

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 12

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. ناصر سعد الدين
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث
بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 963 31 2138071 ++

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

قيمة العدد الواحد : 100 ل.س داخل القطر العربي السوري

25 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

قيمة الاشتراك السنوي : 1000 ل.س للعموم

500 ل.س لأعضاء الهيئة التدريسية والطلاب

250 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

توجه الطلبات الخاصة بالاشتراك في المجلة إلى العنوان المبين أعلاه.

يرسل المبلغ المطلوب من خارج القطر بالدولارات الأمريكية بموجب شيكات

باسم جامعة البعث.

تضاف نسبة 50% إذا كان الاشتراك أكثر من نسخة.

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
3. أهداف البحث و أسئلته.
4. فرضيات البحث و حدوده.
5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
7. منهج البحث و إجراءاته.
8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
9. نتائج البحث.
10. مقترحات البحث إن وجدت.
11. قائمة المصادر والمراجع.

7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:

- أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.

- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة . وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة .
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News ,
Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و
التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
44-11	أ.م.د يوسف أبو علي ليلى عبد الحق	حساب خرج ليزر النيكل الشبيه بالنيون المضخ بشكل تصادمي كتابع لطول الهدف والفاصل الزمني وكذلك بعض الوسائط الأخرى باستخدام برامج المحاكاة
60-45	الدكتور حيدرا عبدالله	تخفيض الضجيج النبضي المرافق لنقل الإشارة باستخدام الترشيح المتكيف
98-61	د.عبير المكانيل د.ماهر الإبراهيم م. نور بلال	تطبيق منهجية الستة سيغما في صناعة العبوات البلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية
120-99	نعمة الله بلو محمد فاضل سكر	التعرف على أنشطة الجسم البشري وكشف السقوط من خلال الحساسات العطالية للهواتف الذكية
158-121	د. بسيم عمران م. ملك فيتروني	تصميم نظام كشف تسلل شبكي باستخدام الشبكات العصبونية العميقة المعقدة

حساب خرج ليزر النيكل الشبيه بالنيون المضح بشكل تصادمي كتابع لطول الهدف والفاصل الزمني وكذلك بعض الوسائط الأخرى باستخدام برامج المحاكاة

طالبة الماجستير ليلي عبد الحق¹
اشراف أ.م.د يوسف أبو علي²

ملخص البحث

درسنا بالتفصيل ليزر الأشعة السينية للنيكل الشبيه بالنيون عند الطول الموجي 23.1 نانومتر، باستخدام البرنامج EHYBRID6 ذو البعد 1.5 والمتضمن في الفيزياء الذرية والذي يعتبر البلازما كمائع. لقد قمنا بحساب البارامترات القابلة للقياس المباشر باستخدام برنامج ثلاثي الأبعاد RAYTRACE الذي يتبع مسارات العديد من أشعة الليزر الصادرة تلقائياً من البلازما مع الأخذ بالحسبان حالة الاشباع. قمنا بمحاكاة حاسوبية لحساب طاقة خرج ليزر الأشعة السينية للنيكل الشبيه بالنيون بتابعية طول الهدف (البلازما) وكذلك بتابعية الفاصل الزمني (من قمة إلى قمة) بين نبضتي الليزر المستخدمة والمؤلفة من نبضة أولية بعرض 280 ps والنبضة الأساسية بعرض 1.2 ps بيكو ثانية وذلك باستخدام كل من البرنامجين EHYBRID6 و RAYTRACE. كتابة برنامج جزئي ضمن

¹ طالبة ماجستير دراسات عليا – المعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته – جامعة دمشق – سوريا.

² قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة دمشق – سوريا.

برنامج EHYBRID6 لحساب الأطياف والإصدارية لبلازما النيكل والتي استخدمت مع برنامج ملحق (Post-Processor) لحساب شدة خط التجاوب (Resonance Line) لليزر النيكل الشبيه بالنيون. حيث قمنا بمحاكاة شدة كل من الإصدار التجاوبي والإصدار المستمر عن بلازما النيكل بين 1.45-0.9 nm باستخدام برنامج مطّور Post-processor يستخدم مع خرج برنامج EHYBRID6 المعدل.

الكلمات المفتاحية: ليزر الأشعة السينية، البلازما المولدة بالليزر، الليزر المثار بالطريقة التصادمية، شروط البلازما، برامج المحاكاة.

Calculation of Ne-like Ni collisionally pumped laser output as function of target length and pulses separation and other parameter by using simulation codes

Abstract

In this research has studied emission from laser-plasmas utilised for X-ray lasing produced by collisional excitation.

The Ne-like Ni X-ray laser at 23.1 nm is investigated in detail using the 1.5-dimensional fluid and atomic physics code EHYBRID6. Directly measurable parameters are calculated using the combined optical raytracing and saturation calculation code 3D RAYTRACE. The energy output of a Ne-like Ni X-ray laser as function of plasma length and the peak-to-peak time separation between the main pulse 1.2 ps and 280 ps background pulse simulated using a combination of the EHYBRID with RAYTRACE codes. The intensity of resonance line and continuum emission between 0.9 and 1.45 nm emitted from Nickel plasma are simulated using the development of a post-processor to the modified EHYBRID code.

Key words: X-Ray laser, laser-produced plasma, collisionally excitation laser, Plasma conditions, simulation codes.

1. مقدمة (Introduction):

لقد بدأ توليد البلازما والتفاعل معها بواسطة ليزرات ذات طاقات عالية منذ اختراع الليزر عام 1960 ميلادي تقريباً. في حالة الليزر المنتج للبلازما، عندما تصطدم حزمة ليزرية شدتها عالية بهدف صلب سوف تولد بلازما ذات درجة حرارة عالية على سطح الهدف. حيث تتمدد هذه البلازما في الخلاء، وهكذا تتشكل بلازما تتراوح كثافتها من الخلاء إلى الكثافة الصلبة ودرجات الحرارة من مرتبة $(0.1-10)keV$. لقد كان ربط الليزر ذو الشدة العالية بالبلازما موضوع الأبحاث التجريبية لمدة 60 سنة الماضية. حيث ركزت التجارب على دراسة وقياس العديد من الظواهر مثل ظاهرة الطنين والامتصاص التصادمي ومنحني الكثافة والتغير في توزيع الجسيمات والنمو وإشباع عدم استقرار العديد من الوسائط. تعتمد هذه الظواهر على كل من خصائص الليزر (الشدة، طول الموجة، عرض النبضة، الترابط) وتركيب البلازما [1].

تعود العديد من المفاهيم الأساسية لليزرات الأشعة السينية إلى السبعينات من القرن الماضي، حيث لاحظ الفيزيائيون أنّ حزم الليزر المضخمة بواسطة الانقلاب الإسكاني في الأيونات ضمن البلازما تمتلك فوتونات ذات طاقة أعلى بكثير من الحزم المضخمة المستخدمة للذرات الحيادية في الغازات. يتطلب إنتاج ليزرات الأشعة السينية استخدام أوساط تضخيم مؤلفة من بلازما عالية التأين وذات درجات حرارة عالية والتي يتم الحصول عليها بتعريض سطح الهدف الصلب لنبضات ليزرية ذات شدات ضوئية عالية ويتم التحكم بهذه العملية بحيث نحصل على بلازما على شكل خط محرق (line focus) حيث تنتزع أشعة الليزر ذرات الهدف وتأيئها مولدة بلازما ذات درجات حرارة عالية وذات كثافة الكترونية تتناقص كلما ابتعدنا عن سطح الهدف. وبذلك نحصل على إسكان كبير في الحالات

الكمومية المثارة للسوية الليزرية العليا التي يتم منها الإصدار الليزري، فعمليات التضخيم والانقلاب الإسكاني تتم في الأيونات ضمن البلازما. وفي هذه الحالة نحصل على ليزرات بأطوال موجية قصيرة أقل من 50 nm التي لا يمكن الحصول عليها بالطريقة التقليدية المولدة لليزر وذات طاقات عالية جداً. فدرجات الحرارة العالية تتطلب أن يكون الوسط الفعّال المنتج لليزر هو بلازما.

يوجد العديد من المخططات للحصول على ليزر الأشعة السينية اللينة تجريبياً، ولكن برهنت طريقة الضخ التصادمي بأنها الطريقة الوحيدة المثبتة التي تعطي ربح عالي وهو النموذج الوحيد حتى هذا اليوم الذي أعطانا أقصر طول موجة ليزر مشبع وهو عند الطول الموجي 5.9 nm من أجل (Ni-like Dy) [2]. وهو النموذج المستخدم في هذا البحث.

إنّ البلازما المتولدة بواسطة ليزرات ضوئية ذات طاقة عالية التمرکز على أهداف الصلبة على شكل خط محرق تنتج ليزر أشعة سينية لينة مضخمة ومشبعة في مجال الأطوال الموجية (30 – 5.9) nm بواسطة الإثارة التصادمية [3-12]. يحدث إشباع الليزر عندما يبدأ الإصدار المحثوث باستنزاف الانقلاب الإسكاني وهو ضروري في عملية تطویر الليزر للحصول على خرج أعظمي ومردود ضخ مثالي. بعد التجارب الأولية المصممة لتوليد ليزر الأشعة السينية الغير مشبع المنتج باستخدام نبضات وحيدة من مرتبة النانو ثانية وطاقة خرج من مرتبة الكيلو جول "kJ" [13-14]، تهدف التجارب حالياً وبشكل متزايد إلى تقليص حجم الليزر الموجه الذي نحتاجه للحصول على ليزر مشبع [15-18]. ونقطة التحوّل الهامة التي تم ملاحظتها هي أنّ مردود الضخ يزداد عند استخدام نبضتي ليزر أو أكثر. إنّ النبضة الأولى ستؤدي إلى توليد بلازما أولية وتتبعها النبضة الرئيسية التي تمتص بكفاءة بحيث يكون الانكسار في نبضة ليزر الأشعة السينية صغير وحجم

منطقة الريح كبير [19-25]. وهذا سيضمن لنبضة ليزر الأشعة السينية أن تنتشر وتتضخم على طول كافٍ من البلازما وبذلك ستصل هذه النبضة إلى حد الإشباع قبل أن تنكسر حزمة ليزر الأشعة السينية خارج منطقة الريح. لقد مكّن استخدام الليزر ذو النبضة القصيرة من مرتبة البيكو ثانية من أن تكون طاقة الليزر الضروري لضخ عمليات إصدار الليزر في الأيونات كما في Ni-like silver منخفضة إلى عدة جولوات [26,27].

2. الهدف من البحث (Aim of Research):

1. الحصول على ليزر في المجال الطيفي للأشعة السينية اللينة (Soft X-Ray) باستخدام البلازما كوسط فعال بطريقة الإثارة التصادمية وذلك باستخدام برامج المحاكاة.

2. استخدام كل من برنامجي EHYBRID و RAYTRACE للحصول على:

a. طاقة خرج ليزر الأشعة السينية كتابع لطول الهدف (Target Length).

b. طاقة خرج ليزر الأشعة السينية كتابع للفاصل الزمني (Delay Time) بين نبضتي الليزر الأولية والرئيسية. ومقارنتها مع النتائج التجريبية.

3. كتابة برنامج جزئي ضمن برنامج EHYBRID لحساب الأطياف والإصدارية لبلازما النيكل والتي استخدمت مع برنامج ملحق (Post-Processor) لحساب شدة خط التجاوب (Resonance Line) لليزر النيكل الشبيه بالنيون.

3. ليزرات الأشعة السينية المولدة باستخدام الأيونات الشبيهة بالنيون

(Ne-like ions):

يمكن أن تدرس الليزر المولدة بطريقة تصادمية بوضع نموذج ذري يحوي مخطط أيوني مناسب " مخطط السويات الطاقية للمادة المدروسة وأي من هذه السويات ملائمة للحصول على ليزر" كما هو واضح في الشكل (1) ونقوم باستخدام معادلة المعدل (rate equation) للحصول على إسكان كل سوية كوانتية. لكي تكون هذه الحسابات دقيقة نأخذ عدد من السويات الهامة بالإضافة للسويات التي يعطينا الليزر. إن دراسة عنصر نموذجي مثل النيكل، يبيّن أنه يمكن الحصول على ربح معقول عندما تكون الكثافة الإلكترونية مساوية $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ ودرجة حرارة الإلكترون 800 eV [28]. وبالتالي فقد اقتضت هذه الدراسة على استخدام البلازما المولدة من أهداف صلبة كوسط ملائم لتوليد الليزر بالنسبة لـ Ne-like Ni.

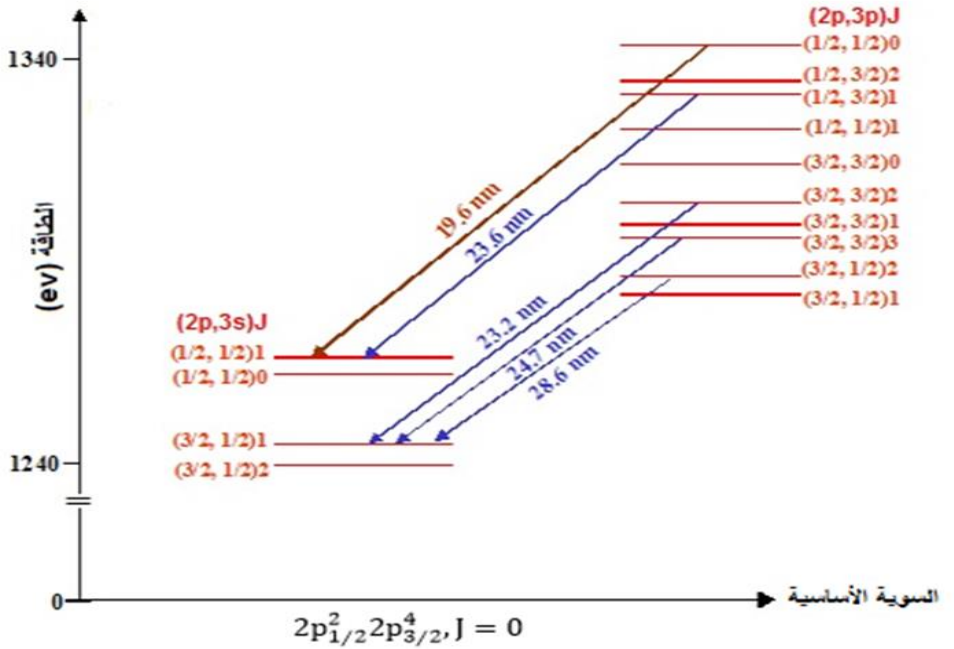
إن إثارة الإلكترون أحادي القطب من السوية الأرضية لـ Ne-like، $2s^2 2p^6$ ، يملأ السوية الليزرية العليا لـ Ne-like، $2p^5 3p$. يمكن أن يعبر عن معامل معدل إثارة أحادي القطب من أجل Ne-like ions بواسطة المعادلة الآتية [29]:

$$K(g, u) = \frac{1.5 \times 10^{-8}}{(Z-9)^{2.25}} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1} \quad (1)$$

حيث Z : العدد الذري للمادة الهدف. إن تباعية طول موجة الليزر للعدد الذري لمادة الهدف هي تباعية خطية:

$$\lambda \cong \frac{4600}{Z-9} \text{ (Å)} \quad (2)$$

يتطلب توليد ليزر بطول موجة أقصر باستخدام Ne-like استخدام هدف ذو عدد ذري أكبر العلاقة (1). على أي حال، لقد وجد أن توليد بلازما بشروط مناسبة من أجل الحصول على ليزر Ne-like باستخدام مواد ذات عدد ذري



Z كبير صعب. يحدث الربح بين الانتقالات $3p-3s$ في Ne-like ions في الليزر المنتج للبلازما كما هو موضح في الشكل (1):

الشكل 1 يوضح مخطط سويات الطاقة بشكل مبسط لليزر الأشعة السينية باستخدام Ne-like Ni موضحاً الأطوال الموجية الموافقة للانتقالات الليزرية الممكنة.

تحدث الانتقالات الليزرية فقط من أجل الانتقالات المسموحة حيث $(\Delta J = 0, \pm 1)$ الانتقالات $(J = 0 \rightarrow 0)$ غير مسموحة، حيث J هو

العدد الكمومي للعزم الزاوي الكلي. إنَّ معدلات الإثارة أحادية القطب عندما يكون J ثابتاً عند القيمة (0) تكون أكبر منها في الحالة التي يكون فيها $J = 0$ في السوية الأرضية و $J=2$ في السوية المثارة، وذلك من أجل Ne-like ions للحصول على إصدار ليزري قوي يجب أن تضمحل السوية الليزرية الدنيا بسرعة إلى السوية الأرضية. وهذا يعني أن السوية الليزرية الدنيا ستملك $J = 1$ لذلك فإنَّ الاضمحلال الإشعاعي إلى السوية الأرضية يكون مسموحاً عندما تكون $\Delta J = -1$ وبالتالي الإصدار الليزري الأعظم من السوية الليزرية العليا يوافق $J = 0$.

ظهر في البداية أن الانتقالات $J = 2 \rightarrow 1$ تعطي ربحاً أكبر من الانتقالات $J = 0 \rightarrow 1$ في Ne-like ions عندما تستخدم نبضة ليزرية وحيدة لتوليد وضخ الوسط الليزري. إن هذا يتناقض مع معدلات الإثارة أحادية القطب المحسوبة بحيث يصبح الانتقال $J = 2 \rightarrow 1$ شاذاً. تم إيجاد حلاً لهذا الشذوذ باستخدام نبضات أولية لتشكيل بلازما أولية والتي تصطم بها نبضة الضخ الأساسية [30,28]. وهذا يقود إلى تقليل انكسار حزم ليزر الأشعة السينية وعندها تكون الانتقالات $J = 0 \rightarrow 1$ هي المسيطرة على الخرج الليزري.

4. برامج المحاكاة (Simulation Codes):

تعتبر المحاكاة الحاسوبية أداة مفيدة لتصميم وتشخيص تجارب ليزر الأشعة السينية. تساعد برامج المحاكاة التي تعتبر البلازما كمانع (fluid) على فهم تفاعل ليزر-بلازما وتمدد البلازما وقضايا الفيزياء الذرية في تجارب ليزر الأشعة السينية [33-31,28]. تساعد برامج المحاكاة أيضاً على تصميم التجارب وتساعد في إجراء دراسات لتحسين المردود وطاقة ليزر الأشعة السينية الناتج [33-31,28]. استخدمت هذه البرامج في محاكاة الليزر المنتج للبلازما منذ الأيام

الأولى لدراسة تجارب اندماج الليزر [34-36]. تمثل مقارنة النتائج التي تنتج بها برامج المحاكاة مع النتائج التجريبية بمثابة اختباراً لصلاحية البرنامج. مثل هذه المقارنات تكون مهمة خصوصاً عندما لا يكون من السهل حساب بعض البارامترات مثل طاقة الليزر الممتصة وتوزع طاقة الإلكترون تجريبيّاً.

