الأمم المتحدة A/AC.105/C.1/109

الجمعية العامة

Distr.: General
14 November 2014
Arabic
Original: English

لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية
اللجنة الفرعية العلمية والتقنية
الدورة الثانية والخمسون
فيينا، ٢-١٣ شباط/فبراير ٢٠١٥
البند ٧ من جدول الأعمال المؤقَّت*
الحطام الفضائي

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

مذكِّرة من الأمانة

أولاً- مقدِّمة

١- أعربت الجمعية العامة، في قرارها ٨٥/٦٩، عن قلقها العميق إزاء هشاشة بيئة الفضاء والتحدِّيات التي تواجَه في استدامة أنشطة الفضاء الخارجي على المدى الطويل، وخصوصاً أثر الحطام الفضائي الذي يمثِّل مسألةً تثير قلق جميع الأمم؛ ورأت أنَّ من الضروري أن تُولي الدول مزيداً من الاهتمام لمشكلة اصطدام الأجسام الفضائية، وبخاصة الأجسام الفضائية التي تستخدم مصادر القدرة النووية، بالحطام الفضائي، وللجوانب الأخرى المتصلة بالحطام الفضائي؛ ودعت إلى مواصلة البحوث الوطنية بشأن هذه المسألة وإلى استحداث تكنولوجيا محسَّنة لرصد الحطام

* A/AC.105/C.1/L.341.

080115 V.14-07673 (A)

الرجاء إعادة الاستعمال

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

٢- واتَّفقت اللجنة الفرعية العلمية والتقنية، في دورتها الحادية والخمسين، على أنه ينبغي مواصلة البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي، وأنه ينبغي للدول الأعضاء أن تتيح لجميع الأطراف المهتمَّة نتائج تلك البحوث، بما فيها معلومات عن الممارسات التي أثبتت نجاعتها في التقليل إلى أدنى حدٍّ من تكوُّن الحطام الفضائي (A/AC.105/1065، الفقرة ١٠٣). واتفقت اللجنة الفرعية أيضاً على أنه ينبغي دعوة الدول والمنظمات الدولية التي تتمتَّع بصفة مراقب دائم لدى اللجنة إلى تقديم تقارير عن البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي وبأمان الأجسام الفضائية التي توجد على متنها مصادر قدرة نووية، وبمشاكل اصطدام هذه الأجسام الفضائية بالحطام الفضائي، وعن السُبل التي يجري بها تنفيذ المبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي (A/AC.105/1065، الفقرة ١٠٤)؛ وبناءً على هذا الأساس صدرت دعوة في مذكَّرة شفوية مؤرَّخة ٣١ تموز/يوليه ٢٠١٤ لتقديم تلك التقارير في موعد غايته ٢٠ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٤، لكي يتسنَّى تقديم هذه المعلومات إلى اللجنة الفرعية في دورتها الثانية والخمسين.

٣- وقد أَعدَّت الأمانة هذه الوثيقة بناءً على المعلومات الواردة من ثلاث دول أعضاء - وهي ألمانيا وسويسرا والنمسا - ومن ثلاث منظمات غير حكومية تتمتَّع بصفة مراقب دائم لدى اللجنة - وهي لجنة أبحاث الفضاء ومؤسسة العالم الآمن والمجلس الاستشاري لجيل الفضاء. وسوف تُتاح المعلومات الواردة من المجلس الاستشاري والتي تتضمَّن صوراً وأرقاماً فيما تتعلق بالحطام الفضائي، في صيغة ورقة غرفة اجتماعات خلال الدورة الثانية والخمسين للجنة الفرعية التقنية والعلمية.

ثانياً- الردود الواردة من الدول الأعضاء

النمسا

[الأصل: بالإنكليزية]
[٢٠ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٤]

منذ عام ١٩٨٢، يشغِّل معهد البحوث الفضائية التابع للأكاديمية النمساوية للعلوم محطة ساتلية لقياس المسافات بالليزر (SLR) في مرصد لوستبوهل في مدينة غراتس. وتعمل

هذه المحطة نهاراً وليلاً سبعة أيام في الأسبوع على قياس المسافات بواسطة أكثر من ٦٠ ساتلاً مزوَّداً بأجهزة دقيقة عاكسة ارتجاعية للضوء إلى المصدر، ومنها مثلاً السواتل الجيوديسية الخاصة بالقياسات الأرضية، وسواتل النظم العالمية لسواتل الملاحة (GNSS) (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"، وغيرها)، وسواتل رصد الأرض، وسواتل علمية وبحثية متنوِّعة. وتُقدَّر دقة قراءة القياس في القدحة (النبضة) الليزرية المفردة بما يتراوح بين ٢ و٣ مليمترات؛ ويمكن تمييز الفوارق في المسافة نزولاً إلى ٠,٢ مليمتر. وبفضل هذه النتائج، تُعتبر المحطة الساتلية لقياس المسافات بالليزر في مرصد غراتس واحدة من أكثر محطات قياس المسافات دقةً في العالم.

وفي عام ٢٠١٢، باشرت المحطة الليزرية في غراتس اختبار القياس الليزري لمسافات أجسام الحطام الفضائي؛ حيث جرى تطوير مكاشيف فوتونية متخصِّصة قادرة على كشف وتحليل الفوتونات المفردة، وكذلك تكييف برامجية القياس الليزري للمسافات من أجل تعقُّب مسار أجسام الحطام الفضائي. وتمَّ لأول مرة قياس الفوتونات التي تعكسها على نحو متناثرٍ أجسامُ الحطام الفضائي، وذلك من أجل تعيين المسافة إلى تلك الأجسام. ومع أنَّ دقة هذه القياسات ليست بالنطاق المليمتري، باعتبار أنَّ أجسام الحطام المختارة يتراوح حجمها بين متر واحد وبضعة أمتار، فإنَّ 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، أُجريت تجربة من هذا القبيل بنجاح: حيث إنَّ الفوتونات المنبعثة من محطة غراتس عكستها على نحو متناثر أجسامُ حطام السواتل، وكُشفت في محطة قياس المسافات بالليزر في تسيمرفالد (SLR) في سويسرا، والتي عملت من أجل تحقيق هذا الغرض بتنسيق متزامن مع محطة غراتس. ويمكن توسيع مدى هذه الطريقة المنهجية دونما مشاكل ليشمل عدّة محطات أخرى مستقبِلة فقط.

ومنذ عام ٢٠١٣، باتت محطة غراتس تشارك في برنامج التوعية بأحوال الفضاء التابع لمحطة الفضاء الأوروبية. وفي السنوات المقبِلة، سوف يزداد هذا التعاون على المستويين الأوروبي والدولي.

ألمانيا

[الأصل: بالإنكليزية]
[٢٧ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٤]

في ألمانيا، يُضطلع بأنشطة البحوث بشأن المسائل المتعلقة بالحطام الفضائي في كلٍّ الميادين ذات الصلة بالموضوع، ومنها مثلاً نمذجة بيئة الحطام الفضائي، وعمليات رصد الحطام الفضائي، ودراسات عن وطأة آثار الارتطامات الفائقة السرعة على المركبات الفضائية، وحماية النظم الفضائية من ارتطامات النيازك الصغرى وجُسيمات الحطام الفضائي. ويشارك 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 المعنية بالتوحيد القياسي في ميدان التخفيف من الحطام الفضائي.

