مجلة العلوم الطبيعية
والحياتية والتطبيقية
العدد الثالث – المجلد الأول
أكتوبر 2017
ISSN: 2518-5780

المجلة العربية للعلوم و نشر الأبحاث
Arab Journal of Sciences & Research Publishing
AJSRP

استخدام اللادر لتطوير نظام النبضات الليزرية لإزالة الحطام الفضائي

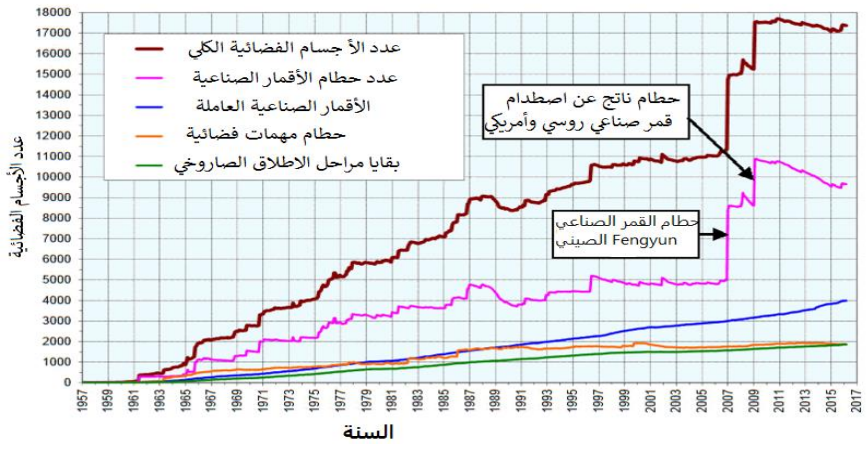
محمد العصيري
مركز دشيشة لأبحاث الفضاء والفيزياء الفلكية || دمشق || سورية

الملخص: عرضت أفكاراً عديدة لمعالجة مشكلة الحطام الفضائي (النفايات الفضائية) والتي تشكل تهديداً للأرض من جهة ولمركبات ومهمات الفضاء والاقمار الصناعية من جهة أخرى.من هذه الأفكار ما هو منطقي وعملي ويمكن تنفيذه اليوم ومنها ما هو بعيد المنال .. من هذه الدراسات العلمية العملية الأبحاث في استخدام تقنية الليزر عن طريق إرسال نبضات ذات شدة عالية لتغيير مسار الحطام ومنع التصادمات رغم تفاوت هذه الدراسات بين اقتراح إرسال هذه النبضات من الأرض أو من الفضاء. هذا البحث يسلط الضوء على استخدام تقنية الليزر وتطبيقها في الفضاء ويحدد نقاط الضعف في هذه التقنية ويقدم فكرة لتفاديها وذلك باستخدام نظام اللادر (LADAR)للمساعدة في تحديد أبعاد وسرعة الأجسام الفضائية و مكوناتها مما يساهم في تحسين أسلوب المعالجة وتوفير بيانات حول الحطام وتطوير المعالجة لتشمل حتى الأجرام الفضائية الطبيعية التي تشكل تهديداً على الأرض كالكويكبات..

الكلمات المفتاحية: الحطام الفضائي، نبضات ليزرية، ليزر الأشعة فوق البنسفجية، اللادر، الكويكبات.

1- المقدمة

يتزايد عدد الحطام الفضائي وكتلته في مدار الأرض بشكل مطرد منذ عام 1957 **(NASA, 2013, p1)**. واليوم تم الكشف عن 23 ألف قطعة أكبر من 10cm من بينها 17 ألف قطعة يتم تعقبها (**Jonathan & Campbell 2000**)، و أكثر من 500 ألف جسم بين 10cm-1cm، وأكثر من 100 مليون قطعة صغيرة عبارة عن حطام أكبر من 1 mm تقارب كتلة هذه النفايات مجتمعة إلى حوالي 7000 طن موزعة في الفضاء فوق رؤوسنا، تشكل هذه النفايات الفضائية خطراً كبيراً سواء للمهمات الفضائية أم بالنسبة للأرض وسكانها، ولاسيما تلك الأجزاء التي لا تحترق في الغلاف الجوي, وتصل احتمالية اصطدام هذه الأجزاء سواء بالأقمار الصناعية العاملة أم بمحطة الفضاء الدولية إلى اصطدام واحد كل 3.2 سنة **(Phipps, 1996, p5)**. والشكل (1) يوضح عدد هذه الأجسام وارتفاع عددها في السنوات السابقة.



