الجمعية العامة

Distr.: General
30 November 2001
Arabic
Original: English

لجنة استخدام الفضاء الخارجي
في الأغراض السلمية

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

مذكرة من الأمانة

المحتويات

الفصل		الفقرات	الصفحة
الأول-	مقدمة	١-٢	٢
الثاني-	الردود الواردة من الدول الأعضاء		٢
	أستراليا		٢
	فنلندا		٣
	جمهورية ايران الاسلامية		٤
	جمهورية كوريا		٤
	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية		٤
	الولايات المتحدة الأمريكية		٨
الثالث-	الردود الواردة من المنظمات الدولية		١١
	ألف- الأمم المتحدة		١١
	الاتحاد الدولي للاتصالات		١١
	باء- منظمات دولية أخرى		١١
	الاتحاد الفلكي الدولي		١١

100102 V.01-89169 (A)

01-89169

أولا- مقدمة

١- اتفقت لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، في دورتها الرابعة والأربعين، على مواصلة دعوة الدول الأعضاء إلى تقديم تقارير سنوية إلى الأمين العام عن البحوث الوطنية والدولية المتعلقة بأمان الأجسام الفضائية التي تحمل على متنها مصادر قدرة نووية، وعلى ضرورة إجراء المزيد من الدراسات بشأن مسألة اصطدام الحطام الفضائي بالأجسام الفضائية الموجودة في المدار وتحمل على متنها مصادر قدرة نووية، وعلى إبقاء اللجنة الفرعية العلمية والتقنية التابعة للجنة على علم بنتائج تلك الدراسات.[1] كما أحاطت اللجنة علما باتفاق اللجنة الفرعية على ضرورة مواصلة البحوث الوطنية بشأن الحطام الفضائي وعلى أن تتيح الدول الأعضاء والمنظمات الدولية لجميع الأطراف المهتمة نتائج تلك البحوث، بما فيها المعلومات المتعلقة بالممارسات المتبعة التي ثبتت فعاليتها في التقليل إلى أدنى حد من تكوّن الحطام الفضائي (A/AC.105/761، الفقرة ١٢٧).

٢- وفي مذكرة شفوية مؤرخة ٨ آب/أغسطس ٢٠٠١، طلب الأمين العام إلى الحكومات أن تقدم اليه أي معلومات عن المسائل المذكورة أعلاه في موعد أقصاه ٣١ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٠١، لكي يتسنى عرضها على اللجنة الفرعية العلمية والتقنية في دورتها التاسعة والثلاثين. وقد أعدت الأمانة هذه المذكرة بناء على المعلومات الواردة من الدول الأعضاء حتى ٣ كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠١. أما المعلومات التي ترد بعد ذلك التاريخ فستدرج في إضافات إلى هذه الوثيقة.

ثانيا- الردود الواردة من الدول الأعضاء

أستراليا

١- يتناول تقرير أستراليا إجراءات تخفيف الحطام في سياق تشغيل المرافق المحلية للإطلاق الفضائي. ومع أنه لا توجد في البلد حالياً مرافق عامة للإطلاق الفضائي فهناك عدة اقتراحات أكيدة لإنشاء مثل تلك المرافق في المستقبل القريب. ويتناول تقرير أستراليا أيضاً الأنشطة التي اضطلع بها القطاع الخاص فيما يتعلق بتدبّر مشكلة الحطام.

ترتيبات الترخيص

٢- لا تصنع أستراليا سواتل في المرحلة الراهنة، باستثناء الساتل التجريبي الصغير FedSat 1 ، إلا أنه يساورها القلق إزاء تأثير الأنشطة التي تستخدم الوقود النووي في الفضاء، باعتبار أنها يمكن أن تصبح بلدا مطلِقا.

٣- ووفقاً لنظام الترخيص الفضائي في أستراليا، يجب على مقدمي الطلبات الإيفاء بمتطلبات أمانيّة وبيئية صارمة. وعلاوة على ذلك، لا يجوز أن تحتوي الأجسام الفضائية على أسلحة نووية أو مواد انشطارية إلا بموافقة الوزير المعني. وبهذه المجموعات الثلاث من المتطلبات القانونية، يكون النظام متشدداً ازاء وجود مصادر نووية في الحطام الفضائي.

المركز الفضائي لآسيا والمحيط الهادئ

٤- يقوم المركز الفضائي لآسيا والمحيط الهادئ حاليا بانشاء مرفق تجاري للإطلاق الفضائي في جزيرة كريسماس. وسوف يستخدم المركز مركبة الإطلاق الروسية "أوروورا" (Aurora)، التي ستتألف من ثلاث مراحل صاروخية مع مرحلة عليا خيارية، مستهدفاً اطلاق أجسام في المدار الثابت بالنسبة للأرض. ويعتزم بدء عمليات الإطلاق في عام ٢٠٠٤.

٥- وقد أنجزت حكومة أستراليا تقييماً شاملاً لتأثير مرفق الإطلاق المقترح في البيئة، وقدمت إلى الشركة المعنية عدداً من التوصيات، تناولت احتمال تكوّن حطام مداري في ظروف التشغيل الطبيعي والخلل الوظيفي، واحتمال تكوّن حطام مداري نتيجة للارتطام في المدار بالحطام الفضائي الموجود أو بنظم فضائية دوّارة أخرى، واحتمال إحداث بعض الأشياء خطرا على الأمان أو البيئة عند معاودتها الدخول الى الغلاف الجوي.

٦- ووضع المركز خطة للإدارة البيئية تتضمن استراتيجيات لتناول تلك التوصيات. وتماشياً مع دليل الإيسا الخاص بتخفيف الحطام الفضائي، الذي نشرته وكالة الفضاء الأوروبية في عام ١٩٩٩، تدعو الخطة إلى عدم طرح أي جسم لدى انفصال المرحلة ٣ أو المرحلة الصاروخية الرفّاسة المسماة "كورفيت" (Corvet). وهذا يعني عدم توليد أي حطام صغير، ومن ثم عدم إسهام الأجسام المتصلة بالرحلات الفضائية في زيادة الحطام الفضائي.

