A

الأمم المتحدة

Distr.
LIMITED

A/AC.105/C.1/L.214*
26 February 1997
ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

الجمعية العامة

لجنة استخدام الفضاء الخارجي
في الأغراض السلمية
اللجنة الفرعية العلمية والتقنية
الدورة الرابعة والثلاثون
فيينا ، ١٧-٢٨ شباط/فبراير ١٩٩٧

تنقيحات على التقرير التقني للجنة الفرعية العلمية والتقنية بشأن الحطام الفضائي**

(التنقيحات مطبوعة ببنط بارز صغير)

١ - قياسات الحطام الفضائي

١-١- القياسات الأرضية

١-١-١- القياسات الرادارية

١ - الرادارات الأرضية مناسبة لرصد الأجسام الفضائية ، بسبب قدرتها على أداء عملها ليلا ونهارا وفي جميع أحوال الطقس . غير أن القدرة المخصصة للرادار **وطول الموجة التشغيلي هما عاملان يحدان من امكانية** كشف الأجسام الصغيرة على مسافات بعيدة .

٢ - ويستخدم في قياسات الأجسام الفضائية أساسا نوعان من الرادارات :

---

* هذه الوثيقة صادرة دون تحرير .

** يرد النص الأصلي للتقرير التقني للجنة الفرعية العلمية والتقنية بشأن الحطام الفضائي في الوثيقة A/AC/105/637 ، الفقرات ٩٤ - ١٣٧ .

(أ) رادارات يتحكم في اتجاه حزمتها الاشعاعية ميكانيكيا ، باستخدام هوائيات ذات عواكس مكافئية . ولا يمكن أن يكشف ويقاس بها سوى الأجسام الموجودة في مجال الرؤية الفعلي الذي يحدده التوجيه الميكانيكي للهوائي ذي العاكس المكافىء ؛

(ب) رادارات يتحكم في اتجاه حزمتها الاشعاعية الكترونيا ، باستخدام هوائيات ذات صفائف متطاورة . ويمكن أن تكشف وتقاس بها في آن واحد مئات من الأجسام في اتجاهات متباينة .

٣ - ويستخدم النوع الأول من الرادارات أساسا في التتبع ، أما النوع الثاني فيستخدم في مهام **التتبع** والبحث **على السواء** .

٤ - وتستخدم في رصد الحطام الفضائي الوضعيات الرادارية التالية : وضعية التتبع ؛ ووضعية تثبيت الحزمة ؛ والوضعية المختلطة ؛ والوضعية الازدواجية .

٥ - ففي وضعية التتبع ، يتعقب الرادار الجسم الفضائي لمدة بضع دقائق ، ويحصل على بيانات عن الاتجاه الزاوي للأصداء الرادارية ، ومداها ، ومعدل تغير مداها ، وسعتها ، وطورها . ومن تقييم الاتجاه والسرعة معدل تغير المدى كدالة للوقت ، يمكن استنتاج العناصر المدارية .

٦ - وفي وضعية تثبيت الحزمة ، يظل الهوائي ثابتا في اتجاه معين وتستقبل الأصداء القادمة من الأجسام التي تمر داخل مجال الرؤية . ويحصل بذلك على معلومات احصائية عن عدد الأجسام المكتشفة وحجمها ، ولكن يحصل على بيانات أقل دقة عن مدار تلك الأجسام .

٧ - وفي الوضعية المختلطة ، يبدأ الرادار عمله في وضعية تثبيت الحزمة وينتقل الى وضعية التتبع عندما يمر جسم ما عبر الحزمة ، وبذلك يحصل على بيانات مدارية أكثر دقة . وحالما تجمع البيانات ، يمكن أن يعود الرادار الى وضعية تثبيت الحزمة .

٨ - وفي الوضعية الازدواجية ، يستخدم هوائي مستقبل اضافي منفصل عن هوائي البث . وهذا يتيح مزيدا من الحساسية في الهوائي الازدواجي ، الذي يتمكن عندئذ من كشف أجسام أصغر .

