

Distr.: General
20 December 1999
ARABIC
Original: English

الجمعية العامة



لجنة استخدام الفضاء الخارجي
في الأغراض السلمية

الأبحاث الوطنية المتعلقة بمسألة الحطام الفضائي، وسلامة السواتل العاملة
بالقدرة النووية، ومشاكل اصطدامات مصادر القدرة النووية بالحطام الفضائي

مذكرة من الأمانة

المحتويات

الصفحة

٢	.....	أولا - مقدمة
٢	.....	ثانيا - الردود الواردة من الدول الأعضاء
٢	.....	قبرص
٢	.....	ايرلندا
٣	.....	اسرائيل
٣	.....	جمهورية كوريا
٣	.....	هولندا
٣	.....	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية

أولا - مقدمة

١- رأت الجمعية العامة في الفقرة ٣١ من قرارها ٤٥/٥٣ المؤرخ ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٩٨ أنه من الضروري أن تولي الدول الأعضاء مزيدا من الاهتمام لمشكلة اصطدامات الأجسام الفضائية، بما فيها الأجسام المزودة بمصادر للقدرة النووية، بالحطام الفضائي، وللجوانب الأخرى للحطام الفضائي، ودعت الى مواصلة البحوث الوطنية بشأن تلك المسألة، والى استحداث تكنولوجيا محسنة لرصد الحطام الفضائي، والى جمع ونشر البيانات المتعلقة بالحطام الفضائي. ورأت الجمعية أيضا أنه ينبغي تزويد اللجنة الفرعية العلمية والتقنية التابعة للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية بما يمكن توفيره من معلومات بهذا الشأن.

٢- ووجه الأمين العام مذكرة شفوية الى جميع الدول الأعضاء، مؤرخة ٣٠ آب/أغسطس ١٩٩٩، يدعوها فيها الى ابلاغ الأمانة، في موعد لا يتجاوز ٣١ تشرين الأول/أكتوبر ١٩٩٩، بالمعلومات المطلوبة أعلاه، لكي يتسنى للأمانة اعداد تقرير يتضمن تلك المعلومات لتقديمه الى اللجنة الفرعية في دورتها السابعة والثلاثين.

٣- وقد أعدت الأمانة هذه الوثيقة استنادا الى المعلومات التي وردت من الدول الأعضاء والمنظمات الدولية حتى ١٠ كانون الأول/ديسمبر ١٩٩٩. أما المعلومات الواردة بعد ذلك التاريخ فسوف تدرج في اضافات لهذه الوثيقة.

ثانيا - الردود الواردة من الدول الأعضاء

قبرص

[الأصل: بالانكليزية]

بشأن مسألة الحطام الفضائي ومسألة استخدام مصادر القدرة النووية في الفضاء الخارجي، يشرف حكومة قبرص أن تبليغ الأمين العام بأنها ليست لديها تعليقات تقدمها.

ايرلندا

[الأصل: بالانكليزية]

تدرك ايرلندا المشكلة المتنامية المتمثلة في الحطام الفضائي وما يرتبط به من مخاطر الاصطدامات، وستؤيد اتخاذ تدابير لاجراء البحوث حول المعايير الملائمة وترويج تلك المعايير من أجل مراقبة المواد الموضوعة في الفضاء والتخلص منها.

ويستخدم مختلف الوكالات من حين الى آخر مصادر للقدرة النووية الحرارية - الكهربائية، وذلك مثلا في الرحلات الى الفضاء العميق حيث تكون الطاقة الضوئية - الكهربائية غير كافية، وستؤيد ايرلندا اتخاذ تدابير لاجراء البحوث حول معايير وتدابير تحوطية صارمة وترويج تلك المعايير والتدابير فيما يتعلق بمصادر القدرة هذه.

اسرائيل

[الأصل: بالانكليزية]

ليس لاسرائيل أي نشاط على الاطلاق يستخدم مصادر قدرة نووية في الفضاء الخارجي.