٧- ويستخدم التخميل في المرحلة الصاروخية ٣ ومرحلة "كورفيت"، إذ يزيل خطر حدوث انفجار لاحق. وهذا يفضي الى تتبع جسم واحد بدلاً من تتبع أجسام عديدة ناشئة عن انفجار غير محكوم. ومتى استخدمت مرحلة "كورفيت" وسمحت ظروف الرحلة بذلك، يمكن إخراج المرحلة ٣ من المدار باستخدام الفصل دون المداري. كما ان المرحلة الرفّاسة (كورفيت) قادرة على اخراج ذاتها من المدار عندما تسمح ظروف الرحلة بذلك.

الاقتراحات الأخرى بشأن الإطلاقات الفضائية

(1) الوثائق الرسمية للجمعية العامة، الدورة السادسة والخمسون، الملحق رقم ٢٠ والتصويب (A/56/20 و Corr.1)، الفقرة ١٠٨.

٨- لم تتبلور الاقتراحات المتبقية الرامية إلى إنشاء مرافق للإطلاقات الفضائية بدرجة كافية بحيث يمكنها أن تسدي مشورة بشأن اجراءات تخفيف الحطام.

النظم الكهرضوئية

٩- تجري شركة "Electro Optic Systems" (EOS)، وهي شركة أسترالية متخصصة في تصنيع نظم كهرضوئية للتتبع الفضائي ، بحوثاً خاصة بتفادي الحطام. وعلى مدى السنوات القليلة الماضية، استنبطت شركة EOS جيلا جديدا من أجهزة التتبع الليزرية الضوئية ومن أجل تتبع الحطام الفضائي وإعداد فهارس له. وقدمت حكومة أستراليا دعما مباشرا لأنشطة البحث والتطوير الخاصة بالتكنولوجيات الجديدة من خلال توفير التمويل وتقاسم المرافق.

١٠- وأثبتت نظم التتبع الجديدة في عمليات التجريب الشاملة قدرتها على التعقب الدقيق لجسيمات الحطام التي يبلغ مقاسها ١ سم حتى ارتفاع قدره ٨٠٠ كيلومتر. وتشمل تلك التكنولوجيا قدرة على استكشاف أعداد ضخمة من جسيمات حطامية لها ذلك المقاس لم تكن معروفة من قبل، وسيؤدي استخدام هذه التكنولوجيا الى زيادة عدد الأجسام المفهرسة من ٠٠٠ ٢٠ جسم الى ٠٠٠ ١٠٠ جسم. فالمرافق العالمية الموجودة حاليا يمكنها تتبع الحطام حتى مقاس لا يقل عن ١٠ سم، كما ان سعتها تقارب ٠٠٠ ١٥ جسم حطامي. ويجري حاليا نشر مرافق تتبع في عدة بلدان لتمكين شركة EOS من توسيع فهرس الحطام وصيانته. وتعتزم الشركة اتاحة فهرس الحطام الجديد تجاريا ابتداء من عام ٢٠٠٣.

التزام أستراليا

١١- تشعر أستراليا بالقلق إزاء المخاطر الناجمة عن الحطام الفضائي، وخصوصا فيما يتعلق بالسواتل الموجودة في المدار الثابت بالنسبة للأرض. وهي تدرك أن السنوات الأخيرة شهدت عددا من الاقترابات اللصيقة. ومن بين العواقب المترتبة على حدوث اصطدام من هذا القبيل تقلص عرض النطاق الترددي لفترات طويلة، مما يستتبع آثارا بعيدة المدى في الصناعة العالمية.

١٢- وتؤيد أستراليا ضرورة ضمان أن يبقى الفضاء آمناً وميسور المنال. وتحقيقاً لذلك، تواصل أستراليا التزامها بتأييد التدابير الرامية إلى التقليل من الآثار الضارة للحطام الموجود في الفضاء إلى أدنى حد ممكن، بما فيها تدابير التفادي والضبط والتخفيف. ولعمليات التتبع المنسقة المتكاملة والتكنولوجيات التي تيسر إخراج ما قد يشكل خطرا من السواتل والحطام من المدار ونقل تلك الاجسام إلى مدار آخر، دور هام في هذا الصدد.

فنلندا

لفنلندا عدة أنشطة وتطبيقات بحثية جارية بشأن الحطام الفضائي، وهي:

(أ) أطلقت في تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٠١وحدات من طراز DEBIE لاستشعار الحطام الفضائي ولمعالجة البيانات الخاصة به على متن ساتل PROBA؛

(ب) ستحلق DEBIE فيما بعد على متن المحطة الفضائية الدولية لتقوم بدور ذي طابع عملي أوضح؛

(ج) أجري مسح للحطام الفضائي الموجود في المدارات الأرضية المنخفضة باستخدام رادارات المرفق الأوروبي لدراسة التشتت اللامترابط (آيسكات) (قدرة الكشف المُثبتة: الأجسام التي لا يقل مقاسها عن ١ سم)، في لابلاند؛

(د) أجرت جامعة أولو، بالاشتراك مع مرصد سودانكيلي الجيوفيزيائي، دراسة لقياس الحطام الفضائي الصغير، بناء على عقد مبرم مع المركز الأوروبي للعمليات الفضائية التابع للإيسا؛

(ه) أجرت جامعة توركو مسحاً للحطام الفضائي الموجود في المدار الثابت بالنسبة للأرض باستخدام مقراب الإيسا في حزر الكناري.

جمهورية إيران الإسلامية

نظراً لما للأنشطة البشرية في الفضاء الجوي من تأثير على سلامة بيئة الأرض، أصبح الحطام الفضائي في العقود الأخيرة مشكلة ذات خطر شديد على المركبات الفضائية المدارية والمنصات الفضائية والملاحين الفضائيين الذين يقومون بالمشي في الفضاء في مدار قريب من الأرض. ويتولى اجراء البحوث المتعلقة بالحطام الفضائي في جمهورية ايران الاسلامية الفريق المعني بالحطام المداري، التابع لمعهد أبحاث الفضاء الجوي، بوصفه جزءا من المجموعة المعنية بالمعايير والبحوث القانونية الخاصة بالفضاء. ويعمل الفريق في طائفة متنوعة من المواضيع، مثل تصنيف الحطام المداري، وتحديد خصائصه وتتبعه والقوانين المتعلقة به. ومن المواضيع التي تعتزم المجموعة بحثها مستقبلا المحاكاة الرياضية ودوال احتمالات الاصطدام وتحليل المخاطر.