1.4 برنامج EHYBRID (The EHYBRID code):

إن برنامج EHYBRID هو برنامج هيدرودينامي (hydrodynamic) يحتوي على الفيزياء الذرية الذي يعتبر البلازما كمنحرف وهو ذو 1.5 بعد [31,37] يحاكي تفاعل الليزر مع هدف صلب والمستخدم لتوليد أوساط ليزر الأشعة السينية. يستخدم برنامج EHYBRID لغة البرمجة فورتران 77 هو برنامج Lagrangian يقسم البلازما إلى 98 خلية فراغية. يفترض أن تكون البلازما في كل خلية متساوية الحرارة، ويتم تبسيط المحاكاة العددية للبلازما بالسماح لها بالتدفق للحصول على الشكل التحليلي في الأبعاد الجانبية (أي بشكل عرضي على شعاع الليزر الوارد) بفرض أن التمدد المتماثل يأخذ الشكل الغوسي. في الاتجاه المقابل لليزر، يقوم البرنامج بحل معادلة الاستمرار للمائع (equation of continuity) ومعادلة Navier-Stokes لحساب منحني الكثافة. بما أن الكتلة ثابتة في كل خلية، فإن أبعاد الخلية تتغير تبعاً لشروط التجربة. يتم تحديد الضغوط ودرجة حرارة الإلكترونات والأيونات وكثافتهما عند مركز كل خلية في كل خطوة زمنية. يخفض انتقال الطاقة باتجاه مواز لليزر من حد التدفق الحر باعتبار حد التدفق 0.1. يفرض البرنامج أن امتصاص الليزر ضمن المادة الهدف يتم إمّا بواسطة امتصاص برمنشلتغ العكسي (inverse Bremsstrahlung) (absorption) أو بواسطة الامتصاص التجاوبي (resonance absorption) عند السطح الحرج. من أجل الامتصاص التجاوبي، فإننا نقوم بحذف 30% من

طاقة الليزر التي تصل إلى منطقة الكثافة الحرجة في خلايا الكثافة الحرجة، أما الطاقة المتبقية فتنعكس للوراء إلى منطقة الكثافة المنخفضة لزيادة احتمال حدوث امتصاص برمنشلتغ العكسي. بما أن امتصاص برمنشلتغ العكسي عالي فإنَّ الإنقاص المفترض للطاقة عند السطح الحرج له تأثير صغير فقط على امتصاص طاقة الليزر الإجمالية. تؤخذ الخسارة في الطاقة الإشعاعية من خلال إعادة الاتحاد وإصدار برمنشلتغ وعمليات الإصدار الخطية بعين الاعتبار ضمن البرنامج. تعالج آليات الانقلاب الإسكان والتأين بشكل مستقل ذاتياً مع الهيدروديناميك وذلك باستخدام توازن طاقة الإلكترون الإجمالية. يتم ربط المسافة والزمن التابعين للفيزياء الذرية للمادة المصدرة لليزر بهيدروديناميكية البلازما [39,38].

يتضمن برنامج EHYBRID الحسابات التفصيلية لإسكانات السويات الذرية. بحيث تعالج أيونات Na-like و Ne-like و F-like ions من أجل المادة المصدرة لليزر بالتوازن الأيوني المرتبط بالزمن بشكل كلي مع المعالجة التصادمية الإشعاعية باستخدام عدداً كبيراً من السويات الذرية. منذ البداية، لقد وجد عند إجراء المحاكاة المستخدمة لبرنامج EHYBRID [41,40,28].

أنَّ الطاقة الكلية ضمن البلازما التي يعطيها البرنامج أكبر من تلك المستخدمة تجريبياً (وذلك قبل اعتبار أن 30% من طاقة الليزر امتصت بواسطة الامتصاص التجاوبي). قد تقلل من ضياعات الطاقة الناجمة عن النقل الجانبي للطاقة والتي تحدث بعد تشكل البلازما من تقدير قيمة طاقة الليزر أو قد يسخن جزء من طاقة الليزر الإلكترونات فوق الحرارية (superthermal electrons) التي لم تؤخذ بعين الاعتبار في البرنامج والتي لا تساهم في عملية الضخ للحصول على الانقلاب الإسكاني، للتغلب على هذا التناقض ندخل عامل تصحيح تجريبي f (correction factor) لتقدير طاقة الليزر المستخدمة. حيث يتم تخفيض قيمة شدة

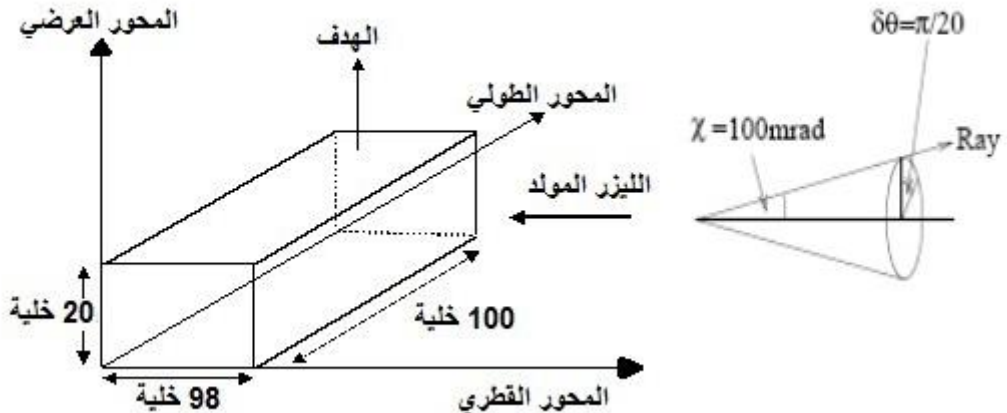
شعاع الليزر التجريبية بواسطة عامل التصحيح f ومن ثم يتم استخدامه كدخل للبرنامج، وقد تم تحديد قيمة عامل التصحيح f بالاعتماد على المرجع [42] لتكون $f = 0.3$. يمكن الحصول على المنحني الزمني والمكاني لمعامل الربح بالإضافة لذلك شروط البلازما من أجل المادة المصدرة لليزر المعطاة، وكذلك يمكن حساب طاقة الضخ باستعمال برنامج EHYBRID. ويحسب معامل الربح من العلاقة:

$$G(\nu) = \frac{g_2 A_{21} \lambda_{21}^2}{8\pi} \left(\frac{n_2}{g_2} - \frac{n_1}{g_1} \right) f(\nu) \quad (3)$$

حيث: n_1, n_2 عدد الإلكترونات في السويات 1 و 2. g_1, g_2 درجة التحلل (تعدد الحالات) للسوية الليزرية الدنيا والعليا على الترتيب λ_{21} طول موجة الانتقال A_{21} معامل أينشتاين للإصدار التلقائي $f(\nu)$ تابع شكل خط الإصدار الناشئ من آليات تعريض الخط.

2.4 برنامج RAYTRACE (RAYTRACE code):

قد تمَّ تطوير برنامج RAYTRACE ثلاثي الأبعاد من قِبَل Plowes [43] والمطور سابقاً من قبل Toft من نموذج أحادي البعد [44] بحيث يصف انكسار

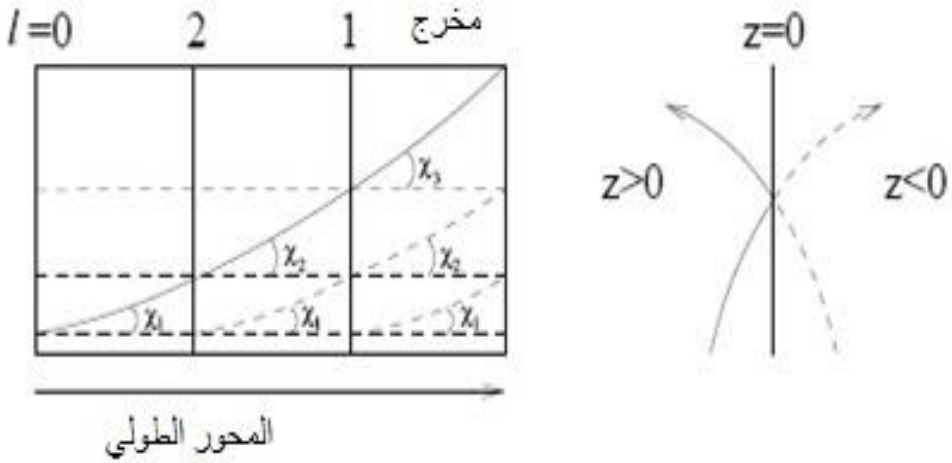


حزمة الليزر الواردة. يستخدم برنامج RAYTRACE لغة البرمجة **فورتران** (Fortran 90). يعمل البرنامج بمتابعة المسارات لعدد كبير من الأشعة الصادرة تلقائياً من البلازما مع أخذ حالة الإشباع بعين الاعتبار. حيث تقسم البلازما إلى 98 خلية في الاتجاه القطري و20 خلية في الاتجاه العرضي مع 100 خلية في الاتجاه الطولي على طول البلازما (الشكل 2).

الشكل 2 (a) يوضح هندسة برنامج RAYTRACE بالنسبة لليزر المولد، المحاور العرضية والقطرية والطولية. يفترض أن تكون البلازما متناظرة حول المحور القطري في اتجاه المحور العرضي. **(b)** يبين مخروط الإشعاع الذي يبدأ عند مركز كل خلية، وزاوية رأس المخروط التي تشكلها الأشعة الخارجية 100 mrad [45].

يقوم برنامج RAYTRACE بمحاكاة الانكسار والربح لحزمة ليزر أشعة سينية المنتشرة على طول البلازما (المحور الطولي). تعطي بارامترات θ و α شكل قطري بعيداً عن سطح الهدف من قبل برنامج EHYBRID عند θ و α خلية وقد تم حسابها في المستوى العرضي باستخدام منحنى الكثافة الغوسي (a) المتناظر [31]. نفرض أن البلازما متجانسة طولياً على طول البلازما من أجل فترة انتشار ليزر الأشعة السينية. تؤدي فرضية التجانس على طول المحور الطولي ضمناً إلى أن البرامج قابلة للتطبيق بشكل محدد من أجل ضخ الموجة المنتشرة المتناظرة [46]، عندما تقابل حزمة ليزر الأشعة السينية وسطاً ثابتاً أثناء انتقالها فيه أو إذا لم تتغير شروط البلازما خلال الزمن لكي تنتشر نبضة ليزر الأشعة السينية على طول المحور الطولي. تخرج الأشعة الليزرية من الوجه الخلفي لكل خلية من خلايا البلازما لتشكل في النهاية مخروطاً إشعاعياً بزاوية سمتية 100 mrad . تزداد الزاوية السمتية γ بمقدار $(0 \leftarrow 0.1)$ ميلي راديان، عندما تزداد الزاوية θ من $(0 \leftarrow 2\pi)$ كما هو موضح في الشكل (2).

يعطي كل شعاع من أشعة الليزر جزءاً من معدل الإصدار التلقائي الكلي في واحدة الحجم ضمن الزاوية الصلبة للحزمة، E_0 ، في الخلية معروفاً بواسطة الزاوية الصلبة الجزئية للشعاع. تصف الحلول التحليلية للمعادلات انتشار الشعاع ضمن الوسط ثلاثي الأبعاد والذي تمتلك فيه قرينة الانكسار اتجاهياً ثابتاً في المستوي العرضاني لكل خلية وقد وصف ذلك بالتفصيل عن طريق Plowes [43]، وبمعرفة جيدة بأن مسار الشعاع الناتج في المستوي العرضاني يشكل قطعاً ناقصاً. تسمح هذه النتائج لمسار الشعاع بأن يعبر الخلية ليتم حسابه ومعرفة اتجاه الشعاع ومكانه في الفراغ بعد أن يغادر الخلية. لذلك، يمكن حساب المسار الكلي للشعاع على طول المحور الطولي للبلازما. يقود افتراض وجود تجانس في الاتجاه الطولي للبلازما إلى تبسيط مفيد لتقليل الزمن اللازم لتشغيل البرنامج للقيام



بالحسابات. بالإشارة إلى الشكل (3)، يمكن حساب مسار الشعاع الليزري الذي يبدأ في المستوي (1) حتى يخرج من البلازما. يقوم البرنامج بحساب طاقة خرج ليزر الأشعة السينية كتابع لطول الهدف (Target Length). وتابع للفاصل الزمني (Delay Time) بين نبضتي الليزر الهدف.

الشكل 3 يوضح مسارات الأشعة الليزرية والتي تكون متكافئة على طول المحور الطولي للبلازما. كما يبين تناظر الانعكاس على طول المحور القطري [45].

يكافئ المسار الذي يقطعه الشعاع في المستوي الأولي المسار الذي يقطعه في المستوي الثاني وهكذا على طول البلازما. ولذلك لحساب المسار الذي يقطعه الشعاع من المستوي الأول حتى خروجه من البلازما، نحتاج فقط لحساب مسار الشعاع بين المستوي الأول ونقطة خروجه منه فقط. وهكذا فقد تم تعيين مسار الشعاع الذي بدأ من النقطة $l = 0$ خلف البلازما على طول المحور الطولي للبلازما حتى خروجه من البلازما، وهو مكافئ لعدد من الأشعة التي يبدأ عند كل مستوي عرضاني وتكون متطابقة في اتجاهاتها ومكانها في الفراغ. ينشأ التبسيط الثاني من تناظر الانعكاس في المستوي العرضاني. الشعاع الليزري الذي يبدأ من النقطة $z = z_0$ يتقاطع مع السطح الحرج عند $z = 0$ و بالتالي ينعكس إلى الخلف ضمن الشبكة، كما أن الشعاع التابع يكون مطابقاً للشعاع الذي بدأ من النقطة $z = -z_0$ (كما هو موضح في الشكل 3).

5. نتائج المحاكاة باستخدام برنامجي EHYBRID و

:RAYTRACE

يحاكي العمل المقدم في هذا البحث العمل التجريبي المنفذ في مختبر رذرفورد المركزي في المملكة المتحدة (Rutherford Appleton Laboratory (RAL, UK [47] حيث تم توليد ليزر الأشعة السينية لـ (Ne-like Ni) عند طول موجة 23.1 nm الموافق للانتقال $3s^2 2p^5 3p^1 S_o \rightarrow 3s^2 2p^5 3s^1 P_1$ عن طريق تسليط حزمي ليزر على أهداف من النيكل الصلب على شكل شرائح (slabs) من خلال الضخ الضوئي باستخدام ليزر ضخ

بطول موجة $1.06 \mu\text{m}$ (VULCAN glass laser)، حيث تم تشكل البلازما الأولية (a pre – plasma) باستخدام نبضة أولية (background pulse) ذات العرض 280 ps وشدها $2 \times 10^{13} \text{ W. cm}^{-2}$ في خط محرقى (line focus) طوله 16 mm وعرضه $100 \mu\text{m}$. أما النبضة الأساسية (main pulse) فعرضها 1.2 ps وشدها $7 \times 10^{15} \text{ W. cm}^{-2}$ في خط محرقى طوله 12 mm وعرضه $100 \mu\text{m}$. أدخلنا إلى برنامج RAYTRACE معلومات مفصلة عن خرج ليزر الأشعة السينية وخواص الحزمة متضمنة الطاقة. يتم تنفيذ حسابات برنامج RAYTRACE من أجل الطول المطلوب للهدف بخطوات زمنية قدرها 1 ps ويتم الحصول على طاقة الخرج الكلية بمكاملة استطاعات الخرج الناتجة على كامل الزمن. إن بنية سويات ليزر Ne-like ion معقدة ويجب أن تتضمن المحاكاة العددية لها على عدد كبير من الحالات المثارة. لقد تم تطوير مجموعة البيانات الفيزيائية للنيكل والمستخدم في هذه الحسابات في Belfast [48] وتتضمن الطاقات واحتمالات الانتقال الإشعاعي من أجل 112 سوية مثارة ل-Ne-like ion.

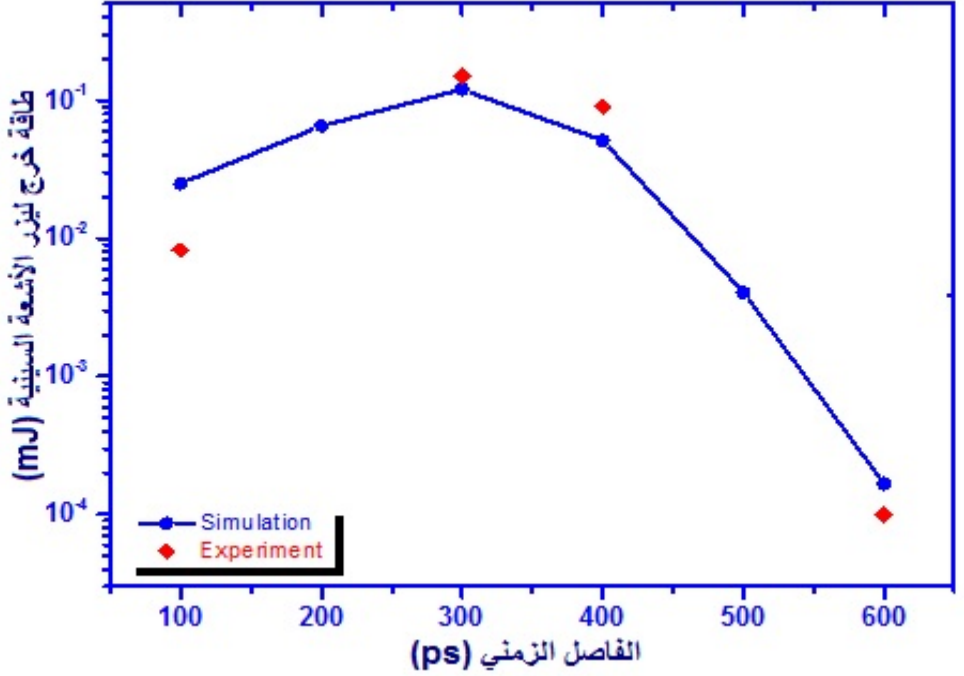
قمنا بتشغيل برنامج EHYBRID بطاقات ضخ ليزر مختلفة (نفس الطاقات المستخدمة في العمل التجريبي المأخوذ من المرجع [47]) وبعد الحصول على النتائج من برنامج EHYBRID استخدمناها كدخل لبرنامج RAYTRACE، وقمنا بتشغيله لتحديد الفاصل الزمني الأمثل بين النبضة الأولية والنبضة الرئيسية (من قمة النبضة الأولية إلى قمة النبضة الرئيسية) ولحساب طاقة ليزر الأشعة السينية الناتجة من Ne-like Ni كتابع لطول الهدف وتم مقارنة نتائج المحاكاة مع النتائج التجريبية.