٩ - ويمكن أن تستخلص من القياسات الرادارية في المقام الأول ، الخصائص التالية للأجسام الفضائية . **وستكون جميع البارامترات التالية مقرونة بقدر من التشكك** :

(أ) العناصر المدارية التي تبين حركة مركز كتلة الجسم حول الأرض ؛

(ب) الوضع النسبي الذي يبين حركة الجسم حول مركز كتلته ؛

(ج) حجم الجسم وشكله ؛

(د) العمر المداري للجسم ؛

(هـ) معامل القذف ، حسب تعريفه الوارد في الفقرة ١٢٧ (و) ، الذي يحدد معدل اضمحلال نصف المحور الكبير للمدار ؛

(و) كتلة الجسم ؛

(ز) الخواص المادية .

١٠ - ويمكن ادراج البيانات اليقينية في فهرس بالأجسام الفضائية ، وكذلك المعلومات الاحصائية عن عدد الأجسام المكتشفة من حجم معين في منطقة معينة في وقت معين .

١١ - والرادارات الحالية تستطيع كشف الأجسام التي يزيد مقاسها على سنتيمتر واحد على مدى يصل الى ١ ٠٠٠ كيلومتر ، أو متر واحد في المدار الثابت بالنسبة للأرض (GEO) . ومن أجل كشف الأجسام الأصغر ، **يمكن** اعتماد وضعية الرادار الازدواجية . وباستخدام هذا الأسلوب ، يمكن كشف أجسام يبلغ مقاسها ملليمترين على مدى ٥٠٠ كيلومتر . وتنطبق مديات الكشف هذه على الأجسام الشديدة العاكسية ، مثل الفلزات . أما في حالة المواد الأخرى ، مثل الخلائط المركبة ، **فيمكن** أن يكون انعكاس الاشارات الرادارية أضعف .

١٢ - وقد أجرت الولايات المتحدة ، باستخدام الرادارين هيستاك وغولدستون **وبعض الرادارات الروسية** ، وألمانيا باستخدام رادار المؤسسة البحثية للعلوم التطبيقية (FGAN) **وتلسكوب إفلسبيرغ الراديوي** ، قياسات رادارية لاعداد أجسام الحطام المداري التي **تقل مقاساتها عن ٣٠ سنتيمترا** (الحد الاسمي لقائمتي الاتحاد الروسي والولايات المتحدة) . ووفر رادارا هيستاك وغولدستون صورة احصائية لبيئة الحطام في المدار الأرضي المنخفض (LEO) حتى مقاسات تصل الى ٥ر٠ سنتيمتر (وأحيانا ٢ر٠ من السنتيمتر) . أما قياسات رادار FGAN فلم تشمل مثل هذه المقاسات الصغيرة ، ولكنها تتفق عموما مع النتائج التي توصلت اليها وكالة ناسا . والصورة التي ترسمها هذه القياسات **وقياسات أخرى** هي أن اعداد أجسام الحطام تزيد على أعداد النيازك الطبيعية بالنسبة لجميع المقاسات التي يزيد قطرها على نحو ١٠ر٠ من السنتيمتر .

١٣ - ويستطيع رادار الغلاف الجوي الأوسط والعلوي (MU) بجامعة كيوتو في اليابان رصد تغاير المقطع الراداري المستعرض (RCS) (أو مساحة الصدى) لأجسام مجهولة لمدة ٢٠ ثانية . كما يستطيع نظام راداري ازدواجي بمعهد العلوم الفضائية والفلكية (ISAS) في اليابان كشف أجسام لا يزيد مقاسها على سنتيمترين على ارتفاع ٥٠٠ كيلومتر .