جمهورية كوريا

١- فيما يتعلق بأمان الأجسام الفضائية التي توجد فيها مصادر قدرة نووية، لم يسبق لجمهورية كوريا أن استخدمت مصادر قدرة نووية، ولا تعتزم استخدامها في المستقبل القريب. ومن ثم، فقد نفذت جمهورية كوريا معايير أمان الأجسام الفضائية الخالية من مصادر قدرة نووية تنفيذاً تاماً.

٢- أما بشأن الحطام الفضائي، فلا تملك جمهورية كوريا بعد مركبة إطلاق فضائي خاصة بها. وبالتالي، فلا صلة لهذه المسألة حتى الآن بالأنشطة الفضائية التي تضطلع بها الجمهورية. غير أنه ستطلق في عام ٢٠٠٥ مركبة اطلاق كورية. وفي هذه الحالة، سوف تبذل جمهورية كوريا قصارى جهودها للتقليل من تكوّن الحطام الفضائي إلى أدنى حد.

المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية

أولاً- مقدمة

١- يرد عرض لاستمرار التزام المركز الوطني البريطاني لشؤون الفضاء بمعالجة مسألة الحطام الفضائي في تقرير الاستراتيجية الفضائية للمملكة المتحدة عن (١٩٩٩-٢٠٠٢) الذي أصدره المركز. ومن الأهداف الرئيسية التنسيق مع سائر الهيئات التي تعالج أيضاً مسألة الخطر الناجم عن الحطام الفضائي. وفي هذا الصدد، ينسق المركز الأنشطة الوطنية من خلال فريق المملكة المتحدة لتنسيق شؤون الحطام الفضائي ويضمن تناسقها مع أنشطة الإيسا والدول الأعضاء فيها من خلال فريق الإيسا المعني بتنسيق شؤون الحطام الفضائي. ويسعى المركز جاهداً إلى التوصل إلى اتفاق دولي بشأن طائفة من القضايا المتعلقة بالحطام الفضائي من خلال عضويته في لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات والمعنية بالحطام الفضائي (اليادك). ويدعم المركز أيضا برنامج العمل ذا الصلة في اطار لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية.

٢- وتوفر الاجتماعات الوطنية محفلا لتنسيق جميع أنشطة المملكة المتحدة في ميدان بحوث الحطام الفضائي. ويتيح الفريق للباحثين تبادل المعلومات والأفكار، ويعزز الفرص التعاونية حيثما يتسنى ذلك. وقد عقد الاجتماع الأخير للفريق في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠١ وشاركت فيه معظم الأفرقة الرئيسية المعنية ببحوث الحطام الفضائي في قطاع الصناعة والمؤسسات الأكاديمية في المملكة المتحدة. وشملت هذه الأفرقة وكالة QinetiQ (وكالة التقييمات والبحوث الدفاعية سابقاً)، ووزارة الدفاع وشركة Astrium وشركة Century Dynamics وشركة Observatory Sciences وشركة Advanced System Architectures ومختبر راذرفورد أبلتون (Rutherford Apelton Laboratory) والجامعة المفتوحة (Open University) وجامعات كرانفيلد وأوكسفورد وساوثهامبتون.

٣- وتتولى إدارة أنشطة الإيسا المتعلقة بتنسيق شؤون الحطام الفضائي في الوقت الحاضر شبكة من المراكز المعنية بالحطام الفضائي، تضم وكالة الفضاء الإيطالية والمركز الوطني البريطاني لشؤون الفضاء والمركز الوطني الفرنسي للدراسات الفضائية والمركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي، مع ترك باب المشاركة مفتوحا لجميع أعضاء الإيسا الناشطين في مجال الحطام الفضائي.

٤- وتمثل اليادك محفلا دوليا للتعاون بشأن جميع جوانب مشكلة الحطام. وبوجه خاص، تركز الجهود المبذولة ضمن نطاق الفريق على التوصل إلى اتفاق بشأن ممارسات التخفيف الموصى بها استنادا الى تحليل تقني سليم للمشكلة . وقد شاركت المملكة المتحدة خلال السنة الماضية في اجتماع اليادك التاسع عشر الذي استضافه المركز الألماني لبحوث الفضاء الجوي في آذار/مارس ٢٠٠١. أما الاجتماع العشرون لليادك فسيستضيفه المركز الوطني البريطاني لشؤون الفضاء في جامعة ساري (Surrey) في نيسان/أبريل ٢٠٠٢.

٥- ولدى المملكة المتحدة قدرات فائقة في ميدان بحوث الحطام، ويلجأ إليها المركز الوطني بانتظام للحصول على دعم تقني ومشورة تقنية نزيهة. وأثناء العام الماضي، اضطلعت مؤسسات المملكة المتحدة بأنشطة البحث والتطوير المبينة أدناه.

ثانياً- رصد جسيمات الحطام وقياسها

ألف- نظام تصوير الحطام

٦- تقوم شركة Sira Electro-Optics Ltd بتزويد الإيسا بنظام إلكتروني لتصوير الحطام، بالتعاون مع شركة Carl Zeiss Jena. ورُكّب ذلك النظام على مقراب من طراز زايس يبلغ قطره مترا واحدا بمرصد Teide في تينيريفه. وأجريت في الفترة من كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٠ إلى تموز/يوليه ٢٠٠١ عمليات رصد تجريبية واسعة النطاق باستخدام المقراب وجهاز التصوير الذي تنتجه شركة Sira. وركزت عمليات الرصد البصرية على المدار الثابت بالنسبة للأرض والمنطقة المجاورة له، أو ما يسمى الحلقة الثابتة بالنسبة للأرض. وهذه من أكثف مناطق الفضاء استخداماً، إذ يوجد فيها زهاء ٣٠٠ مركبة فضائية عاملة. ومن المعروف أن هذه المنطقة شهدت للأسف حالات تكسّر لمرحلة صاروخية عليا ولأحد السواتل، غير أن مواقع الشظايا مجهولة إلى حد بعيد، لأن الأنشطة الروتينية لشبكة مراقبة الفضاء الأمريكية تغفل ما يوجد في المدار الثابت بالنسبة للأرض من أجسام يقل مقاسها عن متر واحد. وبفضل مقراب زايس الذي يبلغ قطره متراً واحداً، أمكن كشف عدد كبير من جسيمات الحطام وتحديد مداراتها على نحو أولي. والمقدار الحدي للرؤية بواسطة المقراب يزيد قليلا على ٢٠ (بمقياس المقراب) خلال زمن تعرّض قدره ثانيتان، مما يعني أن المقاس الأدنى للأجسام التي يمكن رصدها يتراوح بين ١٠ و٢٠ سم. وبذلك، أدت عمليات الرصد التجريبية إلى اكتشاف أعداد كبيرة من جسيمات الحطام الصغيرة في المدار الثابت بالنسبة للأرض وتحديد خصائصها جزئياً. وفي الوقت الحاضر، يوجد جهاز التصوير المتقارن الشحنات (CCD)، بما فيه الديوار، في شركة Carl Zeiss Jena لإجراء اللمسات الأخيرة. ومن المتوقع استئناف عمليات الرصد التجريبية الختامية في تينيريفه بحلول تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠١.