الشكل (1) –ارتفاع عدد الحطام الفضائية في السنوات السابقة ويلاحظ تأثير الاصطامات على عدد الحطام .
المصدر *NASA*

لقد اقترحت العديد من الدراسات لمعالجة هذه المشكلة وتقديم الحلول ومن بين أهم هذه الحلول المقدمة والمنطقية هو استخدام نبضات ليزرية باتجاه الهدف لتغيير مساره وقد قامت بعض وكالات الفضاء بالفعل بالتخطيط والبدء بالعمل على هذا الحل ومن هذه المشاريع مشروع أوريون التابع لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا أو ماتخطط له وكالة الفضاء الأوربية من خلال بناء مرصد أرضي ولدى وكالة الفضاء اليابانية أيضاً وغيرها العديد من المشاريع والخطط ومعظم هذه المشاريع تعتمد على إرسال الأشعة الليزرية من الأرض باتجاه هدف تم تتبعه بمشروع تتبع ومراقبة موازٍ كالمشروع التي تعمل عليه ناسا والمسمى إكسوسبير (ExoSPEAR) .ولكن اليوم وبعد تطور تكنولوجيا الأقمار الصناعية وظهور الأقمار الصناعية الصغيرة المسماة كيوبسات أصبح من السهولة نقل جهاز ضخ الليزر إلى الفضاء وإجراء المعالجة مباشرة من الفضاء.

2- تصنيف الحطام الفضائي :

يصنف الحطام الفضائي بحسب حجمه ومداره، وكل صنف يرتبط بأخطار معينة وحلول خاصة به وهذه الأصناف هي :

2-1 الأقمار الصناعية النشطة :

يعمل اليوم ما يقرب من 1100 إلى 1200قمر صناعي في الفضاء القريب من الأرض والمهمة الأساسية لمشغلي هذه الأقمار هو تفادي تصادمها لما يحمله من خسارة اقتصادية كبيرة واحتمال تلف أجهزة القمر الصناعي وما تسببه في خسارة حالته التشغيلية والمهمة الموكلة إليه والتي قد تكون كارثية بالنسبة للمشغل (بعض الأقمار الصناعية يشرف على عمل مهمات فضائية على كواكب أخرى وبالتالي تلفها يعني خسارة مهمة كاملة قد تصل كلفتها لملايين الدولارات).

وتقوم الجهات المختصة بفهرسة وتنظيم مدارات هذه الأقمار وتحديد ارتفاعاتها وربط هذه البيانات مع مختلف الجهات العلمية والمراجع الفلكية وبشكل عام جميع هذه الأقمار العاملة مزودة بقدرات تكنولوجيا تتيح لها المناورة وتعديل مدارها بشكل طفيف فيما لو تعرضت لخطر ما ولكن المشكلة الحقيقية اليوم بالاقمار الصناعية الصغيرة والتي تعرف باسم (الكيوبسات) حيث أصبح أعدادها كبيراً جداً وتطلق بشكل أسراب دفعة واحدة وحتى اليوم لم يؤخذ بالحسبان تأثيرها على إسكان المدرات التي تشغلها على المدى البعيد ولم يؤخذ بالحسبان خطورتها بعد انتهاء عمرها القصير نسبياً.

2-2 حطام كبير في المدارات الأرضية المنخفضة (LEO) :

هناك أكثر من 4000 جسم لا يتجزأ بحجم كبير على ارتفاع أقل من 2000km (يعدُّ هذا الارتفاع حدود المدار الأرضي المنخفض والذي يرمز له بـ LEO)، هذه الأجسام عبارة عن أقمار صناعية قديمة مازالت متماسكة أو أجزاء من صواريخ إطلاق مهمات فضائية. هذه الاجسام تشكل مصادر هامة للحطام الصغير في أعقاب التصادمات مع بعضها بعضاً أو مع الحطام الصغير والتي ممكن أن يولد آلاف القطعة الجديدة وهنا نحن أمام اشكالية تكاثر للحطام وازدياد عدده إن لم تتم معالجته وتعرف هذه الحالة بمتلازمة كيسلر (Kessler Syndrome) (Kessler, 1991, pp2-4).

بالفعل تمت فهرسة وتحديد جزء من هذا الحطام الكبير ولكن لم تشمل البيانات جميع هذه الاجسام وهي أيضاً لا تستطيع حساب احتمالات تصادمها مع بعضها أو مع الاجزاء الاصغر وبما أن هذه النفايات لا تملك قابلية المناورة

فقد ظهرت أفكار عديدة تهدف إلى الحد من هذا التأثير المتتالي من خلال إزالة بعض الحطام الأكبر (Bonnal et al, 2013, p54). بعض الأفكار مثل إجراءات جمعها والعودة بها للأرض، أو من خلال استخدام (الأسلحة الروبوتية، والشباك، والمراكب الحلقات الكهربائية الديناميكية....) (Jasper & Anderson & Schaub & McKnight, 2014, p5).

ولكن جميع هذه الاقتراحات ذات تكلفة مالية عالية ومن هنا أتت فكرة استخدام الليزر لتعديل مدارات هذه الأجسام.