تم إجراء سلسلة من التجارب على أهداف من النيكل طول كل منها 2 mm لتحديد الفاصل الزمني الأمثل بين النبضة الأولية الطويلة والنبضة الأساسية القصيرة، نلاحظ من الشكل (4) أن أفضل فاصل زمني بين نبضتي الليزر المستخدمتين تجريبياً هو 300 ps والذي يعطي أعلى طاقة خرج لنيكل ليزر الأشعة السينية. وأنه يوجد تطابق جيد بين النتائج التجريبية المأخوذة من المرجع [47] ونتائج المحاكاة.

حيث يبين الجدول (1) التالي طاقة خرج طاقة خرج ليزر Ne-like Ni الذي تم الحصول عليه باستخدام برنامجي EHYBRID و RAYTRACE عند طول الموجة 23.1 nm كتابع للفاصل الزمني بين قمتي النبضتين الرئيسية 1.2 ps و الأولية 300ps و النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها من المرجع [47].

طاقة خرج ليزر الأشعة السينية التجريبية (mJ)	طاقة خرج ليزر الأشعة السينية باستخدام برامج المحاكاة (mJ)	الفاصل الزمني (ps)
0.0082	0.025	100
	0.06528	200
0.15	0.12	300
0.09	0.0512	400
	0.00407	500
1.00E-04	1.67E-04	600

الجدول (1)



الشكل 4 يوضح طاقة خرج ليزر Ne-like Ni الذي تم الحصول عليه باستخدام برنامجي EHYBRID و RAYTRACE عند طول الموجة 23.1 nm كتابع للفاصل الزمني بين قمتي النبضتين الرئيسية 1.2 ps و الأولى 300ps ومقارنتها مع النتائج التجريبية [47].

بعد تثبيت الفاصل الزمني بين النبضتين على القيمة 300 ps (بناءً على النتائج السابقة) قمنا بتحديد طاقة حزمة ليزر الأشعة السينية الكلية (Ne-like Ni) الموافق للانتقال ($2p^5 3p^1 S_o \rightarrow 2p^5 3s^1 P_1$) باستخدام برنامجي EHYBRID و RAYTRACE كتابع لطول الهدف، ومقارنته مع المنحني التجريبي الذي تم الحصول عليه باستخدام flat-field و CCD كاميرا [47]، بإجراء عدة تجارب

على أهداف بطول يتراوح من 2-12 mm وبعرض 100 μm وسماكة 1 μm كما هو موضح في الشكل (5).

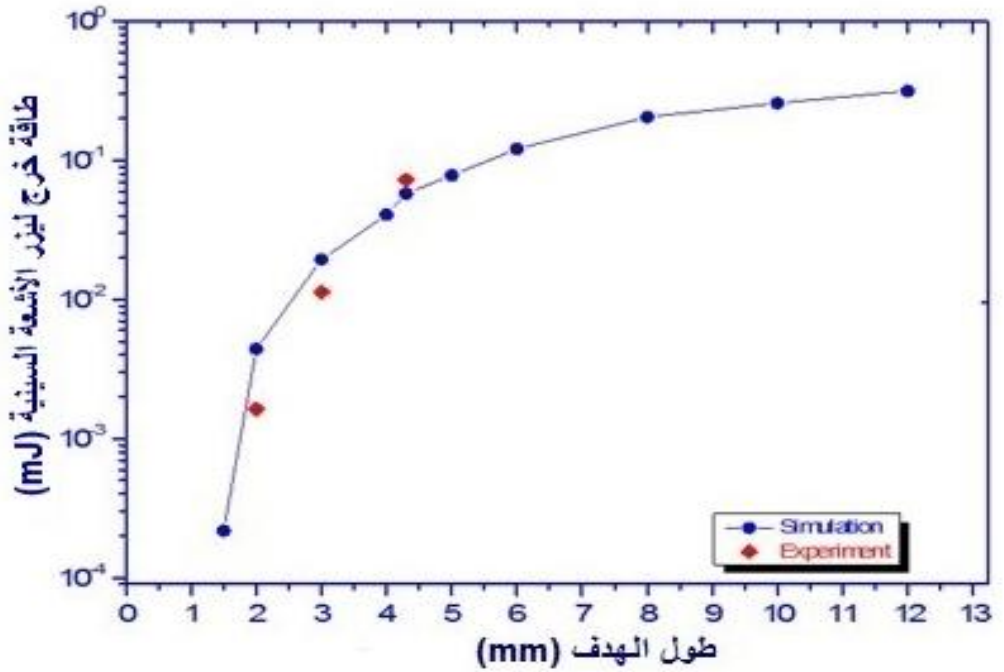
يبين الجدول (2) التالي طاقة خرج طاقة خرج ليزر Ne-like Ni الذي تم الحصول عليه باستخدام برنامجي EHYBRID و RAYTRACE عند طول الموجة 23.1 nm كتابع لطول الهدف بين قمتي النبضتين الرئيسية 1.2 ps و الأولية 300ps و النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها من المرجع [47].

طاقة خرج ليزر الأشعة السينية التجريبية (mJ)	طاقة خرج ليزر الأشعة السينية باستخدام برامج المحاكاة (mJ)	طول الهدف (mm)
-	2.18E-4	1.5
0.0016	0.00441	2
0.0112	0.0194	3
-	0.0407	4
0.07	0.0578	4.3
-	0.0781	5
-	0.121	6

حساب خرج ليزر النيكل الشبيه بالنيون المضخ بشكل تصادمي كتابع لطول الهدف والفاصل الزمني وكذلك بعض الوسائط الأخرى باستخدام برامج المحاكاة

-	0.205	8
-	0.258	10
-	0.316	12

الجدول (2)



الشكل 5 يوضح منحنى الطاقة الناتجة من خط الليزر الموافق للانتقال $2p^53p^1S_0 \rightarrow 2p^53s$ من أجل ليزر الأشعة السينية المنتج بواسطة Ne-like Ni عند 23.1 nm كتابع لطول الهدف (البلازما) والذي تم الحصول عليه من المحاكاة العددية باستخدام برنامج RAYTRACE وبرنامج EHYBRID. ومقارنتها مع النتائج التجريبية [47].

نلاحظ من الشكل (5) وجود تطابق جيد بين المنحني التجريبي ومنحني المحاكاة من برنامجي EHYBRID و RAYTRAC. عند طول هدف أكبر من 5 mm تصل طاقة خرج ليزر الأشعة السينية إلى مرحلة الإشباع أي الحصول على أكبر طاقة ممكنة.

6. نمذجة إصدار خط التجاوب: (Modelling of resonance)

(line emission)

تم تعديل برنامج الفيزياء الذرية والهيد وديناميكية EHYBRID ليحاكي إصدار خط الطنين. وتم حساب إصدارية الخطوط الطيفية ε عند زمن معين ضمن EHYBRID باستخدام العلاقة:

$$\varepsilon = \sum N_i A_{ij} \frac{hc}{\lambda_0} dV \quad (4)$$

حيث: N_i إسكان السوية العليا من أجل انتقال معطى، A_{ij} احتمالية الانتقال الاشعاعي من أجل الانتقال، h ثابت بلانك، c سرعة الضوء في الخلاء، λ_0 طول موجة الخط الطيفي، dV حجم كل خلية، والجمع على كامل خلايا EHYBRID. تم تعديل برنامج EHYBRID الأصلي لحساب معدلات الانتقال التلقائي A_{ij} من شدات هزاز الامتصاص (absorption oscillator) المستخدمة في تقدير توازن التأين (ionization balance). ومن ثم تم حساب شدات الخط الطيفي ل 112 سوية من Ne-like عند (3p-2s) و 642 سوية من F-like عند (3d-2p) لمحاكاة إصدار خط الطيف لبلازما النيكل. إن الإصدارية المحسوبة من المعادلة السابقة مكافئة للشدة الإشعاعية المنتجة إذا كانت البلازما رقيقة ضوئياً، ولكن في أغلب الأحيان تكون خطوط الطنين سميكة ضوئياً لأنها تمتلك شدة اهتزاز قوية. لقد تم حساب عدم الشفافية (Opacity) من خلال معامل الهروب التقريبي (escape factor) المعتمد على تابع هولستن (Holstein function) من أجل خطوط تعريض دوبلر [49-51]. وتم تقييم شدات الخطوط الطيفية بواسطة كتابة برنامج جديد (new post-processor) [52] يستخدم مع برنامج EHYBRID

وذلك باستخدام محاكاة كثافات الإسكان N_i (population densities) ومعامل الهروب T (escape factor). نستطيع إعادة كتابة المعادلة (4) لكي تعبر عن الشدة الصادرة الكلية I_{tot} لخط طيفي معين بالشكل:

$$I_{tot} = \quad (5)$$

$$\sum N_i \frac{hc}{\lambda_0} T A_{ij} dV$$

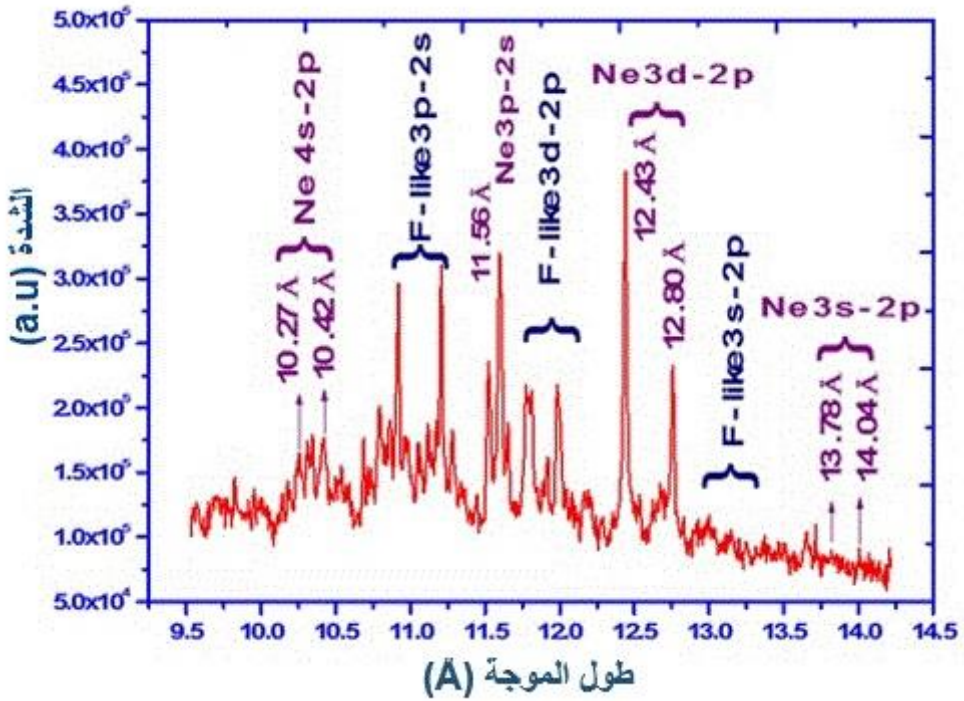
إن إسكان السويات المثارة Na-, Ne- and F-like ions في أوساط ليزر الأشعة السينية تكون في حالة توازن كوروني (coronal equilibrium) تقريباً بالنسبة للحالة الأرضية. بناء على ذلك في حساب الإصدار الناتج، لا يوجد حرج في اختيار نموذج عامل الهروب T من أجل الحساب الدقيق لتأثير عدم الشفافية. في حالة التوازن الكوروني، يسبب تأثير الإثارة الضوئية إصداراً إضافياً يوازن خسارة الإشعاع بسبب الامتصاص [53]. لقد تم الأخذ بعين الاعتبار عند إجراء عملية المحاكاة للخطوط الطيفية إسكان 11 سوية مثارة من Na-like ion و 112 و سوية مثارة من Ne-like ion و 215 سوية مثارة من F-like ion. يوضّح الشكل (6.a) الطيف التجريبي لبلازما النيكل [47] الذي تم الحصول عليه تجريبياً باستخدام المقياس الطيفي (KAP crystal spectrometer) أما الشكل (6.b) فيوضّح الطيف الذي تم الحصول عليه باستخدام برنامج Ehybrid المعدّل وبرنامج Post-processor.

وقد تم الأخذ بعين الاعتبار عند حساب الطيف النظري مرشح من نوع Be وبسماكة $25\mu\text{m}$ كالمستخدم في التجربة [47]. بالمقارنة بين الطيفين التجريبي والنظري نلاحظ وجود تطابق جيد. لقد تم تحديد الخطوط الطيفية لـ Ne-like باستخدام النتائج المنشورة بواسطة العالم Boiko [54]، أما من أجل F-like فقد تم تحديد الأطوال الموجية باستخدام نتائج العالم Gordon [55]. أما

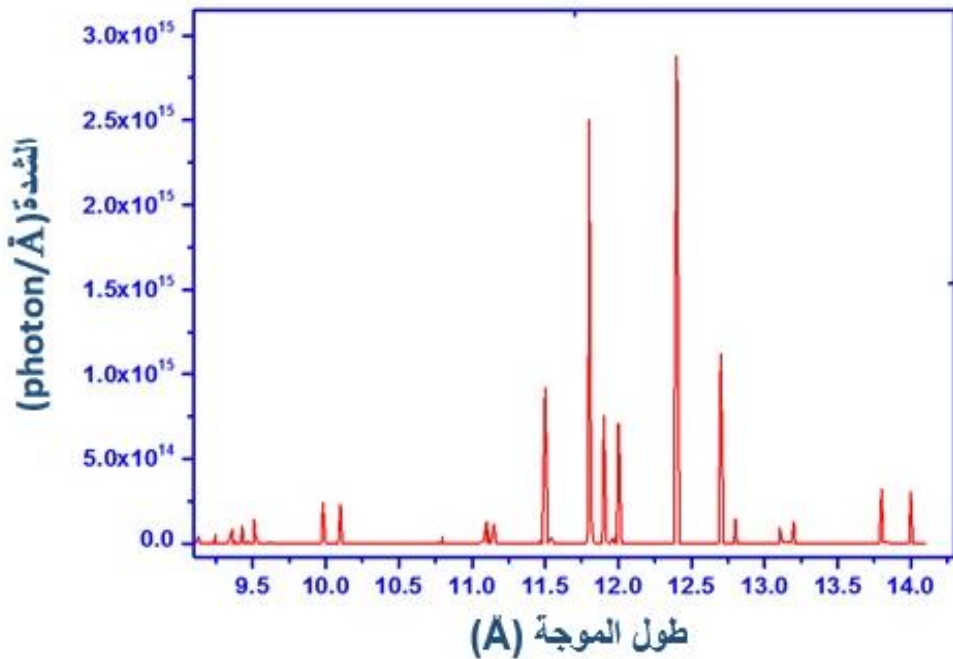
تحديد الخطوط الطيفية النظرية (الأطوال الموجية) فقد تم تحديدها ضمن برنامج Ehybrid اعتماداً على حسابات العالم cowan [56].

حساب خرج ليزر النيكل الشبيه بالنيون المضخ بشكل تصادمي كتابع لطول الهدف والفاصل الزمني وكذلك بعض الوسائط الأخرى باستخدام برامج المحاكاة

(a)



(b)



الشكل 6 (a) يوضّح الطيف التجريبي الذي تم تسجيله بواسطة crystal spectrometer و CCD كاميرا [47]. (b) طيف إصدار خط الطنين لبلازما النيكل والذي تم الحصول عليه باستخدام برنامج EHYBRID المعدل ومعالج بوست الجديد Post-processor.

7. الخاتمة (Conclusion):

لقد قمنا باستخدام برنامجي Ehybrid و RAYTRACE لتحديد الفاصل الزمني الأمثل بين النبضة الأولية والنبضة القصيرة الرئيسية وحساب طاقة ليزر الأشعة السينية الناتجة Ne-like Ni كتابع لطول الهدف، كما تم كتابة برنامج جزئي ضمن برنامج Ehybrid لحساب الخطوط الطيفية لبلازما النيكل، وبعد ذلك تم استخدام النتائج التي تم الحصول عليها مع برنامج ملحق Post-processor لحساب شدة خط التجاوب لليزر وتم الحصول على طيف إصدار خط التجاوب لبلازما النيكل. ومقارنتها مع النتائج المسجلة تجريبياً.

8. المراجع (References):

- [1] M. N. Rosenbluth and R. Z. Sagdeev, Eds., "Handbook of Plasma Physics", Volume 3. Physics of Laser Plasmas, A. M. Rubenchik and S. Witkowski, Eds. (Elsevier Science Publishers, B. V., 1991), Chapter 9.
- [2] A. ROCKWOOD, "Compact gain-saturated x-ray lasers down to 6.85 nm and amplification down to 5.85 nm," *Optica*, Vol. 5, No. 3, pp. 257-262, (2018).
- [3] Tallents, G, J., 2003. The physics of soft x-ray lasers pumped by electron collisions in laser plasmas. *J. Phys. D: Appl. Phys.* V. 36, No. 15, pp. 259-276.
- [4] Carillon, A., Chen, Z., Dhez, P., Dwived, L., Jacopy, J., Jaegle, P., Jamelot, G., Zhang, Jie., Key, M, H., Kidd, A., Klisnick, A., Kodama, R., Krishnan, J., Lewis, C, L, S., Neely, D., Norreys, P., O'Neill, D., Pert, G, J., Ramsden, S, A., Raucourt, J, P., Tallents, G, J., and Uhomoiibhi, J., 1992. Saturated and Near-Diffraction-Limited Operation of an XUV Laser at 23.6 nm. *Phys. Rev. Lett.* V. 68, No. 19, pp. 2917-2920.
- [5] Zhang, J., Zepf, M., Norreys, P, A., Dangor, A, E., Bakarezos, M., Danson, C, N., Walsh, A. Dyson, A. P. Fewes, P. Gibbon, M. H. Key, P. Lee, P. Loukakos, S. Moustazis, D. Neely, F, N., and Wark, J, S., 1996. Coherence and bandwidth measurements of harmonics generated from solid surfaces irradiated by intense picosecond laser pulses. *Phys. Rev. A.* V. 54. No. 2, pp. 1597-1603.
- [6] Lin, J, Y., Tallents, G, J., Smith, R., MacPhee, A, Wolfrum, G, E., Zhang, J., Eker, G., Keenan, R., Lewis, C, L, S., Neely, D., O'Rourke, R, M, N., Pert, G, J., Pestehe, S, J., Wark, J, S., 1999. Optimization of

double pulse pumping for Ni-like Sm x-ray lasers. *J. Appl. Phys.* V. 85, No. 2, pp. 672-675.

