Journal of Humanities and Arts 3 (1)

© Nabu Research Academy, 2018

ART OF DEVELOP AND USE OF LASER PULSE SYSTEM

A comparison between previous and the current studies

Mohamed Al- Assiri

Abstract:

Several ideas were put forth to process the problem of space debris which constitutes a threat to the Earth, on the one hand, and space ships, missions and satellites, on the other hand.
Of these ideas, there are logical and practical ones which could be implemented today, while others are out of reach.
Of these practical scientific studies, there are researches on the use of laser technology by sending high-intense pulses to change the debris path and prevent collisions despite the disparity in these studies with respect to suggesting sending these pulses from Earth or space.
This research shed light on the use and application of laser technology in space. It also identifies weaknesses of this technology and provides an idea to avoid them through the usage of LADAR system to help in determining the dimensions and speed of space objects and their components. This might contribute to improving the method of processing and providing on debris and developing the processing to include even natural space objects, which form a threat to Earth such as asteroids.

Keywords: Space debris, laser pulses, ultraviolet laser, LADAR, asteroids.

فن تطوير واستخدام النبضات الليزرية

مقارنة بين الدراسات السابقة والحالية

محمد العصيري

حاصل على درجة الماجستير في علوم الليزر وتطبيقاته

بحث معد استكملاً لمتطلبات القيد بدرجة الدكتوراه في علوم الليزر وتطبيقاته

الملخص :

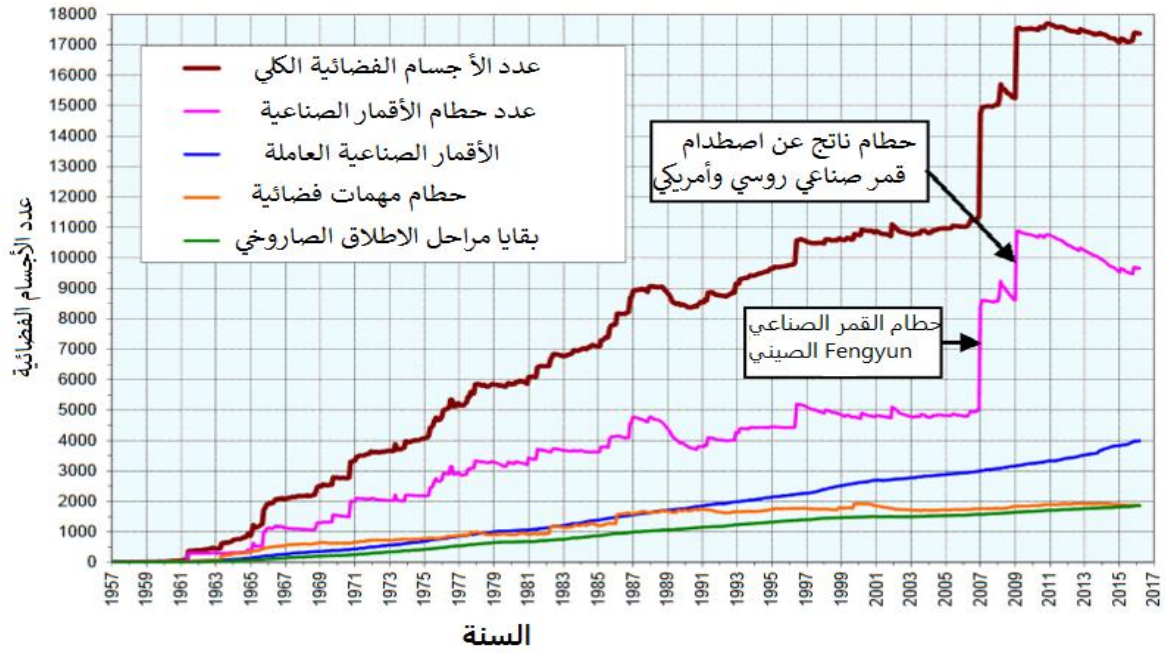
طرحت أفكار عديدة لمعالجة مشكلة الحطام الفضائي (النفايات الفضائية)، والتي تشكل تهديداً للأرض من جهة، ولمركبات ومهمات الفضاء والأقمار الصناعية من جهة أخرى.