جمهورية كوريا

[الأصل: بالانكليزية]

بشأن مسألة الحطام الفضائي، اقترحت جمهورية كوريا "مبدأ سداد جهة الاطلاق" الذي بموجبه تكون البلدان المتقدمة التي تنتج الحطام الفضائي مسؤولة عن الحطام الفضائي في الفضاء الخارجي. ويتفق ذلك مع الاتجاه الراهن في السياسات البيئية على الأرض. وينبغي للبلدان التي وضعت حطاما فضائيا في الفضاء الخارجي، مثل الاتحاد الروسي وفرنسا والولايات المتحدة الأمريكية، أن تتولى دورا قياديا في التخلص من الحطام ووضع المعايير والبحث عن تدابير للتخفيف. ويلزم أيضا أن تقدم تلك البلدان الدعم الى البلدان النامية لتخفيف الحطام الفضائي في المستقبل وذلك بإنشاء صندوق دولي لدعم تلك الأنشطة.

وينبغي الحد بصرامة من استخدام مصادر القدرة النووية ما عدا لرحلات خاصة مثل رحلات الفضاء العميق. وفي تلك الحالات التي لا بد منها، ينبغي وضع تصميم ومعايير للسلامة. ويلزم تبادل تلك التكنولوجيات بين البلدان المتقدمة النمو والبلدان النامية، بغية المحافظة على سلامة ونظافة أرضنا والفضاء الخارجي.

هولندا

[الأصل: بالانكليزية]

بشأن تحديد العمليات الأرضية والمعايير التقنية التي قد تكون ذات صلة بمصادر القدرة النووية في الفضاء الخارجي، لا تضطلع هولندا بأية أنشطة في هذا الميدان. ولذلك لا تستطيع هولندا أن تقدم المزيد من الآراء بشأن العوامل التي ربما تميز مصادر القدرة النووية في الفضاء الخارجي عن التطبيقات النووية الأرضية.

المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية

[الأصل: بالانكليزية]

ألف - مقدمة

تواصل المملكة المتحدة القيام بدور رئيسي في التصدي لمشكلة الحطام الفضائي. ويتحقق ذلك على المستوى الوطني من خلال فريق التنسيق التابع للمملكة المتحدة والمعني بالحطام الفضائي، وعلى الصعيد الدولي من خلال فريق التنسيق المشترك بين الوكالات والمعني بالحطام الفضائي (الايادك) ولجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية التابعة للأمم المتحدة.

ويواصل المركز الوطني البريطاني لشؤون الفضاء تنسيق مشاركة المملكة المتحدة في هذه المحافل.

وقد عقد آخر اجتماع لفريق التنسيق التابع للمملكة المتحدة في نيسان/أبريل ١٩٩٩ في وكالة التقييمات والبحوث الدفاعية (ديرا). وحضرت هذا الاجتماع كل الجماعات المعنية بأبحاث الحطام الفضائي في المملكة المتحدة، من الصناعة ومن المجتمع الأكاديمي، بما في ذلك الجهات التالية: شركة سنشري ديناميكس، ووكالة التقييمات والبحوث الدفاعية التابعة للمملكة المتحدة، و"هندسة جاذبية الموائع"، ووزارة الدفاع، ووكالة ماترا ماركوني للفضاء، وجامعات كنت ولندن وساوثامبتون. وقدمت ورقات عرض بحثية تناولت طائفة متنوعة من المواضيع شملت ما يلي: الأنشطة التي اضطلع بها أثناء الاجتماع السابق الذي عقده الايادك في تولوز؛ والتقدم المحرز في استحداث معدات لتعقب الحطام؛ وخطوات التقدم المحرزة في استحداث النماذج الجديدة للحطام/ النيازك والنتائج المتحققة من تلك النماذج؛ والأنشطة البحثية المتصلة بالدروع الواقية من الحطام الفضائي.

وعلى الصعيد الدولي، شاركت المملكة المتحدة في اجتماع للايادك بكامل هيئته عقد في تولوز في تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٩٨، وفي اجتماع للفريق التوجيهي للايادك عقد في فيينا في تموز/يوليه ١٩٩٩.

وفي السنة الماضية، اضطلعت المملكة المتحدة بما يلي من أنشطة البحث والتطوير في مجال الحطام.

