (أموس "AMOS") التابعة لها في نمذجة أحداث العودة إلى الغلاف الجوي. ويُستخدم هذا النظام للكشف الآلي عن الشُهَب وتحديد مداراتها واستخراج الأطياف الخاصة بها. وقد طورت كلية الرياضيات والفيزياء والمعلوماتية، وتُشغّل الآن، ما مجموعه 23 آلة تصوير من كاميرات أموس في جميع أنحاء العالم، منها كاميرات طيفية، توجد 7 كاميرات منها في جمهورية سلوفاكيا، و3 كاميرات في جزر الكناري (إسبانيا)، و4 كاميرات في شيلي، و3 كاميرات في هاواي (الولايات المتحدة الأمريكية)، و6 كاميرات في أستراليا، ونشرت 4 كاميرات مؤخرًا في جنوب أفريقيا. وتقوم شبكة أموس باكتشاف أحداث العودة إلى الغلاف الجوي، مما يسمح للكلية بنمذجة مسارات الشظايا التي نشأت في الغلاف الجوي وتحليل خواصها الطيفية.

وقد سُجل حدث جديد للعودة إلى الغلاف الجوي فوق سلوفاكيا في حزيران/يونيه 2023، عندما كشفت كاميرتان من كاميرات أموس في وقت واحد تفكك المرحلة العليا من صاروخ Long March 4C. ويفترض أن تؤدي التحليلات إلى تحسين المعارف بشأن الجوانب الفيزيائية للعودة إلى الغلاف الجوي وتحسين التنبؤ بغرض بقاء الشظايا وتقدير المخاطر على السكان على الأرض. وتتلقى هذه الجهود دعماً من الصناعة السلوفاكية التي توفر الخدمات اللوجستية وواجهات أجهزة الاستشعار اللازمة وتدعم تخطيط الأرصاد.

### توصيف الحطام الفضائي من خلال القياس الضوئي والتنظير الطيفي

تجري كلية الرياضيات والفيزياء والمعلوماتية بجامعة كومينيوس عدة دراسات مخصصة لتصنيف وتوصيف قطع الحطام الفضائي من أجل تحسين فهم منشأ الحطام الفضائي وآليات نشأته والآثار التي تنجم عن هذا الحطام على سماء الليل والتلوث الضوئي. ويُستخدم المقراب AGO70 للحصول على المنحنيات الضوئية والذالات المرحلية الخاصة بالحطام الفضائي. وتُستخدم هذه البيانات لتحديد الخواص العاكسة للأجسام وحجمها وشكلها. وتدرُس الكلية تطبيق أساليب التعلم الآلي لتمييز الأجسام وفقاً لخصائص سطوعها وتصنيف الأجسام الفضائية وفقاً لشكلها وخصائص الانعكاس السطحي. وباستخدام مرشحات ضوئية مختلفة من النوع الطيفي، تقوم الكلية باكتشاف خصائص الانعكاس السطحي للأجسام الفضائية كدالة للطول الموجي، وهو ما يرتبط مباشرة بخصائص المواد. وتستخدم الكاميرات الطيفية لنظام أموس للحصول على الوميض المرآوي من الأجسام الموجودة في المدار الأرضي المنخفض وأطيافها. وتوفر الأطياف المستمدة من ذلك معلومات عالية الاستبانة بشأن الخواص السطحية كدالة للطول الموجي.

### الإمارات العربية المتحدة

[الأصل: بالإنكليزية]

[29 أيلول/سبتمبر 2023]

تعترف الإمارات العربية المتحدة بالمخاطر المتزايدة التي يشكلها الحطام الفضائي في الفضاء الخارجي وعواقبه على استدامة واستقرار البيئة والأنشطة الفضائية. والواقع أن التداعيات والمخاطر المحتملة ستتصاعد تصاعداً كبيراً إذا اصطدم حطام فضائي بجسم فضائي مجهز بمصدر قدرة نووية.

وفي هذا الصدد، تعترف الإمارات العربية المتحدة بالأهمية الحاسمة للحفاظ على البيئة الفضائية لصالح جميع الأمم والأجيال المقبلة. وتحقيقاً لهذه الغاية، شاركت الإمارات العربية المتحدة بنشاط في الجهود التعاونية على المستوى الدولي، حيث شاركت في المنتديات والحوارات المخصصة لمواجهة التحديات التي يشكلها الحطام الفضائي. وتشمل هذه الجهود إصدار المبادئ التوجيهية لتخفيف من الحطام الفضائي بهدف اتباع نهج استباقي للحد من توليد الحطام الفضائي، وتتبع ورصد الأجسام الموجودة في المدار، ووضع بروتوكولات لإزالة الحطام.

وتقدم القائمة أدناه لمحة عامة عن السياسات والتشريعات والممارسات ذات الصلة.