من هذه الأفكار ما هو منطقي وعملي، ويمكن تنفيذه اليوم، ومنها ما هو بعيد المنال، من هذه الدراسات العلمية العملية الأبحاث حول 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.

لذلك فإن الدارسة الحالية تسلط الضوء على استخدام تقنية الليزر وتطبيقها في الفضاء، ويحدد نقاط الضعف في هذه التقنية، ويقدم فكرة لتفاديها من خلال استخدام نظام اللادر (LADAR) للمساعدة في تحديد أبعاد وسرعة الأجسام الفضائية ومكوناتها، مما يساهم في تحسين أسلوب المعالجة، وتوفير بيانات حول الحطام، وتطوير المعالجة لتشمل حتى الأجرام الفضائية الطبيعية التي تشكل تهديداً على الأرض كالكويكبات.

المقدمة :

بينت وكالة ناسا الفضائية (NASA 2013) تزايد أعداد وحجم كتلة الحطام الفضائي في مدار الأرض بشكل مطرد منذ عام (1957) (NASA, 2013, p1). كما بين كل من جونثان وكمبديل (Jonathan & Campbell 2000) أنه اليوم قد تم الكشف عن (32000) قطعة حجمها أكبر من (10 cm)، من بينها (17000) قطعة يتم تعقبها (Jonathan & Campbell, 2000, p5). كما بين فيبس (Phipps 1996) أنه يوجد أكثر من (500000) جسم يتراوح حجمه بين (1 cm) إلى (10 cm)، كما يوجد أكثر من (100 مليون) قطعة صخرية صغيرة وهي عبارة عن حطام فضائي، والتي قد يزيد حجمها عن (1 mm)، وتقارب كتلة تلك الأجسام الفضائية مجتمعة ما يزيد عن (7000 طن)، وهي موزعة في الفضاء الخارجي وفوق الغلاف الجوي القريب من الكرة الأرضية، وتشكل تلك النفايات الفضائية خطراً كبيراً للمهمات الفضائية، وكذلك بالنسبة للأرض وسكانها، سيما تلك الأجزاء التي لا تحترق في الغلاف الجوي، وتصل احتمالية اصطدام هذه الأجزاء بالأقمار الصناعية العاملة في الفضاء أو اصطدامها بمحطة الفضاء الدولية لنسبة تصل إلى (1 اصطدام كل 2 أو 3 سنوات) (Phipps, 1996, p5). ويوضح الشكل (1) عدد تلك الأجسام الفضائية التي ارتفعت نسبتها خلال السنوات السابقة كما يلي:



الشكل (1) نسب الأجسام الخطرة في الفضاء خلال الفترة (1957 – 2017) المصدر: (NASA, 2013, p7).

ومن مراجعة الباحث لأحدث الدراسات؛ لوحظ وجود عدة مقترحات وحلول متنوعة لمعالجة هذه المشكلة، والتي كان من أهمها وأكثرها منطقية هو استخدام النبضات الليزرية باتجاه الهدف لتغيير مساره، وقد قامت بعض وكالات الفضاء في عدد من الدول المتقدمة – فعلياً – بالتخطيط والبدء بتطبيق هذا الحل، ومن بينها مشروع (أريون ORION) التابع لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا NASA) الذي سُمي مشروع إكسوسبير (Exo Spear)، والمشروع الذي خططت له وكالة الفضاء الأوربية ونفذته من خلال بناء مرصد أرضي، وما قامت به وكالة الفضاء اليابانية..إلخ، وغيرها من الدول التي كان لها عدة مشاريع وخطط في هذا المجال، ومعظم تلك المشاريع اعتمدت على إرسال أشعة ليزرية من الأرض باتجاه هدفٍ ما تم تتبعه، لكن اليوم، وبعد تطور تكنولوجيا الأقمار الصناعية، وظهور الأقمار الصناعية الصغيرة المسماة – كيوبسات – غدا من السهولة نقل جهاز ضخ الليزر إلى الفضاء، وإجراء المعالجة مباشرة من هناك.

ومما سبق يمكن تحديد موضوع الدراسة الحالية: باستخدام اللادر لتطوير نظام النبضات الليزرية لإزالة الحطام الفضائي.

