

Distr.
LIMITED

A/AC.105/C.1/L.217
12 January 1998
ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH



الجمعية العامة

لجنة استخدام الفضاء الخارجي

في الأغراض السلمية

اللجنة الفرعية العلمية والتقنية

الدورة الخامسة والثلاثون

فيينا ، ٩ - ٢٠ شباط/فبراير ١٩٩٨

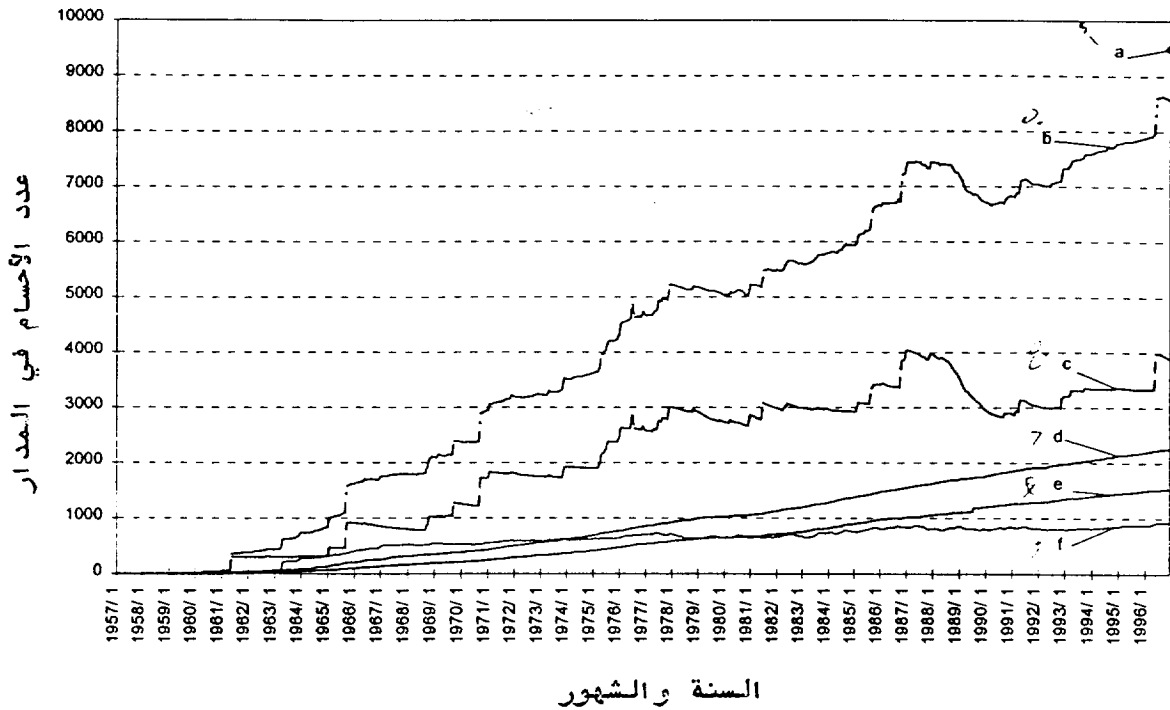
البند ٩ من جدول الأعمال

الحطام الفضائي

ورقة عمل مقدمة من الأكاديمية الدولية للملاحة الفضائية

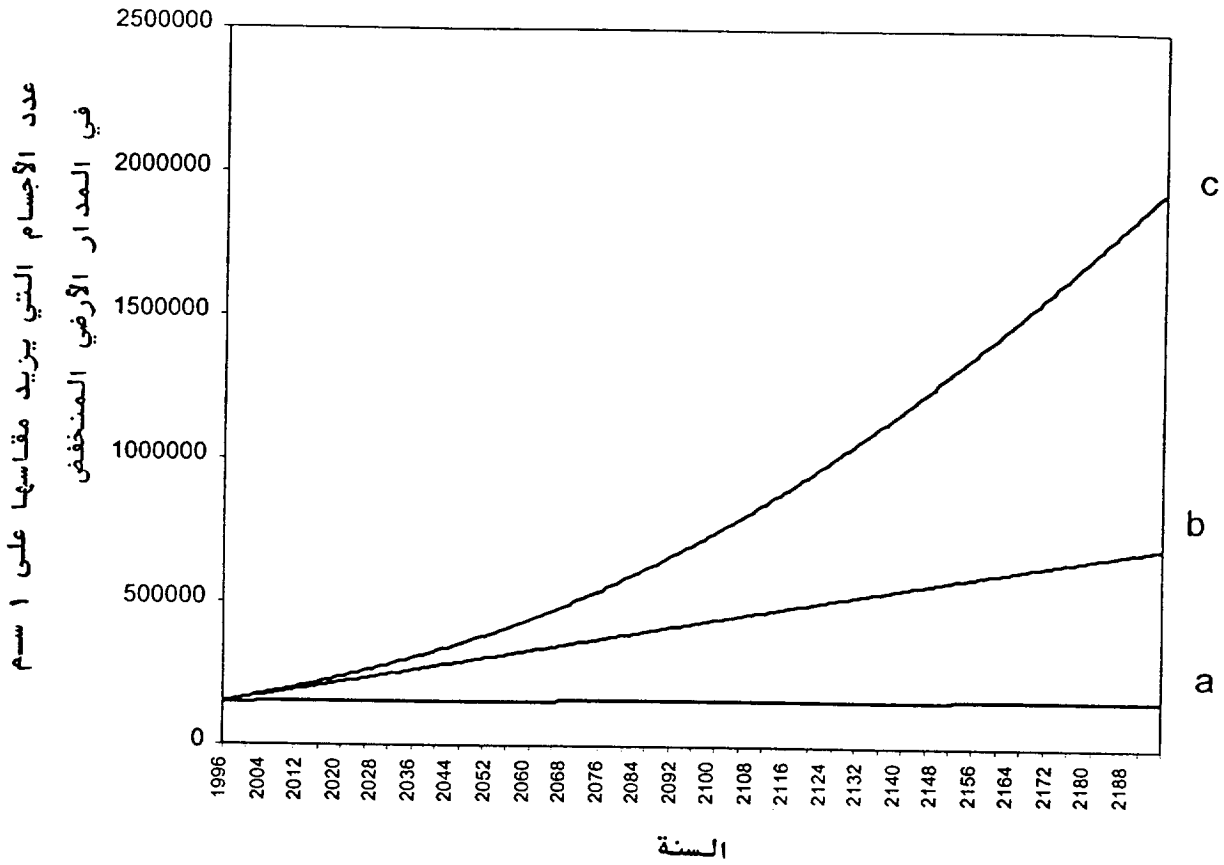
مقدمة

١ - في غضون عقود قليلة فحسب ، أصبح الفضاء موردا أساسيا للعلم وللإستخدام العمومي والتجاري . بيد أن الأنشطة الفضائية تواجه مخاطر متزايدة بسبب إنتاج الحطام الفضائي الاصطناعي بلا ضوابط . ويدور حول الأرض في الوقت الحاضر أكثر من ٦٠٠ ٨ جسم مفهرس ، منها ٥٠٠ جسم فقط يمكن اعتبارها مركبات فضائية عاملة . وثمة ١٠٠٠ جسم آخر يجري تتبعها ولكن لم تفهرس بعد . وقد تبين من عينة احصائية للبيئة الفضائية أنه توجد في المدار أيضا أجسام أكثر عددا بكثير يبلغ مقاسها ١ سم أو أكثر . واصطدام أي من