١-١-٢- القياسات البصرية

١٤ - يمكن كشف الحطام الفضائي المرئي بواسطة ضوء الشمس المنعكس عندما يضيىء ضوء الشمس الجسم الحطامي بينما تكون الأرض تحته مظلمة . وبالنسبة للأجسام الموجودة في مدار أرضي منخفض (LEO) ، تقتصر هذه المدة على ساعة أو ساعتين مباشرة بعد غروب الشمس أو قبل شروقها . غير أنه بالنسبة للأجسام الموجودة في مدار أرضي مرتفع (HEO) ، مثل الأجسام الموجودة في مدار متزامن مع الأرض ، يمكن في كثير من الأحيان مواصلة عمليات الرصد طوال الليل . ومن القيود الأخرى على القياسات البصرية ، ضرورة أن تكون السماء صافية ومظلمة . وتمتاز القياسات البصرية على القياسات الرادارية بأن شدة الاشارة المنبعثة من ضوء الشمس المنعكس لا تنخفض الا بمقدار مربع المسافة أو الارتفاع ، بينما تنخفض الاشارة الرادارية المرتدة بمقدار المسافة مرفوعة الى أس أربعة . ويترتب على ذلك أن مرقابا متواضع الحجم يستطيع أن يتفوق في الأداء على معظم الرادارات في كشف الحطام الموجود على ارتفاعات قصوى . وقد أجريت باستخدام مراقب بصرية بعض عمليات قياس الحطام الصغير الحجم الموجود في مدار أرضي منخفض ، ولكن الرادارات تتفوق أداء على المراقب في القياس في مدار أرضي منخفض .

١٥ - وتستخدم القيادة الفضائية للولايات المتحدة مرقابا بفتحة قدرها متر واحد ، مزودا بصمامات مصورة مقوّاه ذات كاشفات ، لتتبع أجسام في مدار أرضي مرتفع . وتستخدم هذه القياسات لاستكمال الجزء الخاص بالمدارات الأرضية المرتفعة من الفهرس الذي تحتفظ به القيادة الفضائية . وتقتصر قدرة هذه المراقب على كشف الأجسام التي يبلغ حجمها مترا واحدا الموجودة على ارتفاعات المدارات المتزامنة مع الأرض ، والتي تناظر سطوعا نجميا حديا قدره ١٦ . ويعتزم تزويد هذه المراقب بكاشفات بأجهزة متقارنة الشحنات ، مما سيحسن أداءها . ولدى وكالة الفضاء الروسية مرقاب مماثل القدرة يستخدم لاستكمال قائمتها الخاصة بأجسام المدارات الأرضية المرتفعة .

١٦ - وعلى وجه العموم ، يعنى فهرس القيادة الفضائية بالولايات المتحدة وفهرس الاتحاد الروسي الخاصتان بالمدار الثابت بالنسبة للأرض (GEO) بأجسام المركبات الفضائية والصواريخ السالمة . غير أن هناك ما يدعو الى الاعتقاد بأن حطاما فضائيا صغير المقاس ، ناتجا عن انفجارات ، يوجد أيضا في منطقة المدار الثابت بالنسبة للأرض (GEO) . وقد لوحظ في عام ١٩٧٨ انفجار ساتل روسي من طراز ايكران (Ekran) كان يدور في المدار الثابت بالنسبة للأرض . وأثناء سنة ١٩٨٦ ، رئي عدد كبير من الأجسام غير المدونة في الفهرس في مدارات إهليلجية مرتفعة ، بميل قدره ٧ درجات ، ربما كان نتيجة لتحطم احدى مراحل آريان الانتقالية الأرضية . وعن طريق الصدفة ، رصد تلسكوب القيادة الفضائية بالولايات المتحدة ، الكائن في ماوي ، هاواي ، تحطم صاروخ معزز انتقالي من طراز تيتان 081-1968) (E في شباط/فبراير ١٩٩٢ . وهناك صواريخ مرحلية أخرى موجودة بالقرب من المدار الثابت بالنسبة للأرض قد تكون امكانية انفجارها قائمة . ويبدو أن بعض هذه الصواريخ المرحلية مفقود ، وربما تكون قد انفجرت .

١٧ - ولمسح منطقة المدار الثابت بالنسبة للأرض بحثا عن الحطام المداري ذي الأجسام الصغيرة الذي يظن وجوده هناك ، يلزم مزيج نادر من الحساسية ومجال الرؤية . فلكشف حطام يقل مقاسه عن متر واحد

قرب ارتفاع مداري متزامن مع الأرض ، يلزم سطوع نجمي حدي يبلغ ١٧ أو أكثر ، كما يلزم أوسع مجال رؤية ممكن ليتسنى المسح السريع لمنطقة كبيرة . ومعظم المراقب الفلكية التي لديها الحساسية الكافية ذات مجال رؤية صغير . وهذا مفيد في التحديد الدقيق لمواقع السواتل (ما أن تعرف مواقعها التقريبية) ، ولكنه غير مفيد في مسح مناطق كبيرة من القبة السماوية .