أمَّا فيما يخصُّ المشاريع الفضائية التي ترعاها إدارة الشؤون الفضائية للمركز الألماني للفضاء الجوي (DLR)، فإنَّ المقتضيات الخاصة بالتخفيف من الحطام الفضائي تُعَدَّ جزءاً لازماً من مقتضيات ضمان جودة وسلامة النواتج الخاصة بالمشاريع الفضائية التي يضطلع بها المركز الألماني. وهذه المقتضيات تضمن تنفيذ تدابير التخفيف المعترف بها دوليًّا، بما في ذلك التدابير المحدَّدة في المبادئ التوجيهية للتخفيف من الحطام الفضائي، الصادرة عن لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي والصادرة عن لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية. ومن الأهداف العامة المنشودة الحدُّ من تكوين حطام فضائي جديد، ومن ثمَّ الحدُّ من المخاطر على البعثات الفضائية الراهنة والمستقبلية وكذلك من المخاطر على حياة البشر. وتشمل التدابير المزمع اعتمادها لبلوغ تلك الأهداف المنشودة الاضطلاع بتقييم رسمي لتدابير التخفيف من الحطام الفضائي والتدابير المحددة الخاصة بتصميم الأجهزة الفضائية، وذلك من ضمن جملة أمور لمنع إطلاق أجسام الحطام ذات الصلة بالبعثات الفضائية وحالات التشظِّي وحالات الأعطال الوظيفية وكذلك الاصطدامات في المدار، إلى جانب التدابير الخاصة بتخميل الأجسام الفضائية والتخلُّص منها في نهاية عمرها الوظيفي وسلامة إعادتها.

وقد اضطُلع بعمل تطويري في المركز الألماني لعمليات الفضاء، بغية تعزيز نظام اجتناب الاصطدامات المستخدَم من أجل البعثات الساتلية المدنية الألمانية، وذلك بأدوات متنوّعة تدعم تقييم وتحليل حالات التقارب الحرِجة. وفي نهاية عام ٢٠١٣، زيدت عتبات بعثات الكويكبة الساتلية التوأمية (TerraSAR-X/Tandem-X) الرادارية ذات الفتحة

الاصطناعية، ممَّا أدى إلى زيادة الإنذارات المتلقَّاة حتى ١٠ إنذارات في اليوم. ومنذ آب/أغسطس ٢٠١٣، تمَّ تحليل ١٨٩ حَدَثاً حَرِجاً فيما يخصُّ ذينك الساتلين، وتم تنفيذ أربع مناورات لاجتناب الاصطدامات.

وأنشأ معهد الفيزياء التقنية التابع للمركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي (DLR) محطة للرصد البصري للحطام الفضائي لأغراض علمية. والمحطة مزوَّدة بمقراب من طراز دال-كيرخام (Dall-Kirkham) ١٧ بوصة وبنُظم آلات تصوير متراصَّة (هاي إند) فائقة الأداء والسرعة. ومنذ عام ٢٠١٣، بات يمكن الرصد السلبي لأجسام شتى في المدار الأرضي المنخفض صغيرة الحجم حتى ٠,١ متر، باستخدام وسائل بصرية. كما أنَّ تحليل صور مسارات تتبُّع الأجسام المكشوفة بصريًّا، وبخاصة الأجسام غير المفهرَسة، يجعل من الممكن استنباط المدارات الأوليَّة من أجل تتبُّع مسار الأجسام بدقة. وفي وضعية عمل بأسلوب التتبُّع المتواصل، يتمُّ التوصُّل إلى دقة في القياس بمقدار بوصتين في عملية متسلسلة ضمن حلقة مغلقة. ويجري حاليًّا تركيب نظام ليزري لقياس المسافات بالليزر خلال فترة تحليق الأجسام. وسوف يتيح ذلك النظام المجال، إذا ما استُخدم في توليفة تجمع بين طريقة عمله وطريقة التتبُّع البصري السلبي لمسار الأجسام، لتتبُّع ثلاثيِّ الأبعاد لمسارات الأجسام المدارية، أثناء المرور بالمحطة، بدقة قياس تصل حتى إلى بضعة أمتار.

وجارٍ حاليًّا بذل جهود من أجل تطوير شبكة محطات للرصد البصري أقامها المركز الألماني لعمليات الفضاء، بتعاون وثيق مع المعهد الفلكي التابع لجامعة بِرن، سويسرا. والقصد منها القيام بعمليات رصد متواصلة لحلقة المدار الثابت بالنسبة للأرض، تُدار مقاريبها روبوطيًّا عن بُعد. وسوف تُتيح البيانات الملتقطة الإمكانية لتتبُّع مسار مدار الأجسام التي هي أكبر حجماً من ٥٠ سنتيمتراً تقريباً في المدار الثابت بالنسبة للأرض والتنبُّؤ بذلك. وقد اختير مرصد سذَرلاند في جنوب أفريقيا ليكون الموضع الذي يُركَّب فيه أول تلك المقاريب في عام ٢٠١٥. وأُجريت أول حملةٍ من الاختبارات بنجاح، وكانت النتائج أفضل ممَّا كان متوقَّعاً.

والهدف المنشود من مشروع آخر مخطَّط له هو إنشاء حلقة وصل أوروبية من شبكة تليسكوبات فالكون. وينبغي لها أن تتيح للأوساط الجامعية والعلمية فرصاً للمشاركة في تجارب علمية وعملية مُجدية وحقيقية. وينبغي أن يُشجِّع ذلك الطلبة على الانخراط في الميدان العلمي من خلال مجموعة متنوّعة من المشاريع والمبادرات باستخدام الموارد الفريدة المتاحة ضمن الشبكة، وعلى الاضطلاع ببحوث في إطار برنامج التوعية بأحوال الفضاء، وتحسين الفهارس الخاصة بهذا البرنامج. وشبكة تليسكوبات فالكون هي شبكة عالمية من المقاريب الصغيرة الفتحة، استحدثها مركز بحوث التوعية بأحوال الفضاء، التابع لقسم

الفيزياء في جامعة أكاديمية القوى الجوية في الولايات المتحدة، بالتعاون مع شركاء من مؤسسات التعليم. وهي شبكة مشتركة مع جامعات شريكة ضمن الولايات المتحدة الأمريكية وعلى الصعيد الدولي، لأغراض التعليم والبحوث في المرحلة الجامعية قبل التخرُّج في مجالات التوعية بأحوال الفضاء، وعلم الفلك، والعلوم المجتمعية، والتكنولوجيا، والهندسة، والتواصل في ميدان علوم الرياضيات.

وبغية تطوير مقدرة مستقلة على المراقبة الفضائية، لا بدَّ لأيِّ بلد من أن يكون لديه المقدرة الأساسية على استخدام بيانات الاستشعار، وذلك على سبيل المثال من أجل وضع فهرس خاص بالأجسام الفضائية. وكخطوة أولى في هذا الصدد، يجري إعداد مشروع بشأن تطوير وتنفيذ تكنولوجيات رئيسية خاصة بوضع فهارس للحطام الفضائي. وسوف يُستخدم جهاز استشعار محاكٍ لغرض محاكاة بيانات عمليات القياس. وسوف تتيح هذه البيانات المجال لمواصلة تطوير الخصائص الوظيفية الرئيسية في العمل، ومنها مثلاً مضاهاة الأجسام وتعيين المدار وإنشاء قاعدة بيانات خاصة بالأجسام. وتكملةً لذلك، يجري التحقُّق من طرائق خاصة بتعيين المدار والانتشار في الفضاء، وذلك لإيجاد طرائق سريعة ودقيقة تكون متاحة ضمن سلسلة عمليات نظام محاكاة لمراقبة الفضاء.