باء - قياس تجمع الحطام

١- كواشف الحطام

يوفر كشف الحطام في الفضاء في الوقت الحقيقي معلومات قيمة عن بيئة الحطام الفضائي والنيازك. وفي العادة تستخدم طريقة الكشف طاقة الجسيم المرتطم لبدء القياس وتدمير الكيان المادي للجسيم نتيجة لذلك. وقد حافظت وحدة علوم الفضاء والفيزياء الفلكية في جامعة كنت في كانتربري على التقدم المحرز فيما يتعلق بثلاث مناسبات لرحلات فضائية لكاشف للحطام الفضائي يسمى ديبي (DEBIE). وتقدم مجموعة شركات فنلندية المساعدة في الفرصة الأولى من تلك الفرص وذلك بتوفير الصناعة استعدادا للرحلة على المركبة الفضائية بروبا (PROBA) التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية (الايسا) والتي من المقرر اطلاقها في منتصف عام ٢٠٠٠. وينبغي أن تصل أجهزة الاستشعار الخاصة بالرحلة الى جامعة كنت في تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٩٩ للمعايرة. وفيما يتعلق بفرصة الرحلة الثانية، وهي مركبة أبحاث تكنولوجيا الفضاء (الساتل STRV IC) التابعة لدير، قامت جامعة كنت بمعايرة أجهزة الاستشعار الخاصة بالرحلة وسلمت جميع المعدات الخاصة بالرحلة في آب/أغسطس وأيلول/سبتمبر ١٩٩٩. وقد أدمجت جميع الوحدات في المركبة الفضائية، ومن المقرر أن يتم الاطلاق في الربع الأول من عام ٢٠٠٠. وفرصة الرحلة الأخيرة هي على محطة الفضاء الدولية. وسوف يطلق مرفق دراسة التعرض الخاص بالتكنولوجيا التابع لاليسا في حزيران/يونيه ٢٠٠٢، في رحلة مدتها ثلاثة أعوام يعود المرفق بعدها الى الأرض. وعليه سيتيح ذلك فرصة لفحص الأسطح المستعادة بعد الرحلة.

كما تبحث جامعة كنت استخدام تقنية كشف جديدة تسمى جهاز الهلام الهوائي لاستشعار الارتطامات الحساس للموقع (أبسيس) (APSSIS)، الذي يجمع بين الكشف في الوقت الحقيقي وتحليل العينات المستعادة^(١) وبقياس موقع ووقت الارتطام على لوحة تجميع قابلة للاسترداد، يمكن بواسطة المسح وتحليل المتخلفات بعد الرحلة الحصول على بيانات كيميائية وفيزيائية عن الجسم المرتطم. وعلاوة على ذلك، يمكن بواسطة هذه البيانات، اذا قرنت بمتوجه سرعة المركبة الفضائية في لحظة الكشف، الحصول على مسار الجسم المرتطم في الاطار المرجعي المداري الملائم. وتشير نتائج تحليل متطلبات النظام الى استصواب استخدام أبسيس بصفة كاشف للمساحات الكبيرة، الأمر الذي يجعله مرشحا مثاليا للاستخدام في محطة الفضاء الدولية.

٢- تحليل السطوح المستعادة

يوفر تحليل السطوح المستعادة من الفضاء، مثله مثل الكواشف التي تعمل في الموقع، بيانات قيمة عن بيئة الفضاء. وقد قامت جامعة كنت مؤخرا بتحليل خلايا شمسية مأخوذة من احدى المصفوفات الشمسية المركبة على مقراب هابل الفضائي، التي استرجعت بعد قضاء مدة ٢٦٢ سنة في الفضاء. واستخدم المسح التحليلي بالميكروسكوب الالكتروني بنجاح لتحديد منشأ ٢٣ حفرة من ٢٩ حفرة من حفر الارتطام الموجودة على الخلايا المختارة. وكان التصنيف الكيميائي الملاحظ لمتخلفات الارتطام، المتبقية من النيزك على الحطام، جيد التوافق مع تنبؤات نموذج التدفق. وازافة الى ذلك، جرى أيضا تقييم النتائج الخاصة بالمتخلفات تقييما نقديا بمقارنتها باختبارات الارتطام الأرضية التي أجريت على الخلايا الشمسية باستخدام مدفع جامعة كنت الغازي الخفيف. وتؤكد بذلك حدوث تكوينات وآثار كيميائية مماثلة في الحفر، ما أعطى ثقة في نتائج التحليل الميكروسكوبي. وعرضت عدة ورقات عن هذا العمل في مؤتمرات وفي مجلات محترمة.^{(٢)(٣)}

جيم - نمذجة بيئة الحطام

لا تزال نمذجة بيئة الحطام وتطورها في الأجل الطويل، والمخاطر المحتملة التي تسببها للنظم الفضائية المقبلة الممكنة، تمثل نشاطا رئيسيا لدى باحثي الحطام في المملكة المتحدة. ومن المجالات الرئيسية للبحوث أيضا أثر الاستحداث المستمر لموجودات جديدة في الفضاء القريب من الأرض، وبالتالي نتائج ذلك على بيئة الحطام.