١٨ - وقد أجريت بعض القياسات الأولية بغية مسح المنطقة القريبة من المدار الثابت بالنسبة للأرض بحثا عن الأجسام الحطامية التي يقل مقاسها عن متر واحد . واستخدمت وكالة ناسا مقرابا صغيرا قادرا على كشف أجسام خافتة يتدنى سطوعها النجمي الى ١ر١٧ (يعادل جسما قطره نحو ٦ر٠ من المتر على ارتفاع مداري متزامن مع الأرض) ، بمجال رؤية قدره نحو ٥ر١ درجة . وأوضحت النتائج انه يوجد فعلا تجمع حطامي لا يستهان به بالقرب من هذه الارتفاعات . وهذا يبرر اجراء المزيد من عمليات المسح . **وتقوم لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات لشؤون الحطام الفضائي حاليا ببحث خطط لارسال حملة استكشافية للحطام الفضائي الموجود في المدار الثابت بالنسبة للأرض .**

١٩ - ويرد في الجدول ١ أدناه تلخيص للقدرات الحالية والمعتزمة للرصد البصري للحطام الفضائي :

الجدول ١ - المرافق البصرية لرصد الحطام الفضائي

(يستكمل فيما بعد)

البلد/المنظمة	المنظمة	فتحة المقراب (بالأمتار)	مجال الرؤية (بالدرجات)	نوع الكاشف	قدر السطوع الحدي	الحالة
اليابان	SUNDAI	**٠ر٧٥**	**٠ر٤**	**جهاز متقارن الشحنات** CCD	**١٧ر٠**	**عامل**
اليابان	مختبر بحوث الاتصالات (CRL)	١ر٥	**٠ر٢٨**	CCD		**عامل**
الايسا	الايسا	١ر٠	١ر٠	CCD	**١٩ر٠**	**قيد التطوير**
الاتحاد الروسي	RAC	**١ر٠**		CCD	**٢٠ر٠**	**عامل**
الاتحاد الروسي	RSA	**٠ر٦**	**٠ر٢**	TN	**١٩ر٠**	**عامل**
سويسرا	جامعة بيرن	**١ر٠**		CCD		**قيد التطوير**
الولايات المتحدة	ناسا	٠ر٣	١ر٥	CCD	١٧ر١	عامل
الولايات المتحدة	ناسا	٣ر٠	٠ر٣	CCD	٢١ر٥	**عامل**
المملكة المتحدة	**مرصد غرينتش الملكي**	**٠ر٢**	**٠ر٢٥**	CCD		**عامل**

١-٢- القياسات الفضائية

١-٢-١- الأسطح المستردة وكواشف الارتطام

٢٠ - يمكن الحصول على معلومات عن الجسيمات التي يقل حجمها عن ملليمتر واحد بتحليل أسطح المركبات الفضائية العائدة الى الأرض بعد تعرضها للبيئة الفضائية . ويمكن أيضا الحصول على معلومات مماثلة بواسطة كواشف حطام وغبار مكرسة لهذا الغرض . ومعظم هذه الكواشف يحتوي على عنصر رئيسي هو سطح الكشف . وبعضها مصمم لإصطياد الجسيم المرتطم لكي يجري عليه المزيد من التحليل . ولأسباب تتعلق بالتكلفة ، لا تسترد الأسطح لتحليلها لاحقا إلا من المدار الأرضي المنخفض .

وترد في الجدول ٢ أدناه **أمثلة لمركبات فضائية وأسطح مستردة** .