2-3- قطع حطام صغير متموضعة في المدارات الأرضية المنخفض

هناك أكثر من 10 آلاف قطعة صغيرة نسبياً موجودة في المدارات الأرضية المنخفضة، مع أحجام أكبر من 10cm ولديهم القدرة على تدمير الأقمار الصناعية النشطة، أو على الأقل تعطيل وظائفها وإلحاق الضرر بها، ورغم أن هذا المدار منخفض إلا أنه يشكل تهديداً حقيقياً للصواريخ المنطلقة ومهمات الفضاء ولسوء الحظ، لا توجد حاليا أي وسيلة لمعالجة هذا الحطام ومن خلال هذا البحث فإننا نقترح تطوير تقنية الليزر لمعالجة هذا الحطام وذلك بحصره وتصويره ودراسته باستخدام تقنية اللادر.

2-4- حطام صغير غير مصنف في المدارات الأرضية المنخفضة

تتراوح أحجام هذه القطع بين 10cm-1cm، ويصل عددها إلى ما يقرب من مليون قطعة بمختلف الاشكال وتشكل خطورة سواء على محطة الفضاء الدولية (أو أجزاء منها) أو على الاقمار الصناعية العاملة وتكمن المشكلة هنا أن العدد الكبير لهذه الأجسام يجعل من احتمال اصطدامها مع الأقمار العاملة كبير وبالتالي تشكل خطورة كبيرة حتى على المدى القريب.

لهذا قدمت أبحاث عديدة لمعالجة هذا الحطام من هذه الأبحاث إضافة عدة طبقات من المواد العازلة والتي تضيف حماية للأقمار الصناعية من هذه الأجسام الصغيرة (Inter- Agency Space Debris Coordination Committee, 2014, p9). ولكن المشكلة تكمن أن هذه الدروع قد تحمي الأقمار من الأجزاء التي تتراوح بين 5cm-1cm ولكنها تصبح غير فعالة للأجزاء الأكبر. ويمكن لبحثنا هذا أن يشكل فكرة جديدة لمعالجة هذه الأنواع ولاسيَّما أن استخدام النبضات الليزرية إما من مصدر أرضي أو فضائي لا يشمل متابعة ورصد هذه الاجزاء الصغيرة.

2-5- حطام كبير في المدار الثابت بالنسبة للأرض (GEO) :

في المدار الثابت بالنسبة للارض (GEO)على ارتفاع 35768km حيث يوجد حوالي ألف قمر صناعي تالف وغيرها حوالي 440 قمر صناعي عامل تعد مشكلة الحطام مشكلة مختلفة تماماً عن أنواع الحطام السابق والسبب أن عدد هذه القطع منخفض نسبياً بالمقارنة مع حجم حزام (GEO) وامتداده (Flohrer, 2014, p159).

ولا توجد مشاكل سواء في كثافة الحطام أم في احتمالية التصادم ولاسيّما أن السرعة المدارية منخفضة نسبيا (500m/s مقارنة بما يصل إلى 15km/s في المدار الأرضي المنخفض)، المشكلة الرئيسية في المدار الثابت بالنسبة للأرض هو احتلال هذه القطع لمنافذ إطلاق مهمات للفضاء الخارجي فقد يؤخر مهمة استكشاف حساسة.وعلى كل حال هذه المشكلة بسيطة ويمكن معالجتها بنقل هذه القطع إلى ارتفاع حوالي 300km فوق GEO والتي تشكل مقبرة غير خطيرة لهذه الأجسام.

3- استخدام تقنية إرسال نبضات الليزر للتخلص من الحطام الفضائي:

3-1- استعراض موجز للدراسات السابقة والحالية بشأن إزالة الحطام باستخدام نبضات الليزر :

لقد درست تقنية إزالة الحطام باستخدام نبضات عالية الشدة من الليزر منذ مدة طويلة ولا تزال تخضع لدراسات

عديدة في جميع أنحاء العالم و قد اختير الليزر بسبب مايتمتع به من مواصفات تعدُّ الأمثل في حالة معالجة الحطام الفضائي كالشدة والاتجاهية وأحادية اللون وترابط الفوتونات.تاريخياً، كانت هذه الأفكار مستمدة مباشرة من مفاهيم الدفع بالليزر على سبيل المثال مانشره العالم كانترويتز (**Kantrwtz**) في عام (1986) (Reed & VanAtta & Deitchman, 1990, p319). ولكن لم ترتبط عملية دفع وتحريك هدف باستخدام الليزر إلا عام 1988 في بحث قدمه العالم فيبس (**Phipps**) (Phipps et al, 1988, pp 9-13). و في عام 1994 قدم العالمين ليسك و بروم (**Lisk & Broom**) دراسة لتجنب الاصطدام المداري في إعادة توجيه الحطام باستخدام أشعة الليزر(Phipps & Lisk & Broom, 1994, p4). وصولاً إلى الدراسة الأكثر اكتمالاً حتى الآن والمقدمة من وكالة الفضاء الأمريكية ناسا باسم مشروع أوريون والذي يهدف إلى تنظيف مدار محطة الفضاء الدولية من الحطام الصغيرة باستخدام ليزر كبير على الأرض (Phipps & Bonnal, 2016, p3). و قدمت دراسات أخرى عديدة من مؤسسات علمية ووكالات الفضاء لا مجال لذكرها .