[7] Smith, R., Tallents, G. J., Zhang, J., Eker, G., McCabe, S., Pert G, J., Wolfrum, E., 1999. Saturation behavior of two x-ray lasing transitions in Ni-like Dy. *Phys. Rev. A*, V. 59, No. 1, pp. 47-59.

[8] Kuznetsov, J., Filevich, F., Dong, M., Woolston, W. L., Chao, E. H., Anderson, E. R., Bernstein, D. C., Crick, Rocca, J. J., and Menoni, C. S. 2015. Three-dimensional nanoscale molecular imaging by extreme ultraviolet laser ablation mass spectrometry. *Nat. Commun.* V. 6, pp. 6944.

[9] Vaschenko, G., Brewer, C., Brizuela, F., Wang, Y., Larotonda, M. A., Luther, B. M., Marconi, M. C., Rocca, J. J., Menoni, C. S., Anderson, E. H., Chao, W., Harteneck, B. D., Liddle, J. A., Liu, Y. and Attwood, D. T. 2006. Sub- 38 nm resolution tabletop microscopy with 13 nm wavelength laser light. *Opt. Lett.* V. 31, pp. 1214–1216.

[10] Brizuela, F., Carbajo, S., Sakdinawat, A., Alessi, D., Martz, D. H., Wang, Y., Luther, B., Goldberg, K. A., Mochi, I., Attwood, D. T., La Fontaine. B., Rocca, J. J., and Menoni, C. S. 2010. Extreme ultraviolet laser-based table-top aerial image metrology of lithographic masks. *Opt. Express.* V. 18, No. 14467.

[11] Meng, L. M., Alessi, D., Guilbaud, O., Wang, Y., Berrill, M., Luther, B. M., Domingue, S. R., Martz, D. H., Joyeux, D., De Rossi, S., Rocca, J. J. and Klisnick, A. 2011. Temporal coherence and spectral linewidth of an injection-seeded transient collisional soft x-ray laser. *Opt. Express.* V. 36, No. 2164.

- [12] RockWood, A., Wang, Y., Wang, S., Berrill, M., Shlyaptsev, V. N. and Rocca, J. J. 2018. Compact gain-saturated x-ray lasers down to 6.85 nm and amplification down to 5.85 nm. *Optica*, V. 5. No. 3, pp. 257 – 262.
- [13] Matthews, D. L., Hagelstein, P. L., Rosen, M. D., Eckart, M. J., Ceglio, N. m., Hazi, A. U., Medecker, H., MacGowam, B. J., Trebes, J. E., Whitten, B. L., Campbell, E. M., Hatcher, C. W., Hawryluk, A. M., Kauffman, R. L., Pleasance, L. D., Rambach, G., Scofield, H. J., Stone, G., and Weaver, T. A., 1985. Demonstration of a Soft X-Ray Amplifier. *Phys. Rev. Lett.* V. 54, No. 2, pp 110-114.
- [14] Lee, T. N., McLean, E. A., and Elton, R. C., 1987. Soft X-Ray Lasing in Neonlike Germanium and Copper Plasmas. *Phys. Rev. Lett.* V. 59, No. 11, pp. 1185-1188.
- [15] Nickles, P. V., Shlyaptsev, V. N., Kalachnikov, M., Schnürer, M., Will, I., and Sandner, W., 1997. Short Pulse X-Ray Laser at 32.6 nm Based on Transient Gain in Ne-like Titanium. *Phys. Rev. Lett.* V. 78, No. 14, pp. 2748-2751.
- [16] Dunn, J., Osterheld, A. L., Shepherd, R., White, W. E., Shlyaptsev, V. N., and Stewart, R. E., 1998. Demonstration of X-Ray Amplification in Transient Gain Nickel-like Palladium Scheme. *Phys. Rev. Lett.* V. 80, No. 13, pp. 2825-2828.
- [17] Warwick, P. J., Lewis C. L. S., Kalachnikov, M. P., Nickles, P. V., Schnürer, M., Behjat, A., Demir, A., Tallents, G. J., Neely, D., Wolfrum, E., Zhang, J., Pert, G. J., 1998. Observation of high transient gain in the germanium x-ray laser at 19.6 nm. *J. Opt. Soc. Am. B.* V. 15, No. 6, pp. 1808-1814.

[18] Kuba, J., Klisnick, A., Ros, D., Fourcade, P., and Jamelot, G., 2000. Two-color transient pumping in Ni-like silver at 13.9 and 16.1 nm. Phys. Rev. A, V. 62, No. 4, pp. 43808-43815.

[19] Nilsen, J., MacGowan, B, J., Da, Silva, L, B., and Moreno, C., 1993. Prepulse technique for producing low-Z Ne-like x-ray lasers. Phys. Rev. A. V. 48, No. 6, pp. 4682-4685.

[20] Daido, H., Kato, Y., Murai, K., Ninomiya, S., Kodama, R., Yuan, G., Oshikane, Y., Takagi, M., and Takabe., 1995. Efficient Soft X-Ray Lasing at 6 to 8 nm with Nickel-like Lanthanide Ions. Phys. Rev. Lett. V. 75, No. 6, pp. 1074-1077.

[21] Cairns, G, F., Lewis, C, L, S., Lamb, M, J., A. MacPhee, G., Neely, D., Norreys, P., Key, M, H., Healy, S, B., Holden, P, B., Pert, J. G, J., Plowes, A., Tallents G, J., and Demir, A., 1996. Using low and high prepulses to enhance the J = 0-1 transition at 19.6 nm in the Ne-like germanium XUV laser Optics Commun. V. 123, No. 123, pp. 777-789.

[22] Behjat, A., Lin, J., Tallents, G, J., Demir, A., Kurkcuoglu, M., Lewis, C, L, S., MacPhee, A, G., McCabe, S, P., Neely, D., Wolfrum, E., Healy S, B., and Pert, G, J., 1997. The effect of multi-pulse irradiation on X-ray laser media. Optics Commun. V. 135, No. 135, pp. 49-54.

[23] Yuan, G., Murai, K., Daido, H., Kodama, R., and Kato, Y., 1995. Two - dimensional beam characteristics of tripke-pulse pumping a Ne-like Ge soft x-ray laser at 19.6 nm. Phys. Rev. A. V. 52, No. 6, pp. 4861-4866.

- [24] Tommasini, R., Löwenthal, F., and Balmer, J. E., 1999. Saturation in a Ni-like Pd soft-x-ray laser at 14.7 nm. *Phys. Rev. A*. V. 59, No. 2, pp. 1577-1581.
- [25] Sebban, S., Daido, H., Sakaya, N., Kato, Y., Murai, K., Tang, H., Gu, Y., Huang, G., Wang, S., Klisnick, A., Zeitoun, Ph., Koike, F., and Takenaka, H., 2000. Full characterization of a high-gain saturated x-ray laser at 13.9 nm. *Phys. Rev. A*. V. 61, No. 4, pp. 043810-043819.
- [26] Dunn, J., Li, Y., Osterheld, A. L., Nilsen, J., Hunter, J. R., and Shlyaptsev, V. N., 2000. Gain Saturation Regime for Laser-Driven Tabletop, Transient Ni-Like Ion X-Ray Lasers. *Phys. Rev. Lett.* V. 84, No. 21, pp. 4834-4837.
- [27] Janulewicz, K. A., Lucianetti, A., Priebe, G., Sandner, W., Nickles, P. V., 2002. A table-top collisional Ni-like Ag X-ray laser at 13.9 nm pumped by single picosecond laser pulse. *AIP Conference Proceedings*. V. 641, No. 1, pp. 26-30.
- [28] Holden, P. B., Healy, S. B., Lightbody, M. T., Pert, G. J., Plowes, J. A., Kingston, A. E., E. Robertson, Lewis, C. L. S., and Neely, D., 1994. A computational investigation of the neon-like germanium collisionally pumped laser. *J. Phys. B*. V. 27, pp. 341-367.
- [29] R. C. Elton, "X-ray lasers", Publisher Academic Press (1990).
- [30] J. Nilsen, B. J. MacGowan, L.B. Da Silva and J. C. Moreno, *Phys. Rev. A* 48, 4682 (1993).
- [31] Pert, G. J., 1983. The hybrid model and its application for studying free expansion. *J. Fluid Mech.* V. 131, pp. 401-426.
- [32] Jacquemot, S., and Bonnet, L., 1997. Investigation of Ne- and Ni-like collisional excitation schemes in plasmas driven by multiple laser pulses. *Proc. SPIE*, V. 3156, 10.1117/12.293386.

- [33] Nilsen, J., 1997. Analysis of a picosecond-laser-driven Ne-like Ti x-ray laser. *Phys. Rev. A*. V. 55, No. 4, pp. 3271-3274.
- [34] Zimmerman, G, B., and Kruer, W, L., 1975. Numerical simulation of laser-initiated fusion. *Comments Plasma Phys. Controlled Fusion*. V. 2, No. 2, pp. 51-60.
- [35] Christiansen, J, P., Ashby, D, E, T, F., and Roberts, K, V., 1974. MEDUSA a one-dimensional laser fusion code. *Computer Phys. Comm.* 7, No. 5, pp. 271- 287.
- [36] Bodner, S, E., Colombant, D, G., Gardner, J, H., Lehmberg, R, H., Obenschain, S, P., Phillips, Lee., Schmitt, A, J., Sethian, J, D., Seka, W., Verdon, C, P., and Knauer. J, P., 1998. Direct-drive laser fusion: Status and prospects. *Phys. Plasmas*. V. 5, No. 5, pp. 1901.
- [37] Pert, G, J., 1987. The use of flows with uniform velocity gradient in modelling free expansion of a polytropic gas. *Laser and Particle Beams*. V. 5, No. 4, pp. 643–658.
- [38] Pert, G, J., 1978. Algorithms for the calculation of ionization in rapidly changing plasmas. *J. Comp. Phy*. V. 27, No. 2, pp. 241-255.
- [39] Pert, G, J., 1981. Efficient integration of the time dependent collisional-radiative equations *J. Comp. Phy*. V. 39, No. 2, pp. 251-271.
- [40] G. F. Cairns, S. B. Healy, C. L. S. Lewis, G. J. Pert and E. Robertson, *J. Phys. B* 29, 4839-4854 (1996).
- [41] R. E. King, G. J. Pert, S. P. McCabe, P. A. Simms, A. G. MacPhee, C. L. S. Lewis, R. Keenan, R. M. N. O'Rourke, G. J. Tallents, S. J. Pestehe, F. Strati, D. Neely, and R. Allott, *Phys. Rev. A* **64**, 053810 (2001).
- [42] Y Abou-Ali, Q L Dong, A Demir, R E King, G J Pert and G J Tallents, "Quantitative simulations of short pulse x-ray laser," *At. Mol. Opt. Phy.*, vol. **37**, pp. 1-14, (2004).

- [43] Plowes, J, A., 1995. Ray optic of X-ray lasers. Ph. D. Thesis, University of York
- [44] Toft, D., 1979. Numerical modeling of plasmas produced by long pulse lasers. Ph. D. Thesis, University of Hull.
- [45] Robert king, "*Computational Modelling of Short Pulse X-Ray Lasers*" PhD thesis (University of York, UK) (2001).
- [46] Plowes, J, A., Pert, G, J., and Holden, P, B., 1995. Refraction compensation by target curvature in X-ray lasers. *Opt. Commun.* V. 116, pp. 260-268.
- [47] Y. Abou-Ali, G. J. Tallents, M. Edwards, R. E. King, G. J. Pert, S. J. Pestehe, F. Strati, R. Keenan, C. L. S. Lewis, S. Topping, O. Guilbaud, A. Klisnick, D. Ros, R. Clarke, D. Neely, M. Notley, A. Demire, 2003-Measurement of the duration of of X-ray laseing pumped by an optical laser pulse of picosecond duration. *Opt. Commun.* 215, 397– 406.
- [48] A. Kingston, In *X-Ray Lasere 1990*, volume 116, pages 289-296 (IOP Conf. Series, 1990).
- [49] Holstein, T., 1947. Imprisonment of Resonance Radiation in Gases. *Phys. Rev.* V. 72, No. 12, pp. 1212-1233.
- [50] Holstein, T., 1951. Imprisonment of Resonance Radiation in Gases. II. *Phys. Rev.* V. 83, No. 6, pp. 1159-1168.
- [51] Sobolev, V, V., 1957. The Diffusion of Lalpha Radiation in Nebulae and Stellar Envelopes. *Sov. Astron. Astrophys. J.* V. 1, pp. 678-689.
- [52] Abou-Ali, Y., Demir, A., Tallents, G, J., Edwards, M., King, R, E., and Pert, G, J., 2003. Comparison of simulated and experimental time resolved emission for a Ne-like nickel x-ray laser. *J. Phys. B.* V. 36, pp. 4097-4106.

- [53] Pestehe, S, J., 2001. Spectroscopic studies of X-ray laser media. Ph. D. Thesis, University of York.
- [54] Boiko, V. A., Faenov, A. Ya. and Pikuz, 1978- X-ray spectroscopy of multiply charged ions from laser plasmas. S. A. J. *Quant. Spect. Radiat. Trans.* V. 19. pp. 11-50.
- [55] Gordon, H., Hobby, M. G., and Peacock, N. J. 1980- Classification of the x-ray spectra of transitions in the Ne, F and O I isoelectronic sequences of the elements from iron to bromine and in the Na I isoelectronic sequence of gallium to bromine. J. Phys. B.13. pp. 1985-1999.
- [56] Cowan, R, D., 1968- Theoretical Calculation of Atomic Spectra Using Digital Computers. J. Opt. Soc. Am. V. 58, No. 6, pp. 808-818.

حساب خرج ليزر النيكل الشبيه بالنيون المضخ بشكل تصادمي كتابع لطول الهدف والفاصل الزمني
وكذلك بعض الوسائط الأخرى باستخدام برامج المحاكاة

تخفيض الضجيج النبضي المرافق لنقل الإشارة باستخدام الترشح المتكيف

الدكتور حيدرا عبدالله

كلية هندسة الاتصالات والمعلوماتية - جامعة الرشيد الخاصة

ملخص:

يعدّ الضجيج من المشاكل المرافقة لجميع أنظمة الاتصال وخاصة الأنظمة اللاسلكية حيث لا يمكن التخلص منه بشكل كامل بل التخفيف من أثره قدر الإمكان. ويعدّ الضجيج النبضي أكثر أنواع الضجيج ضرراً حيث يسبب تشوّه إشارة المعلومات المرسلة، وخصوصاً في أنظمة التجميع بتقسيم التردد المتعامد (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)، ونظراً لكونه لا يخضع لتوزيع غوص وبالتالي فإنّ تابع الكلفة لإشارة الخطأ له مختلف عن حالة الضجيج الغاوصي الأبيض المضاف لذلك لا يمكن استخدام الخوارزميات التقليدية مثل LMS: Least Mean Square وغيرها لمعالجته، ولهذا يهدف البحث إلى اقتراح خوارزمية جديدة لمعالجته حيث أثبتت هذه الخوارزمية تفوقها على الطرائق التقليدية التي كانت متبعة مسبقاً من ناحية بساطتها وانخفاض تعقيدها الحسابي وانخفاض القيمة المربعة الصغرى لإشارة الخطأ وهذا يساهم في زيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج بشكل كبير.

الكلمات المفتاحية:

المرشح المتكيف، الضجيج النبضي، إشارة الخطأ، خطأ الحالة الثابتة، معدّل التقارب.

Reduction the impulsive noise associated with signal transmission using adaptive filter

Abstract:

Noise is a problem associated with all communication systems, especially wireless systems where it can not be completely eliminated, but mitigated as much as possible.

Impulsive noise is the most harmful type of noise as it distorts the transmitted information signal, especially in OFDM systems, since it is not subject to a gaussian distribution, therefore, the cost function of the error signal is different from the additive white gaussian noise, so conventional algorithms such as LMS and others can not be used to process it. Therefore, the research aims to propose a new algorithm to process it and this algorithm proved its superiority over traditional methods that were used before in terms of its simplicity, low computational complexity, and a lower least mean square value of the error signal, and this contributes to significantly increase the signal-to-noise ratio.

Key words:

adaptive filter, Impulsive Noise, error signal, Mean-Square Error, convergence rate.

1- مقدمة:

تستخدم المرشحات المتكيفة في معالجة الإشارات الرقمية ولها العديد من التطبيقات من أهمها إلغاء الضجيج، كما تستخدم بشكل رئيسي عندما تكون الخصائص الإحصائية للإشارة المرسله غير ثابتة بطبيعتها، حيث يتم ضبط مركباتها من أجل الحصول على الاستجابة المطلوبة وتحسين الأداء [1].

ويعدّ الضجيج النبضي أكثر أنواع الضجيج تأثيراً على أنظمة الاتصال وخاصة في الأنظمة الخلوية المستخدمة لتقنية OFDM، حيث يؤثر على جودة الاتصال ويجعل المعلومات المنقولة غير مفهومة [2,3,4]، وينشأ هذا الضجيج من مصادر بشرية متعدّدة حيث يمكن أن يولد من مصادر مختلفة مثل مخلفات السيارات وخطوط الطاقة ومرور العابرين، كما أنه يتألف من فترات قصيرة نسبياً (on/off) ويملك كثافة طاقة عالية وتسلسل نبضات ذات مطالات عشوائية ومواقع عشوائية للحدوث [5].