الجدول ٢ - أمثلة من مركبات فضائية وأسطح مستردة

(يستكمل فيما بعد)

الاسم	المدار	مدة الوجود في المدار	طريقة التثبيت	المساحة المعرضة
مرفق دراسة التعرض الطويل الأمد (LDEF) (الناسا)	٣٤٠-٤٧٠ كيلومترا ٥ر٢٨ درجة	٨٤/٤-٩٠/١	الجاذبية - الممال	١٥١ مترا مربعا
يوريكا (الإيسا)	٥٢٠ كيلومترا ٥ر٢٨ درجة	٩٢/٧-٩٣/٦	صوب الشمس	٣٥ مترا مربعا ، مركبات فضائية + ٩٦ مترا مربعا ، مصفوفات شمسية
مصفوفة الخلايا الشمسية مرقاب هابل الفضائي **(الإيسا/الناسا)**	٦١٠ كيلومترات ٥ر٢٨ درجة	٩٠/٥-٩٣/١٢	صوب الشمس	٦٢ مترا مربعا
مير/يورومير ٩٥ (وكالة الفضاء الروسية/ الإيسا)	٣٩٠ كيلومترا ٦ر٥١ درجة	٩٥/١٠-٩٦/٢	الجاذبية - الممال	٢٠ × ٣٠ سنتيمترا (خرطوشة)
الوحدة الفضائية الطائرة (SFU) (اليابان)	٣٠٠-٥٠٠ كيلومتر ٥ر٢٨ درجة	٩٥/٣-٩٦/١	صوب الشمس	٢٠ مترا مربعا
مكوك الفضاء (الناسا) مركبة مدارية	٣٠٠ - ٦٠٠ كيلومتر ٥ر٢٨ درجة - ٦ر٥١ درجة	١٩٩٢ الى الوقت الحاضر	متغايرة	١٠٠ متر مربع

٢١ - وبعد التعرض للبيئة الفضائية ، تكتسي أسطح المركبات الفضائية بعدد كبير من آثار الارتطام بالنيازك والحطام . ويتراوح حجم كل من ثقوب وأخاديد الارتطام بين جزء من المليون من المتر الى عدة ملليمترات . ومن المشاكل الأساسية التمييز بين ارتطامات النيازك وارتطامات حطام من صنع الانسان . والتحليل الكيميائي طريقة ثبت نجاحها لتحديد منشأ الارتطامات . غير أن هناك بعض الصعوبات التي تقترن بهذه الطريقة . فبسبب سرعة الارتطام الفائقة ، لا يبقى على حاله من المادة المرتطمة سوى القليل . فالجسيمات تتبخر ثم تتكثف مرة أخرى على الأسطح المجاورة . وفي كثير من الحالات لا يمكن تحديد منشأ الجسيم المرتطم تحديدا قاطعا (لعدم وجود رواسب أو لكون نتيجة التحليل الكيميائي غير حاسمة) . ومن أجل تحديد الصلة بين حجم معلَم الارتطام وحجم الجسيم ، أجريت على مختلف المواد اختبارات معايرة أرضية (اختبارات ارتطام فائق السرعة) .

٢٢ - ومن احصائيات الارتطام وتجارب المعايرة ، يمكن تحديد تدفق النيازك والحطام باعتباره دالة لحجم الجسيم . وثمة مسألة هامة ينبغي النظر فيها وهي مسألة الارتطامات الثانوية . واذا لم تعالج هذه الارتطامات معالجة سليمة فستقدر قيم التدفق بأكثر من القيم الحقيقية .

٢٣ - وقد اكتسى مرفق دراسة التعرض الطويل الأمد (LDEF) بأكثر من ٣٠ ٠٠٠ أخدود يرى بالعين المجردة ، منها ٥ ٠٠٠ أخدود يزيد قطر كل منها على ٥ر٠ ملليمتر . وكان قطر أكبر أخدود ٥ ملليمترات ، ويرجح أن سببه جسيم حجمه ملليمتر واحد . وأظهر المرفق ان بعض الارتطامات كانت متجمعة زمنيا ، كما أشار الى وجود تجمعات يقل حجمها عن الملليمتر الواحد تدور في مدارات إهليلجية .

٢٤ - وكان قطر أكبر أخدود ارتطام على يوريكا ٤ر٦ ملليمتر . ومن بين الأسطح المستردة ، كانت مصفوفة الخلايا الشمسية المستردة لمرقاب هابل الفضائي صاحبة أعلى ارتفاع مداري . ومن الاستنتاجات المثيرة للاهتمام أن تدفق الارتطام على مرقاب هابل الفضائي كان أعلى (بعامل ٢ - ٨) منه في حالة يوريكا فيما يتعلق بالأخاديد التي يزيد حجمها على ٢٠٠ - ٣٠٠ ميكرون .