وتتواصل البحوث، في معهد فراونهوفر لديناميات السرعة العالية، من أجل تحسين الخصائص التجريبية لمرفق جديد لمدفع غاز خفيف. وهذا المرفق قادر على تسريع الجزيئات التي يتراوح حجمها بين ١٠٠ ميكرمتر و٢ مليمتر إلى سرعات فائقة. والغرض من هذا المرفق هو تجريب الوصول إلى سرعات ارتطامية أعلى بالمقارنة بمرافق مدافع الغاز الخفيف القياسية، والعناية في الوقت نفسه من الحدِّ من اهتلاك المرفق. وسوف يؤدِّي ذلك إلى تحسين الأداء في تجارب اختبارات الارتطام المختبرية الخاصة بقابلية مكوّنات المركبات الفضائية للبقاء في بيئة الحطام الفضائي.

يحدث حين دخول الأجسام الفضائية مناطق من الغلاف الجوي أكثر كثافةً من غيرها، أن يولِّد الاحتكاكُ بالغلاف الجوي لكوكب الأرض حرارة من جرَّاء اشتداد سرعة الجسم الفضائي السيَّار في المدار. ويمكن أن تؤدِّي الطاقة الحرارية إلى انصهار أو تبخُّر الجسم الفضائي بكامله أو أجزاء منه، وفي حالات كثيرة يحترق الجسم الفضائي كليًّا أثناء عودته إلى الغلاف الجوي، ولكن يمكن أيضاً أن تكون أجزاء منه قادرة على البقاء أثناء عملية العودة وأن تسقط فترتطم بسطح الأرض.

وبغية تحسين فهم العملية التي تجري أثناء تشظّي جسم فضائي، وتمكين المحلِّلين من التقدير المسبَّق للمخاطر المحتمَل وقوعها على الناس والممتلكات على الأرض، جارٍ إعداد مشروع غايته تطوير طرائق التحقُّق من صحة التحليل والتقدير. وسوف يمكِّن المشروع من تحليل مسار العودة إلى الغلاف الجوي وعملية التشظّي المقترنة بها، ومن تقييم المخاطر على المناطق المسكونة من جراء سقوط قطع الأجزاء القابلة للبقاء.

وعلاوة على ذلك، يُضطلع بمشروع جار في جامعة برونشفايغ التقنية، يُعنى بتقصِّي آثار الإخراج الناشط للمركبات الفضائية من المدار في نهاية عمرها الوظيفي، وفقاً للمبادئ التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي، الصادرة عن لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، وآثار الحطام الناشط على تطور الحطام الفضائي المحتمَل في المستقبل على المدى الطويل. وفي هذا السياق، يجري تحليل مدى حرجية الأجسام الشديدة المخاطر فيما يخص وطأة آثارها على البيئة في حالة وقوع اصطدام. ويسعى هذا النهج إلى استيعاب مسار الاصطدام التعاقبي بمزيد من الدقة في الفهم. وفي إطار نشاط آخر، تُدرَس بتحليل استراتيجيات مختلفة بشأن التخلُّص من أجسام المجموعات الفضائية في المدار الأرضي المتوسط. ومن الأمور التي تحظى باهتمام خاص المخاطر الطويلة المدى المحتمل وقوعها من جرَّاء الاصطدام بين أجسام من مجموعات المركبات الفضائية المتخلَّص منها وأجسام من مجموعات فضائية أخرى أو غيرها من الأجسام التي لا تنضوي في مجموعات.

سويسرا

[الأصل: بالإنكليزية]
[٢٠ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٤]

يواصل المعهد الفلكي التابع لجامعة برن جهوده البحثية الرامية إلى تحسين فهم بيئة الحطام في الفضاء القريب من الأرض. ويستخدم المعهد مقرابه "زيمات" (ZIMAT) الذي يبلغ قطره متراً واحداً، ومقراباً روبوطيًّا صغيراً اسمه "زيمسمارت" (ZimSMART)، ومقراب "زيمسبيس" (ZimSpace)، وكلها موجودة في المحطة الأرضية السويسرية ومرصد زيمرفالد للديناميكية الأرضية بالقرب من مدينة برن، لاكتشاف الحطام الصغير الحجم وتحديد خصائصه الفيزيائية. ومن النتائج الرئيسية لهذه البحوث إعداد فهرس فريد من نوعه خاص بالحطام، الذي يتَّسم بارتفاع نسبة المساحة إلى الكتلة، الموجود في مدارات ثابتة بالنسبة للأرض ومدارات إهليلجية مرتفعة. ويجري إعداد الفهرس وتعهده بالتعاون مع وكالة الفضاء

الأوروبية ومعهد كيلديش للرياضيات التطبيقية في موسكو. ويتولّى هذا المعهد تشغيل الشبكة الدولية للأرصاد البصرية العلمية التي ظل معهد جامعة برن يتبادل معها بيانات الرصد في سياق مساعي التعاون العلمي لسنوات عديدة. وتتعاون هذه الشبكة مع مبادرة علوم الفضاء الأساسية التابعة لمكتب شؤون الفضاء الخارجي. وقد ركّزت الدراسات الحديثة العهد التي يضطلع المعهد الفلكي التابع لجامعة برن على عمليات مسح عميق بحثاً عن أجسام الحطام الصغيرة في المدارات ذات الشكل الإهليلجي الشديد، بما في ذلك مدار الانتقال إلى المدار الثابت بالنسبة للأرض والمدارات التي من نوع مدارات سواتل مولنيا. وتشير نتائج الرصد إلى وجود عدد ضخم من الأجسام "غير المعروفة" في تلك المناطق المدارية، أيْ أجساماً لا ترد في أيٍّ من الفهارس المدارية المتاحة للجمهور. ولسوف يكون لتحديد خصائص تلك الأجسام أهمية كبيرة في تحديد مصادر الحطام، وكذلك في نهاية المطاف في تصميم تدابير ذات كفاءة وذات جدوى اقتصادية للتخفيف من الحطام الفضائي. وفي عام ٢٠١٠، استُهلت دراسة للعثور على الحطام الصغير الحجم في منطقة كويكبات سواتل الملاحة. وتلك الدراسة هي الأولى من نوعها في هذه المنطقة المدارية. وتشير النتائج حتى الآن إلى حدوث تحطّم جسم كبير في منطقة مجموعات سواتل الملاحة الراهنة. وفي سبيل إثراء النقاش الدائر بشأن الإزالة النشطة للأجسام الكبيرة من المدارات الأرضية المنخفضة، يضطلع الفلكي التابع لجامعة برن ببرنامج رصد لتقييم معدلات تقلُّب أجسام الحطام الكبيرة الموجودة في مدارات على ارتفاع يتراوح بين ٧٠٠ كيلومتر و١ ٠٠٠ كيلومتر، بواسطة المنحنيات الضوئية البصرية.

كما واصل مركز الفضاء السويسري التابع لمعهد البوليتكنيك الاتحادي في لوزان (EBFL) وشركاؤه جهود البحث والتطوير في مجال الإزالة النشطة للحطام، في إطار برنامجه المسمى كلين-مي (Clean-mE). وأثناء عام ٢٠١٤، انصب التركيز في الجهود على دراسات نُظُم من أجل مواجهة التحدّيات التي تطرأ في حالات الالتقاء الفضائي غير المشمولة بتعاون. وعمل معهد لوزان المذكور بمقتضى عقد مع وكالة الفضاء الأوروبية على تقييم التجارب العملية الإيضاحية الممكن القيام بها في المدار باستخدام تكنولوجيات "كيوب سات" (CubeSat) والحدِّ من المخاطر على البعثات الكبيرة المزمع الاضطلاع بها في المستقبل من أجل إزالة أجسام الحطام الفضائي الكبيرة. وسواتل "كيوب سات" هي سواتل نانويَّة تتراوح كتلتها بين ١ كيلوغرام و١٠ كيلوغرامات. وتشمل التجارب العملية الإيضاحية لسواتل كيوب سات في المدار اختبار تكنولوجيات استشعار حالات الالتقاء، واختبار تكنولوجيات الالتقاط الشبكي. واستمرت الأنشطة الخاصة بالمستويات المنخفضة بشأن مشروع "كلين سبيس وَنْ" (CleanSpace One).