وهذا هو السبب وراء تطوير العديد من الطرائق التي تعالج الضجيج ولكن دون أن يتم إغائه بصورة كاملة ولكن تنقص بشكل كبير من مستوى الضجيج الذي يمكن حصوله، فقد تمّ اللجوء سابقاً إلى العديد من الطرق التقليدية لإزالته مثل طريقة القص حيث تتميز هذه الطريقة ببساطتها وتكون في جهة الاستقبال لقناة الضجيج الغاوسي الأبيض المضاف (AWGN: Additive White Gaussian Noise) على اعتبار أنّ الضجيج النبضي يضاف إلى القناة خلال عملية الاتصال، و تغيّر هذه الطريقة مطال العينات فقط بدون تغيير في البارامترات الأخرى مثل الطور لذلك فإنّ مطال الإشارة يُقص أو يحدّد عند عتبة معينة ولا يحدث أي تغيير على القيم العالية للإشارة، لهذا تكون هذه الطريقة غير قادرة على إزالة الضجيج الذي يقع تحت قيمة العتبة، لذلك يتم تمرير هذه البيانات المقصوفة خلال المرشح المتكيف من أجل إزالة الجزء المتبقي من الضجيج، وبالتالي يمكن دمج طريقة القص مع الترشح المتكيف أو يمكن الاستعاضة عن ذلك باستخدام تقنية الترشح المتكيف بمفردها عند مدخل هوائي الاستقبال حيث أثبتت فعاليتها في إزالة هذا النوع من الضجيج مقارنة مع جميع الطرق التقليدية السابقة [6].

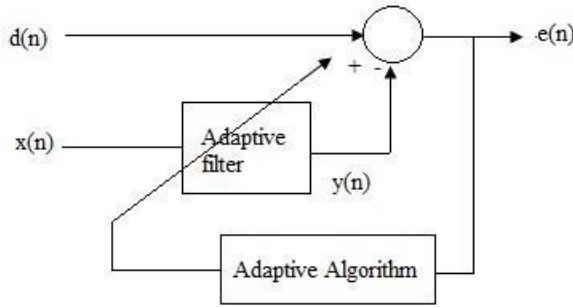
2- هدف البحث:

بما أن الضجيج النبضي من أكثر أنواع الضجيج تشويهاً وضراً حيث يشوّه إشارة المعلومات بالكامل، وعلى الرغم من وجود العديد من الخوارزميات المستخدمة لمعالجة الضجيج لكن معظمها يفترض أن النظام المتكيف يحصل على الخطأ عن طريق توزيع غوص، لذلك فقد تم اقتراح خوارزمية جديدة لإزالة الضجيج النبضي، حيث يهدف البحث إلى إظهار إمكانية تطبيق هذه الخوارزمية في أي نظام يتعرض للضجيج النبضي كما يبين تميزها بسهولة تنفيذها وإثبات فعاليتها في تحسين أداء النظام من ناحية القيمة المربعة الصغرى للخطأ وانخفاض معدل خطأ البت وهذا كله يساعد في زيادة الدقة والكفاءة.

3- مواد وطرق البحث:

3-1- مبدأ عمل المرشح المتكيف:

يعتمد المبدأ الأساسي لإلغاء الضجيج باستخدام المرشح المتكيف على تقدير إشارة الضجيج وطرحها من الإشارة المشوشة حيث يعمل على إنتاج إشارة مساوية لإشارة الضجيج المرافق غير المرغوب في التردد والمطال ولكن بطور معاكس وبالتالي ينتج هن هاتين الإشارتين إلغاء إشارة الضجيج، ويعمل هذا المرشح بطريقة متكيفة أي لا يتطلب معرفة مسبقة بخصائص الإشارة أو الضجيج [7].



الشكل (1): مبدأ عمل المرشح المتكيف.

يتألف المخطط الصندوقي من جزأين أساسيين هما المرشح المتكيف وخوارزمية المرشح المتكيف وله مدخلين المدخل الأول يسمى المدخل الأولي وتطبق عليه الإشارة المرسله

$s(n)$ المشوشة بالضجيج النبضي $n(n)$ ونرمز لها بالرمز $d(n)$ وتسمى بالإشارة المرغوبة ($d(n) = s(n) + n(n)$)، أما المدخل الثاني فيطبق عليه الإشارة المرجعية ونرمز لها بالرمز $x(n)$ وهي عبارة عن الضجيج غير المرتبط بالإشارة لكنه مرتبط بطريقة غير معروفة بالضجيج المؤثر على الإشارة، ويعطي المرشح المتكيف في خرجه الإشارة $y(n)$ وهي تقدير لإشارة الضجيج المتراكب على الإشارة الأصلية المرسله حيث تتقارب لتصبح مساوية لها ويتم طرح الإشارة $y(n)$ من الإشارة المرغوبة $d(n)$ لتعطي الإشارة $e(n)$ التي تمثل خرج النظام وتسمى إشارة خطأ النظام وهي تستخدم لتحديث مركبات المرشح القابلة للضبط والتي تسمى أوزان نقاط التفرع، وتتكرر هذه العملية وفقاً لخوارزمية المطبقة ضمن حلقة تغذية عكسية من أجل الحصول على إشارة خطأ $e(n)$ خالية من الضجيج حيث تصبح مساوية أو مشابهة للإشارة المرسله $s(n)$ ، وبالتالي تحقق عملية الترشيح المتكيف النتائج المثالية عندما نحصل في خرج النظام على إشارة خالية من الضجيج وهذا يتحقق عن طريق إنقاص القيمة المربعة الصغرى لإشارة الخطأ [8,9].

3-2- خوارزميات المرشحات المتكيفة:

تعمل هذه الخوارزميات على توليد شعاع التصحيح المعتمد على إشارة الدّخل والخطأ حيث تقوم بتحديث أوزان المرشح في كل تكرار من أجل الوصول إلى القيمة المربعة الصغرى للخطأ، ويراعى في هذه الخوارزميات العديد من المعايير من أهمها [10,11]:

- **معدل التقارب:** وهو عدد التكرارات المطلوبة من الخوارزمية لضمان وصول المرشح إلى المركبات المثالية التي ترتبط مع القيمة الدنيا لتابع الأداء، وكلما كان حجم الخطوة أكبر تكون الخوارزمية أسرع تقارباً.
- **الاستقرار:** هو استقرار المرشح بشكل قريب من القيمة المثالية للخطأ وعدم التآرجح حول هذه القيمة، ويزداد الاستقرار بتخفيض حجم الخطوة.
- **الملاحقة:** قدرة الخوارزمية على ملاحقة التغيرات في البيئة غير الثابتة.
- **خطأ الحالة الثابتة (Mean Square Error (MSE)):** وتسمى أيضاً خطأ التباين المنخفض وهي قياس يشير إلى كيفية ضبط النظام من أجل الوصول

إلى التصميم المطلوب وهي مربع الفرق بين الإشارة الحقيقية وإشارة الخطأ، وتخفض هذه القيمة بإنقاص حجم الخطوة.

***التعقيد الحسابي:** عدد العمليات المطلوبة لإتمام الخوارزمية بشكل كامل في تكرار واحد بالإضافة إلى الذاكرة المطلوبة لتخزين المعطيات أثناء عمل الخوارزمية [12].

3-3- الخوارزمية المقترحة لإلغاء الضجيج النبضي:

طالما أن الخطأ الناتج عن الضجيج النبضي لا يخضع لتوزيع غوص لذلك فإن تابع الكلفة هنا مختلف عن حالة الضجيج الغاوسي الأبيض وإن تابع الكلفة المقترح ضد الضجيج ويعطى بالعلاقة التالية:

$$J(n) = \frac{\log[\cosh(\beta \cdot e(n))]}{\beta} \quad (1)$$

حيث β : هو بارامتر يتحكم في تقعر تابع الكلفة وحساسيته للقيم المنحرفة الكبرى في حساب $e(n)$ وبالتالي تكون علاقة تحديث أوزان المرشح كما يلي:

$$w_{n+1} = w_n + \mu \cdot \tanh[\beta \cdot e(n)] \quad (2)$$

حيث w_{n+1} : تحديث شعاع وزن المرشح، w_n شعاع وزن المرشح، μ حجم خطوة المرشح.

وإن القيم المتطرفة لـ $e(n)$ التي تدخل في علاقة تحديث الأوزان تكون محدودة التأثير ويسهل التحكم بها عن طريق البارامتر β ويعطي $\tanh(\beta \cdot e(n))$ بالعلاقة:

$$\tanh(\beta \cdot e(n)) = \begin{cases} \text{sign}(e(n)), & \text{if } |e(n)| > 1/\beta \\ -e(n) \cdot |e(n)| \cdot \beta^2 + 2\beta \cdot e(n), & \text{if } |e(n)| \leq 1/\beta \end{cases} \quad (3)$$

وبالتالي فإن تحديث مركبات الخوارزمية في العلاقة (2) يعطى بالعلاقة التالية:

$$w_{n+1} = \begin{cases} w_n + \mu \cdot \text{sign}[e(n)]x_n, & \text{if } |e(n)| > 1/\beta \\ w_n + \mu[2\beta - \beta^2 \cdot |e(n)|]e(n) \cdot x_n, & \text{if } |e(n)| \leq 1/\beta \end{cases} \quad (4)$$

حيث x_n : شعاع إشارة دخل المرشح ، وإن قيمة β تعدل بشكل متكرر وفقاً لتقدير الخطأ وهي تعطى بالعلاقة التالية:

$$\beta = \frac{3}{m+3\sigma} \quad (5)$$

حيث m : هي القيمة المتوسطة لإشارة الخطأ، σ : هي الانحراف المعياري لإشارة الخطأ.

ويتم تعديل قيمة هذه العتبة من ناحية الحساسية للقيم المتطرفة من أجل توفير مستويات مختلفة للمناعة ضد الضجيج النبضي، وبالتالي فإن عملية الحساب لتحديث المعاملات تتطلب قيم μ ، $e(n)$ ، β .

وبما أن معظم تطبيقات الترشيح المتكيف تملك إشارات ذات قيم متوسطة صفرية لذلك عندما يكون عدد العينات كبير فإن قيمة m سوف تقترب من الصفر، لذلك يستخدم الانحراف المعياري فقط لتقدير قيمة β حيث لا يمكن جعل قيمتها ثابتة طالما أنها تتحكم بالحساسية تجاه القيم المتطرفة، لذلك بالعودة إلى العلاقة (5) نجد أن β يمكن أن تقرب إلى $1/\sigma^2$ وبالتالي يعطى $\sigma^2(n)$ بالعلاقة التالية:

$$\sigma^2(n) = \frac{n-1}{n} \cdot \sigma^2(n-1) + \frac{1}{n-1} (e(n) - m)^2 \quad (6)$$

وأيضاً تقرب العلاقة الأخيرة من أجل القيم العالية للعينات إلى:

$$\sigma^2(n) = 0.95 \cdot \sigma^2(n-1) + \frac{e(n)^2}{n} \quad (7)$$

وبالتالي تكون الخطوة التالية هي حساب مركبات العينة في التكرار التالي وهي تحسب وفقاً للعلاقة (4) باستبدال قيمة β [1,5].

وإن حساب إشارة خرج المرشح $y(n)$ يكون وفق العلاقة التالية:

$$y(n) = w_n^T \cdot x_n \quad (8)$$

أما إشارة الخطأ فتحسب بالفرق بين الإشارة المرغوبة وإشارة خرج المرشح المتكيف وتعطى بالعلاقة:

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (9)$$

3-4- طريقة توليد الضجيج النبضي:

يمكن نمذجة تتابع الضجيج النبضي كنموذج ذو توزيع غوسي برنولي حيث تتم نمذجة المطال عن طريق توزيع غوص أما معدل حدوث النبضات فينمذج حسب توزيع برنولي كما يلي:

$$n_i(m) = n(m)b(m) \quad (10)$$

في العلاقة السابقة فإنّ عملية برنولي للتسلسل العشوائي يشار إليها بـ $b(m)$ و $n(m)$ وهي عملية ضجيج عشوائي وبالتالي فإنّ نموذج تابع الكثافة الاحتمالي الغاوسي ذو القيمة المتوسطة الصّفرية للمطالات العشوائية للضّجيج النبضي يعطى بالعلاقة:

$$f_N(n(m)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{n^2(m)}{2\sigma_{GH}^2}\right] \quad (11)$$

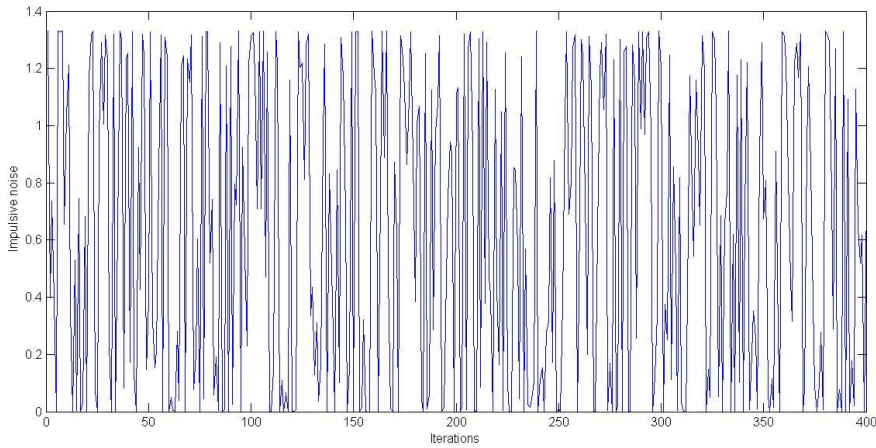
حيث σ_{GH} : هو الانحراف المعياري لضجيج غوص [5].

4- النتائج ومناقشتها:

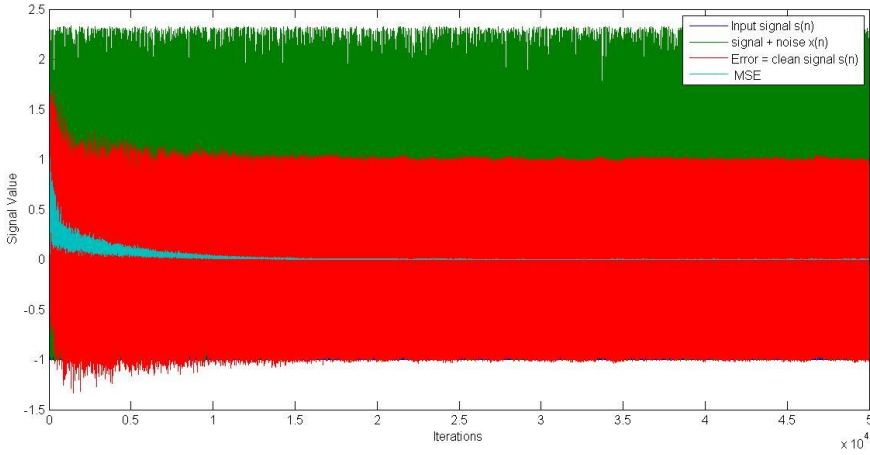
ندرس مرشّح متكيف ذو طول $L=10$ متوضّع على مدخل هوائي الاستقبال في نظام اتصال لاسلكي خلوي، إشارة دخله عبارة عن إشارة جيبيّة تتعرض لضجيج طلقي، كما نطبّق الخوارزمية المقترحة التي تعمل وفق حجم الخطوة $\mu = 0.001$.

كما نفرض أنّ إشارة الخطأ في أول تكرار منحرفة معيارياً عن الإشارة الأصليّة بمقدار 0,885 لذلك فإنّ $\sigma(1) = 0,885$.

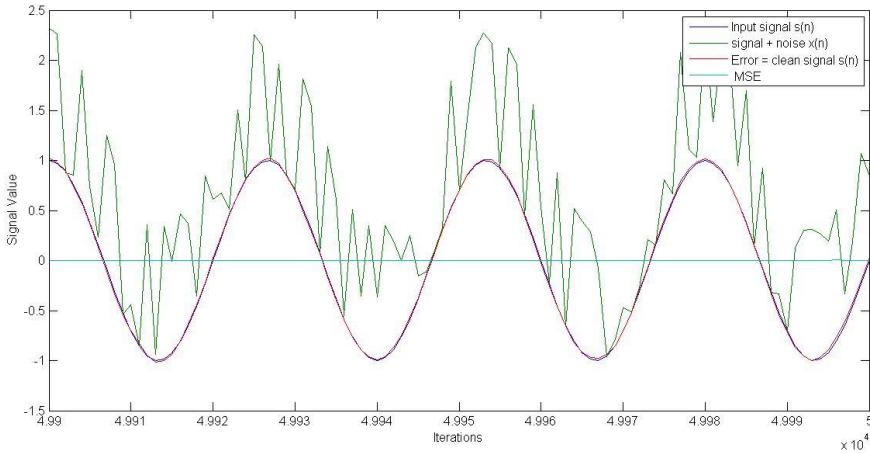
أما من أجل توليد الضّجيج النبضي كما هو موضح في الشّكل (2) فنفرض أنّ قيمة الانحراف المعياري لضجيج غوص (σ_{GH}) مساوية 0,3 .



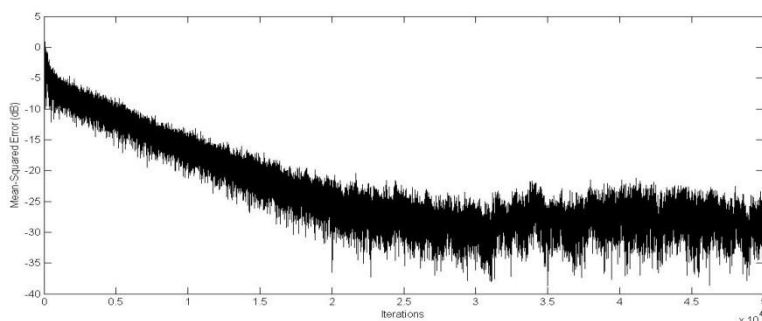
الشّكل (2): إشارة الضّجيج النبضي.



الشكل (3-a): نتائج تطبيق الخوارزمية المقترحة ذات حجم الخطوة $\mu = 0,001$ لإزالة الضجيج النبضي.



الشكل (3-b): تقريب للنتائج التي تظهر في الشكل (3-a).