٢٥ - وقد استرد المكوك الفضائي في كانون الثاني/يناير ١٩٩٦ الوحدة الفضائية الطائرة (SFU) التي كانت قد أطلقت في آذار/مارس ١٩٩٥ . **ويجري حاليا** تحليل لما بعد الرحلة .

٢٦ - وتثبت الحالات التي نوقشت أعلاه ما لبيئة الجسيمات من تأثير على المركبات الفضائية في المدار . ولم يلاحظ ، في جميع الحالات ، أي تدهور وظيفي لدى المركبات الفضائية . ولا تتوفر معلومات عن مجموع الأجسام التي يقل حجمها عن ملليمتر إلا في الارتفاعات التي تقل عن ٦٠٠ كيلومتر . وبصفة خاصة ، لا توجد معلومات عن المناطق ذات الكثافة القصوى من الحطام الفضائي في المدار الأرضي المنخفض (الارتفاع الذي يتراوح بين ٨٠٠ و ١ ٠٠٠ كيلومتر تقريبا) وكذلك في المدار الثابت بالنسبة للأرض . وفي عام ١٩٩٦ ، وضعت الوكالة الفضائية الأوروبية في المدار الثابت بالنسبة للأرض جهازا كاشفا للحطام والغبار على متن المركبة الفضائية الروسية "اكسبريس - ٢" .

١-٢-٢- قياسات الحطام الفضائية

٢٧ - ان عمليات القياس انطلاقا من الفضاء تكون بصفة عامة ذات استبانة أعلى ، وذلك بالنظر الى قصر المسافة بين الراصد والجسم . وعلاوة على ذلك ، ينعدم التأثير المشوش للغلاف الجوي (انطفاء وامتصاص الاشارات الكهرومغنطيسية) . وواضح أن تكاليف الأنظمة الفضائية أعلى عموما من تكاليف الأنظمة الموجودة على الأرض ، ومن الضروري الموازنة بين التكلفة والأداء .

٢٨ - كان الساتل الفلكي لدراسة الأشعة دون الحمراء (ايراس) ، الذي أطلق في عام ١٩٨٣ بغرض اجراء مسح للسماء في أطوال موجية تتراوح بين ٨ و ١٢٠ ميكرومتر ، يعمل على مدى عشرة أشهر في مدار متزامن مع الشمس على ارتفاع يناهز ٩٠٠ كيلومتر . وكان الساتل مصوبا اشعاعيا بعيدا عن الأرض وكان يمسح الكرة السماوية . وقد قامت بتحليل المجموعة الكاملة للبيانات غير المجهزة التي أرسلها الساتل "ايراس" منظمة البحوث الفضائية بهولندا (SRON) الموجودة في مدينة غرونينغن ، وذلك بغرض تحديد خواص انبعاثات الأشعة دون الحمراء من الأجسام الحطامية واستخراج مجموعة شاملة من الرؤى الحطامية . وتستند الطريقة المتبعة في تحديد بصمات أجسام الحطام الى التعرف على مسارها على المستوى البؤري للساتل ايراس . وخزنت الرؤى الحطامية المحتملة وعددها ٢٠٠ ٠٠٠ رؤية في قاعدة بيانات . وعزي ما يربو على ١٠ ٠٠٠ رؤية الى أجسام حقيقية . ولا يمكن ، انطلاقا من مشاهدات الحطام ، حساب العناصر المدارية لجسم حطامي بطريقة وحيدة .

٢٩ - وفي عام ١٩٩٦ ، أطلقت الولايات المتحدة المركبة الفضائية MSX الى مدار ارتفاعه ٩٠٠ كم . ويجري استعمال أجهزتها الاستشعارية العاملة بالأشعة المرئية ودون الحمراء لرصد الحطام الصغير القريب من ذلك المدار .