وبالفعل ستزود محطة الفضاء الطولية قريباً بجهاز ليزري لمعالجة مشكلة الحطام الفضائي حولها وحصراً ضمن مجال مدارها.

جميع الدراسات السابقة اعتمدت فكرة استخدام نبضات ليزرية منطلقة من الأرض (كمشروع أريون وغيره) (Phipps et al, 1996, p2). أو من الفضاء (Phipps & Bonnal, 2016, p3).

3-2- المبدأ الفيزيائي :

عندما تكون الأشعة الساقطة على مادة ما أعلى من عتبة تدفق معينة تميل هذه المادة إلى التبخر. في البداية يكون تسخين المادة سريعا جدا يؤدي هذا التسخين إلى عملية إنتاج البلازما التي تندفع بسرعات عالية جداً و بشكل عمودي تقريبا على السطح قبل حدوث التبخر، مما يولد قوة دفع للمادة وضغط يسبب تغيير موضعها، وبالتالي فإنه من المهم اختيار نبضة ليزر مع مدة تعريض مناسبة لكي لا تؤدي إلى حدوث التبخر أو حتى يجب أن لا تخترق حزمة الليزر الجسم الهدف و أنها يجب أن تكون كافية لتشكيل البلازما وبالتالي تحريك الهدف. أي أن التدفق الأمثل لشعاع الليزر هو فقط الذي يكون على حدود عتبة الانتقال لحالة البلازما وهذه العتبة ترتبط بالبعد عن الهدف وسرعته ونوع مادة الهدف وطاقة الليزر المستخدم وطول الموجة وبعض العوامل الفيزيائية.

ومن خلال الدراسات الرياضية توصل العلماء إلى أن أفضل ليزر ممكن استخدامه هو ليزر الأندياغ (ND-YAG) بطول موجة 355nm(ليزر أشعة فوق بنفسجية)(Phipps & Bonnal, 2016, p3).

اختيار هذا الليزر تحديداً له مزايا عديدة منها إمكانية نقل هذه التقنية واستخدامها في الفضاء حيث أن عامل الأمان والسلامة بهذه الأجهزة كبير و أن هذ الجهاز يتميز بطول الموجة المحدد والمناسب بحيث يحتاج لطاقة مقبولة لانتاجه يمكن توليدها والتحكم فيها بالفضاء وأيضاً أن طول الموجة في مجال الأشعة فوق البنفسجية هو الأمثل من حيث الاصدار والامتصاص ومن حيث ظروف الفضاء الخارجي.

يعطى البعد الأعظمي عن الهدف بالعلاقة التالية :

$$L_{max} = \sqrt{\frac{\pi E_L D}{2\lambda \phi_{opt} M^2}} \qquad (1)$$

حيث M^2 عامل جودة حزمة الليزر وتساوي 1 في الحالة الأمثل و D قطر فتحة جهاز إطلاق نبضة الليزر وE_L طاقة نبضة الليزر.

كمثال عملي على هذه المعادلة المستخدمة في تحديد خصائص الجهاز المستخدم نفترض مايلي :

نبضة ليزر مقدارها 100J بنصف قطر شعاع حزمة ليزر يساوي 6 cm يولد تدفق $\phi_{opt} = 8.5\ {}^{kJ}/_{m^2}$ وبافتراض أن مدة النبضة الواحدة $\tau = 100ps$ نحصل على شدة الشعاع الساقط على الهدف :

$$I = \frac{\phi_{opt}}{\tau} = 85\frac{TW}{m^2} \qquad (2)$$

وكون قطر فتحة الجهاز المرسل D= 1m و $M^2 = 2$ وكون المعدن هو الألمنيوم و بتعويض القيم بالمعادلة (1) نحصل على $L_{max} = 137\ km$.

هذه الشدة بهذا البعد تجريبياً قادر على حت حوالي 20 nm من طبقة الألمنيوم بزمن تعريض يصل إلى 14.2hour (Phipps & Bonnal, 2015, pp27-29)؛ (Phipps & Bonnal, 2016, p6).

ولكن هذه الشدة على هذا البعد يسبب تبخر طبقة الكربون فيما لوكان المعدن المستخدم كربوناً بدلاً من ألمنيوم.

ومن الملاحظ أن عامل جودة الليزر يرتبط بنوع المادة وكذلك زمن التعريض والذي يتغير على وفق الشكل الهندسي للهدف.

3-3 التصميم التقني :

إن التصميم جهاز إزالة الحطام الفضائي باستخدام نبضات الليزر متاح تقنياً .

يعمل هذا الجهاز بالطاقة الشمسية ويتكون من تلسكوبين :

الأول لتحديد ومتابعة الهدف له مجال رؤية بزاوية (60 درجة) ويعتمد في تحديد الأهداف على الإضاءة الشمسية بفضل تصميم خاص جدا مبني على نوعين من المرايا المخروطية القابلة للتكيف ومصفوفة كشف بقدرة 220M pixels .