هذه الأجسام بمركبة فضائية عاملة يمكن أن يحدث تلفا في المركبة أو يعطلها عن العمل تماما بسبب ضخامة الطاقة الحركية المقترنة بذلك . ويمثل عدد الأجسام المفهرسة بارامترا قابلا للرصد ذا أهمية في التنبؤ بحالة البيئة المدارية مستقبلا . ويبين الشكل الأول تزايد عدد أجسام الحطام المداري القابلة للتتبع من عام ١٩٦٠ الى الوقت الحاضر . ويمثل تشطي السوائل والمراحل الصاروخية العليا (بسبب الانفجارات) مصدرا رئيسيا للأجسام المفهرسة (٤٢ في المائة) . ومن ثم ، يعتبر تقليل معدل الانفجارات المقبلة من أهم طرائق تخفيف حدة هذه المشكلة .



الشكل الأول : تزايد الأجسام المفهرسة . كان تزايد الأجسام المفهرسة الموجودة في مدارات الأرض ذا علاقة خطية تقريبا بأهم التغيرات الناشئة عن حوائث التكرس ودورات النشاط الشمسي . أ : مجموع عدد الأجسام ، بما في ذلك الأجسام غير الواردة في الفهارس الرسمية ؛ ب : مجموع عدد الأجسام ، استنادا إلى الفهرس الرسمي ؛ ج : الحطام الناشئ عن التشظي ؛ د : المركبات الفضائية ؛ هـ : المراحل الصاروخية العليا ؛ و : الحطام التشغيلي .