١-٣- الفهرسة وقواعد البيانات

٣٠ - الفهرس هو سجل لتدوين خصائص الأجسام المدارية ، التي استخلصت من عمليات القياس أو من السجلات . وتتمثل أهداف الفهرس في اتاحة اقامة ترابط مع عمليات رصد الأجسام السيارة ؛ والعمل بمثابة سجل تاريخي للنشاط المداري لأغراض رصد البيئة ؛ واستخدامه كمدخل لوضع نماذج سلوك الأجسام السيارة ، وتوفير أساس للتكهن بأنشطة الاطلاق والتشغيل المقبلة .

٣١ - وقد سجلت خصائص الأجسام السيارة التالية :

(أ) الكتلة : كتلة الاطلاق وكتلة بداية الحياة والكتلة الجافة (نهاية الحياة) ؛

(ب) المقطع الراداري المستعرض مساحة الصدى : وهو البصمة المرجعة للجسم السيار التي يمكن بواسطتها تحديد شكله وتوجهه وحجمه ؛

(ج) النصوع : وهو قياس انعكاسية الجسم التي تميز الرؤية البصرية لذلك الجسم ؛

(د) الأبعاد ؛

(هـ) التوجه ؛

(و) معامل القذف : وهو قياس الخصائص الدينامية - الهوائية والهندسية الكتلية للجسم ، التي سوف تؤثر على متوسط العمر المداري لجسم حتى وقت دخوله الغلاف الجوي العلوي ؛

(ز) التركيب المادي : بالرغم من أن هذه الخاصية لا أهمية لها في الوقت الراهن ، فان التوضيح الفعال لتناثر الأجسام الحطامية الصغرية سوف يستلزم تعريف خصائص السطح ؛

(ح) متجهات الحالة : وهي خصائص مدار جسم معين ، مستخلصة في لحظة محددة من الزمن ؛

(ط) خصائص الاطلاق : تتضمن هذه مركبة الاطلاق ، وحقبة الاطلاق ، وموقع الاطلاق .

٣٢ - وهناك فهرسان للأجسام الفضائية يجري تحديثهما بصورة متكررة بواسطة عمليات الرصد ، هما : فهرس القيادة الفضائية بالولايات المتحدة ، وفهرس الاتحاد الروسي للأجسام الفضائية . وتحفظ البيانات **أيضا** في قاعدة بيانات الوكالة الفضائية الأوروبية ، المسماة "ديسكوس" .

٣٣ - وتدرس الوكالة الوطنية للتنمية الفضائية (ناسدا) امكانية استحداث قاعدة بيانات خاصة بالحطام **يمكن أن توفر** البيانات لقاعدة بيانات الحطام الدولية **المشتركة** التي **تناقشها حاليا** لجنة التنسيق المشتركة بين الوكالات لشؤون الحطام الفضائي . **كما تدرس ناسدا اجراء تحليل للتنبؤات بمسار الأجسام العائدة الى الغلاف الجوي وتحليل خاص بتفادي ارتطام الحطام بالأجسام المطلقة الجديدة .**

٣٤ - وتعتمد ناسدا في الوقت الراهن على البيانات الخاصة بالعناصر المدارية لدى القيادة الفضائية للولايات المتحدة **كمصدر وحيد** لقاعدة بياناتها الخاصة بالحطام . وستضيف ناسدا البيانات **المدارية** الخاصة بمركبتها الفضائية ، والمتحصل عليها من عمليات الرصد التي يقوم بها المرصد الفلكي الوطني .

٣٥ - ويمكن حفظ سجل مفهرس عن طريق عدد من الوسائل . والحفظ في شكل نسخ مطبوعة (ورقية) لا يناسب الطبيعة الدينامية لمجموعة الأجسام المدارية . أما الحفظ الالكتروني فمناسب جدا لتسجيل تلك المعلومات ؛ وتعديل وتحديث الخصائص ؛ ومعالجة البيانات لأغراض المقارنة واعداد المدخلات لوضع النماذج ؛ وحصول المستعملين في العالم على البيانات عن طريق الشبكات لأغراض الاستعلام والمساهمة .