١- نمذجة مصادر الحطام

من أصعب جوانب نمذجة بيئة الحطام النمذجة الدقيقة لتجمعات الحطام الصغير الحجم (أقل من مليمتر واحد). والنماذج الحالية تتميز بنقصان كبير في تقدير تجمعات الحطام في تلك الأحجام. ومن الأسباب الرئيسية لذلك أن النماذج لا تشمل جميع مصادر الحطام. فمثلا لم يوضع في الاعتبار حتى الآن تولد ندف الطلاء من سطوح المركبات الفضائية الموجودة في المدار. غير أن أبحاثا أجريت في كلية كوين ميري ووستفيلد بجامعة لندن، بتمويل وارشاد من ديرا، مكنت من اعداد وسائل لبحث الحطام الدقيق. ويجري اعداد نموذج لتولد الحطام الدقيق يضع في اعتباره آثار الأوكسيجين الذري والتغير الحراري الدوري والاشعاع فوق البنفسجي. وأجريت قياسات بصفة تجريبية لتحديد دور كل من هذه الظواهر الفيزيائية، واستخدمت مسألة الاعداد الأولى للسطوح والعيوب الأولى للسطوح لانتاج توزيعات احصائية لحجم أجسام الحطام الدقيق الممكنة. ويعتزم أن يجري في نهاية المطاف ادماج النموذج الناتج في نماذج بيئة وتطور الحطام الفضائي، مثل

النموذج المتكامل لتطور الحطام الفضائي (إديس) (IDES) الذي أعدته ديرا، وبذلك ينتهي واحد من أهم أسباب التقدير المنقوص.

٢- نمذجة بيئة الحطام الحالية في المدار الأرضي التزامني

في حين أن نماذج بيئة الحطام الحالية في المدار الأرضي المنخفض أخذت تصير دقيقة تماما فإنه في الارتفاعات الأرضية التزامنية (أي في المدار الأرضي التزامني) يوجد عدم يقين أكثر كثيرا. وقد منح لمجموعة مؤلفة من جامعة كنت، وديرا، والمكتب الوطني لدراسات وأبحاث الفضاء الجوي (أونيرا) (تولوز)، ومعهد ماكس بلانك (هايدلبرغ)، وجامعة ماريلاند، عقد من الأيسا لتوسيع نطاق نمذجة الحطام الفضائي والعوامل البيئية الأخرى لتمتد من المدار الأرضي المنخفض إلى المدار الأرضي التزامني. وهذا العمل جار وسيبلغ عنه في السنة القادمة.

٣- التطور الطويل الأجل لبيئة الحطام

جرى مؤخرا تعزيز نموذج الحطام "إديس" التابع لديرا وأعيد التحقق من صحته بالاستفادة من توفر بيانات قياس عن مصادر وبيئات جديدة للحطام. وقد تم تحديث الحقبة المرجعية للنموذج لتصبح حتى ٣١ آذار/مارس ١٩٩٨، بسبب ادماج قاعدة بيانات تاريخية جديدة للأجسام الفضائية تتصل بحالات الاطلاق وتشمل حالات الاطلاق التي حدثت في الفترة من عام ١٩٥٧ إلى منتصف عام ١٩٩٨، وبسبب المحاكاة الإضافية لأحداث التشظي التي وقعت منذ حقبة النموذج المرجعية السابقة المنتهية في ١ كانون الثاني/يناير ١٩٩٦. ويشمل إديس الآن نمودجا استحدث مؤخرا يتعلق بالمصدر المتمثل في قطيرات سائل التبريد المؤلف من الصوديوم والبيوتاسيوم، أدى إلى حدوث تحسينات هائلة في دقة تنبؤات النموذج فيما يتعلق ببيئة الحطام السننيمتري. واستخدم نموذج إديس المعزز الخاص بالحطام استخداما واسع النطاق للدراسة التفصيلية للتطور الطويل الأجل لبيئة الحطام في المدار الأرضي المنخفض، بما في ذلك تأثير مجموعات سواتل المدار الأرضي المنخفض وتدابير تخفيف الحطام. وبعد أن وردت مؤخرا بعض بيانات الحالات الاختبارية من الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) بالولايات المتحدة، وفر نموذج إديس للمركز الوطني البريطاني لشؤون الفضاء مساهمة في دراسة دولية مقارنة للنماذج الطويلة الأجل للمدار الأرضي المنخفض تجري في إطار الإيادك. وإكمال هذه الدراسة المقارنة الأساسية سيمهد الطريق لإجراء مقارنات أكثر تعقدا، استنادا إلى اطار مماثل وبيانات مدخلة مشتركة بين النماذج. ويمكن أن تؤدي هذه الدراسات الأكثر تطورا التي يضطلع بها الإيادك إلى توافق آراء دولي حول مسائل هامة مثل مدى فعالية مختلف تدابير تخفيف الحطام التي تطبقها النظم العامة لمجموعات السواتل والنظم التجارية لمجموعات السواتل.