مشكلة الدراسة ومسوغاتها:

يتبع لهيئة الأمم المتحدة لجنة ذات أهمية كبيرة تسمى لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية، والمعروفة اختصاراً بلجنة كوبوس (COPUOS)، ومهمة هذا اللجنة دراسة وتنظيم شؤون الفضاء وكل ما يتصل به، وقد ورد في عدة محاضر لاجتماع هذه اللجنة ذكر أخطار الحطام والنفايات الفضائية، وما يمكن أن تتسبب به من كوارث عند سقوطها على أماكن مأهولة بالسكان ضمن الكرة الأرضية، وقد لوحظ أن معظم هذه الأجسام السابحة في الفضاء (حطام، أجرام، نفايات صناعية..إلخ) تسقط في معظمها على الدول النامية دون غيرها، وسبب ذلك يكمن في أن الدول المتقدمة قامت ببعض الإجراءات التي تحمي فضاءها من أخطار تلك الأجسام السابحة في الفضاء الخارجي، والتي قد تكون قريبة من الغلاف الجوي للكرة الأرضية أو سابحةً في مسارها، وقد أكدت لجنة (كوبوس COPUOS) على ضرورة أن يصبح الحل تحت رعاية دولية، وبما يضمن الحماية لجميع الدول الموقعة على الاتفاقية، ويأتي هذا الإجراء استجابةً لبعض التداعيات التي حصلت فعلياً على أرض الواقع، مع سقوط هذه النفايات على سطح الكرة الأرضية، وكمثال على ذلك ما ورد عن مندوب دولة نيجريا في أحد الاجتماعات، والذي أنذر من احتمال سقوط حطام القمر الصناعي الإيطالي (ساتل) أو (Beppo SAX) على أراضي نيجيريا، وهذا ما حصل فعلاً عندما هبط حطام القمر الصناعي المذكور في نهاية الأمر في مياه المحيط الهادي الاستوائي في (2003/4/92) (نقلاً عن لجنة استخدام الفضاء للأغراض السلمية، 2003، ص 2).

ولعل توثيق وتدقيق الدول الغربية بهذا المجال أفضل مما يتم بالوطن العربي ، وحتى الوقت الراهن لم تسجل أي ضحايا لسقوط هذه الأجرام ويعود السبب لعدم الاهتمام في منطقتنا العربية ولمعالجتها قبل سقوطها في الغرب.

في العالم العربي عموماً، وفي سورية على وجه الخصوص لا يوجد – حتى تاريخ إنجاز هذه الدراسة – أي مشروع حقيقي لبحث آلية حماية الكرة الأرضية من تلك الأجسام السابحة في الفضاء (حطام، أجرام، نفايات صناعية..إلخ)، أو التنبؤ بمسارها، وتتبعها، وذلك بهدف السيطرة عليها مستقبلاً، فالمخاوف تتصاعد من خطر سقوط هذه الأجسام على أماكن مأهولة بالسكان، أو على منشئات حيوية تتضمن مواد متفجرة أو سريعة الاحتراق، وما يرتبط بتلك الأجسام الفضائية من انتشار لسموم وغازات مصاحبة لها حيث أن احتراق هذه القطع يطلق كميات من أكسيد النتروجين وأول أكسيد الكربون والأخطر هو ثاني أكسيد الكبريت والذي يتحول في الجو الأرضي إلى حمض الكبريت وينزل مع المطر مما قد يسبب كوارث بشرية أو طبيعية أو بيئية يصعب السيطرة عليها وللأسف لايوجد أي توثيق أو بحث عن نواع وكميات الغازات الناتجة عن احتراق القطع الفضائية بالغلاف الجوي ويعود ذلك لتجاهل أصحاب القرار للتلوث البيئي علماً أنه من شبه المؤكد أن احتراق النفايات الفضائية بالغلاف الجوي يساهم بمقدار كبير بالاحتباس الحراري، واستجابةً لتلك المخاطر تم طرح فكرة استخدام تقنية اللادر لحماية الأرض من أخطار الحطام الفضائي، كمشروع دولي يحتاج لتعاون وخبرات جميع دول العالم دون استثناء، سيما تلك التقنية التي اتجهت نحو تطبيقها معظم دول العالم المتحضر التي تقول: بإمكانية تحميل تقنية نبضات الليزر على أقمار صناعية صغيرة تسمى (كيوبسات)، كطريقة مضمونة لمعالجة محدودة لهذه المشكلة الخطيرة والتي تتفاقم مع مرور الوقت.