باء- رادار كشف الحطام

٧- أبرمت ترتيبات تعاون بين مختبر "راذرفورد أبلتون" ووكالة QinetiQ من أجل تطوير نظام راداري لكشف الحطام الفضائي ذي تردد قدره ٣ جيغا هرتز بمرصد تشيلبولتون في هامبشاير. ومع أن هذا النظام يستخدم هوائيا قابلا للتوجيه تماما ويبلغ قطره ٢٥ متراً فإن جهاز الإرسال المغنيطروني الموجود، والذي يستخدم أساساً في الأرصاد الجوية الرادارية لا يمكنه أن يكشف سوى جسيمات الحطام الأكبر حجماً. وخلال السنة الماضية، تم تركيب جهاز إرسال ذي صمام موجة مرتحلة، من شأنه أن يوفر قدرة وسطية أعلى بكثير (٧ر٢ كيلوواط مقابل ٦٠٠ واط سابقا). وسيكون النظام الجديد كامل الترابط وسيتيح كشف جسيمات يبلغ قطرها ٥ سم على مسافة لا تتجاوز ١ ٠٠٠ كم (أي في منطقة المدارات الأرضية المنخفضة). ومن المتوقع إتمام اختبار النظام الجديد في أوائل عام ٢٠٠٢.

ثالثاً- نمذجة بيئة الحطام

٨- لا تزال نمذجة بيئة الحطام وتطورها على المدى الطويل والمخاطر التي قد تسببها للنظم الفضائية المحتملة مستقبلا من أهم الأنشطة التي يقوم بها باحثو المملكة المتحدة المعنيون بالحطام. وهناك مجال بحثي هام آخر هو أثر الاستمرار في إدخال مركبات فضائية جديدة في الفضاء القريب من الأرض، وما لذلك من عواقب في بيئة الحطام.

ألف- نمذجة بيئة الحطام في المدارات الأرضية المنخفضة

٩- ركزت وكالة QinetiQ خلال السنة الماضية على دراسة تدابير تخفيف الحطام الفضائي من حيث فوائدها الطويلة الأمد في الحد من زيادة الحطام في المستقبل، وعلى تكاليف تنفيذ تلك التدابير وما لها من مخاطر على المركبات الفضائية المهمة. وقد أمكن اجراء الدراسة بفضل ما أدخل من تحسينات ملحوظة على نماذج بيئة الحطام الفضائي الطويلة الأمد، مثل نموذج IDES (الخاص بوزارة الدفاع في المملكة المتحدة) ونموذج DELTA (الخاص بالإيسا)، واستحداث أداة قائمة بذاتها، تدعى DEORBITER، لتخطيط مناورات ما بعد الرحلات وتقدير حالة الوقود الداسر. وقدم عرض خاص حول نجاعة تكاليف تدابير تخفيف الحطام الفضائي خلال اجتماع لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية الذي عقد في فيينا في شباط/ فبراير ٢٠٠١. وأجري تحليل مستفيض لتطور بيئة الحطام في المدى الطويل ولتدابير تخفيف الحطام ولكيفية حماية المركبات الفضائية لإدراجه في الصيغة المحدَّثة لدليل الإيسا الخاص بتخفيف الحطام الفضائي. وقدمت خدمات قيادة تقنية وإسهامات تقنية أخرى لإجراء دراسة دولية كبرى حول التخلص مما ينتهي عمره من سواتل موجودة في المدارات الأرضية المنخفضة من أجل وضع مبادئ اليادك التوجيهية بشأن تخفيف الحطام الفضائي.

١٠- وفي عام ٢٠٠١، بدأت جامعة ساوثهامبتون مشروع عمل جديدا يتعلق "بالحبال" الفضائية. والحبل الفضائي هو سلك طويل شديد المتانة يستخدم عادة لربط المركبات الفضائية معا. ويوفر الحبل ربطاً ميكانيكياً يسمح بنقل الطاقة وقوة الدفع من جسم إلى آخر، وبالتالي يمكن استخدامه كشكل من أشكال الدسر الفضائي. وبإمكانه أيضاً أن يتفاعل مع غلاف الأرض المغنطيسي لتوليد طاقة كهربائية أو طاقة داسرة. ويُنظر بصورة متزايدة في استخدام الحبال في المدارات الأرضية. وتركز الأنشطة الجارية في جامعة ساوثهامبتون على ديناميكا الحبال ومواطن ضعفها في بيئة الحطام الفضائي، وما للحبال ذاتها من تأثير على البيئة.

باء- نمذجة بيئة الحطام في المدارات الأرضية المرتفعة

١١- جرى توسيع النموذجين IDES و DELTA (اللذين استنبطتهما وكالة QinetiQ) ليشملا التنبؤ في آن واحد بتطور بيئة الحطام المداري في الأمد الطويل في مناطق المدارات الأرضية المنخفضة والمتوسطة والمدار المتزامن مع الأرض. وبالمثل، يمكن أيضاً التنبؤ بمخاطر الاصطدام في أي مدار أرضي (بما في ذلك المدارات الشديدة الانحراف المركزي) في المدى الطويل، استنادا الى محاكاة تامة لديناميكا أعداد الجسيمات الحطامية.