وقد أدى نجاح نموذج إديس التابع لديرا إلى قيام الإيسا والمركز الأوروبي للعمليات الفضائية (إيسوك) بإصدار عقد يهدف إلى استحداث صيغة من إديس خاصة باستخداماتهما. وسيسلم النموذج الجديد إلى الإيسا في أوائل عام ٢٠٠٠، ويسمى نموذج التحليل الطويل الأجل لبيئة الحطام (دلتا). وسيعتمد نموذج دلتا على تجميع أولي للحطام مستمد من النموذج المرجعي للنيازك والحطام الفضائي في بيئة الكرة الأرضية (ماستر) التابع للإيسا والذي قامت جامعة براونشفايغ التقنية في ألمانيا بتحديثه مؤخرا. وسيوفر نموذج دلتا اسقاطات احصائية طويلة الأجل لبيئة الحطام الذي يزيد حجمه على المليمتر الواحد في المدار الأرضي المنخفض وما يرتبط به من مخاطر الاصطدام بالرحلات الفضائية في السنوات المائة القادمة. وقد تحققت خطوات تقدم كبرى في نموذج دلتا من حيث سرعة ودقة الانتشار في المدار في الأجل الطويل؛ والاستبانة

العالية لنموذج حركة الاطلاق في المستقبل؛ وتقسيم تنبؤات النموذج حسب مكونات مصادر الحطام المختلفة؛ والتنبؤ المباشر بعملية توالي الاصطدامات. وعموما ينبغي أن يكون نموذج دلتا التابع للإيسا موافقا لأحدث التكنولوجيات وأن يوفر قدرات أكثر تقدما من القدرات التي توفرها النماذج الأخرى.

وفي كلية كوين ميري ويستفيلد بجامعة لندن واصل الباحثون تطوير نموذجهم الابتكاري للحطام، المسمى نموذج مونت كارلو للمحاكاة المباشرة. وهو يوفر قدرة تحليلية احصائية على التنبؤ بالتطور الطويل الأجل لبيئة الحطام المداري، بهدف تحسين تقييم المخاطر التي تتعرض لها المركبات الفضائية. ويتحقق ذلك الهدف بافتراض أن من الممكن نمذجة الحطام باستخدام عينات من الجسيمات لتمثيل تجمعات الحطام الحقيقية. ويجري تقييم احتمال اصطدامات الحطام تقييما دقيقا استنادا الى النظرية العيارية لحركة الجسيمات. وبفضل الجمع بين نموذج لتفكك المركبات الفضائية ونموذج لاحتمالات الاصطدام ونموذج لسقوط جسيمات الحطام من المدار بفعل المقاومة الدينامية الهوائية، يمكن التنبؤ بنمو تجمعات الحطام. وقد تم التحقق من صحة نموذج مونت كارلو للمحاكاة المباشرة بمقارنة التنبؤات بالنتائج المستمدة من تجارب الاصطدامات التي أجراها ساتل مرفق دراسة التعرض الطويل الأمد. واستخدمت عمليات المحاكاة المستمدة من النموذج للتنبؤ بعدد نوافذ مكوك الفضاء التي سيلزم استبدالها، وتقارن التنبؤات بالبيانات الفعلية. وبدأ العمل مؤخرا في توسيع نموذج بيئة الحطام ليشمل النيازك الطبيعية البالغة الصغر. ونشرت البحوث الخاصة بنموذج مونت كارلو للمحاكاة المباشرة للحطام في مجلة فضائية رئيسية.⁽⁴⁾