### السياسة الوطنية للفضاء (2016)

في السياسة الوطنية للفضاء لدولة الإمارات العربية المتحدة، أُدرج الحطام الفضائي في إطار جهود الاستدامة الرامية إلى ضمان إيجاد بيئة فضائية آمنة ومستقرة تعزز استدامة الأنشطة الفضائية.

ويعبّر عن هذا الالتزام من خلال منابر مختلفة، تشمل تقديم الدعم النشط لكل من المبادرات الوطنية والدولية التي تركز على تعزيز تدابير تخفيف الحطام الفضائي.

### القانون الاتحادي رقم 12 لسنة 2019 في شأن تنظيم قطاع الفضاء

يهدف القانون إلى تنظيم القطاع الفضائي الوطني والأنشطة ذات الصلة به لضمان تطوير قطاع فضائي مزدهر وآمن. وتعزّف المادة 1 من القانون الحطام الفضائي بأنه "جسم فضائي لم يعد له أي دور أو غرض، أو بقاياها، وما ينتج عنه من مواد، أو نفايات، أو شظايا سواء في الفضاء الخارجي، بما في ذلك مدار الأرض، أو داخل الغلاف الجوي للأرض".

وتقتضي المادة 19 من القانون من المشغلين اتخاذ ما يلزم من تدابير وخطط للتخفيف من الحطام الفضائي والحد من آثاره. وعلاوة على ذلك، يتعين على المشغلين إخطار وكالة الإمارات للفضاء فوراً في حال نشوء حطام فضائي، أو التعرض لخطر محتمل الحدوث بدرجة عالية، أو فقدان السيطرة أو الاصطدام، وبالتدبير أو الخطط المتخذة للتخفيف من هذه المخاطر. وعلاوة على ذلك، يجب على المشغلين ترويض وكالة الإمارات للفضاء بتقارير دورية بشأن أي تحذيرات أو مخاطر لها علاقة بأي أجسام فضائية مشاركة في أي أنشطة فضائية مصرحة لهم.

ويمكن الاطلاع على الوثيقة الكاملة على الرابط التالي: [https://space.gov.ae/Documents/PublicationPDFFiles/POLREG/SpaceSectorFederalLaw\\_AR.pdf](https://space.gov.ae/Documents/PublicationPDFFiles/POLREG/SpaceSectorFederalLaw_AR.pdf)

### المبادئ التوجيهية للتخفيف من الحطام الفضائي (2022)

أصدرت الإمارات العربية المتحدة مؤخراً المبادئ التوجيهية للتخفيف من الحطام الفضائي. والهدف الرئيسي للمبادئ التوجيهية هو حماية البيئة واستدامة الأنشطة الفضائية من خلال تشجيع الحد من تكوين حطام فضائي جديد.

وتقتضي المبادئ التوجيهية من المشغلين تقديم خطة للتخفيف من الحطام الفضائي تأخذ في الحسبان المعايير الدولية وأفضل الممارسات العالمية مثل المعيار ISO 24113:2011: النظم الفضائية - متطلبات التخفيف من الحطام الفضائي، والتوجيهات الإرشادية للجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات المعنية بالحطام الفضائي، والمبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي التي وضعتها لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية.

ويُلزم المشغلون أيضاً بإجراء تقييمات للمخاطر وتقديم خطط للتفويض. وإضافة إلى ذلك، يجب على المشغلين إخطار وكالة الإمارات للفضاء فوراً في حالات نهاية الاستخدام الوظيفي للجسم الفضائي أو التخلص منه أو إعادة الدخول، ووقوع حادث أو واقعة للجسم الفضائي، ونشوء حطام فضائي من الجسم الفضائي. وعلاوة على ذلك، تقدم المبادئ التوجيهية مجموعة من التوصيات بشأن تدابير تخفيف الحطام الفضائي التي يمكن للمشغلين تطبيقها.

ويمكن الاطلاع على الوثيقة الكاملة على الرابط التالي: <https://space.gov.ae/Documents/PublicationPDFFiles/POLREG/SpaceDebrisMitigationGuidelines-AR.pdf>

### القدرة النووية

بالإشارة إلى قانون الفضاء الوطني، تسلط المادة 17 الضوء على أن المشغلين ملزمون بالحصول على تصريح من وكالة الإمارات للفضاء لاستخدام مصادر القدرة النووية، ويجب عليهم إبلاغ الوكالة فوراً بأي حادث أو واقعة تعرضوا لها وأي مخاطر تواجههم، وأي تدابير باشروها للحد منها أو من آثارها.

ويلاحظ أيضاً أن أي استخدام لمصادر القدرة النووية لن يصرح به بالتعاون مع الهيئة الاتحادية للرقابة النووية.