الثاني لعملية المعالجة بالليزر وقادر على متابعة الهدف والحصول على معلومات عن بعده وسرعة تحركه ويعدل زاويته على وفق لحركة الهدف ثم يقوم بالتركيز على الهدف وإصدار النبضات ويضاف زوج من عدسات التكبير والتركيز(Köse & Perline, 2014, p7).

4- مقارنة بين استخدام تقنية إطلاق النبضات الليزرية من الفضاء ومن الأرض :

في حال استخدام المحطة الأرضية في إطلاق نبضة الليزر فإن هذه النبضة يجب أن تكون ذات طاقة عالية جداً لتصل للارتفاعات المطلوبة و أن تأثير الغلاف الجوي والعوامل المناخية وموضع المحطة الأرضية بالنسبة للهدف (الحطام المطلوب معالجته) كلها تؤثر سلباً في جدوى عمل هذه المعالجة وقد تسبب فشلها أو تآخر عملية المعالجة و أن المعالجة الأرضية تحتاج لنظام متابعة ورصد من الفضاء لتحديد الأهداف وضبط تركيز أشعة الليزر على الهدف تماماً و أن هذه المعالجة غير فعالة مع الحطام الصغير والذي يحمل الخطر الأكبر رغم أن هذه التقنية فعالة جداً بالنسبة للحطام الكبير الموجود في المدار الأرضي المنخفض.

أما في حال استخدام منبع لإطلاق النبضة الليزرية من الفضاء(من خلال إطلاق قمر صناعي خاص أو تزويد محطة الفضاء الدولية بهذا الجهاز) فإن وجود الجهاز على قمر صناعي يُتاح وضعه في المدار المطلوب تنظيفه وتفادي العوامل المؤثرة في إنتاج الليزر من محطة أرضية وأنه بهذه الحالة يعدُّ جهازاً عملياً جداً بالنسبة لمدار الأرض المنخفض (LEO) ومدار الأرض الثابت (GEO).

ولكن رغم ذلك فإن هناك بعض نقاط الضعف المرتبط باستخدام الليزر سواء من محطة أرضية أم فضائية يمكن إجمالها بما يلي :

- لا تأخذ هذه الطريقة بعين الاعتبار الشكل الهندسي للهدف علماً أنه يجب أن يسقط شعاع الليزر بشكل عمودي تقريباً على سطح الهدف ونحتاج لتوجيه فعال لشعاع الليزر وتحديد للسطح الأمثل والمرتبط بشكل الهدف حيث أن المعالجة بدون معرفة الشكل الهندسي للهدف سيؤدي إلى زيادة مدة التعريض وهذا ماوجودناه في الدراسة النظرية السابقة حيث وصل زمن التعريض لعدة ساعات.

- لا تتم ملاحظة الحركة الارتدادية للهدف الناتجة عن الفواصل الزمنية بين النبضات والتي من شأنها أن تزيح الهدف ورغم أن هذا الانزياح صغير جداً إلا أنه قد يؤدي لسقوط شعاع الليزر على منطقة مغايرة لمنطقة التأثير.

- الدراسات السابقة بمعظمها افترضت تصميم الجهاز بمعاملات تعد أن معظم الاجسام من الألمنيوم أو معادن مشابهة أخرى ولكن لم يؤخذ بالحسبان الأجزاء الكربونية وطبقات الدهان وغيرها مما قد يجعل عدد النبضات وزمن التعريض غير ناجحة في المعالجة و من المناسب الإفادة من هذا المشروع ليس فقط في تنظيف محيط الأرض الفضائي من الحطام الصناعي بل أنه لمن الجيد تطوير المشروع لحماية الأرض حتى من النيازك الصخرية والتي تعدُّ أيضاً أجراماً فضائية وتهدد الأرض وبأحجام مختلفة.

- الجهاز يعتمد على انعكاس ضوء الجسم من الهدف وبالتالي محدد بمدة زمنية للعمل بالاضافة إلى عدم قدرته على المناورة السريعة والتجاوب السريع مع أي تغيير في اتجاه أو موضع الهدف.

5- اللادار (Laser Detection And Ranging) LADAR :

اللادر اختصار لـ "الكشف وقياس المدى بواسطة الليزر" هو أحد أحدث تقنيات الاستشعار عن بعد والليزر، وهو عبارة عن جهاز يرسل شعاع ليزر فى اتجاه معين ويستقبل الضوء المرتد ويقوم بتحليله ويكتشف ويحدد خواص الاجسام المرتد منها الضوء من خلال الفترة الزمنية وفرق الطور.