واستناداً إلى الحجج السابقة، ونظراً لقلة الدراسات السابقة الأجنبية، وانعدامها على مستوى الوطن العربي والمحلي في سورية على وجه الخصوص، والتي هدفت إلى حماية سطح الكرة الأرضية من مخاطر الأجسام السابحة في الفضاء (حطام، أجرام طبيعية، نفايات صناعية..إلخ)، وإمكانية اختراقها للغلاف الجوي، وتسببها بكوارث بشرية أو طبيعية أو بيئية..إلخ، أو حتى استخدامها كتهديد مباشر للدول الغير قادرة على حماية نفسها من أخطار الفضاء واعتبارها كسلاح يمكن التحكم به واسقاطه في أي مكان تريده الدول المسيطرة على هذا الحطام, لذلك جاءت فكرة الدراسة الحالية التي يمكن تحديد مشكلتها بالسؤال الرئيسي التالي: **ما التطبيقات العلمية لاستخدام اللادر لتطوير نظام النبضات الليزرية لإزالة الحطام الفضائي ؟، وما الفوائد المحققة لتطبيق هذا النظام على المدى القريب والبعيد ؟.** وانطلاقاً من هذا السؤال الرئيسي يمكن اشتقاق مجموعة من التساؤلات الفرعية التالية:

1- ما هي تقنية اللادر ؟، وما مكوناته وأنواعه الرئيسية ؟، وما هي آلية عمله ؟.

2- ما هو جهاز نبضات الليزر ؟، وما هي أنواعه ؟، وما هي استخداماته وأهم مزاياه ؟، وما هو المبدأ الفيزيائي لعمل نبضات الليزر ؟.

3- كيف يمكن توظيف جهاز نبضات الليزر للسيطرة على الحطام الفضائي ؟، ما الفوائد المحققة لتطبيق هذا النظام على المدى القريب والبعيد ؟.

الدراسات السابقة:

لابد من التنويه؛ قبل عرض الدراسات السابقة أنه لم يعثر الباحث على أية دراسة عربية أو محلية في سورية هدفت إلى البحث في استخدام اللادر لتطوير نظام النبضات الليزرية لإزالة الحطام الفضائي، وما تم العثور عليه هو مجموعة دراسات سابقة أجنبية أنجزتها هيئات ومنظمات دولية تعنى بشؤون الفضاء، ومن أهم تلك الدراسات:

1- دراسة ويلدير (Wilder 2010) الولايات المتحدة الأمريكية.

عنوان الدراسة: طاقة الإشعاع، إزالة الحطام الفضائي، وتطبيقات فضائية أخرى باستخدام الليزر الإلكتروني الحر من قاعدة أرضية.

Power Beaming, Orbital Debris Removal, and other Space Applications of a Ground Based – free Electron Laser.

هدف الدراسة: التحقق من فاعلية إرسال نبضات من نوع ليزر الإلكترون الحر (هو نموذج حديث نسبياً لليزر) لحل عدد من المشكلات الفضائية ومنها إزالة الحطام الفضائي.

الطريقة والأدوات: بينت الدراسة أن ليزر الإلكترون الحر هو الليزر الذي يستخدم فيه شعاع من الإلكترونات كمحفز للإثارة والحصول على إسكان معكوس، وذلك بدلاً من الفوتونات التي تستخدم عادة في الليزرات، والسبب هو ما يتميز به الليزر الالكتروني الحر من مجال ترددي واسع، وبالتالي تعتمد الدراسة على إنشاء قاعدة توليد نبضات ليزر إلكترون حر من الأرض وتوجيهها إلى الفضاء والتحكم بها، كما أشارت نتائج الدراسة إلى أن استخدام الليزر الإلكتروني الحر من قاعدة أرضية بدلاً من الليزر العادي في مشروع (أريون ORION) التابع لوكالة (ناسا NASA) الفضائية، وبالتالي ضياع أقل للطاقة المستهلكة داخل الغلاف الجوي، وتأثر أقل بالتداخلات مع الأمواج الأخرى، وظهور مجال ترددي أوسع، وقطع مسافات مختلفة بطاقة عالية، ونبضته ذات طاقة أقل، وبسرعة تكرار أكبر، كما بينت الدراسة إمكانية استخدام ذات القاعدة الأرضية وذات نموذج الليزر في الكشف عن الحطام والتتبع البصري، وأن عملية الإذابة تتعلق بالسطح وتتناسب عكساً مع الكتلة، وفي المقابل لم تحدد الدراسة آلية لتحديد السطح والكتلة، بالإضافة إلى أن الليزر الإلكتروني الحر يحتاج حصراً لقاعدة أرضية وفرق جهد عالي جداً ليتم توليده.