٢ - وثمة مصدر ممكن أطول أمدا لتزايد الأجسام المفهرسة هو التشظي الناشئ عن الاصطدامات بين الأجسام المفهرسة . وإذا استمر تزايد الأجسام المفهرسة بمعدله الحالي فإن معدل التشظي الناشئ عن الاصطدامات يمكن أن يتجاوز معدل التشظي الناشئ عن الانفجارات . وقد أجريت دراسات عدة لبحث احتمال حدوث مفعول شلشلي في المدار الأرضي المنخفض عندما يكون معدل إنتاج الحطام الناشئ عن الاصطدامات أسرع مما يمكن تنظيفه من خلال السحب الجوي . وهذه الظاهرة يمكن أن تسبب بالتالي زيادة في معدل تزايد الحطام المداري رغم جهود التخفيف الرامية إلى الحد من معدل الانفجارات في المستقبل . ويمكن توضيح التزايد المستقبلي المحتمل للحطام في الشكل الثاني ، الذي يبين احتمالات التزايد الطويل الأمد للأجسام التي يزيد مقاسها على ١ سم .



الشكل الثاني : التطور الطويل الأمد للحطام الأكبر من 1 سم (في حال استمرار الأمور على ما هي عليه) .
ثمة مصادر شتى تسهم في تزايد الأجسام مستقبلا ، هي : أ : السواتل والمراحل الصاروخية العليا والأجسام ذات الصلة بالبعثات الفضائية ؛ ب : شظايا الانفجارات ؛ ج : شظايا الاصطدامات .

٣ - يبين منحنى "استمرار الأمور على ما هي عليه" أن أجسام الحطام المداري ستواصل الازدياد . وفي الأمد القصير ، سيكون التزايد المستمر ناتجا في المقام الأول عن الانفجارات . أما في الأمد البعيد ، فسيحدث ازدياد شديد في أعداد الحطام نتيجة لحواث التكرس الناشئة عن الاصطدامات العشوائية بين الأجسام الكبيرة (الشلشلة الاصطدامية) . وهذا سيؤدي الى تعطيل شديد للعمليات الفضائية في بعض الارتفاعات . ولذلك ينبغي تفادي تراكم الأجسام الكبيرة في المناطق المزحمة تحاشيا لاحتمال أن تصبح الاصطدامات مصدرا هاما لتكون الحطام .

٤ - وقد افترضت الدراسات السابقة أن السواتل منتشرة بشكل متكافئ تقريبا على مدى مئات من الكيلومترات ، ولكن مجيء التشكيلات الكوكبية ، مثل "ايريديوم" أو "تيليديسك" ، يمكن أن يضيف بعدا آخر لهذا التحليل . فالتشكيلات المتعددة السواتل المعنقدة في نطاقات ارتفاع ضيقة يمكن أن تكون أشد تحسسا بكثير للازحام المفضي الى التكرس الاصطدامي . وينبغي لمصممي ومشغلي النظم الساتلية

المنفردة أن يولوا عناية شديدة ، لا لكيفية توزيع وتشغيل نظمهم والتخلص منها عند نهاية المهمة فحسب بل كذلك لتصرفات المستعملين الآخرين في المناطق الفضائية المجاورة .

٥ - ويتعذر التنبؤ على وجه الدقة بتطور بيئة الحطام المداري ، بسبب احتمالات تزايد معدلات الاطلاق من جانب عدد متزايد من مستعملي الفضاء ، خصوصا في ضوء وجود تكنولوجيا السواتل الصغيرة الجديدة واستحداث تشكيلات من سواتل الاتصالات . كما أن التشكك في أحوال تلك البيئة مستقبلا يزداد بفعل عدم التيقن من مدى تواتر الانفجارات والاصطدامات في المستقبل . فقد يؤدي اصطدام بين جسمين الى تكون شظايا عديدة يتوقف عددها وحجمها على عوامل عدة ، مثل كتلة الأجسام المصطدمة وسرعة الاصطدام .

٦ - وينبغي التخفيف على جانبيين : أولهما الحماية من أثر الحطام الفضائي (تفادي الاصطدام) ، وثانيهما التدابير الرامية الى تفادي تكون الحطام الفضائي . وسوف نركز في عرضنا هذا على مسائل مكافحة الحطام . وربما أنه لا توجد في الوقت الحاضر طرائق مجدية اقتصاديا لتنظيف الفضاء ، فلا بد أن تركز تدابير مكافحة الحطام على سبل تفادي تكونه .