١٢- وكان الجزء الأكبر من بحوث جامعة ساوثهامبتون أثناء تلك الفترة يتعلق بالحطام الموجود في المدار الثابت بالنسبة للأرض. ويجري استحداث أداة تحليل تقوم على برامجية حاسوبية، ضمن اطار عقد مبرم برعاية مجلس المملكة المتحدة لبحوث العلوم الهندسية والفيزيائية ("تطور الحطام الفضائي في المدارات الأرضية المرتفعة في الأمد الطويل"). وسوف تتضمن تلك البرامجية، التي تسمى "برنامج تحليل ورصد الحطام الموجود في بيئة المدار المتزامن مع الأرض" (DAMAGE)، سمات وتقنيات جديدة لتقييم تطور بيئة الحطام في المدارات الأرضية المرتفعة في الأمد الطويل، والخطر الذي يتهدد النظم الدوارة في تلك المنطقة. ويشمل النموذج حالياً مجموعة مرجعية من الجسيمات التي تعبر بيئة المدار المتزامن مع الأرض، وحيزين فضائيين مرجعيين، ونموذجا حاسوبيا للانتشار المداري يبين الاضطرابات الناجمة عما تشهده الجاذبية الأرضية من تغيرات كبرى مع تغير خط العرض ومن تغيرات طفيفة مع تغير خطوط الطول، وجاذبية الشمس والقمر، وضغط الإشعاع الشمسي. وبذل الكثير من الجهد لوضع نموذج الانتشار والتحقق من صحته بتعاون وثيق مع وكالة QinetiQ. ويستمر تطوير النموذج بإضافة عدة خوارزميات خاصة بتقييم مخاطر الاصطدام ونموذج لمحاكاة الانفجارات. وتشمل تطبيقات تلك الأداة تقصي مدى استقرار البيئة واستراتيجيات التخلص من المركبات الفضائية عند انتهاء عمرها.

١٣- وخلال السنة الماضية، انتهت مجموعة من الهيئات، تضم جامعة كنت ووكالة QinetiQ ومؤسسة Onera (تولوز، فرنسا) ومعهد ماكس بلانك (هايدلبرغ، ألمانيا) وجامعة مريلاند (الولايات المتحدة الأمريكية) من تنفيذ عقد مبرم مع الإيسا من أجل

توسيع نطاق نمذجة الحطام الفضائي والعوامل البيئية الأخرى من المدارات الأرضية المنخفضة إلى المدار الثابت بالنسبة للأرض. وعلى وجه الخصوص، أجريت تقييمات كمية للتفاعلات ونمذجة لديناميكا الجسيمات. وفي إطار ذلك النشاط، جرى استنباط واختبار نموذج للتنبؤ بأعداد الجسيمات في المدار الثابت بالنسبة للأرض (DIADEM). وهذا يرتبط بالنموذج Master 99 (وهو الأداة الشاملة التي تستخدمها الإيسا لتحديد خصائص بيئة الحطام ودفق النيازك).

رابعاً- حماية المركبات الفضائية من الحطام وتقييم المخاطر

١٤- يمثل تقييم المخاطر التي تتهدد المركبات الفضائية وحماية تلك المركبات من ارتطامات الحطام الفائقة السرعة مجالا بحثيا آخر يشهد نشاطا قويا في المملكة المتحدة.

ألف- نمذجة ديمومية السواتل

١٥- انتهت وكالة QinetiQ من تطوير الصيغة الأولى (Version 1.0) لبرامجية مبتكرة، تدعى SHIELD، غرضها تقييم ديمومية تصاميم المركبات الفضائية غير المأهولة في بيئة الحطام واقتراح استراتيجيات ملائمة ناجعة التكلفة للحماية من الحطام. وأجريت مؤخراً مجموعة أولية من المحاكيات التحققية أثبتت أن النتائج المتأتية من SHIELD يمكن أن تكون موضع ثقة كبيرة. وبناء على دعوة من الاتحاد الدولي للملاحة الفضائية، قدمت في مؤتمر الاتحاد الذي عقد في البرازيل عام ٢٠٠٠ دراسة توضح بعض قدرات النموذج والنتائج المتأتية منه.

باء- محاكاة الارتطام الفائق السرعة

١٦- تواصل شركة Century Dynamics بيع برامجية النموذج الحاسوبي الهيدروديناميAUTODYN للأوساط المعنية بالفضاء في كل أنحاء العالم وتوفير خدمات الدعم الخاصة بها. ويستخدم النموذج لمحاكاة رد فعل مادة ما على ارتطام فائق السرعة. وتتعامل الشركة مع عديد من الزبائن المعنيين مباشرة بدراسات الحطام الفضائي المتعلقة بالحماية من الارتطام الفائق السرعة. وتواصل الإيسا والشركة الأوروبية للملاحة الجوية والدفاع والفضاء والإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء في الولايات المتحدة الأمريكية (ناسا) والوكالة الوطنية للتنمية الفضائية في اليابان، وكثير من الجهات المتعاقدة معها، استخدام نموذج AUTODYN. كما يستخدم النموذج على نطاق أوسع للمواد غير الفلزية، مثل الزجاج والمواد المركبة. وخلال السنة الماضية، استنبطت شركة Century Dynamics برامجية AutoShield المصممة خصيصاً للتحليل العددي لدراسات التدريع الواقي من الارتطام الفائق السرعة.

١٧- ولا تزال الشركة تساهم في الأعمال المتعاقد عليها مع الإيسا وشركة Alenia بشأن التحقق من صحة تصميم درع المحطة الفضائية الدولية الذي هو من طراز "كولومبوس". كما شاركت في تنفيذ عدة عقود أخرى متعلقة بارتطامات الحطام الفائقة السرعة بهياكل السواتل ومكوناتها.