ثالثاً- الردود الواردة من المنظمات الدولية

لجنة أبحاث الفضاء

[الأصل: بالإنكليزية]
[٤ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٤]

تولَّد عن أنشطة التحليق في الفضاء طيلة أكثر من ٥٥ عاماً منذ إطلاق المركبة سبوتنك-١ في عام ١٩٥٧، عدد كبير من الأجسام التي هي من صنع الإنسان في مدار الأرض، والأكثرية الكبرى من تلك الأجسام متوقِّفة عن العمل ويُشار إليها باسم "الحطام الفضائي". وتشكِّل هذه الجمهرة الكبيرة الحجم من ذلك الحطام الفضائي خطراً يتزايد تهديده تجاه المركبات الفضائية الروبوطية منها والمأهولة. وعلى مدى العقدين الأخيرين، أدَّت أحداث الاصطدام والتحطّم الواقعة إلى تضخيم دواعي القلق بأنَّ هذه الأخطار البيئية المحتملة سوف تصبح قضية محورية في العقود المقبلة.

ومع أنَّ هنالك جهات كثيرة فاعلة في ميدان الفضاء تطبِّق حاليًّا مجموعةً متنوِّعةً من التدابير الرامية إلى الحدِّ من تكوُّن الحطام الفضائي، فإنَّ ذلك لن يكون كافياً للتحكُّم بتنامي جمهرة الحطام الفضائي في المستقبل. وذلك لأنه يوجد من قبلُ مقدار من الحطام المهمَل في مدار الأرض كافٍ لكي يسبب وقوع أحداث من التحطُّم الاصطدامي في المستقبل، حتى وإن لم تُوضع أيُّ أجسام جديدة في المدار. ومن ثمَّ فإنَّ منع حدوث اصطدامات كارثية، يكوِّن كلٌّ منها آلافاً من الشظايا الجديدة، إنما هو مصدر قلق رئيسي بالنسبة إلى تطوُّر البيئة على المدى الطويل. وتشمل الوسائل الكفيلة بمنع حدوث الاصطدامات التخفيف من الحطام الفضائي، واجتناب الاصطدامات، وإزالة الحطام من تلك البيئة، وهي عملية يطلق عليها أيضاً مصطلح "إزالة الحطام النشطة". كما أنَّ تدابير اجتناب الاصطدام تتطلَّب معرفة دقيقة بمسارات جميع الأجسام التي يمكن أن ينتج عنها اصطدام كارثي. وهذه المعرفة متاحة اليوم بخصوص عدد محدود جدًّا من الأجسام فقط. وفيما يخص إزالة الحطام النشطة، وكذلك فيما يخصُّ اجتناب الاصطدام، بما يشمل الأجسام المتوقِّفة عن العمل، من الضروري استحداث تكنولوجيات جديدة لتغيير مسارات أجسام الحطام أو لإخراجها من المدار. ومن اللازم أيضاً الاضطلاع ببحوث علمية ضخمة لاستنباط تدابير فعَّالة ومجدية اقتصاديًّا من أجل تثبيت استقرار جمهرة الحطام الفضائي.

وما فتئت لجنة أبحاث الفضاء (كوسبار) تعالج موضوع الحطام الفضائي منذ أكثر من ربع قرن من الزمان. وما زال الفريق المعني بالأنشطة الفضائية المحتمل إضرارها بالبيئة

(PEDAS) التابع للجنة أبحاث الفضاء يعقد على مدى سنوات عديدة جلسات متعدِّدة حول الحطام الفضائي في كل اجتماع من اجتماعات لجنة أبحاث الفضاء التي تعقد كل سنتين. وتعالج تلك الجلسات ما يلي (أ) تحديد خصائص بيئة الحطام الفضائي راهناً ومستقبلاً من خلال عمليات القياس والنمذجة؛ (ب) المخاطر التي تشكِّلها اصطدامات الحطام الفضائي على المركبات الفضائية؛ (ج) وسائل حماية المركبات الفضائية؛ (د) الاستراتيجيات والسياسات الرامية إلى الحدِّ من تكوُّن حطام فضائي جديد؛ (ه) الأساس العلمي والإطار التقني لاستصلاح بيئة الحطام الفضائي ممَّا يساعد على الحدِّ من تكاثر الحطام الفضائي.

وفي جلسات الفريق المذكور، في عام ٢٠١٤، جرى تقديم ٣٨ ورقة بحث حول الموضوع المحوري "الحطام الفضائي – التصدِّي لبيئة دينامية". وفي الاجتماع العلمي الحادي والأربعين للجنة أبحاث الفضاء في عام ٢٠١٦، سوف يكون الموضوع المحوري لجلسات الفريق "الحطام الفضائي: توفير الأساس العلمي اللازم للعمل"، وممَّا يُعَدُّ خطوة إلى الأمام. وسوف تتناول أربع جلسات مدة كل منها نصف يوم منجزات التقدُّم في مجالات تقييم مخاطر الاصطدام المحتمل وقوعها على البعثات الفضائية، وتقييم مخاطر الاصطدام في المدار، وتقييم مخاطر العودة إلى الغلاف الجوي، وتقنيات التخفيف من الحطام واستصلاح بيئة الحطام وفعالية تلك التقنيات فيما يتعلق باستقرار تلك البيئة على الأمد الطويل، وكذلك مواضيع رئيسية تقليدية، ومنها مثلاً عمليات الرصد الأرضي والفضائي وطرائق استغلالها، وتقنيات القياس في الموقع، ونماذج بيئة الحطام والنيازك، والمعايير والمبادئ التوجيهية الوطنية الخاصة بالتخفيف من الحطام، وتكنولوجيات أجهزة التسريع الفائقة السرعة، ومفاهيم التدريع في المدار. ويُشجَّع على وجه الخصوص تقديم أوراق بحث مشتركة بين التخصُّصات المتعدِّدة عن أحوال طقس الفضاء والأجسام القريبة من الأرض.

والتحدِّيات في مجال تثبيت استقرار الحطام الفضائي ضخمة، ولكنَّ الدول المرتادة للفضاء، والمنظمات العلمية الدولية، ومنها مثلاً لجنة أبحاث الفضاء، تكرِّس حاليًّا قدراً كبيراً من الجهود لتعزيز استدامة العمليات في الفضاء القريب من الأرض في المدى البعيد بما يعود بالفائدة على الجميع.

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

مؤسسة العالم الآمن

[الأصل: بالإنكليزية]
[٢٠ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٤]

في عام ٢٠١٤، واصلت مؤسسة العالم الآمن العمل على معالجة مسائل الحطام الفضائي والسلامة في المدار، باعتبار ذلك جزءاً من تركيزها على استدامة الأنشطة الفضائية على المدى الطويل. ومن ضمن أنشطتها المعنية بالتوعية الإعلامية، استطاعت المؤسسة تقديم شهادة أمام اللجنة الفرعية لشؤون الفضاء التابعة للجنة مجلس الشيوخ لشؤون العلم والفضاء والتكنولوجيا في الولايات المتحدة، في إطار جلسة استماع بشأن التصدي لأخطار الحطام الفضائي. وتضمَّنت تلك الشهادة المكتوبة لمحة إجمالية شاملة توضِّح مسائل أهمية التخفيف من الحطام الفضائي، وإدارة حركة المرور في الفضاء، وإزالة الحطام الفضائي واستصلاح بيئة الفضاء، والتوعية بأحوال الفضاء من أجل التقليل إلى أدنى حدٍّ من أخطار الحطام الفضائي على الأنشطة الفضائية. وقدُّمت الشهادة أيضاً إلى اللجنة الفرعية المذكورة توصيات بشأن كيفية تحسين تنفيذ حكومة الولايات المتحدة المبادئ التوجيهية الواردة في اللوائح التنظيمية الوطنية الخاصة بالتخفيف من الحطام الفضائي، وكيفية تحسين خدمات التوعية بأحوال الفضاء بغية مساعدة مشغِّلي السواتل على اجتناب الاصطدامات في الفضاء.