ويمكن باستخدام المرسِلات الليزرية والمستقبِلات الخاصة بها الحصول على معلومات عن بعد، حول الغلاف الجوي ولاسيّما الأرض عموماً حيث يمكنه قياس تركيز المعلَّقات aerosols في الجو من غبار وسُحُب، ويستخدم لقياس تركيز العديد من الغازات الملوِّثة كثنائي أكسيد الآزوت، وثنائي أكسيد الكبريت والكلور والأوزون وبخار الماء وغاز النشادر وغيرها. و يمكن أيضاً استخدامه لقياس الملوثات البيولوجية والعضوية المختلفة، وكذلك الغازات السامة الموجودة في الجو. تستخدم هذه التقنية في تطبيقات عديدة، بدءاً من أجهزة رسم الخرائط، إلى نظام الكشف في السيارة ذاتية التحكم إلى رسم الخرائط ثلاثية الأبعاد وفي الطائرات والأقمار الصناعية وغيرها من المجالات التي لا يمكن حصرها فهو فعلياً يشابه نظام الرادار ويختلف عنه بالموجة الكهرطيسية المستخدمة وهذا الاختلاف بالموجة المستخدمة يجعل للادار أفضلية عن الرادار في تطبيقات عدة لا يمكن القيام بها باستخدام الرادار و بالوقت نفسه يمكنه القيام بكل مايقوم به الرادار من رسم لخرائط وتحديد الأبعاد والسرعة وغيرها من المعطيات .

1-4 - مكونات اللادار:

مرسل transmitter لإرسال الإشارات باتجاه الأهداف المطلوب متابعتها أو التي تم كشفها. مستقبل receiver لإستقبال الإشارات المرتدة من الاهداف.مستشعرات antennas لتقوية وتركيز الإشارات بالإضافة لمرايا عاكسة وأنظمة تركيز. ملحقات إلكترونية وحواسيب لتحليل البيانات.

2-4- آلية عمل نظام اللادار:

يعتمد عمل اللادار على حساب المسافة ما بين الجهاز والهدف المرصود من خلال معرفة زمني الإرسال والاستقبال لكل نبضة ليزرية ومن خلال فرق طور الموجة المرسلة والمستقبلة يستخلص سرعة ابتعاد الهدف و بكمية الطاقة

الممتصة أو نوع شعاع الليزر يمكن تحديد نوع المادة التي يتشكل منها الهدف ورسم شكل ثلاثي الأبعاد له. يرسل جهاز اللادار شعاع من الليزر الى الهدف ويتغير هذا الشعاع ونوعه وطاقته وكثافته تبعا للهدف (الجسم) الساقط عليه، بعض هذا الضوء ينعكس الى الجهاز وبعضه الآخر ايضا ينعكس بطريقة مشتته الى الجهاز حيث يتم تحليل هذا الضوء المنعكس بواسطة جهاز اللادار. إن التغير فى خصائص الضوء المنعكس من الهدف توضح بعضا من خصائص الهدف. أمَّا زمن رحلة الضوء من الجهاز الى الهدف ثم الرجوع الى الجهاز فيحدد المسافة بين الجهاز والهدف.

3-4- أنواع اللادار:

يوجد ثلاثة أنواع من أجهزة اللادار:

- لادار تحديد المسافة :

هو أبسط أنواع أجهزة اللادار ويستخدم فى تحديد المسافة بين جهاز اللادار وبين جسم صلب يسلط عليه الليزر من الجهاز (أي جسم صلب مثل الجدران الطويلة او الخرسانية او الخشبية أو أي جسم).

- لادار تباين امتصاص الضوء :

وهو يستخدم لقياس درجة التشبع الكيمائية (مثل الأوزون وبخار الماء والشوائب فى الهواء). ويستخدم اللادار موجتين ضوئيتين مختلفتين فى طول الموجة يتم اختيارهم بحسب المادة المراد قياس درجة التشبع لها ويتم امتصاص احد الموجتين الضوئيتين بواسطة هذه المادة ولا يتم امتصاص الموجة الأخرى بل يرتد جزء منها ويحلل الجهاز الفرق فى الكثافة الضوئية بين الموجتين المرتدتين ويحتسب درجة التشبع للمادة المراد اختبارها.

- لادار الدوبلر :

وهو يستخدم لقياس سرعة الاجسام المتحركة سواء الصلبة او الغازية مثل الرياح والعواصف عندما يسلط الضوء على جسم يتحرك فى اتجاه اللادار سواء بالاقتراب او الابتعاد فيمكن تحديد سرعته فعندما يتحرك اقترابا من اللادار سيستقبل اللادار موجة ضوئية اقل طول موجي من الموجة الاصليه وعندما يتحرك الجسم مبتعدا عن اللادار سيستقبل موجة ضوئية اكثر طول موجي من الموجة الاصلية وتسمى هذه الخاصية (تغير الطول الموجي) بخاصية تأثير دوبلر.

6- النتائج :

من خلال دراسة تقنية اللادار وإمكاناتها نجد أن تطبيقها متاح في مجال الفضاء وهي قادرة على إعطاء صورة ثلاثية الأبعاد للأهداف وتستطيع تحديد أبعادها وسرعاتها بشكل دقيق وسريع وبقدرة استشعار عالية لأي تغيير في هذه العوامل بالنسبة للهدف بالإضافة لامتلاكها مرونة حركة كبيرة وتكلفت تنفيذها مقبولة ويمكن الاستفادة القصوى من تقنيات اللادار فيما لو تم دمج أنواع اللادارات المختلفة بجهاز واحد وهو أمر ممكن بالفعل ومقترح من خلال مشروع إكسوسبير(ExoSPEAR) الذي تعمل عليه ناسا.