2- دراسة فيبس وآخرون (Phipps et al 2012) الولايات المتحدة الأمريكية.

عنوان الدراسة: إزالة الحطام المداري بالليزر.

Removing Orbital Debris with Lasers.

هدف الدراسة: تنظيف المدار الأرضي المنخفض (LEO) من الحطام الفضائي الكبير والصغير باستخدام نبضات ليزرية عالية الطاقة، والتي يتم توليدها من محطة أرضية بتكلفة منخفضة نسبياً عن مشروع (أريون ORION) المنفذ والتابع لوكالة الفضاء الدولية التابع (ناسا NASA)، وهذا التوفير مرده إلى تطور التكنولوجية واختراع أجهزة تقنية حديثة يمكن الاستفادة منها.

الطريقة والأدوات: بينت نتائج الدراسة أنه من خلال قاعدة أرضية يتم توليد شعاع ليزر نبضي عالي الطاقة، يتم التحكم فيه من خلال مرايا كبيرة لمتابعة وتحطيم الهدف من خلال إذابته وتعديل مداره ليحترق بالغلاف الجوي، كما بينت النتائج فاعلية هذه التكنولوجيا في حل مشكلة الحطام الفضائي في المدار الأرضي المنخفض، وسهولة تنفيذ هذه الدراسة وتكلفتها المنخفضة نسبياً مقارنةً بالدراسات الأخرى، أما سلبيات الدراسة فقد لوحظت من خلال استخدام مرآة كبيرة للتركيز على الهدف، وبالتالي حركة ميكانيكية بطيئة تؤثر على سرعة الاستجابة وقدرة المراوغة، بالإضافة لضياع طاقة كبيرة سواء بالغلاف الجوي أو بسبب المسافة المقطوعة، كما بينت نتائج الدراسة أن قدرة هذه التقنية على اكتشاف أكثر من هدف معاً ضعيفة نسبياً، ولا يمكنها انجاز الغاية المرجوة منها بسبب بطئ الحركة.

3- دراسة شاموت (Chamot 2012) الولايات المتحدة الأمريكية.

عنوان الدراسة: مهمة فضائية وتصميم نظام معماري من أجل إزالة فعالة للأجسام الصاروخية في المدار الأرضي المنخفض.

Mission and System Architecture Design for Active Removal of Rocket Bodies in Low Earth Orbit.

هدف الدراسة: إزالة ومعالجة النفايات الفضائية والحطام الفضائي في المدار الأرضي المنخفض بطريقة جديدة.

الطريقة والأدوات: إرسال ثلاث مهمات فضائية مختلفة:

الأولى: عبارة عن مركبة فضائية تلتقط قطعة حطام فضائي واحدة من المدار الأرضي المنخفض بارتفاع محدد، وتنقلها إما إلى مدار آمن، أو إلى مركز معالجة أرضي.

الثانية: عبارة عن مركبة فضائية تقوم بعدة زيارات لمدرات مختلفة حول الأرض، لتقوم بإحصاء وجمع البيانات عن الحطام الفضائي، ومعالجة ما يمكن معالجته.

الثالثة: عبارة عن مكوك فضائي يقوم بعدة رحلات، وفي كل رحلة يجمع عدداً كبيراً من الحطام الفضائي بارتفاعات مختلفة ضمن المدار الأرضي المنخفض، ثم يعود بها للأرض.

نتائج الدراسة: تقديم فكرة جديدة بعيدة عن الليزر في معالجة الحطام الفضائي، وبهذه الطريقة يمكن جمع أكبر عدد ممكن من الحطام دون الاهتمام بشكله أو حجمه، والاستفادة من هذا الحطام في إعادة تدويره أو معالجته والاستفادة منه، إلا أن الدراسة لم تتمكن من معالجة مشكلة الحطام الفضائي بشكل سريع، ولا يمكن أن تقدم استجابة سريعة في حال وجود خطر من حطام فضائي، لأن عمليات إطلاق المركبات الفضائية تحتاج لزمن طويل مقارنةً بالطرق الأخرى، بالإضافة إلى عدم فعالية هذه الطريقة بالنسبة للمدارات الأخرى المرتفعة، كما أن هذه الطريقة – بحد ذاتها – قد تشكل مصدراً جديداً للحطام الفضائي.