وتركز البحوث الجارية في شعبة هندسة الفضاء الجوي بجامعة غلاسغو على بحث التطور الطويل الأجل لمجموعة كبيرة من السواتل النانومترية في مدار أرضي باستخدام الطرائق التحليلية ذات الشكل المغلق. وتزايد أهمية هذا العمل لأن السواتل النانومترية تعتبر وسيلة زهيدة التكلفة لإتاحة طائفة متنوعة من التطبيقات الابتكارية الخاصة بالرحلات. وربما تشتمل نظم السواتل النانومترية المقبلة على عدة آلاف من السواتل، يتراوح وزن كل منها بين 0.1 و 1 كيلوغرام. ويحتمل أن لا تكون هناك سيطرة نشطة على هذه السواتل، بحيث تقوم العوامل البيئية، مثل مقاومة الهواء، بتشكيل تطور مجموعة السواتل. وتهدف أعمال النمذجة في جامعة غلاسغو الى التوصل الى متوسط الكثافة المكانية للمجموعة النمطية من السواتل تحت تأثير مقاومة الهواء، مع مراعاة أعطاب السواتل في المدار ووضع سواتل جديدة لاستكمال المجموعة. ويشير واحد من أهم الاستنتاجات الى أنه، في ظروف معينة، تنخفض كثافة عدد السواتل النانومترية بمرور الزمن، ولكن قمة الكثافة تصبح منحازة الى الارتفاعات الأعلى. ويمكن أيضا باستخدام هذه التقنية استخلاص تقديرات لمعدل وضع السواتل النانومترية الجديدة اللازم للحفاظ على المجموعة. ومن المقرر أن ينشر البحث في مجلة محترمة.⁽⁵⁾

٤- مخاطر الحطام القصيرة الأجل على الموجودات الفضائية

تضطلع جامعة ساوثامبتون اضطلاعا نشطا بتقديرات لمخاطر الحطام القصيرة الأجل على الموجودات الفضائية الرئيسية. وشملت التقديرات مؤخرا تحليلات لمخاطر الاصطدامات لمجموعة مؤلفة من 800 ساتل (استنادا الى التشكيل الأصلي لمنظومة سواتل تيلديسيك) ولمحطة الفضاء الدولية الجديدة. واستخدم في التقديرين كليهما نموذج برامجيات محاكاة الحطام الفضائي، الذي استحدث في جامعة ساوثامبتون بموجب عقد مع ديرا. وفيما يتعلق بتقدير المخاطر لمجموعة السواتل، جرى النظر في مسارين افتراضيين للأحداث يمكن أن يتسببا في الخطر وهما: (أ) تشظي أحد سواتل المجموعة؛ و(ب) تفكك مركبة خاصة بإطلاق سواتل المجموعة. ووجد أن خطر

الاصطدام للمجموعة منخفض في الأجل القصير. ومن بين المسارين الافتراضيين الذين جرى بحثهما، كان تفكك أحد سواتل المجموعة نتيجة لاصطدام هو الذي يشكل أكبر خطر على النظام. ولتقدير المخاطر لمحطة الفضاء الدولية، نظر في الخطر الناجم عن تشظي مرحلة عليا أو مركبة فضائية في مدار مجاور. واستنادا الى دراسات الحالات التي نظر فيها، وجد أن احتمالات الارتطام في الأجل القصير الناجمة عن التقاء محطة الفضاء الدولية بسحابة حطام التشظي أكبر حجما بأربعة أمثال من الاحتمالات الناجمة عن تجمعات حطام الخلفية. ونشرت نتائج هذه الدراسات في مجلة محترمة وأبلغ عنها في مؤتمرات دولية رئيسية.^(٧)

دال - حماية المركبات الفضائية من الحطام

حماية المركبات الفضائية من ارتطامات الحطام الفائقة السرعة هي مجال بحثي آخر تشارك فيه المملكة المتحدة مشاركة نشطة.