وبإضافة هذا الجهاز إلى جهاز إزالة الحطام الفضائي باستخدام نبضات الليزر من مصدر فضائي نكون قد عالجنا نقاط وحصلنا على النتائج المطلوبة بكفاءة عالية ودقة أفضل.

7- المناقشة :

لقد أصبحت مشكلة الحطام الفضائي مصدر قلق بالغ لوكالات الفضاء ومؤسسات البحث العلمي لما تشكله من خطر سواء على الأقمار الصناعية من خلال احتمالية التصادم أم على الأرض بسبب خطورة سقوطها أو أجزاء منها.

لقد قدمت العديد من الدراسات الأبحاث حول هذا الموضوع وصولاً لنتيجة أن استخدام نبضات من الليزر في نطاق الأشعة فوق البنفسجية بشدة عالية يشكل حل مقبول لتغطية معظم أحجام الحطام وكتلتها والجدوى الاقتصادية ولكن دون الحصول عن بيانات لشكل هذا الحطام ونوعه.

في حالة إضافة جهاز اللادر لآلية المعالجة باستخدام نبضات ليزرية من مصدر فضائي نستطيع أن نعطي تصوراً للشكل الهندسي للهدف ومكوناته والتي تساهم إيجابياً في اختيار زاوية التعريض الليزري ومدته وهي تساهم في تتبع الهدف أثناء المعالجة بالإضافة إلى أن هذه التقنية المتكاملة أصبحت قادرة على اكتشاف النيازك التي تهدد الأرض وبالتالي جمع البيانات عنها و رسم تصور لها من الفضاء ومعرفة المتطلبات لمعالجتها.

قائمة المراجع والمصادر:

1. Albornoz, F. (2014). ***LIDAR, a laser alternative for remot sensing,*** Master in Emergency Early Warning and Response Space Applications Mario Gulich Institute, CONAE, Argentina.
2. AstroSat Workshop, (2016), ***CubeSat Overview***, Australian National University, Australia.
3. Bennet, F & Orgeville, C & Price, I & Rigaut, F & Ritchie, I & Smith, C. (2015). ***Adaptive optics for satellite imaging and space debris ranging***, Space Environment Research Centre, Canberra, Australia.
4. Bonnal, C et al. (2013). ***Active Debris Removal: Recent Progress and Current Trends***, Acta Astronaut, Vol (85), P.51–60. the International Academy of Astronautics (IAA), Stockholm, Sweden
5. Chamot, B. (2012). ***Mission and System Architecture Design for Active Removal of Rocket Bodies in Low Earth Orbit***, The Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA.
6. Jasper, L & Anderson, P & Schaub, H & McKnight, D. (2014). ***Economic and Risk Challenges of Operating in the Current Space Debris Environment***, Proceedings of the 3rd European Workshop on Space Debris Modeling and Remediation, (CNES, Paris, 18–20 June 2014). p.5-12. France.
7. Inter- Agency Space Debris Coordination Committee. (2014). ***Support to the IADC Space Debris Mitigation Guidelines***, Working Group (4), Action Item (26.2), (IADC-04-06), Rev (5.5).
8. Flohrer, T. (2014). ***Classification of Geosynchronous Objects: Produced with the DISCOS Database***, EESA, European Space Operating Center, 16th issue, P.159, Germany.
9. Kessler, D. (1991). ***Coalitional Cascading: the limits of population growth in low Earth orbit***, Advances in Space Research, Vol (11), No (12), P.2-4. NASA, Johnsons space center, Houston, USA.
10. Köse, E & Perline, R. (2014). ***Double- Mirror Catadioptric Sensors with Ultra Wide Field of View and no distortion***, Applied Optics Vol. 53, Issue 4, pp. 7-9, USA.
11. Min, S & Kim, S & Lee, I. (2008). ***DATA SIMULATION OF LADAR SENSOR: FOCUSING ON GEOMETRIC MODELING***, The University of Seoul, Korea.