جيم- هندسة المركبات الفضائية على نحو يقلل من مخاطر الحطام

١٨- تواصل إدارة رصد الأرض وعلوم الأرض التابعة لشركة Astrium Ltd العمل في مجال الهندسة الواقية من الحطام، الذي يعنى بهندسة نظم المركبات الفضائية وتحليل الرحلات. وهي تستخدم أدوات ناسا وبحوث الإيسا، وكذلك الأدوات المتاحة داخل الشركة، لتحليل مخاطر اصطدام السواتل بالحطام ومسألة إخراج السواتل التي ينتهي عمرها من المدار. وتتواصل البحوث المتعلقة بدروع المركبات غير المأهولة والهياكل المرتبطة بها. وشملت هذه البحوث في السنة الماضية استنباط هيكل ليفي كربوني ملفوف بسلك رقيق يولّف مع طبقات تدريع مصنوعة من "الكيفلار".

الولايات المتحدة الأمريكية

١- ظلت البحوث والعمليات المتعلقة بالحطام الفضائي في الولايات المتحدة الأمريكية ناشطة جدا في عام ٢٠٠١. وأحرز تقدم ملحوظ في مجالي القياسات والنمذجة. وواصل مكوك الفضاء والمحطة الفضائية الدولية اتخاذ تدابيرهما المضادة للحطام الفضائي ولم يفيدا عن أي أضرار جديرة بالذكر. وكانت الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) من أبرز المشاركين في المؤتمر الأوروبي الثالث بشأن الحطام الفضائي الذي عقد في دارمشتات، ألمانيا، في آذار/مارس ٢٠٠١، إذ قدمت ١٩ ورقة تقنية. كما قدمت ناسا ست ورقات إضافية خلال مؤتمر الاتحاد الدولي للملاحة الفضائية الثاني والخمسين، الذي عقد في تولوز، فرنسا، في تشرين الأول/أكتوبر.

٢- وسحبت من الخدمة في عام ٢٠٠١ مركبتان فضائيتان طويلتا الأمد تابعتان للولايات المتحدة ووضعتا في مداري تخلص لتخفيف المخاطر على السواتل الأخرى. فقد نقل الساتل GOES 2، الذي يبلغ عمره ٢٤ سنة، إلى مدار تخزيني يقع فوق المدار المتزامن مع الأرض (على ارتفاع قدره ٧٨٥ ٣٥ كم ± ٢٠٠ كم). كما أخرج الساتل Landsat 4 الذي يبلغ عمره ١٩ سنة، من مداره المتزامن مع الشمس على ارتفاع يقارب ٧٠٠ كم ونقل إلى مدار أخفض لضمان عدم بقائه في مدار أرضي منخفض لفترة تزيد على ٢٥ سنة بعد انتهاء مهمته.

٣- وواصلت حكومة الولايات المتحدة أنشطتها الرامية إلى ضمان التفهم التام لسياسات الولايات المتحدة وممارساتها بشأن تخفيف الحطام، سواء داخل الحكومة أو في قطاع الصناعة. فعلى سبيل المثال، حضر ممثلون من جميع مراكز ناسا ومختلف الجهات

المتعاقدة معها حلقة تدارس حول الحطام المداري عقدت في مقر ناسا في نيسان/أبريل. وكان الغرض الرئيسي للاجتماع استعراض سياسات ناسا ومبادئها التوجيهية لتخفيف الحطام الفضائي في المدارات الأرضية. وعقد في مركز جونسون الفضائي التابع لناسا في حزيران/ يونيه اجتماع خاص لعموم مراكز ناسا بشأن المخاطر المرتبطة بالسواتل العائدة الى الغلاف الجوي. كما عقد في مدينة كولورادو سبرينغز بولاية كولورادو في نيسان/أبريل الاجتماع السنوي للفريق العامل المشترك بين وزارة الدفاع ووكالة ناسا والمعني بالحطام المداري.

٤- وزودت الولايات المتحدة الاتحاد الروسي بمعلومات خاصة بتتبع الحطام دعماً لعمليات إخراج محطة مير الفضائية من المدار، التي كللت بنجاح باهر، في آذار/مارس، كما شاركت في حلقة العمل حول عودة محطة مير الى الغلاف الجوي، التي عقدت في المركز الأوروبي للعمليات الفضائية في أيار/مايو. وبالإضافة إلى ذلك، سعدت الولايات المتحدة بالمشاركة في اجتماعي اليادك اللذين عقدا في آذار/مارس وتشرين الأول/أكتوبر.

مخاطر الارتطام بالحطام الفضائي وبحوث التدريع

٥- كانت مخاطر الحطام الفضائي المحتملة، ولا سيما النيازك، مسألة مهمة خلال العقد الأول من عصر الفضاء، عندما كانت المعلومات عن بيئة الفضاء محدودة. وكانت التصاميم البسيطة للمركبات الفضائية تعتبر كافية لتوفير الحماية من تلك المخاطر الطبيعية في رحلات قصيرة نسبياً. أما اليوم، فالمركبات الفضائية الطويلة الأمد لا تواجه تحديات بيئة الجسيمات الطبيعية فحسب بل تحديات متزايدة من صنع الإنسان.

٦- ومنذ اعادة ساتل البعثة الشمسية القصوى (Solar Maximum Mission) بواسطة المكوك الفضائي وفحص مكوناته في عام ١٩٨٤، استأنفت الولايات المتحدة تحرياتها عن مخاطر الارتطام بالحطام الفضائي ووسائل التدريع. كما قامت بعثة المكوك الفضائي نفسها بنشر مرفق ناسا لدراسة التعرض الطويل الأمد، الذي وفر عند عودته بعد ست سنوات بيانات وافرة عن آثار الارتطام بالحطام الفضائي. واستبان المرفق ما يزيد على ٣٠ ٠٠٠ موضع ارتطام، أي ما متوسطه ١٥ ارتطاماً في اليوم أو ما يقارب ارتطاماً واحداً لكل دورة حول الأرض. وترصد روتينيا آثار ارتطام مماثلة على مقراب هابل الفضائي ومكوك الفضاء ذاته.

٧- وفي العادة، لا تلحق الجسيمات التي لا يزيد قطرها على ١ مم أي ضرر يذكر بنظم المركبات الفضائية. ومع ذلك، يجب على مهندسي المركبات الفضائية أن يتحسبوا في تصاميمهم لآثار تلك الارتطامات الفائقة السرعة في الأمد الطويل، ولا سيما في نظم توليد الكهرباء وضبط الحرارة. فالتعرض المطول لجسيمات الحطام الفضائي قد يخفض إنتاج الكهرباء نتيجة لفقدان بعض الخلايا الشمسية أو وصلاتها، ويؤدي إلى تقليل فعالية سطوح نبذ الحرارة.