وعلى نحو مماثل، دأب موظفو المؤسسة بانتظام على المبادرة بإثارة مسألة الحطام الفضائي في المناقشات خلال الاجتماعات والمؤتمرات عن أغراض استخدام الفضاء الخارجي، التي قد لا تتطرَّق لولا ذلك إلى هذه المسألة. ومن بين الأمثلة على هذه المبادرات الكلمات التي أُلقيت والعروض الإيضاحية التي قُدِّمت خلال حلقة عمل عنوانها "اقتصاديات الفضاء الناشئة: الخطوات التالية صوب الازدهار"، التي عقدها محفل النقاش الدولي ويلتون بارك، واجتماع مائدة مستديرة حول تعزيز الأمن الفضائي والاستدامة الفضائية، الذي استضافه مجلس العلاقات الخارجية، ومحادثة كاشفة جرت خلال الندوة الدولية حول صناعة خدمات الطيران الفضائي الشخصية والتجارية، تناولت موضوع مسؤولية القطاع الفضائي التجاري المتنامي من أجل المشاركة بنشاط في الممارسات المعنية بالتخفيف من الحطام الفضائي.

وشارك موظفو المؤسسة في حلقة العمل الأوروبية الثالثة حول نمذجة الحطام الفضائي واستصلاح بيئته، التي عُقدت من ١٦ إلى ١٨ حزيران/يونيه ٢٠١٤. وتضمَّنت مشاركة المؤسسة التشارك في رئاسة الجلسة التي عقدت لأول مرة عن التحديات في مجالات القوانين والسياسات العامة وغيرها من المجالات غير التقنية ذات الصلة باستصلاح بيئة الحطام الفضائي،

وتقديم عرض إيضاحي عن مشروع بروتوكول لتحديد كيفية طلب الإذن بشأن التفاعل مع جسم فضائي لأغراض الاستصلاح. ويتَّبع ذلك البروتوكول المبادئ المقرَّرة في معاهدات قائمة بشأن الفضاء الخارجي من أجل إعداد قائمة بالخطوات التي يمكن أن تقوم بها دولةٌ ما بخصوص تحديد أيِّ دولة لها الولاية القضائية والسلطة على جسم فضائي ما. وفي الحالات التي لا يتسنَّى فيها تحديد ذلك، يقترح البروتوكول خطوات يمكن القيام بها بشأن إبلاغ المجتمع الدولي باعتزام الدولة معالجة جسم فضائي بطريقة آمنة ومسؤولة.

وتعاونت مؤسسة العالم الآمن، في إطار جهودها الرامية إلى تيسير المناقشات التعاونية، مع مجلس التنمية الاقتصادية في جزيرة ماوي ومع منتدى الفضاء الياباني (JSF)، على عقد حوارين بشأن مراقبة الفضاء البصرية المتقدمة (AMOS) في ماوي. وكان الغرض من الحوارين تشجيع النقاش عن مسائل السياسة العامة ذات الصلة بالتعاون والتشارك في البيانات في مجال التوعية بأحوال الفضاء. وقد عُقد الحوار الأول في طوكيو، في ٢٦ شباط/فبراير ٢٠١٤، قُبيل انعقاد ندوة منتدى الفضاء الياباني الدولية الثالثة حول التنمية الفضائية وتسخير الفضاء على نحو مستدام لصالح البشرية. وعُقد الحوار الثاني في جزيرة ماوي في ١١ أيلول/سبتمبر ٢٠١٤، أثناء مؤتمر عام ٢٠١٤ بشأن مراقبة الفضاء البصرية المتقدِّمة. وجمع الحواران معاً ممثلين للقطاع الحكومي والقطاع الخاص من بلدان متعدِّدة لمناقشة السُبل الكفيلة بتحسين التشارك في البيانات والتعاون في مجال التوعية بأحوال الفضاء.

وأخيراً، أبرزت المؤسسةُ في إطار جهودها في مجال التواصل العام بشأن قضية الحطام الفضائي، هذه القضية مجدداً في منشورها المعنوَن "استدامة استخدام الفضاء: دليل عملي" الذي تمَّ تحديثه ونشره هذا العام. ويمكن تنزيل الوثيقة مجَّاناً من الموقع الشبكي الخاص بالمؤسسة (SWF). http://www.swfound.org/media/121399/swf_space_sustainability-a_practical_guide_2014__1_.pdf.

المجلس الاستشاري لجيل الفضاء

[الأصل: بالإنكليزية]
[٧ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٤]

حالة الحطام الفضائي

منذ إطلاق الساتل الأول في عام ١٩٥٧ وحتى الآن، أخذ مدار الأرض يزداد ازدحاماً بالأجسام. فقد أطلقت بلدان ومؤسسات تجارية كثيرة مركباتها الفضائية إلى مدار حول

الأرض، ولا تزال مركبات كثيرة منها في المدار. ومن مجموع عدد الأجسام الموجودة في الفضاء، لا يزال ما نسبته ٦ في المائة فقط منها في وضعية العمل، في حين أنَّ ما نسبته ٦٠ في المائة تقريباً منها هي شظايا نتجت عن انفجارات واصطدامات. وهذه الشظايا غير المتحكَّم بها، إلى جانب قطع أخرى من الحطام الفضائي، ومنها مثلاً أجسام صواريخ مهمَلة وسواتل موقوفة عن العمل، يمكن أن تصطدم بعضها ببعض فتولِّد مزيداً من الحطام أيضاً. وهذه الدورة المتعاقبة، المعروفة باسمها الشائع بأنها "متلازمة كيسلر"، تؤدِّي إلى نموٍّ مطَّرد أُسِّيًّا في الحطام المداري مع تقدُّم الزمن، ومن ثمَّ إلى مخاطر متزايدة دائماً على الأجسام العاملة في المدار.

ويبيِّن توزُّع الحطام الفضائي وفقاً للارتفاع أنَّ مقدار الحطام الفضائي على ارتفاع ١ ٠٠٠ كيلومتر ازداد أكثر من الضعف في الفترة بين عام ٢٠٠٧ ونيسان/أبريل ٢٠١٢. وكانت الشظايا الناتجة عن اختبار النظم المضادة للسواتل، الذي أجرته الصين في عام ٢٠٠٧، والاصطدام بين ساتل الاتصالات إيريديوم ٣٣ والساتل كوزموس ٢٢٥١ في عام ٢٠٠٩، عاملين في الطفرة التي قفز بها مقدار الحطام الفضائي. وتبيِّن الحادثات الواقعة، كحادثة الاصطدام بين إيريديوم وكوزموس، أهميةَ الدور الذي يمكن أن يُعزى لاصطدام الحطام بالحطام في تغيير بيئة الحطام الفضائي.