12. Missel, J. (2013). ***Active Space Debris Removal Using Capture and Ejection***, Texas A & M University, USA.
13. Moss, R et al. (2013). ***Low-cost compact MEMS scanning LADAR system for robotic*****,** Army Research Laboratory, USA.**applications** p3
14. Mumme, J. (2013). ***Orbital Debris Removal Technologies: A Hybrid Electrodynamic Tether and Ion Beam Shepherd Satellite Design for Fuel Efficient Contactless Debris Removal,*** Embry-Riddle Aeronautical University - Daytona Beach, USA.
15. NASA. (2013). ***Orbital Debris Quarterly News, U.S. Launch Vehicle Components Land in Africa***: http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/newsletter/newsletter.html
16. Navarro-Serment, L & Mertz, C & Vandapel, N & Hebert, M. (2008). ***LADAR- Based Pedestrian Detection and Tracking***, Carnegie Mellon University, Pennsylvania, USA.
17. Reed. S & VanAtta, R & Deitchman, S. (1990). ***Darpa Technical Accomplishments an Historical Review of Selected Darpa Projects***, Institute for Defense Analyses 180, IN, Beauregard Street, Alexandria, Virginia (22311-1772), Vol (2), P. 319, USA.
18. Salter, A. (2015). ***Space Debris A Law and Economics Analysis of the Orbital Commons***, Mercatus Center or George Mason University, USA.
19. Scharring, S & Wilken, J & Eckel, H. (2017). ***Laser-based removal of irregularlyshaped space debris***, Optical Engineering, Vol (56), No (1), 011007, Germany.
20. Shuangyan, S & Xing, J & Hao, C. (2014). ***Cleaning Space Debris with a Space-Based Laser System***, Chinese Society of Aeronautics and Astronautics & Beihang University, China.
21. Stone.W et al, (2004). ***Performance Analysis of Next- Generation LADAR for Manufacturing, Construction, and Mobility***, Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, Maryland, USA.
22. Phipps, C & Turner, P & Harrison, F & York, W & Osborne, Z & Anderson, K & Corlis, F & Haynes, C & Steele, S & Spicochi, C. (1988). ***Impulse Coupling to Targets in Vacuum by KrF HF and CO2 Single-Pulse Lasers***, Los Alamos National Laboratory Chemical and Laser Sciences Division, Mail Stop (J566) Los Alamos, New Mexico, USA.
23. Phipps, C & Lisk & Broom, A. (1994). ***A Laser Concept for Clearing Space Junk***, in Proceedings of the AIP Conference, Vol (318), P.466-468.USA.
24. Phipps, C. (1996). ***Orbital Debris Removal Using Ground Based Sensors and Lasers***, in Project ORION, J.W. Campbell, NASA Marshall Spaceflight Center Technical Memorandum 108522 p.5-60, NASA, USA
25. Phipps, C & Albrecht, G & Friedman, H & Gavel, D & George, V & Murray, J & Priedhorsky, W & Michaelis, M & Reilly, P. (2007). ***ORION: Clearing Near-Earth space debris using a 20-kW, 530-nm, Earth-based, repetitively pulsed laser***, ORION. NASA, USA.

26. Phipps, C & Baker, K & Bradford, B & George, V & Libby, L & Liedahl, D & Marcovici, B & Olivier, S & Pleasance, L & Reilly & J & Rubenchik, A & Strafford, D & Valley, M. (2012). ***Removing Orbital Debris with Lasers***, this work was performed in part under the auspices of the U.S. Department of Energy by Lawrence Livermore National Laboratory under Contract, DE-AC52-07NA27344, USA.
27. Phipps, C & Lander, M. (2012). ***What's New for Laser Orbital Debris Removal***, Photonic Associates, USA.
28. Phipps, C & Bonnal, C. (2015). ***Pulsed UV Laser System Design for Re-Entering or Nudging Debris in LEO and Re-Orbiting GEO Debris***, Presented at the Laser Solutions to Orbital Debris, Workshop, Université Paris Diderot, Paris, France.
29. Phipps, C & Bonnal, C. (2016). ***A Space Borne Pulsed UV Laser System for re-Entering or Nudging LEO Debris, and re- Orbiting GEO debris***, Acta Astronautica, Issue (118), P224-236, USA.
30. Prasadm S & Marcantonio, A & Rudd, V. (2013). ***Development of Coherent Laser Radar for Space Situational Awareness Applications***, NASA Langley Research Center. USA
31. Wilder, B. (2010). ***Power Beaming, Orbital Debris Removal, and Other Space Applications of a Ground Based-free Electron Laser Monterey***, California, Naval Postgraduate School, USA.
32. موقع خاص بوكالات الفضاء يشكل قاعدة بيانات و يقدم معلومات عن النفايات الفضائية ومتابعتها ومعرفة اتجاهها .(2017) . http://www.space-track.org.

Abstract:

Several ideas we have been suggested to processing the problem of space debris, which pose a threat to the earth on the one hand and space missions and satellites on the other. From these ideas what is logical and practical and can be implemented today, and another what is elusive.

From these practical scientific studies research on the use of laser technology by sending high-intensity pulses to change the debris path and prevent collisions.

These studies have varied between the proposal to send these pulses from earth or space.

This research focuses on the use of space laser technology and identifies the weaknesses of this technique and provides the idea of avoiding the weaknesses through the use of LADAR system to help determine the dimensions and speed of space objects and their components, which contributes to improving the method of processing and providing data on debris and development of treatment to include even natural space objects that pose a threat to earth as asteroids.

Keywords: Space debris, laser pulses, Ultraviolet laser, LADAR, asteroids