خيارات ومسائل مكافحة الحطام

٧ - لقد جرت مناقشات مطولة حول ضرورة تغيير أسلوب تنفيذ البعثات الفضائية أثناء مراحل الاطلاق والتوصيل والتشغيل والانتهاء . وتخلص جميع البحوث التي تتناول تطور الحطام الفضائي على المدى الطويل الى أنه ما لم تحدث تغييرات في أسلوب تنفيذ البعثات الفضائية سوف تصبح بعض المناطق الفضائية القريبة من الأرض مملوءة بركام من الحطام ، مما يجعل العمليات الروتينية في المستقبل أبهظ تكلفة . والخيارات المتاحة لتقليل تزايد الحطام المداري تتوقف الى حد بعيد على الارتفاع الذي تنفذ فيه المهمة ، وعلى تصميم الأجهزة ، وعلى التزام الأوساط الدولية التي ترتاد الفضاء .

خيارات مكافحة الحطام

٨ - يمكن الحد من مقدار الحطام بطريقتين هما منع تكون الحطام وازالة الحطام . والازالة تعني ازالة الحطام من المدار فورا أو بعد بعض الوقت . وهي تتضمن نقل الحطام الى مدار وسيط ذي عمر مداري لا يتجاوز حدا أقصى معيناً . ويبين الجدول ١ بعض الطرائق المندرجة تحت كل من هذه الفئات .

الجدول ١ - طرائق منع نشوء الحطام أو ازالته

المنع	الازالة
التصميم والتشغيل	الاسترجاع
التخميل	المناوراة الدسرية
الابقاء على الأغلفة وأدوات الفصل	الانزال من المدار بواسطة حبل أو بزيادة السحب أو بطريقة الشراع الشمسي
النقل الى مدار دفن	الليزر

٩ - وبعض هذه الأساليب مستخدم بالفعل في الوقت الحاضر من جانب مستعملي الفضاء . بيد أنه يلزم مواصلة البحوث في هذا المجال . والمسألة الأهم هي ايجاد طرائق واقعية وفعالة . ومن طرائق المنع المستخدمة بالفعل على نطاق محدود :

- تخميل المراحل الصاروخية العليا ؛
- استخدام لاقطات حطام للأرتجة المتفجرة ؛
- استخدام قدر أقل من القطع القابلة للانفلات ؛
- النقل الى مدار دفن (من المدار الثابت بالنسبة للأرض) ؛
- نقل مجموعات متعددة من الحمولات النافعة بعملية اطلاق واحدة .

١٠ - وقد استخدمت في مناسبات قليلة حتى الآن خيارات لازالة الحطام مثل الاسترجاع بواسطة مكوك الفضاء الأمريكي أو الانزال من المدار بواسطة مركبات بروغريس التموينية مثلا .

التخميل

١١ - من الفئات الهامة لطرائق منع نشوء الحطام تخميل الأجهزة منعا لتكسرها بفعل الانفجار . والتخميل يعني ازالة كل الطاقة المخزونة من المركبة أو من المرحلة الصاروخية العليا باستنفاد و/أو

تصريف الوقود الداسر ومواد الضغط ويقطع دائرة البطاريات بحيث يصبح الجسم خاملا . وقد يكون استرجاع الأجسام المهجورة الكبيرة صعبا وباهظ التكلفة ولكنه بالتأكيد أقل صعوبة وتكلفة من استرجاع الحطام الناشئ عن تشظي تلك الأجسام . وبالنسبة للأجسام الصاروخية الموجودة في المدار الأرضي المنخفض ، استخدمت طريقة طرد الوقود الداسر ومواد الضغط استخداما ناجحا في الماضي ، وهي تمثل تدييرا هاما لضمان الأمان مستقبلا . وتقوم عدة مركبات صاروخية فعلا وبصورة روتينية بإجراءات الطرد هذه من أجل تقليل احتمال حدوث تشظيات في المستقبل . فابتداء من الرحلة V59 ، جرى تصريف وقود جميع المراحل الصاروخية العليا من طراز أريان ، بصرف النظر عن نوع المدار . أما وقود المراحل العليا من طراز دلتا ولونغ مارش فيحرق حتى النفاد بعد توصيل الحمولة النافعة وتنفيذ مناورة لتفادي الاصطدام . وفيما يتعلق بالمرحلة الصاروخية الثانية لسواتل H-1 اليابانية (LE-5) فقد جرى تصريف الوقود الداسر المتبقي في المحرك الرئيسي والوقود النفاث الغازي بعد اتمام انفصال الحمولة النافعة . ويستخدم اجراء مشابه في مركبة اطلاق الساتل H-2 وفي صواريخ المرحلة الرابعة من طراز بروتون وصواريخ المراحل العليا من طراز سنتور ، يصرف الوقود الداسر بعد انتهاء المهمة . ومن المؤسف أن تصريف الوقود لم يستخدم في أكثر من ٣٠ مرحلة صاروخية عليا ذات وقود سائل في جوار المدار الثابت بالنسبة للأرض . وينبغي أن يبدأ العمل بهذا الاجراء في أقرب وقت ممكن عمليا وأن يشمل نظم التوضيع والتشذيب ذات الوقود السائل في الصواريخ المعززة ذات الوقود الصلب . وفي عدة مناسبات سابقة ، أدى الشحن المفرط لبطارية أحد السواتل الى حوالت تكسر صغيرة ، ولذلك ينبغي اتخاذ الاحتياطات لمنع حدوث شيء من هذا القبيل مستقبلا .