الشكل (4): MSE(dB) للمرشح الذي يعمل وفق الخوارزمية المقترحة ذات حجم الخطوة

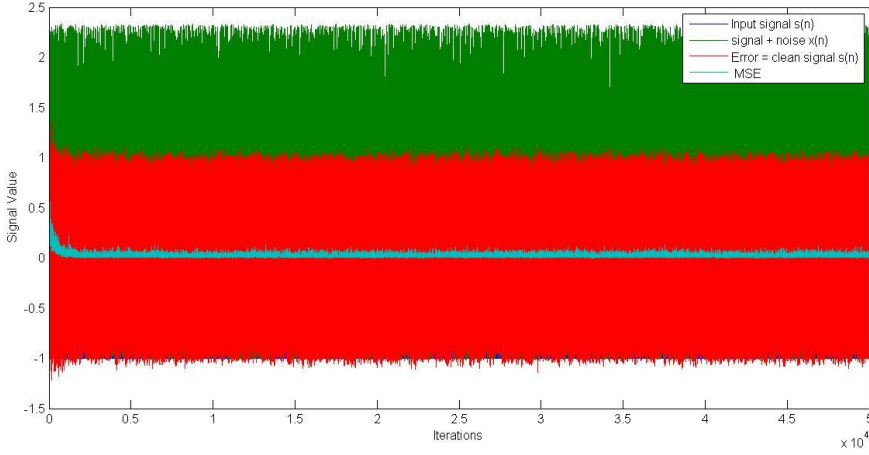
$$\mu = 0,001$$

ونلاحظ بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة أنها تتقارب بعد حوالي 25000 تكرار (الشكل (4))، كما أنه من المعتاد لقياس أداء المرشح أن نحسب تزايد خطأ الحالة الثابتة والذي يعرف بأنه تزايد القيمة المربعة الأصغر للخطأ وبالتالي نحصل على قيم MSE المبيّنة في الجدول (1) من الشكل (3-a)، كما نلاحظ من خلال الشكل (3-b) أن إشارة الخطأ تنطبق على إشارة الدخل بنسبة كبيرة عند التكرارات الأخيرة حيث تبلغ MSE القيمة 0.0004 وهذا يدل على فعالية هذه الخوارزمية في إزالة الضجيج النبضي بنسبة كبيرة.

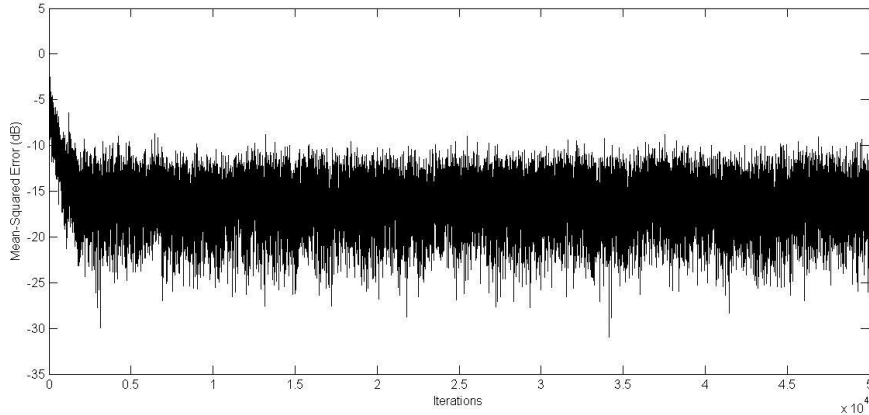
الجدول (1): قيم MSE للمرشح الذي يعمل وفق الخوارزمية المقترحة.

التكرارات	MSE للخوارزمية المقترحة ذات حجم الخطوة $\mu=0.001$	التكرارات	MSE للخوارزمية المقترحة ذات حجم الخطوة $\mu=0.001$
10000	0.035	32000	0.0013
13000	0.018	35000	0.0010
17000	0.014	38000	0.0009
20000	0.008	41000	0.0009
23000	0.004	44000	0.0004
26000	0.003	47000	0.0004
29000	0.0016	50000	0.0004

وإذا أعدنا الدراسة السابقة نفسها باستخدام حجم خطوة أكبر للخوارزمية ($\mu = 0,01$) فنجد أنّ التقارب يحصل بشكل أسرع بعد حوالي 2000 تكرار (الشكل (6)) وهو عدد أقل بكثير من عدد التكرارات في الحالة السابقة ولكن سيعاني المرشح من ارتفاع قيم خطأ الحالة الثابتة MSE حيث تتأرجح قيمها وبالتالي تكون الخوارزمية غير مستقرة (الشكل (5))، لذلك فإنّ هذه الخوارزمية تشترك مع خوارزمية LMS في ميزة صعوبة المفاضلة المثلى بين معدّل التقارب السريع وخطأ الحالة الثابتة المنخفض [13].



الشكل (5): نتائج تطبيق الخوارزمية المقترحة ذات حجم الخطوة $\mu = 0,01$ لإزالة الضجيج النبضي.



الشكل (6): MSE (dB) للمرشح الذي يعمل وفق الخوارزمية المقترحة ذات حجم الخطوة $\mu = 0,01$.
النتائج والتوصيات:

- 1-تؤكد عمليات المحاكاة فعالية الخوارزمية المتكيفة المقترحة التي تعطي نتائج مرضية في إزالة الضجيج النبضي
- 2-تعد هذه الخوارزمية المقترحة بسيطة وسهلة التنفيذ ومنخفضة التعقيد الحسابي في الوقت الذي تعجز فيه الطرق الأخرى عن إزالة الضجيج النبضي ذو المطالات الكبرى
- 3- إن جعل قيمة البارامتر β متغيرة في كل تكرار يساهم في تجنب القيم المتطرفة لـ $e(n)$ ويجعل تأثيرها محدود
- 4- إن قيم MSE التي تم الحصول عليها منخفضة جداً، وبالتالي فإن ذلك يساهم في زيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج بشكل كبير.
- 5-يلعب اختيار طول المرشح (عدد الأوزان) تأثيراً إيجابياً على أداء المرشح المتكيف وإذا كان أقل من الطول المحدد، سوف يسبب تقارب الخطأ إلى قيمة ثابتة بعيدة عن الصفر وهذا غير مرغوب، وبالمقابل إذا كان عددها أكبر من المطلوب فسوف يتقارب الخطأ إلى الصفر.
- 6- إن عدد التكرارات للتقارب سوف يكون أكثر وهذا يعطي زيادة في الوقت من أجل تقارب المرشح، لذلك فإن اختيار طول المرشح يتم بالتجريب والخطأ من أجل الحصول على الطول المثالي.

ويمكن متابعة العمل وفق عدة محاور:

- يمكن توظيف الخوارزمية المقترحة في التطبيقات الطبية حيث أنّ الإشارات التي تستخدم لكشف أنواع مختلفة من أمراض الدماغ والقلب تتعرض لمجموعة من أنواع الضجيج من ضمنها الضجيج النبضي ، لتجنّب هذه المشكلة يجب إزالة إشارات التشويش عن طريق المرشح المتكيف [14].
- يمكن دمج طريقة الترشيح المتكيف مع الطرق التقليدية السابقة مثل طريقة القص ومقارنة النتائج وملاحظة الفروقات.
- يمكن دمج عدة مرشحات مع بعضها البعض من أجل إزالة العديد من الإشارات الخارجية المختلفة طالما أنّ الإشارات المرجعية متاحة في النظام.

- [1] BHAGYASHRI.S.B, DEOKAR .S.M, 2014– **Adaptive Filter for Removal of Impulsive Noise and Its Comparison with LMS Algorithm**, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), 12–14.
- [2] PILLAI. V.V, Safna. S.F,Ratheesh.S,Shoukath.SH, 2014– **Adaptive IIR Notch Filter Design For Cancellation of Periodic Impulsive Noise in OFDM Based Power Line Communications**, International Conference On Innovations & Advances In Science, Engineering And Technology [IC – IASET 2014], Vol. 3, N^o.5, 38–45.
- [3] REKHA.N, JABEEN.F, 2018–**Novel Technique for Comprehensive Noise Identification and Cancellation in GSM Signal**, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol. 8, N^o.2, 1222-1229.
- [4] REKHA.N, JABEEN.F, 2015– **Study on Approaches of Noise Cancellation in GSM Communication Channel** , Communications on Applied Electronics (CAE), Vol. 3, N^o.5, 5-11.
- [5] MIRZA.A, KABIR.S.M, SHEIKH.SH.A, 2015– **Reduction of Impulsive Noise in OFDM System Using Adaptive Algorithm**, International Journal of Electronics and Communication Engineering, Vol.9, N^o.6,1434-1438.
- [6] MIRZA .A, KABIR.S.M, SHEIKH.SH.A, 2016– **Reduction of Impulsive Noise in OFDM Systems Using a Hybrid Method** , International Journal of Signal Processing Systems , Vol.4, N^o.3,226–230.
- [7] AFROZ.F, HUQ.A, AHMED.F, SANDRASGARAN.K,2015– **Performance Analysis Of Adaptive Noise Canceller Employing NLMS Algorithm**, International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), Vol.7, N^o.2, 45–58.
- [8] KABIR .S.M, MIRZA .A, SHEIKH .SH.A, 2015– **Performance Comparison of Clipping Technique with Adaptive Filters for Impulsive Noise**

- Reduction in AWGN Environment** , The Eleventh Advanced International Conference on Telecommunications,14–17.
- [9] DIXIT.SH, NAGARIA.D, 2017– **LMS Adaptive Filters for Noise Cancellation: A Review**, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol. 7, N^o.5, 2520–2529.
- [10] YANG.Q, LEE.K, KIM.B, 2019– **Development Of Multi–Staged Adaptive Filtering Algorithm For Periodic Structure – Based Active Vibration Control System**, Applied Sciences Journal,16p.
- [11] PETER.N.A, KUFRE.U, SIMEON.O, 2018– **Development and Comparative Study of Least Mean Square – Based Adaptive Filter Algorithms**, International Multilingual Journal of Science And Technology(IMJST), Vol.3, N^o.12, 360–372.
- [12] KUMARI.A.K, TATAJI.P.R, SEKHARABABU.V, 2013– **Combination of Adaptive Filter Algorithms for Noise Cancellation**, Engineering Sciences International Research Journal, Vol.1, N^o.1,46–51.
- [13] KAMAKSHISUHASINI .V, KUPPAM .N, MALLIKARJUNA.R,2014– **Design and Implementation of Adaptive Filtering Algorithm for Noise Cancellation in Speech Signal on FPGA**, International Journal of Scientific and Technology Research, Vol.3, N^o.41, 8390–8396.
- [14] KHALILI . A, RASTEGARNIA .A, VAHIDPOUR .V,ISLAM.M.K, 2016– **Adaptive Filtering–Based Algorithm for Impulsive Noise Cancellation from ECG Signal**, Journal of Electrical and Computer Engineering Innovations , Vol.4, N^o.2, 169–176.

تطبيق منهجية الستة سيغما في صناعة العبوات

البلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية

"دراسة حالة معمل مزج الزيوت في مصفاة حمص"

طالبة الماجستير: م. نور عيسى بلال

كلية الهندسة الميكانيكية والكربائية - جامعة البعث

إشراف : د.عبير المكايل & د.ماهر الإبراهيم

الملخص

عرض هذا البحث طريقة تطبيق منهج SIX SIGMA ، واستخدامه لتحليل عيوب العملية الإنتاجية والعمل على تخفيضها باتباع طرق إحصائية وتحليلية.

الغرض الأساسي من إجراء هذه الدراسة هو استكشاف فعالية استخدام تقنية الستة سيغما في تحديد وتحليل الأسباب الأساسية لظهور العيوب، والعثور على التدابير العلاجية الفعالة للقضاء على تلك الأسباب باستخدام دورة DMAIC . تم تنفيذ هذا البحث تحت التجربة العملية في معمل مزج الزيوت المعدنية، يحوي خط إنتاج لعبوة بلاستيكية سعة 4Lit مصنعة من البولي ايتلين عالي الكثافة معاد التدوير R-HDPE .

أثبتت الباحثة في نهاية البحث دور منهج SIX SIGMA في تقليل نسبة عيوب الإنتاج من 16.3% حتى 6.3%، وتحسن مستوى سيغما في المعمل من 3.4

حتى 3.9 ، وهذا يشير إلى تحسين مقدرة، وأداء العملية الإنتاجية، وزيادة كفاءتها وتعدّ هذه النتائج دليل على نجاح التطبيق.

كلمات مفتاحية: سيغما، الستة سيغما ، منهجية الستة سغما ، الجودة ، دورة ديميك، تحليل مقدرة العملية الإنتاجية ،التشكيل بالبتق والنفخ، البولي إيتلين عالي الكثافة معاد التدوير

Application of the Six Sigma Methodology in the Manufacture of Plastic Containes for the Filling of Mineral Oils "A Case Study: Oil Mixing Plant in Homs Refinery"

Abstract

This research provided the method of applying SIX SIGMA methodology and its use in analysing the defects of the production process applying statistical and analytical methods to reduce them.

The main objective of this study is exploring the efficiency of using SIX SIGMA technique in identifying and analysing the essential causes of defects and finding the curative procedures to eliminate them using DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) cycle. This research was carried out under practical experiment in the factory of mixing mineral oils that has a production line of plastic packaging with a capacity of 4 Lit that is made from recycled highdensity Polyethylene

R-HDPE. In the end of the research, the researcher proved that the SIX SIGMA methodology has a role in the reduction the percentage of production defects from 16.3% to 6.3%, and improve the level of sigma in the factory from 3.4 to 3.9, which indicates improvement in the ability and performance of production process in addition to the increase in efficiency, these results are evidences of this application success.

Key words: Sigma , Six Sigma, Six Sigma Methodology , Quality , DMAIC Cycle , Process Capability Analyze , Extrusion Blow Molding , Recycled High Density Polyethylene.

1- المقدمة :

1-1- منهجية الستة سيغما SIX SIGMA Methodology:

- ◀ تعرف منهجية الستة سيغما بأنها استراتيجية تحسين أعمال قوية دفعت الشركات لاستخدام طرق إحصائية بسيطة وقوية لتحديد وقياس وتحليل وتحسين ومراقبة العمليات لتحقيق التميز التشغيلي. [1]
- ◀ يتألف مصطلح الستة سيغما من جزأين أولهما الحرف 'σ سيغما' وهو حرف يوناني يستخدم للإشارة إلى الانحراف المعياري للبيانات ، ويعبر عن مدى تشتت البيانات عن وسطها الحسابي وهذا يعني زيادة في كمية الخطأ وبالتالي زيادة التلف في المنتج المطروح.
- أما الرقم 6 فيشير إلى عدد الانحرافات المعيارية "مستوى سيغما " وكلما زاد العدد المرافق للسيغما دلّ على زيادة مستوى الجودة وانخفاض نسبة العيوب في المنتج والعكس صحيح .
- ◀ حساب مستوى سيغما للعملية الإنتاجية:

يحسب مستوى السيغما لمجموعة بيانات من العلاقة التالية [2]:

$$\sigma_{\text{Level}} = 0.8046 + \sqrt{29.37 - 2.22 \ln(DPMO)}$$

حيث أنّ DPMO هي اختصار لعبارة Defects Per Millions Opportunities أي أنها عدد فرص ظهور العيوب من أجل مليون فرصة ممكنة، وتحسب قيمة DPMO كالتالي : [3]

$$\text{نسبة العيوب} = \frac{\text{عدد العيوب}}{\text{عدد الوحدات المنتجة}} \times 100$$

عدد القطع المرفوضة
العيوب لكل فرصة =
فرص ظهور العيب × عدد القطع المنتجة

DPMO العيوب لكل مليون فرصة = العيوب لكل فرصة × 1000000

1-2-1- مراحل وأدوات تطبيق منهجية الستة سيغما

Phases and Tools for Applying the Six Sigma

:Methodology

يتطلب تطبيق الستة سيغما توافر ثقافة تنظيمية مبنية على العمل الجماعي والتركيز على الزبائن والتحسين المستمر والابتكار؛ هناك العديد من النماذج التي تساعد بتنفيذ مشروع الستة سيغما وتحسين أداء العمليات ومنها نموذج ديميك "DMAIC" وهي حلقة مغلقة تزيل الخطوات غير المثمرة وتركز على قياسات جديدة وتطبيق تقنية التحسين المستمر [3] وفق المراحل الخمس التالية:

1-2-1- طور التحديد Define Phase : الهدف من هذا الطور هو تحديد نطاق وأهداف مشروع التحسين بما يتناسب مع متطلبات العملاء واحتياجاتهم؛ وأبرز الأدوات المستخدمة في هو تحليل باريتو، حيث يعتبر تحليل باريتو أن جزءاً قليلاً من الأسباب يتسبب في الكم الأكبر من النتائج و يساعد في تحديد المشكلات الواجب حلها عن طريق تنظيم البيانات بشكل يظهر أكبر العوامل تسبباً في حدوث الخلل ويتدرج إلى أقلها أهمية. انظر الشكل (5)

1-2-2- طور القياس Measure Phase : يتم في هذا الطور جمع البيانات المطلوبة لتحديد العوامل الرئيسية للمشكلة المدروسة، وأبرز الأدوات استخداماً **خرائط التحكم** وهي أداة تحذير استباقي لانحراف العمليات عن أهداف الجودة

المطلوبة، تعرض بيانياً نتائج سير العملية التصنيعية خلال فترة زمنية. انظر الشكل(9)

1-2-3- طور التحليل Analyze Phase : يتم فيه تحليل البيانات التي تم جمعها في طور القياس لتحديد الأسباب الرئيسية للمشكلة واقتراح الحلول ثم اختيار أفضلها، وأهم الأدوات المستخدمة **مخطط السبب والأثر**؛ حيث يعتبر أداة فعّالة تستخدم للترتيب المنطقي للأسباب المحتملة لمشكلة ما في خمس فئات هي: البيئة والظروف المحيطة (Environment) ، المواد (Material) ، الآلات والمعدات (Machine) ، العمال الفنيين (Men) ، أساليب العمل (Method) ، والقياس (Measurement)

انظر الشكل (6)

1-2-4- طور التحسين Improve Phase : في هذا الطور تُدرس مدى إمكانية تطبيق الحلول المقترحة ومدى ملائمتها، ثم تنفيذها .

1-2-5- طور الضبط Control Phase : يتم فيه متابعة العمليات والتأكد من عدم تكرار الأخطاء، ومن فعالية الحل المطبق ، عبر جمع بيانات جديدة وتحليلها باستخدام خرائط المراقبة وتحليل لمقدرة العملية الإنتاجية؛ تشير "مقدرة العملية" إلى تقييم مدى توافق العملية مع المواصفات أو مقدرة العملية على إنتاج أجزاء تتوافق مع المواصفات الهندسية ، كما يشير التحكم في العملية إلى تقييم استقرارها بمرور الوقت.