وفي الوقت الراهن، لا يُعتبر حقل الحطام في المدار الأرضي المنخفض مستقرًّا. وبيَّنت تجارب المحاكاة أنه حتى وإن لم تتمَّ عمليات إطلاق أيِّ أجسام في المستقبل، سوف يظلُّ حقل الحطام ينمو ببطء. غير أنَّ هذا المشهد المتصوَّر تفاؤلي وغير واقعي، لأنَّ عمليات إطلاق البعثات إلى الفضاء لا يُتوقَّع لها أن تتوقَّف في أيِّ وقت قريب. ومن ثمَّ فإنَّ استمرار معدَّلات الإطلاق الاعتيادية وعدم اتخاذ تدابير بشأن التخفيف من الحطام سوف يؤدِّيان على الأرجح إلى نموٍّ كمية الحطام في المدار باطّراد أُسّي.

وتوزُّع أجسام الحطام الفضائي الأكبر كتلةً البالغ عددها ٥٠٠ جسم يجعل بالإمكان استبانة وجود مخاطر اصطدام عالية الدرجة بالنظر إلى العلاقة بين ارتفاعات الأوج وارتفاعات الحضيض في مقابل توزُّع درجات الميل لأجسام الصواريخ والمركبات الفضائية الموجودة حاليًّا في المدار الأرضي المنخفض التي لها أكبر كتلة وأكثر نواتج الاصطدامات المحتملة. وهذه الأجسام هي التي يُحتمَل على أرجح تقديرٍ أن تسبِّب اصطدامات كارثية يمكن أن تزيد من مقدار الحطام الفضائي في المدار الأرضي المنخفض، كما سبق أن شُوهد من جراء الاصطدام بين الساتلين إيريديوم وكوزموس.

المركبات الفضائية التي تحمل على متنها تكنولوجيا تستخدم مصادر قدرة نووية

هنالك ثلاثة مشاهد متصوَّرة (سيناريوهات) ينبغي النظر فيها بشأن المركبات الفضائية التي تعمل بمصادر القدرة النووية:

السيناريو ١: المركبة الفضائية مزوَّدة بمولِّدات كهربائية تعمل بالنظائر المشعَّة لتوليد القدرة على متنها وتسخين الأجهزة (مثلاً مسبارات الفضاء السحيق)؛

السيناريو ٢: المركبة الفضائية تعمل بمصادر القدرة النووية وتستخدم الطاقة المولَّدة لتزويد المركبة بالقدرة، بما في ذلك في مرحلة الإطلاق (مثلاً مشروع روفر (Rover) للصاروخ الحراري النووي وبرنامج المحرِّك النووي لتطبيقات المركبة الصاروخية (NERVA))؛

السيناريو ٣: المركبة الفضائية مصمَّمة لكي تستخدم تكنولوجيا نووية من أجل دفعها، وليس من أجل إطلاقها. ومن ثمَّ فإنَّ الدفع النووي يُستخدَم مرة واحدة فقط حالما تصبح المركبة الفضائية في المدار.

السيناريوهات ٢ و٣ يختلفان أساساً من حيث مرحلة الإطلاق، ويُنظر فيهما في القسم التالي.

السيناريو ١ هو أكثر شيوعاً ويُستخدَم في الأكثر لأغراض بعثات الفضاء السحيق. فإنَّ الطاقة التي يمكن أن تستمدَّها صفائف الخلايا الشمسية من ضوء الشمس تتناقص وفقاً لقانون التربيع العكسي؛ ومن ثمَّ فكلَّما ازدادت المسافة من الشمس، تضاءلت القدرة المتاحة للمركبة الفضائية التي تستخدم الطاقة الشمسية. أمَّا التكنولوجيا النووية فإنها توفِّر مصدراً موثوقاً للحرارة والطاقة من أجل نظم المركبات الفضائية حالما تتجاوز النقطة التي تصبح عندها صفائف الخلايا الشمسية، فيما يخصُّ جميع الأغراض العملية، عديمة الفعالية. أمَّا المولِّد الكهربائي الحراري العامل بالنظائر المشعَّة فهو أساساً يحوِّل الحرارة التي يطلقها الاضمحلال الطبيعي للمادة المشعَّة (هي عادة بلوتونيوم-٢٣٨) إلى قدرة كهربائية، باستخدام مفعول سيبك (Seebeck). وينبغي أن يُذكر أنَّ هذا ليس تفاعلاً انشطاريًّا.

وقد استخدمت بعثات عدَّة، ومنها مثلاً المختبر العلمي المرِّيخي (البعثة التي هبطت بالعربة الاستكشافية الجوَّالة كيوريوزيتي (Curiosity) روفر على المريخ) ومسابر المنظومة الشمسية، مثل فوياجر (Voyager) ١ و٢ وبايونير (Pioneer) ١٠ و١١، مولِّدات كهربائية حرارية تعمل بالنظائر المشعَّة من أجل توليد القدرة الكهربائية الموثوق وإدارة العوامل الحرارية.

وقد أُبلغ فيما مضى عن وقوع بعض الحوادث المتعلقة بالمركبات الفضائية التي تعمل بالقدرة النووية. وكان أولها الحادث الذي وقع في عام ١٩٦٤، حينما نفَّذ الساتل الملاحي TRANSIT 5BN-3 عودةً غير متحكَّم بها إلى الغلاف الجوي للأرض بعد حدوث عطل وظيفي في المعدات الإلكترونية. وقد احترق الساتل كليًّا في الطبقة العليا من الغلاف الجوي، حسبما كان مصمَّماً له، ولكن آثار ذلك الحادث على المدى الطويل على البشر من السكان يصعب تحديدها. فإنَّ أيَّ عودة على ذلك النحو ينتج عنها إطلاق شحنة حمولة زائدة من النويدات المشعَّة في الغلاف الجوي العلوي يمكن بمرور الزمن أن تتساقط باستمرار إلى مستوى سطح البحر. ولأنَّ العمر النصفي لمواد المولّدات الكهربائية الحرارية العاملة بالنظائر المشعّة طويل نمطياً (آلاف السنين)، فإنَّ من الممكن أن يكون ذلك الحادث قد سبَّب ضرراً للناس والبيئة أيضاً.

وعُزيت حادثتان أخريان معروفتان تتعلقان بمركبات فضائية تعمل بالقدرة النووية إلى مركبة بعثة أبُّولو ١٣، التي عادت إلى الغلاف الجوي وعلى متنها مولِّد كهربائي حراري بالنظائر المشعَّة ما زال يعمل بقدرته الكلِّية، وبعثة الساتل كوزموس-٩٥٤ الراداري لاستطلاع المحيطات "رورسات" (RORSAT)، الذي نفَّذ عودةً غير متحكَّم بها وتحطَّم في منطقة غير مأهولة بالسكان في منطقة الأقاليم الشمالية الغربية من كندا. وكان الساتل "رورسات" مصمَّماً لكي يحترق أثناء العودة ولكن عطلاً حدث فيه منع ذلك، ومن ثمَّ فقد تأتى عن ذلك الحادث وصول مقدار كبير من المواد النووية إلى الأرض. أمَّا المولِّد الكهربائي الحراري بالنظائر المشعّة الذي كان على متن بعثة أبولو ١٣ فقد غطس في المحيط الهادئ، ولا يزال هناك حتى هذا التاريخ. فقد استطاع تحمل وطأة العودة والارتطام، ولم يكشف انطلاق أيِّ إشعاعات منه.

وقد أدَّت هاتان الحادثتان إلى إجراء تغييرات في تصميم النظُم التي تعمل بالقدرة النووية المعدَّة لاستخدامها في النظُم الفضائية. ويجري تصميم تلك النظُم حاليًّا لكي تتحمَّل وطأة العودة والارتطام فتصل إلى الأرض سليمة من الضرر، والأهم من ذلك، من دون أن تطلِق أيَّ مواد مشعَّة. وكان المولِّد الكهربائي الحراري العامل بالنظائر المشعَّة الخاص ببعثة أبُّولو ١٣ قد صُمِّم من قبلُ على هذا النحو، ممَّا يثبت بوضوح صلاحية هذا النهج.