موقع الدراسة الحالية بين الدراسات السابقة:

لوحظ من العرض السابق؛ أن معظم الدراسات السابقة اعتمدت على استخدام نبضات ليزرية من قاعدة أرضية باتجاه الهدف لتغيير مساره، ولكن مجمل سلبيات هذه الطريقة تمحور حول ضياع الطاقة في الغلاف الجوي، وتكلفة الإنفاق على المسافة الطويلة المقطوعة للوصول إلى الهدف، وحتى الطريقة الهجينة استخدمت حل ذو خطورة عالية – الشعاع الأيوني – لكن 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 هناك، وبالتالي أصبحت المسافة المقطوعة أقل بكثير، وهذا يعني توفير في الطاقة والقدرة الأكبر على المناورة وتتبع الهدف.

كما لوحظ من عرض الدراسات السابقة أن المعالجة السليمة للحطام الفضائي تحتاج لنظام متابعة ورصد من الفضاء، وذلك لتحديد الأهداف، وضبط تركيز أشعة الليزر على الهدف تماماً، ومعرفة المدار الجديد للحطام أو أي تغير في مداره، وفي 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 يتح وضعه في المدار المطلوب تنظيفه، وتفادي العوامل المؤثرة في إنتاج الليزر من محطة أرضية، كما يعتبر هذا الجهاز عملي جداً بالنسبة لمدار الأرض المنخفض (OLE) ومدار الأرض الثابت (GEO)، ورغم ذلك؛ فهناك بعض نقاط الضعف المرتبط باستخدام الليزر سواء من محطة أرضية أو فضائية يمكن إجمالها بما يلي:

أ- لا تأخذ هذه الطريقة بعين الاعتبار الشكل الهندسي للهدف، علماً أنه يجب أن يسقط شعاع الليزر بشكل عمودي تقريباً على سطح الهدف، الذي يحتاج لتوجيه فعال لشعاع الليزر، وتحديد للسطح الأمثل والمرتبط بشكل الهدف، حيث أن المعالجة بدون معرفة الشكل الهندسي للهدف سيؤدي إلى زيادة فترة التعريض، وهذا ما لوحظ في دراسة **تشارينغ ويلكين وإيكل (Scharring & Wilken & Eckel 2017)** حيث وصل زمن التعريض لعدة ساعات.

ب- 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.

ج- الدراسات السابقة بمعظمها افترضت تصميم الجهاز بمعاملات تعتبر أن معظم الأجسام من الألمنيوم أو معادن مشابهة أخرى، ولكن لم تؤخذ معظم تلك الدراسات بعين الاعتبار الأجزاء الكربونية وطبقات الطلاء..وغيرها، مما قد يجعل عدد النبضات وزمن التعريض غير ناجحة في المعالجة، وهذا ما كشفت عنه دراسة **ويلدير (Wilder 2010)**، كما أنه من المناسب الاستفادة 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 أيضاً تعتبر أجرام فضائية وتشكل تهدد كبير للأرض ومن عليها وتأتي بأحجام مختلف.

د- ما تتميز به الدراسة الحالية عن معظم الدراسات السابقة هو عرض فوائد استخدام اللادر لتطوير نظام النبضات الليزرية المحمل على أقمار صناعية صغيرة (كيوبسات) لإزالة الحطام الفضائي، والذي يعتمد بالدرجة الأولى على انعكاس ضوء الجسم من الهدف، وبالتالي محدد بفترة زمنية للعمل، بالإضافة إلى قدرته على المناورة السريعة والتجاوب السريع مع أي تغيير في اتجاه أو موضع الهدف. إن الدراسة الحالية تعتمد في مجملها على الدراسات والأبحاث المطروحة، وتبني عليها وتضيف فكرة استخدام تقنية اللادر، والسبب في ذلك أننا بحاجة لمعرفة شكل وأبعاد الحطام الفضائي الذي نعمل على معالجته قبل إطلاق نبضة الليزر، فحجم القطعة وأبعادها يرتبط فيزيائياً بشدة النبضة وزاوية ورودها، وبالتالي للمعالجة الأفضل يجب أن نرسم تصور للقطعة المراد معالجتها، وبناءً على ذلك يتم اتخاذ القرار آلياً بشدة وزاوية نبضة الليزر المنطلقة.