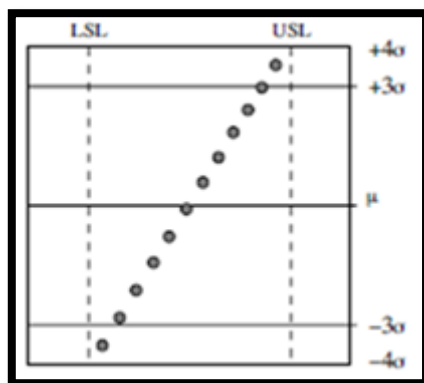
1-3-3- تحليل مقدرة العملية الإنتاجية Process Capability Analyze :

تعتبر مقدرة العملية مقياساً لتباينات العملية التصنيعية وتعرف رياضياً أنها تساوي ستة انحرافات 6σ للعملية الإنتاجية المنضبطة إحصائياً ، تسمح مقدرة العملية بتحديد قدرة العملية على تقديم منتج يلبي حاجات العميل بأقل نسبة عيوب وأكثر مطابقة لرغباته.

يتم دراسة وتحليل مقدرة العملية باستخدام التقنيات التالية :

1-3-1- دراسة استقرار العملية عن طريق ورق الاحتمال الطبيعي :

تعدّ ورقة الاحتمال الطبيعي وسيلة مرئية لتحديد شكل التوزيع ووسطه وكيفية انتشاره، فاتباع البيانات لخط مستقيم مؤشراً لتتبعها نمط التوزيع الطبيعي كما في الشكل (1)



الشكل (1) نموذج تحليل مقدرة العملية باستخدام ورق الاحتمال الطبيعي [11]

بعد رسم ورقة الاحتمال الطبيعي تعيّن قدرة العملية من خلال تقاطع الخط المستقيم مع خطي $\pm 3\sigma$ حيث تمثل المسافة الأفقية المحصورة بين هاتين النقطتين 6σ .

1-3-2-دراسة فيما إذا كانت العملية تحقق المواصفات عن طريق المدرج التكراري:

يعدّ المدرج التكراري من المخططات المهمة التي تساعد على معرفة مقدرة العملية الإنتاجية في المحافظة على حدود التفاوت بمقارنة المدرج مع حدود التفاوت المثبتة على الخرائط التصميمية.

1-3-3- حساب مؤشرات المقدرة:

تكمن أهمية مقدرة العملية في تقييم العلاقة بين التباين الطبيعي للعملية ومواصفات التصميم وهو ما يعرف بمؤشرات المقدرة ، وأهم هذه المؤشرات :

مؤشر المقدرة البسيط (Cp) Potential Process Capability :

يعتبر Cp مقياساً لتوزيع العملية ضمن حدود المواصفات دون أن يأخذ بالاعتبار تركز العملية، ويعبر عنه بالعلاقة التالية. [11]

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

1-4- التشكيل بالبتق والنفخ Extrusion Blow Molding

تعتبر طريقة تصنيع البلاستيك بالنفخ واحدة من العمليات الرئيسية في صناعة أجزاء بلاستيكية مجوفة رقيقة الجدران مثل القوارير والعبوات وخزانات وقود التدفئة من مواد بلاستيكية حرارية، وفق المراحل التالية :

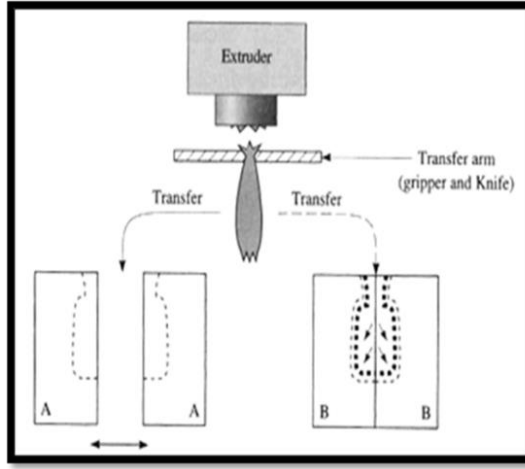
i. تنقل المواد الأولية من اللدائن الحرارية اللازمة لقمع التغذية وتطبق الحرارة اللازمة لتليين البوليمير و صهره في آلة البثق.

ii. يخرج البوليمير من آلة البثق مشكلاً مصهوراً مذاباً مجوفاً يسمى الباريزون

Parison ثم يغلق نصفي القالب حول الأنبوب هيدروليكيًا.

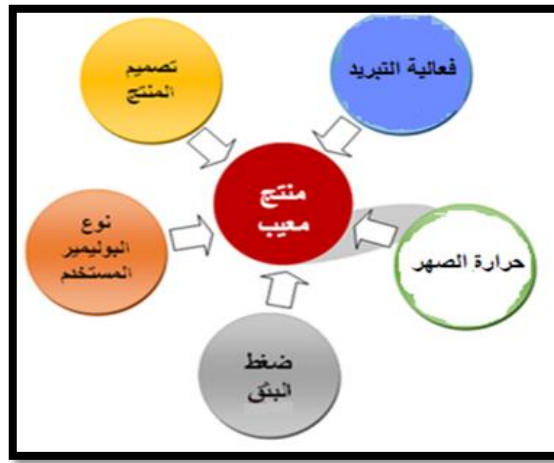
iii. يطبق ضغط هواء لنفخ الباريزون وجعله يتمدد على الجدران الداخلية للقالب ليأخذ شكل تجويف القالب ثم يبزّد القالب حتى تجمد البوليمير، ليفتح القالب

وتتحرر القطعة البلاستيكية. [4]



الشكل (2) التشكيل بالنفخ والبتق [4]

⇐ تتأثر المنتجات البلاستيكية المشكّلة بهذه الطريقة بالعديد من العوامل أهمها :



الشكل (3) العوامل المؤثرة على جودة المنتج

1-5- البولي إيثيلين عالي الكثافة معاد التدوير High density polyethylene

Recycled

وهو أحد أصناف البولي إيثيلين شائع الاستخدام في مختلف المنتجات الصناعية والتجارية، يمتلك ميزات البولي إيثيلين عالي الكثافة الخام: [5]

- ✓ تتراوح كثافته ضمن المجال $0.94-0.97 \text{ g/cm}^3$
- ✓ درجة حرارة انصهاره تتراوح ضمن المجال C 135-140 وهي 138C تجريبياً
- ✓ يمتلك خواص ميكانيكية جيدة -متانة ومرونة عالية -خفة الوزن ومقاومة كيميائية عالية.
- ✓ تتم إعادة التدوير ميكانيكياً عن طريق طحن المواد البلاستيكية وفصلها عن الملوثات المرتبطة بها ثم إعادة معالجتها إلى مواد قابلة للاستخدام.



الصورة (1) حبيبات البولي إيثيلين عالي الكثافة معاد التدوير كما تم الحصول عليها من معمل مزج الزيوت

2- الدراسات المرجعية:

تم إجراء العديد من الدراسات التجريبية لتبيان أثر التطبيق الناجح لمنهج الستة سيغما في خفض نسبة الإنتاج المعيب، ورفع مقدرة العملية الإنتاجية، والتقدم بمستوى السيغما للشركات المصنّعة، وفق مراحل دورة DMAIC (ديميك) مستخدمين الأدوات التحليلية والإحصائية المناسبة لكل طور على حدى.

أجرى كل من الباحثين (Angsumalin Senjuntichai, Nuttapong)

Wonganawat, and Boonwa Thampitakkul

(

بحثهم التجريبي (آب 2018) في شركة لصناعة الأطعمة الجاهزة، بهدف تحسين مقدرة العملية الإنتاجية لعلبة بلاستيكية تحوي الأرز الجاهز سعة 500ml، باستخدام تقنية الستة سيغما ودورة DMAIC، وفق الجدول (1). [6]

الجدول (1) دورة DMAIC والعمليات المرتبطة بها لتحسين جودة معلب بلاستيكي

الطور	الهدف	الأدوات	النتائج
التحديد	تحديد العيوب الأكثر تأثيراً على جودة المنتجات	تحليل باريتو	عيوب الشكل
			تغليف مجعد
			عدم وضوح رموز التصنيع
القياس	تحديد السبب المحتمل لكل عيب	مخطط السبب والأثر	بارامترات تصنيع غير قياسية
	تحديد السبب المحتمل وفق نسبة العيب واحتمال حدوثه	تحليل الفشل FEMA	ضغط ودرجة حرارة آلة التعقيم غير قياسي درجة حرارة وزمن التغليف غير قياسي الخلل بضغط التعقيم يتسبب بتشوه الشكل الخلل بدرجة حرارة التغليف يتسبب بتجعد التغليف الخلل بدرجة حرارة التعقيم يتسبب بتجعد التغليف زمن التغليف غير الكافي يتسبب بتشوه التغليف
التحليل	تحديد أهمية كل سبب محتمل في ظهور العيوب	اختبار الفرضيات	الخلل بضغط التعقيم يتسبب بتشوه دبغة رمز التصنيع
التحسين	اقترح بارامترات جديدة للعملية التصنيعية	تحليل ANOVA	انخفاض نسبة العيوب من 5.14% حتى 2.24%
الضبط	مراجعة أعمال التحسين	خريطة التحكم	العملية مستقرة ومنضبطة إحصائياً

عرض كل من الباحثين (Ashish Mishra, Pankaj Mishra and Sachendra) عام (2015)، طريقة تجريبية لتطبيق منهج الستة في شركة للصناعات البلاستيكية، تقدم حنجر بلاستيكي مصنع بطريقة الحقن من مادة PMMA، من أجل تحديد مشكلة الإنتاج أو معايير الرفض التي تواجهها شركة تصنيع باستخدام دورة DMAIC وفق الجدول (2). [8]

الجدول (2) دورة DMAIC والعمليات المرتبطة بها لتحسين جودة حنجر بلاستيكي

الطور	الهدف	الأدوات	النتائج
التحديد	تحديد الظروف المحيطة بعملية التصنيع	خريطة SIPOC	
	تحديد العيب الأكثر تأثيراً	تحليل باريتو	ظهور بقع سوداء على سطح المنتج
القياس	تحديد الأسباب المحتملة للعيوب	مخطط السبب والأثر	قلة تدريب العاملين
			العمر الزمني للألة
			تلوث المادة المصنعة
			بيئة العمل وسياسة الشركة
التحليل	تحديد الأسباب الدقيقة لحدوث العيب	العصف الذهني	تراكم الأوساخ في (الأسطوانة - لولب) آلة الحقن
التحسين	اقتراحات لتقليل العيوب		صيانة وتنظيف آلة الحقن
الضبط	مراقبة جودة العملية	خرائط التحكم	استقرار العملية وانخفاض معدلات الرفض
	قياس مستوى السيغما		تحسن مستوى سيغما من 4.2 إلى 4.3

قدم (Qurat ul ain & Jitender Panchal) عام 2017، بحثاً حول منهج الستة سيغما في شركة لتصنيع الأكياس البلاستيكية المنسوجة من البولي إيثيلين عالي الكثافة HDPE، بهدف تحسين جودة منتجاتها، والقضاء على العيوب المرافقة لها بتطبيق دورة DMAIC [7]، وفق الجدول (3).

الجدول (3) دورة DMAIC والعمليات المرتبطة بها لتحسين جودة كيس بلاستيكي

منسوج

الطور	الهدف	الأدوات	النتائج
-------	-------	---------	---------

التحديد	تحديد الظروف المحيطة بعملية التصنيع	خريطة SIPOC
التحديد	تحديد العيب الأكثر تأثيراً	تحليل باريتو
	تحديد الأسباب المحتملة للعيوب	مخطط السبب والأثر
القياس	تحديد الأسباب الدقيقة والأكثر احتمالاً لحدوث العيب	قلة تدريب العاملين
		خطأ الآلة
التحليل	تحديد الأسباب الدقيقة والأكثر احتمالاً لحدوث العيب	عدم إجراء صيانة دورية
		آلات قديمة
التحسين	التوصية باقتراحات لتقليل العيوب	بارامترات تصنيع غير قياسية
		استخدام مواد تصنيع ملوثة
الضبط	مراقبة جودة العملية الإنتاجية	استخدام مواد تصنيعية نظيفة خالية من الشوائب
		ضبط رطوبة المواد المستخدمة ورطوبة البيئة المحيطة
الضبط	مراقبة جودة العملية الإنتاجية	تخفيض نسبة التمدد
		عملية مستقرة بدون انحرافات
	قياس مستوى السيغما	تحسن مستوى سيغما من 3.5 إلى 5.5

3-هدف البحث :

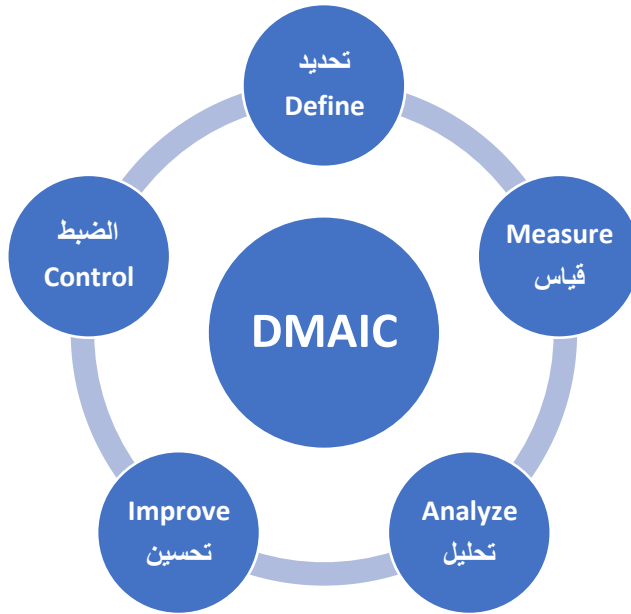
من أجل البحث عن المشاكل التي تعرقل الإنتاج بجودة عالية، قامت الباحثة بإجراء زيارات ميدانية لمعمل مزج الزيوت المعدنية التابع لمصفاة حمص، وسجلت بالتعاون مع القسم الفني لصالة البلاستيك إنتاج بعض العبوات البلاستيكية معابة الشكل وأخرى بوزن منحرف عن حدود تسامح الوزن التصميمي للعبوة البلاستيكية المصنّعة. لذا كان لابدّ من القيام بتوصيف دقيق لتحديد أسباب ظهور منتجات معيبة متدنية الجودة، والعمل على إيجاد مشروع التحسين اللازم لرفع مستوى سيغما معمل مزج الزيوت المعدنية التابع لمصفاة حمص وبالتالي خفض نسبة

العيوب، وتحسين مقدرة العملية الإنتاجية باستخدام الستة سيغما كأداة تحسين مستمر للجودة.

4- مواد وطرق البحث :

4-1- طريقة البحث :

تطبيق منهجية الستة سيغما بمراحل دورة ديميك DMAIC وأدواتها الإحصائية والتحليلية المختلفة.



الشكل (4) مراحل دورة ديميك

4-2- المواد المستخدمة:

تناولت هذه الدراسة عبوة بلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية مصنعة من البولي ايتلين عالي الكثافة معاد التدوير R-HDPE سعة 4Lit بتقنية النفخ والبتق .



الصورة (2) العبوة المدروسة

يملك R-HDPE خواص مشابهة جداً لخواص HDPE الخام والجدول (4) يبين تلك الخواص

جدول (4) خواص R-HDPE

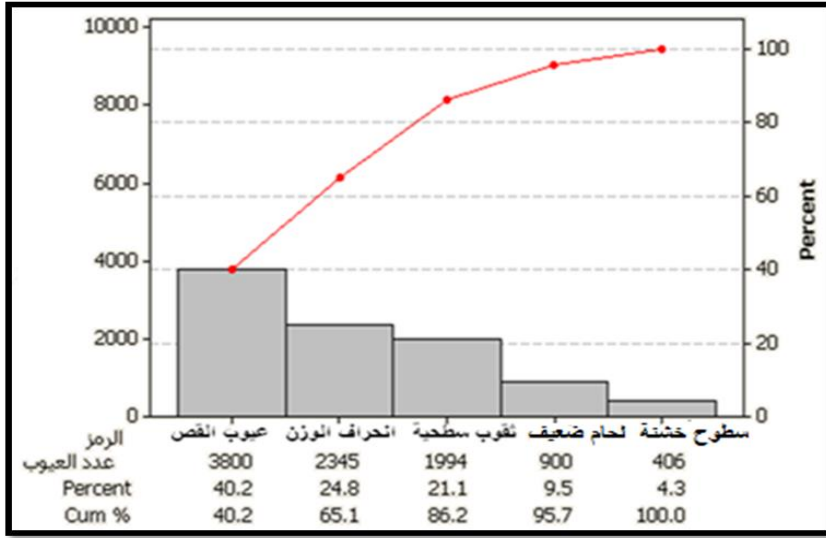
R-HDPE	HDPE	الخاصية
0.65	0.44	السيولة 10min\g
18.92	24.71	متانة الشد Mpa
138	139	درجة حرارة الانصهار C
0.94-0.97	0.94-0.97	الكثافة g/cm^3

يستخدم R-HDPE في صناعة :

- صناعة الأنابيب البلاستيكية كونه يتمتع بمتانة ومرونة عالية.
- صناعة عوازل الكهرباء لانخفاض الناقلية الكهربائية.
- صناعة حاويات الطعام ، عبوات المنظفات ، ألعاب الأطفال لامتلاكه مقاومة كيميائية عالية.

3-4- طريقة البحث:

3-4-1-طور التحديد : استقصت الباحثة حالات عدم المطابقة و جمعت بيانات لأنواع وكميات العيوب للعبوة البلاستيكية ثم إعداد تحليل باريتو للتركيز على أكثر المشاكل حدوثاً خلال عملية الإنتاج و تحديد العيب الأكثر تأثيراً على جودة المنتج .



الشكل (5) تحليل باريتو

يظهر تحليل باريتو أن العيوب الناتجة عن فشل عملية قص العبوات وانحراف الأوزان تمتلكان النسب الأعلى من بين المؤثرات الأخرى وهذا يعني أن مشروع التحسين سيعتبر على هذين الجانبين .

3-4-2-طور القياس :

3-4-2-1-البيانات الخاصة بعدد العيوب الناتجة عن فشل عملية القص:

قامت الباحثة بجمع البيانات المتعلقة بعدد العبوات معيبة الشكل جدول (5) ،
الناجمة عن فشل فصل الزوائد البلاستيكية وبقائها ملتصقة بالعبوة .