مدارات التصريف

١٢ - وثمة فئة هامة أخرى من تدابير المنع تنطوي على النقل الى مدار تصريف . فعلى سبيل المثال ، يمكن نقل السواتل الموجودة في المدار الثابت بالنسبة للأرض عند انتهاء عمرها الى مدار أعلى من ذلك المدار بعدة مئات من الكيلومترات منعا لاستمرار التفاعل مع سائر المركبات العاملة . ويمثل النقل الى مدار آخر في الوقت الحاضر السبيل العملي الوحيد لتقليل مخاطر الاصطدام في المدار الثابت بالنسبة للأرض . وقد أجريت هذه العملية أكثر من ٩٠ مرة . ويوصى بالنقل الى مدار يعلو ما لا يقل عن ٣٠٠ كم عن المدار الأصلي . وينبغي اعتماد استراتيجية تقوم على الحرق المتعدد المراحل وتأخذ في الاعتبار التشككات في تقدير الوقود الداسر . وفي نهاية المطاف ، يجب النظر في طريقة تصريف أدوم . ومن شأن استخدام تكنولوجيات متقدمة ، مثل الدسر الكهربائي الشمسي ، أن يتيح امكانيات جديدة .

الاسترجاع

١٣ - الاسترجاع يعني اعادة المركبة الفضائية أو غيرها من الأجهزة الفضائية الى الأرض بدون أضرار بواسطة مركبة فضائية قادرة على دخول الغلاف الجوي ، مثل مكوك الفضاء الأمريكي أو مركبة سويوز . ومن أمثلة الأجهزة الفضائية التي استرجعت SFU ، EURECA ، LDEF ، Westar-B ، Palapa-A ،

وصفيقة شمسية من مقراب "هبل" الفضائي . بيد أن هذه الأجسام استرجعت لأسباب أخرى غير تخفيف كثافة الحطام . كما أن قدرات الاسترجاع لدى مكوك الفضاء محصورة في الارتفاعات التي تقل عن قرابة ٦٠٠ كم .

الانزال من المدار

١٤ - يعتبر الانزال من المدار طريقة فعالة لازالة الأجسام من الفضاء . وهي تتضمن مناورات دسرية لاجبار الأجسام على دخول الغلاف الجوي بخولا اتلافيا ، أو الانتقال الى مدار وسيط ذي عمر مداري محدود (٢٥ سنة مثلا) ، أو استعمال حبال للانزال الفوري أو لتقليل العمر المداري ، أو استعمال طرائق أخرى لتقليل العمر المداري (مثل زيادة قوة السحب ، والضغط الاشعاعي الشمسي) .

١٥ - وقد تكون المناورات الدسرية لفرض الانزال قسرا ، أو على الأقل لتخفيض العمر المداري ، متاحة على الفور لبعض المراحل الصاروخية ، ولكن ليس لمعظم الأجهزة المهجورة الكبيرة . وطالما ظلت قدرات التوضيع والضببط موجودة على المرحلة الصاروخية فيمكن لمناورة صغيرة (بعيدا عن المركبة الفضائية المفصولة تفاديا لتلوثها من نيران الصاروخ) ، متبوعة بعملية احراق ، أن تحدث التغير المناسب في العناصر المدارية .

١٦ - وفي برنامج الرحلات المأهولة الروسي والسوفيياتي سابقا ، كان يجري انزال مركبات بروغريس التموينية والمحطات الفضائية في مناطق بحرية نائية ، باستثناء كوسموس ٥٥٧ وساليوت ٢ وساليوت ٧/كوسموس ١٦٨٦ .

١٧ - واستعمال طريقة زيادة قوة السحب أو التحريك بالضغط الشمسي أو الازالة بالحبل يتطلب استحداث أجهزة ليست متاحة في الوقت الحاضر ، ويستتبع غرما في الأداء . فقد تتضمن أجهزة زيادة السحب أدوات قابلة للانتفاخ تتجسأ عند استعمالها وتجعل المساحة المقطعية المعرضة للغلاف الجوي أكبر بكثير مما يزيد من قوى السحب المؤثرة في الجسم . وتكون طريقة زيادة السحب على أقصى درجة من الفاعلية في البعثات المنخفضة الارتفاع ، دون ٦٠٠ - ٧٠٠ كم ، وان كانت تعطي قدرا من التحريك على ارتفاعات أعلى قد تصل الى ٢٠٠ ١ كم . بيد أنه تجدر الاشارة الى أن استعمال طريقة زيادة السحب وأجهزة الضغط الشمسي يزيد من المساحة الفيزيائية للجسم الجاري ازالته ويزيد بالتالي مقطعه الاصطدامي .