كيف يمكن توظيف جهاز نبضات الليزر للسيطرة على الحطام الفضائي ؟، ما الفوائد المحققة لتطبيق هذا النظام على المدى القريب والبعيد ؟.

معظم الأبحاث التي تعمل عليها الحكومات والمنظمات العلمية ومراكز الأبحاث ووكالات الفضاء الدولية.. تعتمد على فكرة إزالة الحطام باستخدام نبضات الليزر، لأنه الأقل كلفة، وتقنياته متوفرة ويقدم حلاً نظيفاً.

لقد درست تقنية إزالة الحطام باستخدام نبضات عالية الشدة من الليزر منذ مدة طويلة، ولا تزال تخضع هذه التقنية لدراسات عديدة في جميع أنحاء العالم، وقد اختير الليزر بسبب ما يتمتع به من مواصفات تعتبر الأمثل في حالة معالجة الحطام الفضائي (كالشدة، والاتجاهية، وأحادية اللون، وترابط الفوتونات).

وتاريخياً؛ كانت هذه الأفكار مستمدة مباشرة من مفاهيم الدفع بالليزر، حيث كانت البداية الأولى مع الإسهامات التي نشرها العالم **كانترويتز (Kantrwtz)** في عام (1986) (Reed & VanAtta & Deitchman, 1990, p319). إلا أن فكرة دفع وتحريك الهدف في الفضاء باستخدام نبضات الليزر (PL) لم تتبلور بشكل واضح حتى عام (1988)، وذلك في بحثٍ مقدم من قبل العالم **فيبس (Phipps)** (Phipps et al, 1988, pp 9-13). وفي عام (1994) قدم العالمين **ليسك وبروم (Lisk & Broom)** دراسة لتجنب الاصطدام المداري من خلال إعادة توجيه الحطام باستخدام أشعة الليزر (Phipps & Lisk & Broom, 1994, p4). وصولاً إلى الدراسة الأكثر اكتمالاً - حتى تاريخ إعداد هذه الدراسة - والمقدمة من وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا NASA)، والمقدمة باسم مشروع (أريون ORION)، والذي يهدف إلى تنظيف مدار محطة الفضاء الدولية من الحطام الصغير باستخدام قاعدة ليزر كبيرة على الأرض (Phipps & Bonnal, 2016, p3). بالإضافة إلى دراسات أخرى عديدة منجزة من قبل مؤسسات علمية ووكالات الفضاء وأفراد تم ذكر أهمها في فقرة الدراسات السابقة.

وبالفعل ستزود محطة الفضاء الدولية قريباً بجهاز ليزري لمعالجة مشكلة الحطام الفضائي حولها، وحصراً ضمن مجال مدارها، وجميع الدراسات السابقة اعتمدت فكرة استخدام نبضات ليزرية منطلقة من الأرض كمشروع (أريون ORION) التابع لوكالة (ناسا NASA) وغيره (Phipps et al, 1996, p2). أو من خلال تحميل جهاز الليزر النبضي للفضاء (Phipps & Bonnal, 2016, p3).

وكما لوحظ سابقاً؛ فإن النفايات الفضائية هي بقايا الأقمار الصناعية، والمركبات الفضائية، ومهمات الاستكشاف، وأجزاء الصواريخ المنطلقة.. والتي تأخذ لها مداراً حول الأرض، لا تلبث أن ينتهي بها الأمر إما باحتراق القطعة أو اختراقها للغلاف الجوي ثم سقوطها على سطح الأرض، مسببةً العديد من الأضرار البشرية والطبيعية والبيئية، وقد اقترحت العديد من الدراسات والأفكار التي تهدف لمعالجة هذه المشكلة التي تشكل تهديداً حقيقياً للأرض، من هذه الأفكار المقترحة والتي بالفعل نفذ جزء منها هو استخدام نبضات الليزر لتغير مسار الجرم، وتفادي سقوطه في الأماكن المأهولة، أو حتى دفعه لإطالة فترة مساره وصولاً لاحتراقه وحرقه فيما لو كان الجرم صغير الحجم.