١- اختبار الارتطامات الفائقة السرعة

أوشكت مجموعة هيئات مؤلفة من وكالة ماترا ماركوني الفضائية وديرا وجامعة كنت و"هندسة جاذبية الموائع" على الفراغ من تنفيذ عقد مبرم مع الإيسا مدته سنتان لبحث الحلول الفعالة من حيث التكلفة للدروع الواقية من الحطام للمركبات الفضائية غير المأهولة. وبسبب القيود الواقعة على تصميم المركبة الفضائية النمطية، من حيث التكاليف والحجم، يوجد عدد محدود من خيارات التدرج المتاحة ذات المعقولية. وقد اقترحت مجموعة الهيئات مجموعة جديدة من الحلول الخاصة بالتدرج الواقية من الحطام ينبغي أن تؤدي الى تحسين قدرة المركبات الفضائية المقبلة على البقاء، تشمل الاستعاضة عن هيكل الألومنيوم النخروبي الشكل ذي الطبقة الواحدة الذي يستخدم عادة في العديد من المركبات الفضائية بهيكل ذي طبقتين، وإضافة طبقات من قماش بيتا الى الأغشية الحرارية العازلة المتعددة الطبقات التي تغطي هيكل الساتل. وقد صنعت نماذج للدروع وأخضعت لطائفة من الارتطامات الفائقة السرعة باستخدام المدفع الغازي الخفيف. ويفضل نتائج هذه الاختبارات، تسنى استنتاج معادلات للحد الباليستي لكل نوع جديد من الدروع. وتكفل هذه المعادلات امكانية التنبؤ بأداء الدروع عند تركيبها على السواتل. وخلال الفترة المتبقية من العقد المبرم، سيجري تحليل لمقارنة التكلفة والخطر بالمنفعة بغية وضع تقدير كمي لفعالية التكلفة للحلول التدرجية. وأخيرا، ستوضع مبادئ توجيهية لإرشاد مصممي نظم المركبات الفضائية بشأن أكثر الخيارات والمواضع ملائمة للتدرج لأي تصميم معين للمركبة الفضائية.

٢- نمذجة قابلية السواتل للبقاء

واصلت ديبرا استحداث نموذج برامجيات حاسوبية ابتكاري يسمى شيلد (CHIELD). والغرض من شيلد هو استبانة الاستراتيجية المثلى للوقاية من الحطام لأي رحلة ساتلية معينة. وسيقوم شيلد بذلك باستخدام خوارزمية جينية للبحث والتقييم الأوتوماتي في عدة آلاف من الاحتمالات المتنافسة لتشكيل المعدات داخل شكل هندسي ثلاثي الأبعاد يمثل جسم الساتل، الى جانب الخيارات والمواضع العديدة لتركيب التدرج على الساتل. وتستخدم عملية التقييم نظاما أعد مؤخرا لقياس القابلية للبقاء، وذلك من أجل التحديد السريع لفعالية كل حل. ومن المدخلات لنظام القياس المذكور توزيع لأجسام الحطام المرتظمة التي تخترق جسم الساتل، مستنبط من نموذج مونت كارلو، مستمد بدوره من البيانات الاتجاهية لدفق الحطام الناتجة عن نموذج إديس الذي

أعدته ديرا. ونظام القياس مهيكلي بحيث يستطيع أن يكشف ما إن كانت البنود ذات الأهمية الحاسمة محمية حماية جيدة بواسطة المعدات المجاورة وما إن كانت فوائد إضافة التدرج تبرر التكلفة والكتلة الإضافيتين. وبهذه الطريقة يستطيع النموذج أن يحدد أفضل الحلول لتوفير أقصى حماية للمعدات الحاسمة الأهمية. ويتوخى أن يتسنى أن يصبح النموذج في النهاية أداة هندسية إضافية تستخدم أثناء المراحل الأولى من أي مشروع ساتلي، حين تكون هناك مرونة تكفي لإدخال تغييرات على التصميم. وقد اكتملت لتوها الصيغة ٠١ من شيلد، وهي الآن جاهزة للتحقق من صحتها. ونشر هذا العمل بصفة ورقة مقدمة بناء على الطلب في مؤتمر رئيسي بشأن الفضاء، كما نشر في مجلة دفاع بريطانية محترمة.^{(٩)(أ)}

٣- نماذج الهيدروكودية (نماذج محاكاة دفع الموائع)