الإطلاق

مرحلة عملية الإطلاق هي المرحلة الأشدّ حرجيةً لبعثةٍ تشتمل على مركبة فضائية تعمل بمصدر قدرة نووية، وهي أيضاً المرحلة من البعثة التي تنطوي على أعلى احتمالات وقوع الأخطار التي قد تهدِّد عموم السكان.

وفي هذا الموضع من السياق، من المهم أيضاً تقديم مفهوم "الحرجيَّة". فالحرجيَّة تشير أساساً إلى اللحظة التي يبدأ فيها انشطارٌ في قلب وحدةٍ نووية وتبدأ النواتج العرَضية بالتراكم. وقبل لحظة الحرجية، لا تكون أيُّ نواتج عرَضية موجودة في الوقود النووي. ويُعتبر الوقود النووي مأموناً نسبيًّا مقارنة بالنواتج العرَضية، لأنه نمطيًّا باعث إشعاعات ألفا ولا يطرح مخاطر كبيرة تهدد الصحة البشرية إلاَّ إذا ابتُلع. ولكن حالما يتم بلوغ الحرجيّة، تُباشِر النواتج العرَضية بالتراكم في النظام. وذلك يطرح أخطاراً أكبر على الصحة البشرية، لأنَّ جزءاً كبيراً من تلك النواتج العرَضية هي عوامل تبعث إشعاعات بيتا وغاما، قد تسبِّب ضرراً للبشر حتى من التعرُّض الخارجي وحده.

ويستلزم السيناريو ٢ بلوغ لحظة الحرجيَّة قبل الإطلاق وتُستخدم فيه الحرارة المتأتية من التفاعل النووي لتوليد القدرة المحركة لصعود المركبة الفضائية. وقد جرى التحقق من ذلك واختباره في منتصف القرن العشرين في برنامج روفر-نيرفا (Rover-NERVA) المذكور سابقاً. غير أنَّ أيَّ عطل في الصاروخ في إطار هذا السيناريو يُحتمل أن ينتج عنه انبعاث نواتج عرَضية انشطارية. وبالمقارنة، يُفترض في السيناريو ٣ إطلاق المركبة الفضائية إلى المدار باستخدام طرائق دفع (دسر) تقليدية. ومن البديهي أنَّ انطلاق أيِّ مواد نووية، سواء قبل بلوغ الحرجية أو بعده، حدَث غير مرغوب فيه. ولكن بغية الحدِّ من شدَّة خطورة أيِّ عواقب محتملة الوقوع، فإنه ينبغي، في الوضع المثالي، ألاَّ يبلغ المفاعل النووي لحظة الحرجية إلاَّ حين يصل بأمان إلى المدار المحدّد.

البعثات إلى المدار الأرضي وأخطار الارتطام بالحطام الفضائي

إنَّ أيَّ ارتطام بحطام فضائي يجب اعتباره سيناريو كارثيًّا من أسوأ الحالات، بالنظر إلى ما ينطوي عليه من انبعاث طاقات كبيرة. وعلاوةً على ذلك، فإنَّ المثال على أسوأ الحالات قد يكون في حدوث انشراخ في الوعاء الحاوي للقلب النووي، مما يؤدِّي إلى انطلاق نواتج انشطارية في الفضاء. وفي الحالة التي يُستخدم فيها مولِّد كهربائي حراري بالنظائر المشعَّة، يُفترض أنَّ الاصطدام يؤدِّي إلى دمار المولّد وتبعثره على شكل مواد جُسيمية. وهذا لا يُعَدُّ

بالضرورة مبعث قلق بالنسبة إلى الجمهور العام أو بيئة الأرض، تبعاً لموضع حدوث الاصطدام في المدار، وذلك لأنه ما دام السحب الجوي (مقاومة الهواء) ليس عاملاً له مفعوله وما دام يمكن اعتبار المدار مستقراً، يمكن أن يُفترض عموماً أنَّ المادة النووية سوف تبقى متطايرة في الأعلى. غير أنه من الممكن أيضاً أن ينتج عن ذلك الاصطدام صدور طاقة كافية لتحريك بعض الحطام إلى مدار حيث يصبح السحب الجوي عاملاً بالفعل. إمَّا من جرَّاء الارتطام الأوَّلي وإمَّا من جرَّاء ما ينتج عن ذلك من ارتطامات ثانوية تقع في وقت لاحق.

وباعتبار ما هو معلوم عن كيفية انتشار الحطام الفضائي بحيث يشكِّل قوقعةً حول بؤرة المدار على ارتفاع المدار، فإنَّ هذا النموذج من شأنه أن يؤدِّي فعلاً إلى تكوُّن نطاق من الإشعاعات على ارتفاع مداري معيَّن.

وهذا لن يتأتَّى عنه خطر مباشر كبير يهدِّد الملاَّحين الفضائيين أو المركبة الفضائية، مع أنَّ أيَّ شخص يضطلع بنشاط خارج المركبة على الارتفاع المقصود قد يواجه أخطاراً صحية مباشرة. ولذلك فإنَّ من المحتمل أنَّ أيَّ اصطدام ينتج عنه انطلاق مواد نووية في المدار من شأنه أن يؤدِّي إلى فرض قيود على الموضع الذي يمكن القيام فيه بأنشطة خارج المركبة. غير أنه لا بدَّ أيضاً من النظر بعين الاعتبار إلى المسائل الخاصة بالسُّمعة لأنَّ الناس يرتابون في التكنولوجيات النووية. ومن ثمَّ فإنَّ وقوع حادثة من هذه الطبيعة يمكن أن يؤدِّي فعلاً إلى الاستعجال قبل الأوان في إنهاء البرامج الخاصة بالمركبات الفضائية في الوقت الراهن وفي المستقبل. ومن ثمَّ فإنَّ عواقب وقوع حادثة من هذا النحو من شأنها أن تكون وخيمة، حتى وإن لم تشكِّل أيَّ أخطار صحية داهمة.

ومن اللازم أيضاً تقدير احتمالات وقوع اصطدام بالحطام الفضائي. وقد أُجريت دراسات لتقدير حجم وكمية الحطام في المدار، ومن السهل نسبيًّا نمذجة احتمالات الارتطام بالحطام، بناءً على ذلك. والاحتمالية الإجمالية منخفضة عموماً (بمقدار 10^{-5} في السنة). غير أنَّ ترتيب درجات المخاطر، حين اقترانها بالعواقب الشديدة الخطورة المذكورة أعلاه، يمكن أن يكون مرتفعاً، وينبغي أن يدفع بأيِّ برنامج هندسي إلى اشتماله على ضمانات هامة بشأن الحيلولة دون انطلاق نويدات مشعَّة إذا ما وقع اصطدام من هذا القبيل.

التخلُّص

لا بدَّ أيضاً من أن تُوضع في الحسبان مسألة التخلُّص من المركبة الفضائية بعد إنجاز مهمة البعثة. ماذا يحدث للقلب النووي الحَرِج؟

أبسط جواب عن هذا السؤال هو نقل المركبة الفضائية إلى "مقبرة" مدارية آمنة وتركها هنالك. غير أنَّ هذا من شأنه أن يؤدِّي إلى زيادة عدد أجسام الحطام الفضائي بقدر إضافي، وتبعاً لذلك إلى زيادة مخاطر ارتطام الحطام الفضائي بالبعثات في المستقبل. وعلاوة على ذلك، فإنَّ الاصطدامات بأيٍّ من المنظومات الفضائية العاملة بالقدرة النووية المنتهي عمرها التشغيلي يمكن أن تؤدِّي إلى عواقب أخرى، ومنها مثلاً تسرُّب المواد المشعَّة في الفضاء.