الأخطار الموجودة فوق الأرض

١٨ - منذ اطلاق مركبة سبوتنيك ١ ، جرى فهرسة زهاء ٢٥ ٠٠٠ جسم دائر حول الأرض ، منها ١٦ ٠٠٠ جسم دخلت الغلاف الجوي للأرض فتحلل معظمها أو تبخر ولم يسقط على الأرض سوى القليل

جدا . وفي بعض الحالات ، وصلت شظايا صلبة من المركبات الفضائية أو المراحل الصاروخية الى سطح الأرض (كوسموس ٩٥٤ ، سكايلاب ، ساليوت ٧/كوسموس ١٦٨٦) وجرى رصدها . وربما تكون قد حدثت حالات سقوط أكثر عددا ولكن مرت غير ملحوظة . واذا كان يتوقع بقاء مكونات مركبة فضائية أو مرحلة صاروخية فان الطريقة المفضلة للتخلص منها هو اعادة ادخالها اسخالا تحطيميا منضبطا الى الغلاف الجوي واسقاطها في منطقة بحرية نائية .

ازالة الأجسام الفضائية المهجورة

١٩ - ان تحريك الأجسام التي لم يسبق أبدا أن كانت لها قدرة دسرية ، بعد سنوات من استعمالها ، يمثل مشكلة صعبة . والحاق جهاز ما يبقى مع الجسم (المركبة الفضائية أو الجسم الصاروخي) ، ربما لسنوات عديدة ، ثم يقوم بمناورة ما لتحريكه ، قد يؤدي الى اعاقه تشغيله ويثير شواغل تتعلق بالأمان . أما انشاء نظام للدرس عن بعد في الوقت المناسب فيتطلب قدرا كبيرا من الجهد لاجراء عمليات الالتقاء والالتحام (ربما بقطعة آلية محفوفة بالخطر) وتنسيق المناورة . ومن شأن نشر "قاطرة فضائية" للالتقاء بالأجسام المهجورة الكبيرة وانزالها أن يوفر وسيلة فعالة لازالة الحطام . بيد أن التصاميم الأولية لهذا النوع من المركبات أظهرت أن التكاليف باهظة جدا بالتكنولوجيا الموجودة حاليا . وثمة طريقة أخرى يمكن بها تحريك جسم مهجور هي طريقة الشراع الشمسي ، التي تستخدم ضغط الاشعاع الشمسي لتغيير عناصره المدارية . وهذه الطريقة تتطلب زيادة في تكاليف الأجهزة وتحديث تغييرا بطيئا جدا في العناصر المدارية ، ولكنها فعالة في نطاق واسع من الارتفاعات . ومن شأن استعمال حبل أن يساعد على ازالة الجسم بعدد من السبل المستقلة : عن طريق تبادل الزخم عند النشر أو الاسترجاع وعن طريق السحب الكهرومغناطيسي . وعلى أية حال ، يتطلب استعمال الحبل استحداث بعض الأجهزة وصنعها ، اضافة الى مشاكل الموثوقية العملية الملازمة لذلك ، والمتمثلة في اضافة أنواع أخرى من الأجهزة الى نظم معقدة أصلا . وثمة امكانية أخرى هي ازالة الحطام من المدار باستخدام أجهزة ليزر قوية (على سطح الأرض) . فمن خلال وضع الطاقة والتبخير يمكن اصفاء زخم على جسم ما في الفضاء ، مما قد يؤدي انزاله من المدار أو تقليل عمره المداري . وهذه الطريقة يمكن أن تكون مثيرة للاهتمام في المستقبل اذا أمكن تلليل بعض الصعوبات المرتبطة بها (درء أي أنى عن المركبة العاملة ، وعدم تكوين المزيد من جسيمات الحطام الصغيرة) .

٢٠ - ومن الاعتبارات التي سبق عرضها يمكن الخلوص مباشرة الى استنتاج مؤداه أن ازالة الحطام بطريقة ناجعة التكلفة تعني ضمنا استحداث المتطلبات المقابلة عند بداية دورة حياة أي مشروع . ومن شأن بعض التغييرات الطفيفة في التصميم أن تتيح امكانيات جديدة لازالة الحطام بتكلفة منخفضة نسبيا .