من الضروري تصميم دروع محسنة واقية من الصدمات باستخدام مواد جديدة مثل مادتي نكستل (Nextel) وكفلار (Kevlar)، بغية التقليل إلى الحد الأدنى من مخاطر الاصطدامات على الرحلات الفضائية المقبلة الطويلة الأمد، ولإسما الرحلات التي يلزم أن تكون مأهولة. ولذلك يلزم تحديد خصائص استجابة هذه المواد الجديدة للاصطدامات الفائقة السرعة، بغية ضمان التصميم الأمثل للدروع. وبالضرورة، تلزم عمليات المحاكاة بواسطة البرامج الحاسوبية الهيدروكودية من أجل التحقق من أداء هذه الدروع عند السرعات النمطية لارتطامات الحطام الفضائي (أكبر من ١٠ كيلومترات في الثانية). وللقيام بذلك، تستخدم البرامج الهيدروكودية نماذج للمواد في ظروف تسود فيها معدلات عالية من الضغط والإجهاد. وقد صممت بالفعل نماذج لمادة الألومنيوم، التي تستخدم عادة في المركبات الفضائية، ولكن لم تصمم نماذج لمادتي النكستل والكفلار. وتقوم شركة بريطانية، هي شركة سنشري ديناميكس، بموجب عقد مع الإيسا، باستحداث نماذج لهاتين المادتين المعينتين. وقد تم البيان العملي لنوعية النماذج المستنبطة وذلك بمقارنة عمليات المحاكاة الهيدروكودية باختبارات الارتطامات. وقدمت ورقة تعرض هذا البحث في ندوة دولية رئيسية، ورشحت الورقة لاحقا لنيل جائزة أفضل ورقة.^(١٠)

وقد بذلت شركة سنشري ديناميكس أيضا جهدا كبيرا في تحسين برنامجها الحاسوبي الهيدروكودي المسمى أوتودين (Autodyn). ويستمر البحث والتطوير الطويل الأجل في تقنية تسمى تقنية حركة الموائع للجسيمات الملساء، وذلك عن طريق الجمع بين الاستثمار الداخلي والتمويل المقدم من وزارة الدفاع ومن ديرا. ومن الجدير بالذكر أنه تم الآن تنفيذ قدرة ثلاثية الأبعاد خاصة بحركة الموائع للجسيمات الملساء في برنامج أوتودين وتم التحقق من تلك القدرة. ويكتسب برنامج أوتودين حاليا، بقدر متزايد، مكانة مرموقة على نطاق العالم، وقد اشترت كل من الإيسا وناسا في السنة الماضية تراخيص خاصة بمنشآت حاسوبية كبيرة.

الحواشي

(١) J. A. M. McDonnell and others, "Aerogel position-sensitive impact sensor: capabilities for in-situ collection and sample return", preprint.

(٢) G. A. Graham and others, "Hypervelocity impacts in low Earth orbit: cosmic dust versus space debris", *Advances in Space Research*, vol. 23, No. 1 (1999), pp. 95-100.

-
- G. A. Graham and others, "Natural and simulated hypervelocity impacts into solar cells", to be published in *International Journal of Impact Engineering*. (५)
- L. Wang and J. P. W. Stark, "Direct simulation of space debris evolution", *Journal of Spacecraft and Rockets*, vol. 36, No. 1 (January-February 1999). (६)
- C. R. McInnes, "A simple analytical model of the long term evolution of nanosatellite constellations", to be published in *Journal of Guidance, Control and Dynamics*. (७)
- G. G. Swinerd, S. P. Barrows and R. Crowther, "Short-term debris risk to large satellite constellations", *Journal of Guidance, Control and Dynamics*, vol. 22, No. 2 (1999), pp. 291-295. (८)
- G. G. Swinerd, S. P. Barrows and P. H. Stokes, "Short-term debris risk to the International Space Station arising from a spacecraft fragmentation", presented at the Forty-ninth International Astronautical Congress, held in Melbourne, Australia, 28 September-2 October 1998, paper No. IAA-98-IAA.6.4.04. (९)
- P. H. Stokes and others, "Novel modelling solutions for debris risk reduction", *Advances in Space Research*, vol. 23, No. 1 (1999), pp. 231-241. (A)
- P. H. Stokes and others, "Protecting satellites against orbital debris", *Journal of Defence Science*, vol. 4, No. 2 (1999), pp. 121-131. (A)
- C. J. Hayhurst and others, "Development of material models for Nextel and Kevlar-epoxy for high pressures and strain rates", paper presented at the Hypervelocity Impact Symposium, held in Huntsville, Alabama, United States, in November 1998, paper No. 1044. (10)
-