بعد دراسة تقنية اللادار وإمكاناته؛ نجد أن تطبيقه متاح في مجال الفضاء، وهو قادرة على إعطاء صورة ثلاثية الأبعاد للهدف، ويستطيع تحديد أبعاده وسرعاته بشكل دقيق وسريع، وبقدرة استشعار عالية لأي تغيير في هذه العوامل بالنسبة للهدف، بالإضافة لامتلاكه مرونة حركة كبيرة، كما أن تكلفة تنفيذه مقبولة، ويمكن الاستفادة القصوى من تقنيات اللادار والنبضات الليزرية المحمولة على أقمار صناعية صغيرة (كيوبسات)، سيما فيما لو تم دمج أنواع اللادر المختلفة بجهاز واحد، وهو أمر ممكن بالفعل، وبإضافة هذا الجهاز إلى جهاز إزالة الحطام الفضائي باستخدام نبضات الليزر من مصدر فضائي نكون قد عالجنا نقاط الضعف، وحصلنا على النتائج المطلوبة بكفاءة عالية، ودقة أفضل، وأصبح لدينا بنك معلومات عن الأهداف، وأشكالها، أخطارها المحتملة، وطرق معالجتها، وما تحتاجه من زمن تعريض لنبضة الليزر، ومن أي زاوية تعريض أفضل.

إن الغاية الأساسية للدراسة الحالية هو الاستفادة من إيجابيات استخدام اللادر والنبضات الليزرية في معالجة الحطام الفضائي، وتوضيح كيفية تفوقه على الطرق الأخرى، سيما من خلال تجنب سلبياتها بنقل تقنية النبضات الليزرية إلى الفضاء محمولة على أقمار صناعية (كيبوسات)، ثم إضافة جهاز لادر يمكنه تحديد خصائص ومعاملات الهدف المطلوب السيطرة عليه.

المقترحات:

لقد أصبحت مشكلة الحطام الفضائي مصدر قلق بالغ لوكالات الفضاء ومؤسسات البحث العلمي، لما تشكله من خطر سواءً على الأقمار الصناعية من خلال احتمالية التصادم، أو 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 حلاً مقبول لتغطية معظم أحجام الحطام، وكتلتها، والجدوى الاقتصادية..إلخ، لكن دون الحصول عن بيانات لشكل ونوع هذا الحطام. في حالة إضافة جهاز اللادر لآلية المعالجة باستخدام نبضات ليزرية من مصدر فضائي نستطيع أن نعطي تصور للشكل الهندسي للهدف ومكوناته، بما يساهم فعلياً في اختيار زاوية التعريض الليزري، ومدته، كما يساهم ذلك في تتبع الهدف أثناء المعالجة، بالإضافة إلى أن هذه التقنية المتكاملة أصبحت قادرة على اكتشاف النيازك التي تهدد الأرض، وبالتالي جمع البيانات عنها، ورسم تصور لها من الفضاء، وتقدير نوع المتطلبات اللازمة لمعالجتها.

ولهذا تقترح الدراسة الحالية ضرورة العمل على حل هذه المشكلة الخطيرة، والتي قد تمنعنا في المستقبل من ارتياد الفضاء والتي قد تسبب بالفعل يوماً ما كارثة بشرية حقيقية وقتها لا نستطيع تفاديها .

References المراجع

•- Albornoz, F. (2014). ***LIDAR, a laser alternative for remot sensing,*** Master in Emergency Early Warning and Response Space Applications
Mario Gulich Institute, CONAE, Argentina.

•- AstroSat Workshop, (2016), ***CubeSat Overview***, Australian National University, Australia.

•- 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.

•- 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

•- 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.

•- 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.

•- 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).

•- Flohrer, T. (2014). ***Classification of Geosynchronous Objects: Produced with the DISCOS Database***, EESA, European Space Operating Center, 16th issue, P.159, Germany.

● ومتابعتها ومعرفة اتجاهها موقع خاص بوكالات الفضاء يشكل قاعدة بيانات و يقدم معلومات عن النفايات الفضائية. http://www.space-track.org. (2017).