التدابير الموصى بها لمكافحة الحطام

٢١ - ثمة حاجة الى تحديد تدابير مكافحة الحطام المقبولة دوليا من أجل ابقاء الارتفاعات المفيدة متاحة للمركبات العاملة ، ولكن هناك جدل دائر حول توقيت الخيارات ومستواها . ومن السبل الجديدة لتقرير ماهية الطرائق والتصاميم التي يتعين اختيارها اجراء سلسلة دراسات وافية لمضاهاة التكاليف بالفوائد . وعلى الرغم مما لهذه التحليلات من أهمية حيوية في التأكد من الجدارة النسبية للخيارات المقترحة فان الأكاديمية الدولية للملاحة الفضائية تؤيد الموقف المتمثل في أن هناك خيارات متعددة ينبغي الشروع فيها على الفور لضمان ديمومة العمليات الفضائية في المستقبل ، وسوف تسرد هذه الخيارات في نهاية الورقة . ومن شأن مشاركة البلدان المرتادة للفضاء وصناعاتها المساندة في مجال الفضاء الجوي أن تعالج مسألة الموازنة بين التكاليف والفوائد . اذ ان فقدان مركبة فضائية عاملة واحدة من جراء اصطدامها بالحطام المداري و/أو هجران نطاقات ارتفاع معينة قد يتجاوز النفقات التي تتطلبها خيارات مكافحة المبينة في هذه الورقة . وتنقسم تدابير مكافحة الحطام المراد النظر فيها الى فئتين : التدابير التي تستتبع تأثيرا طفيفا على التصميم والعمليات ؛ والتدابير التي تتطلب تغييرا ذا شأن في الأجهزة أو العمليات . وكلتا الفئتين لا تتطلب استحداثا تكنولوجيا جديدة . وينبغي تطبيق تدابير الفئة الأولى على الفور ، أما تدابير الفئة الثانية فينبغي أن يطبقها جميع مشغلي الأجهزة الفضائية ابتداء من نقطة زمنية متفق عليها .

تدابير الفئة الأولى

٢٢ - تضم الفئة الأولى التدابير التي لا تتطلب أي تغييرات في التصميم أو قدرا محدودا منها والتي تترتب عليها آثار ضئيلة من حيث التكلفة . وهذه قد تستتبع تغييرات في الأجهزة والعمليات . بيد أنه قد ينشأ عن ذلك بعض التراجع في الأداء . ولهذه التدابير أولوية قصوى في التنفيذ وينبغي أن ينفذها جميع مشغلي الأجهزة الفضائية على الفور . وتتضمن تدابير الفئة الأولى ما يلي :

(أ) الامتناع عن أي تكسير متعمد للمركبات الفضائية ينتج حطاما في المدارات المأهولة منذ زمن طويل ؛

(ب) التقليل ما أمكن من الحطام الناشء عن البعثات الفضائية . وكثيرا ما تكون هناك حلول هندسية ناجعة التكلفة ولا يتطلب تنفيذها تكاليف كبيرة . بيد أن التكاليف في بعض الحالات قد لا تظل طفيفة لأنه قد يلزم اجراء تغييرات هامة في التصميم (مثل أدوات "يويو" ومحركات تعزيز أوجي مفصلة) ؛

(ج) تخمير المراحل الصاروخية العليا والمركبات الفضائية (التصريف ، والاحراق حتى التلاشي ، وجعل البطاريات آمنة) في أي مدار أرضي عند انتهاء مهمتها ؛

(د) خفض ارتفاع نقطة الحضيض للمركبات الفضائية والمراحل الصاروخية العليا التي هي دون ٢٠٠٠ كم وذات وقود زائد عند انتهاء العمليات من أجل تقليل عمرها المداري ؛

(هـ) نقل السوائل الموجودة في المدار الثابت بالنسبة للأرض عند انتهاء عمرها الى مدار تصريف ، بحيث لا تقل زيادة الارتفاع فوق المدار الثابت بالنسبة للأرض (موقع نقطة الحضيض فوق المدار) عن ٣٠٠ كم ؛

(و) ينبغي أيضا وضع المراحل الصاروخية العليا ومحركات التعزيز الأوجي المستهلكة ، التي استخدمت في تحريك السوائل الثابتة بالنسبة للأرض من المدار الانتقالي الى المدار الثابت بالنسبة للأرض ، في مدار تصريف لا يقل ارتفاعه عن ٣٠٠ كم فوق المدار الثابت بالنسبة للأرض ، كما ينبغي إخلاؤها من الوقود الداسر المتبقي .