١-٤- آثار بيئة الحطام الفضائي على تشغيل المنظومات الفضائية

٣٦ - هناك أربعة عوامل تحدد كيفية تأثير بيئة الحطام الفضائي على عمليات المنظومات الفضائية ، وهي مدة البقاء في المدار . والمنطقة المستهدفة ، والارتفاع المداري ، والانحدار المداري . والعوامل الأكثر تأثيرا هي مدة البقاء في المدار والمنطقة المستهدفة والارتفاع المداري .

١-٤-١- آثار الأجسام الحطامية الكبيرة على تشغيل المنظومات الفضائية

٣٧ - تعرف الأجسام الحطامية الكبيرة ، نمونجيا ، بأنها أجسام يتجاوز مقاسها ١٠ سنتيمرات . ويمكن تتبع هذه الأجسام ، والمحافظة على عناصرها المدارية . وكان على المركبات المدارية ابان البعثات المكوكية أن تقوم بمناورات لتفادي الارتطام بتلك الأجسام الحطامية الكبيرة منعا لحدوث كارثة . وفي عام ١٩٩٦ ، حدث أول ارتطام طبيعي مسجل بين جسمين مفهرسين ، هما ساتل "سيريس" وشظية من صاروخ مرحلة عليا من طراز "اريان" .

١-٤-٢- آثار الأجسام الحطامية الصغيرة على تشغيل المنظومات الفضائية

٣٨ - ألحقت الأجسام الحطامية الصغيرة (التي يقل قطرها عن بضعة ملليمترات) حتى الآن أضرارا بالمنظومات الفضائية العاملة . **ولم يكن لهذه الارتطامات تأثير معروف على نجاح تلك البعثات** . ويمكن تقسيم تلك الأضرار الى فئتين ، أولاهما فئة الأضرار التي تلحق بالأسطح أو المنظومات الفرعية ، أما الفئة الثانية فهي الآثار الواقعة على العمليات .

١-٤-٢-١- الأضرار التي تلحق بالأسطح أو المنظومات الفرعية

٣٩ - فيما يلي أمثلة على الأضرار التي تلحق بأسطح المنظومات العاملة :

(أ) أضرار لحقت بنوافذ المكوك ؛

(ب) أضرار لحقت بهوائي الكسب العالي لمرقاب هبل الفضائي ؛

(ج) قطع حبل نظام النشر الصغير القابل للاستهلاك - ٢ (سيدس - ٢) ؛

(د) أضرار لحقت بأسطح المكوك المكشوفة الأخرى .

في الحالات (أ) و (ب) و (د) ، توجد شواهد واضحة على ضرر ناجم عن الحطام المداري . أما في الحالة (ج) فليس واضحا ما اذا كان هذا الضرر ناجما عن حطام من صنع البشر أم عن نيزك صغير للغاية .

١-٤-٢-٢- آثار الحطام الفضائي على العمليات الفضائية البشرية

٤٠ - اعتمدت اجراءات تشغيلية تستهدف حماية أفراد الطواقم من الحطام أثناء التحليق . ففي حالة المكوك الفضائي **كثيرا ما** توجه المركبة المدارية أثناء التحليق بحيث يكون ذيلها مصوبا نحو متجه السرعة . واعتمد اتجاه التحليق هذا لحماية أفراد الطاقم والأجهزة الحساسة في المركبة المدارية من الأضرار التي تنجم عن الاصطدامات بالأجسام الحطامية الصغيرة .

٤١ - كذلك فرضت قيود تشغيلية على الأنشطة التي تتم خارج المركبة . وتتم هذه الأنشطة ، حيثما أمكن ، بحيث يكون الطاقم الذي ينجزها محجوبا عن الأجسام الحطامية المدارية .

١-٥- آثار أخرى للحطام الفضائي

٤٢ - يلاحظ علماء الفلك أثناء عمليات التصوير الواسعة المجال تزايدا في عدد اللطخات الناشئة عن الحطام المداري في كل لوحة تطوير . وهذه اللطخات تسيء الى نوعية عملية الرصد . ومن شأن التطليخ الناشيء عن الحطام المداري أن يفسد كليا عمليات الرصد الفوتومترية اذا مر الحطام عبر المجال الفوتومتري الضيق .

- - - - -