وثمة حل مستدام على مدى أبعد هو عودة المنظومة الفضائية على نحو متحكَّم به. وهذا يتطلَّب أن تكون المركبة الفضائية، وخصوصاً مكوِّناتها النووية، مصمَّمة لكي تتحمَّل درجات الحرارة المرتفعة وشدَّة الضغط الإجهادي ووطأة حمولات الارتطامات أثناء مسار عملية العودة. وقد سبق القيام بذلك فيما يخصُّ المنظومات المزوَّدة بمولِّدات كهربائية حرارية تعمل بالنظائر المشعَّة تُستخدم في استكشاف الكواكب؛ ولكنه قد يرفع بشدَّة تكاليف المركبة الفضائية.

أمَّا الحالة المتعلقة بالمفاعلات النووية الناشطة (ونواتجها العرَضية الانشطارية) فتشكِّل مهمةً أكثر تحدِّياً، لأنه لا يزال من غير الواضح ما إذا كان يمكن بالفعل صنع مفاعل قادر على تحمل العودة. وذلك لأنَّ المخاطر المقترنة بنقل قلوب مصادر نووية مستهلكة إلى مقبرة مدارية مختارة تحديداً للتخلُّص من المركبة الفضائية التي تعمل بمصادر قدرة نووية، بالنظر بعين الاعتبار إلى انخفاض احتمالات وقوع اصطدامات في المستقبل، من شأنها أن تكون أدنى من المخاطر المقترنة بعودتها. ولا بدَّ من اختيار تلك المقبرة المدارية بهدف التقليل إلى أدنى حدٍّ من الاصطدامات بالحطام الفضائي والحدِّ من الأخطار المحتمل وقوعها في المستقبل.

بعثات استكشاف الفضاء السحيق

يُعَدُّ استخدامُ مركبات فضائية تعمل بمصادر قدرة نووية لاستكشاف الفضاء السحيق مقبولاً إلى حدٍّ ما أكثر من استخدامها من أجل البعثات إلى المدار الأرضي؛ وذلك لأنَّ الكفاءة الزائدة التي تتميَّز بها المولِّدات الكهربائية الحرارية العاملة بالنظائر المشعَّة علاوة على قدرة صفائف الخلايا الشمسية كلَّما ازدادت المسافة بعيداً عن الشمس تدعم استخدام مصدر القدرة النووية. وفي حين تنطوي البعثات إلى الفضاء السحيق على الأخطار نفسها المحتمل وقوعها في مرحلة الإطلاق، فإنها تقضي قدراً من الوقت أقل من ذلك في المنطقة المجاورة للشمس. وتبعاً لذلك، ينخفض احتمال أخطار حدوث الارتطام بالحطام الفضائي المقترنة ببعثات استكشاف الفضاء السحيق.

بيد أنَّ التأكُّد ممَّا إذا كانت الحالة هي هكذا بالفعل يتوقَّف على سمات مسار البعثة الفضائية. فإذا ما كان مقرَّراً أن تغادر المركبة الفضائية الأرض إلى مدار انتقال مباشر إلى وجهتها المقصودة (ونادراً ما تكون الحالة كذلك)، وكان محتملاً وقوع حادث حينذاك، فإنَّ حطام المواد المشعَّة الناتج عن ذلك من شأنه أن يبقى في مدار يُحتمل أن يتقاطع مع مدار الأرض، ممَّا يؤدِّي في نهاية المطاف إلى دخول حطام من مواد مشعَّة إلى المنطقة المجاورة للأرض.

استنتاج

إنَّ استخدام القدرة النووية في المركبات الفضائية أتاح إمكانية القيام بعدَّة بعثات فضائية هامة في الماضي (وخصوصاً بعثات استكشاف الفضاء السحيق)، ويمكن أن يستمر في تحقيق ذلك ما دام هنالك حرص على اتخاذ تدابير السلامة الضرورية. وفي هذا الصدد، يوصي المجلس الاستشاري لجيل الفضاء بما يلي:

(أ) إذا استخدمت مركبة فضائية قلباً نوويًّا، ينبغي لها أن تحمله إلى المدار وألاَّ تباشر التفاعل الانشطاري إلاَّ في المدار، وذلك بعكس استخدام الدفع النووي كوسيلة للوصول إلى المدار؛

(ب) فيما يخصُّ جميع المركبات الفضائية التي تستخدم القدرة النووية، ينبغي التشديد بصفة خاصة على قوة ومتانة نظام القدرة النووية. وينبغي وقايته من ارتطامات الحطام والضغط الإجهادي أثناء العودة ومن درجات الحرارة القصوى؛

(ج) ينبغي لبعثات الفضاء السحيق الحاملة نُظم قدرة نووية أن تستخدم مدارات انتقال غير مباشر، إذا أمكن؛

(د) ينبغي لجميع المركبات الفضائية في المدار الأرضي المنخفض، التي تستخدم نُظم مولِّدات كهربائية حرارية بالنظائر المشعّة، لدى بلوغ نهاية عمرها الوظيفي، أن تُعاد بطريقة متحكَّم بها تضمن قابلية نظام القدرة النووية للبقاء سليماً من أيِّ ضرر؛

(هـ) ينبغي لجميع المركبات الفضائية التي تستخدم مفاعلات نووية أو تستخدم مولِّدات كهربائية حرارية تعمل بالنظائر المشعَّة في مدار أرضي تزامني، لدى بلوغ نهاية عمرها الوظيفي، أن تُنقل إلى مقبرة مدارية. وينبغي اختيار هذه المقبرة المدارية بطريقة تضمن الاستقرار، أيْ عدم الاضمحلال أو عدم طرح أخطار اصطدامات محتملة، طيلة مدة العمر النصفي للوقود النووي أو حتى تصبح الإشعاعات المنبعثة عديمة الخطورة بعدُ على السكان؛

(و) بشأن كلِّ بعثة يُنظَر في مسألة استخدام القدرة النووية فيها، ينبغي أن يتوفَّر فريق مستقل يعنى بالأمان النووي (مماثل للفريق المشترك بين الوكالات المخصص لدراسة الأمان النووي في الولايات المتحدة الأمريكية) لضمان اتِّباع جميع إجراءات الأمان؛

(ز) ينبغي للجهود المعنية بالأمان أن تركِّز على التخطيط والوقاية بدلاً من التركيز على التحقيق في الحوادث.

عن المجلس الاستشاري لجيل الفضاء

المجلس الاستشاري لجيل الفضاء هو منظمة دولية غير هادفة للربح مخصَّصة للطلبة والمهنيين الشباب في قطاع الفضاء. وهي تمثِّل وجهات نظر الجيل القادم من القيادات في ميدان الفضاء لدى الهيئات المعنية في الأمم المتحدة وسائر المنظمات المختصّة بالفضاء.

وحيث إنَّ المجلس أُنشئ في بيئة الأمم المتحدة (أيْ مؤتمر الأمم المتحدة الثالث المعني باستكشاف الفضاء الخارجي واستخدامه في الأغراض السلمية)، فإنَّ عمل المجلس مع الأمم المتحدة، وخصوصاً لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، له أهمية محورية بالنسبة إلى المهمة المنوطة به. ويقدِّم المجلس مساهمات منتظمة إلى اللجنة، ويؤدِّي دوره بوصفه قناةً لإيصال آراء أعضائه.