تدابير الفئة الثانية

٢٣ - تضم الفئة الثانية الخيارات التي تتطلب تغييرات هامة في الأجهزة أو في إجراءات التشغيل . بيد أنه لا يلزم استحداث تكنولوجيا جديدة . وتستهدف خيارات الفئة الثانية ازالة المراحل الصاروخية العليا والمركبات الفضائية المستهلكة من المدار في غضون حد أقصى من السنين ، مما يقضي على مصدر رئيسي للحطام . والتدابير الواردة أدناه تقدم قيما كمية مقترحة . وينبغي التوصل الى الاتفاق بشأن الحد الأقصى من السنين والوقت الذي يتعين بعده تطبيق هذه التدابير من خلال مناقشات ومداولات في محافل دولية مناسبة ، مثل لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات لشؤون الحطام الفضائي ولجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية . وثمة حاجة عاجلة لتطبيق تدابير الفئة الثانية في بعض مناطق المدارات . ومن شأن أي تأخر غير مسوغ في تطبيقها أن يؤدي الى مزيد من تدهور بيئة الفضاء . وتتم ازالة الأجسام الكبيرة أو المتضامة ، التي يمكن أن تصمد جزئيا للتسخين الدخولي ، بواسطة مناورة انزال لضمان دخول الأجسام الى الغلاف الجوي فوق مناطق بحرية أثناء مرورها التالي بنقطة الحضيض . أما الأجسام التي ستحترق تماما أثناء دخولها الغلاف الجوي فينبغي وضعها في مدارات ذات عمر محدود ، فليكن ٢٥ سنة (كحد أقصى) . ومن ثم ، سيجري في هذه الحالات استغلال الترجاف الطبيعي . وتتضمن تدابير الفئة الثانية ما يلي :

(أ) ازالة جميع المراحل الصاروخية العليا والمركبات الفضائية المستهلكة الموجودة في المدارات التي يقل ارتفاع أوجها عن ٢٠٠٠ كم في غضون حد أقصى من السنوات بعد انتهاء مهمتها ؛

(ب) ازالة جميع المراحل الصاروخية العليا والمركبات الفضائية الموجودة في المدارات الانتقالية الى المدار الثابت بالنسبة للأرض ، أو المدارات الانتقالية الى مدارات الـ ١٢ ساعة أو المدارات ، أو

غيرها من المدارات اللامركزية التي يقل ارتفاع حضيضها عن ٢ ٠٠٠ كم في غضون حد أقصى من السنين بعد انتهاء مهمتها :

(ج) نقل المراحل الصاروخية العليا والسواتل عند انتهاء عمرها الى مدارات تصريف (كتدبير مؤقت) بالنسبة للمدارات الدائرية التي يزيد ارتفاعها على ٢ ٠٠٠ كم .

٢٤ - ويمكن تنفيذ تدابير مكافحة الحطام الواردة في الفئتين الأولى والثانية بالتكنولوجيات الموجودة .

نظرة الى المستقبل

٢٥ - ينبغي مواصلة السعي الى ايجاد طرائق تخفيف جديدة والى تحقيق الجدوى التقنية ونجاعة التكلفة . وربما كان من المفيد جدا لبيئة الفضاء استحداث قدرات دسر متقدمة ونظم اطلاق (خصوصا مراحل صاروخية عليا) قابلة للاستعمال المتكرر . فمن شأن تقنيات الدسر المتقدمة أن تقلل من تكلفة الانزال أو أن تجعل الانزال من المدارات العالية الطاقة أمرا ممكنا .

الاستنتاجات

٢٦ - على الرغم من تطبيق عدة تدابير لمنع تكوّن الحطام فان هناك تزايدا مطردا في عدد وكتلة الأجسام ذات المنشأ البشري في الفضاء .

٢٧ - والاسقاطات المستقبلية لمقدار الحطام تدل بوضوح على ضرورة تطبيق تدابير أشد لمكافحة الحطام في بعض مناطق المدارات . فكل عملية تكسر (اصطدام ، انفجار) تولد حطاما في المدارات المأهولة منذ زمن طويل تزيد من الكثافة الحيزية للحطام وتمثل عبئا على المستقبل .

٢٨ - والهدف من تدابير مكافحة الحطام هو ابقاء الكثافة الحيزية للأجسام المصنوعة من جانب الانسان في المدارات الهامة ضمن حدود مقبولة ، وضمان أمان التحليق الفضائي . فعدم مكافحة الازدياد في مقدار الحطام يمكن أن يجعل بعض مناطق المدارات عديمة النفع للعمليات الفضائية .

٢٩ - وبسبب تدهور بعض من أنفع مناطق المدارات ، تحت الأكاديمية الدولية للملاحة الفضائية الدول المرتادة للفضاء على اتخاذ التدابير المناسبة التي تكفل أمان العمليات الفضائية المقبلة .