٨- وبعد ١٢ رحلة لمكوك الفضاء خلال الفترة من تشرين الأول/أكتوبر ١٩٩٨ الى نيسان/أبريل ٢٠٠١، جرى تبديل ما مجموعه ٣٠ لوحاً خارجيا من ألواح النوافذ بسبب ارتطامها بجسيمات صغيرة من النيازك والحطام المداري. وهذا يمثل معدل تبديل لنوافذ مكوك الفضاء الرئيسية، البالغ عددها ١١ نافذة، يقارب ٢٥ في المائة في كل رحلة. وحسبما ذكر في التقرير التقني للجنة الفرعية عن الحطام الفضائي،[٢] تنقسم أسباب تكوّن تلك الجسيمات الآن بالتساوي تقريبا بين المصادر الطبيعية والمصادر التي من صنع الانسان.

٩- ونظراً لأن ارتطامات الحطام الفضائي غالبا ما تكون فائقة السرعة، يمكن حتى لجسيمات صغيرة جدا أن تبلغ درجات عالية من الطاقة الحركية النسبية من شأنها أن تحدث اصابات تفوق حجم الجسيمات نفسها بكثير. فعلى سبيل المثال، أحدث ارتطام جسم ألومنيومي مقاسه ١ر٠ مم نقباً عمقه ٢ مم في إحدى نوافذ مكوك الفضاء خلال رحلة له في عام ٢٠٠٠. وفي سنة ١٩٩٨، أحدث جسيم طلائي مقاسه ٣ر٠ مم ثقباً قطره ١ مم في أحد مشاعيع مكوك الفضاء. وخلال السنوات القليلة الماضية، عدّل تصميم مشاعيع مكوك الفضاء لتقليل احتمال اختراقها الذي قد يؤدي الى تصدع أحد أنابيب التبريد في نظام ضبط الحرارة.

١٠- وفي عام ٢٠٠١، عثر على ثقوب ناجمة عن الحطام الفضائي في المحطة الفضائية الدولية اكتشف أحدها أثناء مشية فضائية، وعثر على ثقوب أخرى أثناء تفقد عربة ليوناردو اللوجستية المتعددة الأغراض بعد رحلتها الأولى التي استغرقت أقل من أسبوعين. ويعزى أحد أشد ارتطامات الحطام الفضائي الذي يقل قطره عن ١ مم إلى جسيم مقاسه ٤ر٠ مم اخترق غطاء قماشياً وأصاب أنبوبا متعدد الجدران في مكوك الفضاء. وأحدثت قوة الارتطام نقباً بلغ عمقه نصف سماكة جدار الأنبوب مما أدى إلى انفصال جزء من الجدار الموجود من ناحية المبرد. ولو كان الجسيم أكبر حجماً بقليل أو أشد سرعة بقليل لأسفر هذا عن تسرب المادة المبردة وتسبب في إنهاء الرحلة قبل الأوان.

١١- وفي بعض الأحيان، قد تصيب المركبات الفضائية أيضاً جسيمات يزيد مقاسها على ١ مم مع أن دفق الجسيمات التي يبلغ مقاسها ١ مم على ارتفاع المحطة الفضائية الدولية يقل ألف مرة عن دفق الجسيمات التي مقاسها ١ر٠ مم. وخلال عدة رحلات، ارتطم مكوك الفضاء بجسيمات حطامية يتراوح قطرها بين ١ و٢ مم. كما ارتطم مكوك الفضاء "كولومبيا" بقطعتي حطام من الفولاذ غير الصدئ من مقاس مماثل في عام ١٩٩٦، وارتطم المكوك الفضائي أتلانتيس بقطعة ألومنيومية مقاسها ٢ مم في عام ١٩٩٧. ولحسن الحظ، حدثت تلك الارتطامات على سطوح متينة نسبيا وليست بالغة الأهمية.

١٢- وأكبر آثار الارتطام المعروفة على مركبة فضائية أمريكية وجد على أحد هوائيات الكسب العالي لمقراب هابل الفضائي أثناء رحلته العاملة الأولى عام ١٩٩٣. وعثر

(2) منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع A.99.I.17.

طاقم مكوك الفضاء "انديفور" على ثقب قطره ١ر٩ سم. وأي جسيم هو من الكبر بحيث سبب ذلك الضرر كان يمكن أن يحدث عطلاً خطيرا في عديد من السواتل، بما فيها السواتل المستخدمة في الرحلات الفضائية المأهولة.

١٣- وأثبتت اختبارات الارتطام الفائق السرعة التي أجريت في مختبرات أرضية فائدتها العظيمة في تحديد مواطن الضعف في بعض مكونات المركبات الفضائية وهياكلها. وباستخدام بنادق تقليدية ثنائية المرحلة تعمل بالغاز الخفيف يمكن أن تبلغ المقذوفات سرعة قدرها ٧ كم/ث. ويمكن بلوغ سرعات تصل الى ١١ كم/ث باستخدام عبوات مشكّلة سريعة الانفجار. ومن شأن مرافق من هذا القبيل أن تمكّن الباحثين من تقييم الآثار الناجمة عن مقاس الجسيمات وتركيبتها وشكلها وسرعة ارتطامها وزاوية ارتطامها. وأبرز مرافق اختبار الارتطام الفائق السرعة موجودة في الولايات المتحدة الأمريكية في مرفق "وايت ساندس" الاختباري التابع لناسا وفي مركز أرنولد للتطوير الهندسي التابع للقوات الجوية.

١٤- وللحد من متطلبات الاختبار وللتنبؤ بآثار الارتطام التي تفوق سرعتها ١١ كم/ث، تستخدم عمليات المحاكاة الحاسوبية القائمة على الفيزياء، التي تسمى بالنماذج الحاسوبية الهيدرودينامية. وتتيح نتائج الاختبارات والنماذج الحاسوبية الهيدرودينامية وضع معادلات الحد الباليستي، أي العلاقات الرياضية التي تبين ما هي الظروف التي يمكن فيها للحطام أن يخترق سطحا ما. والاختراق هو المقياس الرئيسي المعتد به في تقييم قدرات الحماية.

١٥- وتقوم تقييمات المخاطر العامة التي تحيق بالمركبات الفضائية على الجمع بين نموذج بيئة الحطام الفضائي ووصف مفصل للمركبة الفضائية، بما في ذلك معادلات الحد الباليستي العديدة لكل نوع من السطوح. ويستخدم نموذج ناسا المسمى BUMPER في اجراء تقييمات من ذلك القبيل لمكوك الفضاء والمحطة الفضائية الدولية والسواتل الروبوطية بحساب احتمالات الارتطام والاختراق على مدى فترة محددة من الزمن.

١٦- ولعل الدروع الواقية من الحطام ضرورية للإيفاء بمتطلبات المركبات الفضائية ضمانا لعدم حدوث أي اختراق. والمركبات هي في الأصل مدرعة إلى حد ما ضد الحطام الفضائي الصغير بفضل هياكلها والمواد العازلة فيها. وأبسط أشكال التدريع يدعى درع "ويبل" (Whipple Shield) الذي يتكون من صفيحة رقيقة (ألومنيومية عادة) تدعى مِصَدّاً وتوضع على مسافة قصيرة أمام السطح المراد حمايته. وعندما يرتطم جسيم من الحطام الفضائي بالمصَدّ، تنتشر موجة ضغطية عبر الجسيم والمصَدّ، مما يولد سحابة من الحطام الصغير المكون من شظايا أصغر وأقل خطرا. وريثما تصل سحابة الحطام إلى سطح المركبة الفضائية تكون الشظايا قد انتشرت على مساحة أكبر مما يقلل من مقدار الطاقة الحركية التي تصيب كل وحدة مساحية هيكل المركبة.

١٧- ويستخدم في درع ويبل المحشو، الذي استنبطته وكالة ناسا والذي يعرف أيضاً بالدرع المتعدد الصدمات، التصميم الأساسي لدرع ويبل غير أنه يحتوي على مواد إضافية خفيفة الوزن توضع بين المصَدّ وسطح المركبة الفضائية. ومن المواد التي توضع عادة خلف المصَدّ مادتا الكيفلار (Kevlar) والنكستل (Nextel). وبتغيير مادة المصَدّ ودرجة سماكتها والمسافة الفاصلة بينه وبين سطح المركبة، وكذلك عدد الطبقات الوسيطة ونوعها، يمكن تكييف دروع ويبل المحشوة على نحو فعال لحماية سطح مركبة فضائية ما من خطر حطام فضائي معين، مع تقليل الكتلة الإجمالية للدرع بحيث تكون أدنى بكثير منها في درع ويبل البسيط.

١٨- وسوف يستخدم في المحطة الفضائية الدولية ما يزيد على ٣٠٠ نوع من دروع ويبل البسيطة والمحشوة، لحمايتها من الجسيمات التي يصل قطرها الى ١ - ٢ سم. فعلى سبيل المثال، يبلغ عمق أحد دروع ويبل المحشوة لحماية العربة Destiny Laboratry Module ١٠ر٧ سم، ويتألف من مصَدّ ألومنيومي سماكته ٢ر٠ سم ومادة عازلة متعددة الطبقات وست طبقات من النكستل وست طبقات من الكيفلار أمام جدار العربة التي تبلغ سماكته ٤٨ر٠ سم. ويمكن لهذا الدرع أن يمنع جسيما ألومنيوميا مقاسه ٣٥ر١ سم من اختراق العربة عند ارتطامه بها رأسيا بسرعة قدرها ٧ كم/ث.

١٩- ولدرع ويبل المحشو نوع محوّر هو الدرع ذو المصَدّ الشبكي المزدوج، المزوّد بشبكة فلزية رقيقة موضوعة أمام المصَدّ الصلب. وتساعد الشبكة على اعتراض جسيمات الحطام قبل أن تصل إلى المصَدّ الثاني التقليدي.

٢٠- واستنبطت وكالة ناسا أيضاً تصميماً جديداً لدرع واق من الحطام يعتبر مناسبا جدا للمركبات الفضائية الكبيرة المنتفشة. ويستخدم في التشكيلة النموذجية لهذا الدرع "سندويشة" مكونة من أربع طبقات من النكستل (تضم كل منها صفيحتين) وطبقة واحدة من الكيفلار، تفصل بينها جميعا رغوة منخفضة الكثافة. ويمكن تستيف الدرع في حجم صغيرأثناء الإطلاق، ثم بسطه في المدار إلى ارتفاع قدره ٧٥ سم لضمان الانفصال اللازم بين صفائح النكستل وصفائح الكيفلار لجعل الدرع فعالاً. ويمكن لتشكيلة من هذا القبيل أن توقف جسيمات ألومنيومية يصل قطرها إلى ١ر٨ سم وتتحرك بسرعة قدرها ٧ كم/ث.

ثالثاً- الردود الواردة من المنظمات الدولية

ألف- الأمم المتحدة

الاتحاد الدولي للاتصالات

لا توجد أي معلومات تتصل بهذا الموضوع متأتية من أعمال أفرقة الدراسات التقنية ضمن اطار قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات.

باء- منظمات دولية أخرى

الاتحاد الفلكي الدولي

يرى الاتحاد الفلكي الدولي أن مشكلة الحطام الفضائي هي نقطة هامة في المسائل البيئية المؤثرة في علم الفلك، ولا سيما الجزء المضطلع به من خلال السواتل، على سبيل المثال لا الحصر. وسيتابع الاتحاد باهتمام شديد ما استهلته لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية من أعمال بشأن التدابير العملية لتخفيف الحطام متابعة لتوصيات مؤتمر الأمم المتحدة الثالث المعني باستكشاف الفضاء الخارجي واستخدامه في الأغراض السلمية (اليونيسبيس الثالث)، ويتوقع أن يقدم بعض المساهمات في تلك الأعمال. وعلى أية حال، يسهم أعضاء الاتحاد، بحكم طبيعته، في ذلك الموضوع كجزء من نشاطهم المهني في وكالات الفضاء الوطنية والدولية، لكن الاتحاد لا يضطلع ببرنامج مستقل في هذا الميدان.