4-3-2-2- البينات الخاصة بانحراف اوزان العبوة البلاستيكية :

راقبت الباحثة خط الإنتاج لقياس أوزان العبوات وتسجيل النتائج في الجدول (6) ،
باستخدام ميزان ذو حساسية 0.01g من أجل عينة بحجم 4 ، وعدد عينات 23
، وتكرار القياس كل 30Min

جدول (5) عدد العيوب الناتجة عن فشل عملية القص

تطبيق منهجية الستة سيغما في صناعة العبوات البلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية

F	E	D	C	B	A	
LCL	CL	UCL	عبوات مرفوضة	عبوات منتجة	اليوم	1
126	165	204	250	2492	1\3	2
126	165	204	148	2500	4\3	3
126	165	204	150	2550	5\3	4
126	165	204	170	2500	8\3	5
126	165	204	75	2491	9\3	6
126	165	204	94	2520	12\3	7
126	165	204	86	2489	16\3	8
126	165	204	105	2475	17\3	9
126	165	204	158	2516	20\3	10
126	165	204	240	2500	21\3	11
126	165	204	144	2490	24\3	12
126	165	204	160	2493	25\3	13
126	165	204	90	2519	28\3	14
126	165	204	120	2575	29\3	15
126	165	204	235	2488	1\4	16
126	165	204	100	2499	2\4	17
126	165	204	190	2505	5\4	18
126	165	204	204	2513	6\4	19
126	165	204	156	2510	9\4	20
126	165	204	260	2525	10\4	21
126	165	204	168	2505	26\4	22
126	165	204	207	2511	29\4	23
126	165	204	290	2514	30\4	24
			3800	57680	total	25

جدول (6) أوزان العبوات

	Day	X1	X2	X3	X4	Mean	Range	STDV	
1	1\3	226	224	228	220	224.50	8.0	3.4157	
2	4\3	234	240	242	233	237.25	9.0	4.4253	
3	5\3	230	224	225	228	226.75	6.0	2.7538	
4	8\3	218	219	222	225	221.00	7.0	3.1623	
5	9\3	220	224	225	223	223.00	5.0	2.1602	
6	12\3	214	215	223	212	216.00	11.0	4.8305	
7	16\3	235	235	234	230	233.50	5.0	2.3805	
8	17\3	225	218	226	220	222.25	8.0	3.8622	
9	20\3	230	232	230	230	230.50	2.0	1.0000	
10	21\3	234	236	240	242	238.00	8.0	3.6515	
11	24\3	225	227	226	224	225.50	3.0	1.2910	
12	25\3	226	225	224	226	225.25	2.0	0.9574	
13	28\3	243	243	244	241	242.75	3.0	1.2583	
14	29\3	240	242	241	237	240.00	5.0	2.1602	
15	1\4	225	222	222	224	223.25	3.0	1.5000	
16	2\4	225	226	227	228	226.50	3.0	1.2910	
17	5\4	227	230	231	233	230.25	6.0	2.5000	
18	6\4	228	230	232	235	231.25	7.0	2.9861	
19	9\4	232	230	231	234	231.75	4.0	1.7078	
20	10\4	232	230	231	231	231.00	2.0	0.8165	
21	26\4	235	235	236	240	236.50	5.0	2.3805	
22	29\4	234	234	236	241	236.25	7.0	3.3040	
23	30\4	237	236	234	236	235.75	3.0	1.2583	
24						5288.75	122.0	55.0531	Total
25						230.00	5.3	2.3000	Average

4-3-3-4- طور التحليل :

4-3-3-4-1- تحليل أسباب فشل عملية فصل العبوات عن قالب التشكيل:

يتضح وجود زوائد بلاستيكية ملتصقة على العبوة بعد خروجها من القالب، دليلاً على فشل أداء مسطرة القص خلال مرحلة القص التي تلي مرحلة تشكيل العبوات ولفظها من قالب التشكيل.



الصورة (3) زوائد ملتصقة على العبوة البلاستيكية

لتحديد السبب الرئيسي وراء فشل عملية القص هذه، نستخدم مخطط السبب والأثر الشكل (6) لترتيب العوامل التي تسهم في الحصول على منتج بزوائد بلاستيكية كمايلي :

◀ الآلات : تؤثر الآلات على أداء عملية القص من خلال:

1) تآكل سكين القص مع الزمن: تفصل العبوات عن القالب بمسطرة القص المعدنية (مصنعة من الألمنيوم بمخارط CNC) ،والتي تتآكل أبعادها مع الزمن بفعل إجهادات عملية القص ، فتتغير التسامحات بين المسطرة والقالب تحول دون قدرتها على قص الزوائد البلاستيكية.

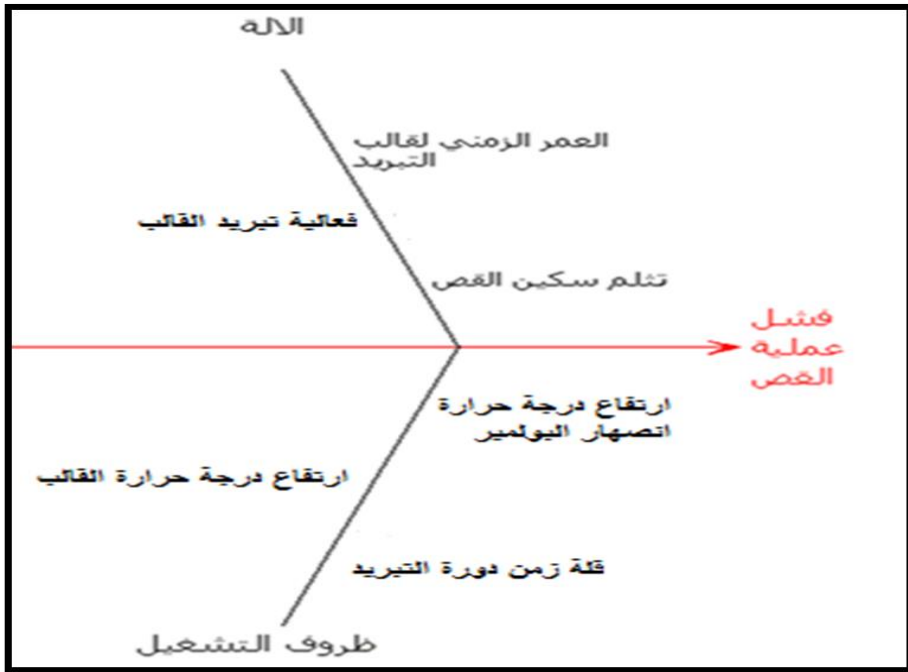
2) قالب التبريد :

- العمر الزمني لقالب وقنوات التبريد.
- قلة فعالية التبريد (خطأ بتصميم قنوات التبريد - انسداد قنوات التبريد).

◀ ظروف التشغيل : تتلخص بالعاملين التاليين

(1) درجة حرارة انصهار البوليمر.

(2) فعالية تبريد قالب التشكيل.



الشكل (6) مخطط السبب والأثر لفشل عملية العصب

4-3-3-2- تحليل أسباب انحراف وزن العبوة المصنعة عن الوزن التصميمي :

استخدمت الباحثة مخطط السبب والأثر، الشكل (7) لحصر الأسباب الأساسية

لاختلاف كمية المادة المنفوخة لقالب التشكيل كمايلي :

◀ الآلات :

1. العمر الزمني للآلة .

2. تآكل السطوح الداخلية لقالب تشكيل البارازون مما يتسبب بتسرب كميات غير مضبوطة منه.

◀ المواد المستخدمة :

1. كمية البوليمر المستخدم كافية بالإضافة لاستخدام مواد بلاستيكية نظيفة وخالية من الشوائب.

◀ ظروف التشغيل : تعد درجة حرارة انصهار البوليمر من أهم العوامل المؤثرة على عملية التشكيل، فارتفاعها عن الحد المطلوب للانصهار يخفض من لزوجة البوليمر فيأخذ شكلاً خيطياً عند تدفقه بدلاً من الشكل الأنبوبي، ويوقف حساس الطول المتدفق قبل الوصول للوزن المطلوب ، تتراوح درجة حرارة انصهار R-HDPE ضمن المجال C (140-135) وهي 138C تجريبياً .

◀ القياس :

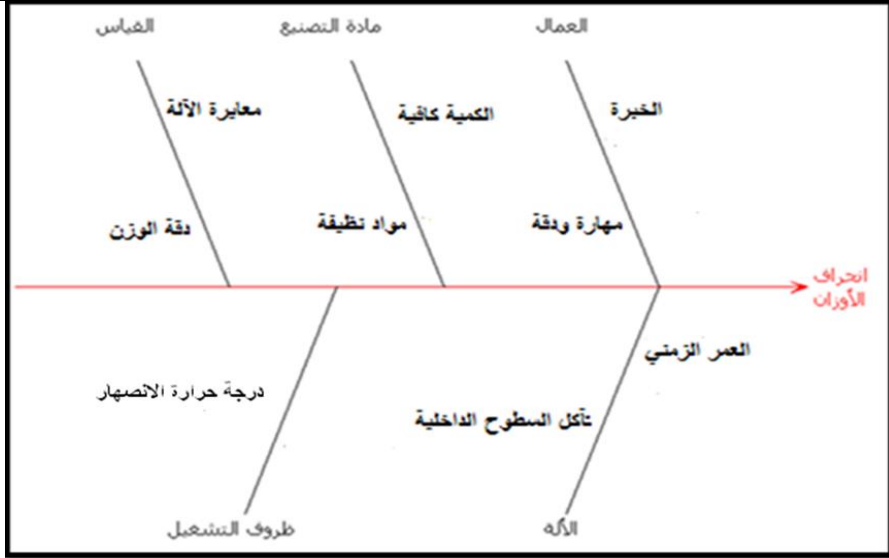
i. صحة معايرة آلة النفخ لتحديد كمية البارازون المتدفق

1. خلل بضبط حساس طول البارازون المتدفق .

2. خلل في ضبط الفراغ المحصور بين الجزيرة والمغزل في قالب تشكيل البارازون الذي يحدد كمية البارازون المتدفق نحو قالب التشكيل.

ii. دقة الوزن : وتتعلق بنظافة الميزان ودقة معايرته.

◀ العمال والفنيين : يشترط بالعمال توفر الخبرة والمهارة والدقة في العمل.



الشكل (7) مخطط السبب والأثر لانحراف وزن العبوة المصنعة المدروسة

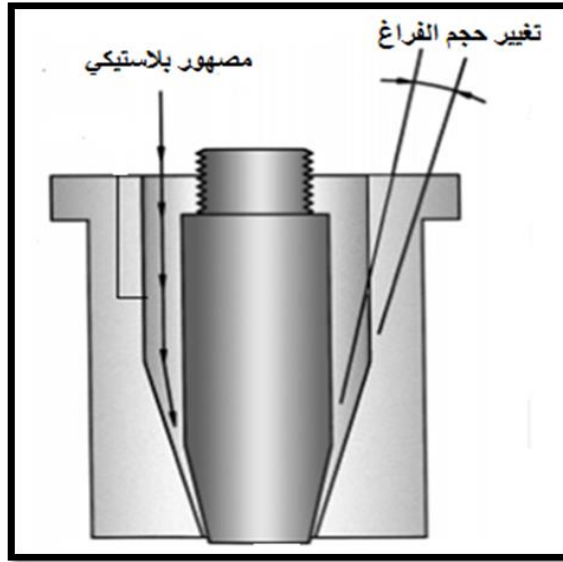
4-3-4- طور التحسين:

4-3-4-1 تحسين عملية القص : قامت الباحثة بإجراء الفحوصات الميكانيكية للعوامل السابقة الشكل (6) ، وتحديد السبب الأساسي وراء فشل عملية القص ، وهو انسداد قنوات تبريد قالب التشكيل بسبب وجود رواسب كلسية على سطوحها الداخلية حدّت من فعالية التبريد، واقترحت إجراء أعمال تنظيف و صيانة لتلك القنوات لإعادة فعاليتها.



الصورة (4) قنوات التبريد قبل وبعد مشروع التحسين

4-3-4-2 تحسين أوزان العبوات: تبين أن السبب الرئيسي لاختلاف أوزان العبوات هو وجود خلل بالفراغ المحصور بين الجزيرة والمغزل ضمن قالب تشكيل البارازون، إذ أن هذا الفراغ يتغير مع الزمن ويجب فحصه ومعايرته بشكل دوري من قبل فنيين مختصين ، وتتم المعايرة والضبط ميكانيكياً ثم الكترونياً حتى الوصول للوزن المثالي 220g من أجل العبوة سعة 4 ليتر.



الشكل (8) آلية ضبط كمية البارازون المتدفق بالتحكم بحجم الفراغ بين الجزيرة والمغزل [10]

5- النتائج والمناقشة :

سيتم في هذه الفقرة عرض نتائج التطبيق في الطور الأخيرة من دورة DMAIC طور الضبط ؛ بهدف مراجعة أعمال التحسين المنفذة والتحقق من فعاليتها، جمعت الباحثة بيانات جديدة وعملت على تحليلها مجدداً لتحصل على النتائج التالية :

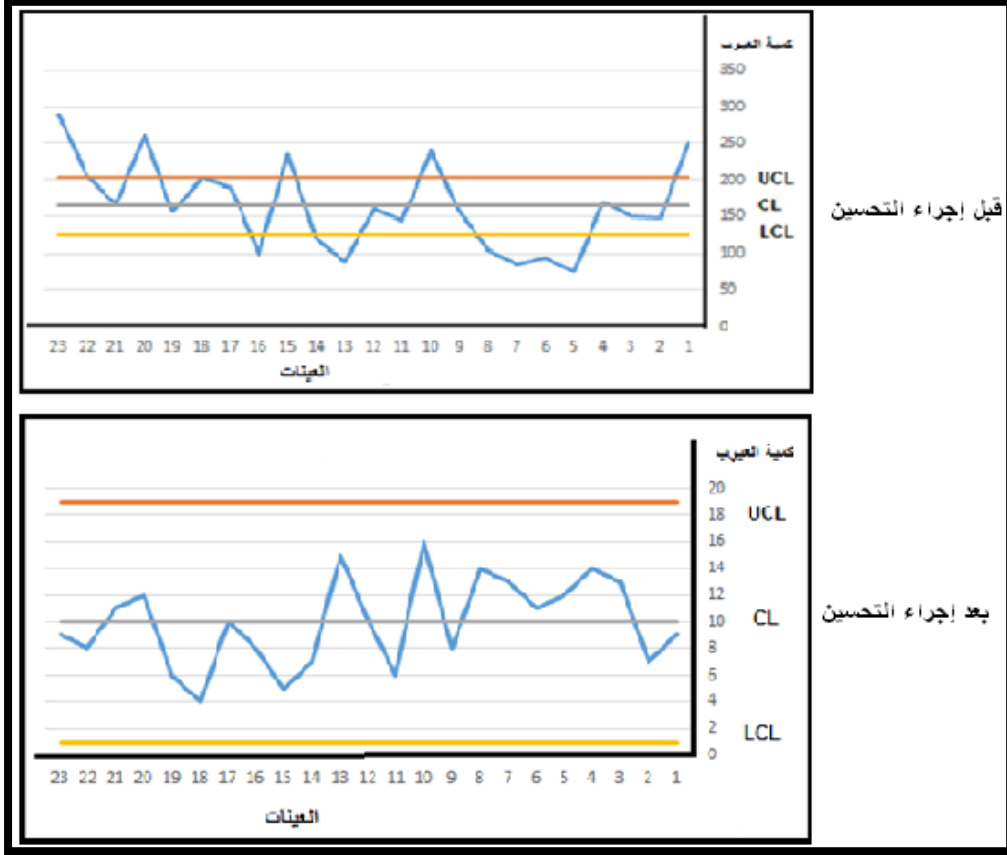
5-1- نتائج التطبيق قبل وبعد مشروع التحسين من أجل عدد عيوب القص :

قامت الباحثة بإعداد خريطة التحكم لعدد العيوب الناجمة عن فشل قص العبوات والتي أدت لتدني جودة المنتجات قبل وبعد تطبيق اقتراح التحسين الشكل (9) ، يلاحظ من خلال خريطة التحكم اختفاء العينات الخارجة عن حدود الضبط الإحصائي بعد تنفيذ عمليات الصيانة لقوالب التشكيل ، وهذا يعتبر مؤشراً لانضباط العملية الإنتاجية إحصائياً ، واستقرارها وخلوها من التباينات وانخفاض عدد العيوب جدول (7) ، مما يدل على نجاح تطبيق الستة .

الجدول (7) نتائج التطبيق الناجح للستة سيغما من أجل عدد عيوب القص

تطبيق منهجية الستة سيغما في صناعة العبوات البلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية

	Average	$\bar{\sigma}$	Defect	Defect %
Before	165	13	3800	6.5%
After	10	3	228	0.39%



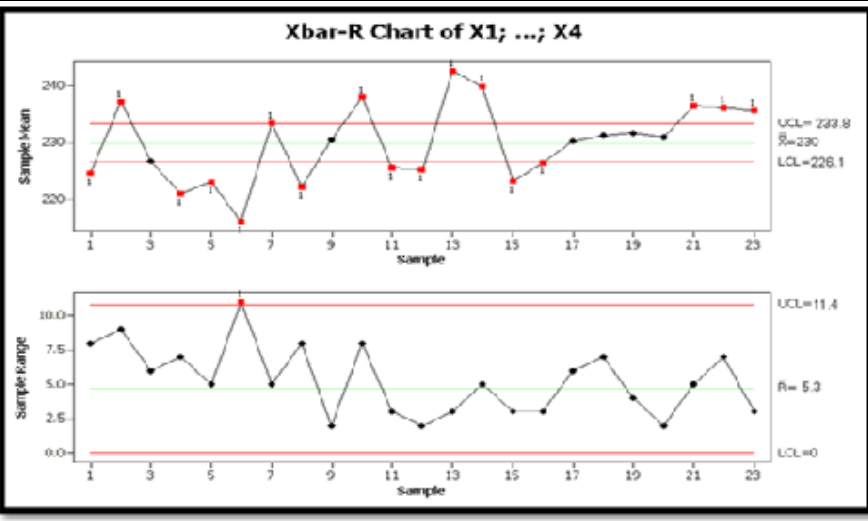
الشكل (9) خريطة التحكم قبل وبعد تطبيق الستة سيغما من أجل عدد عيوب القص

2-5- نتائج التطبيق قبل وبعد مشروع التحسين من أجل انحرافات أوزان العبوات المصنعة :

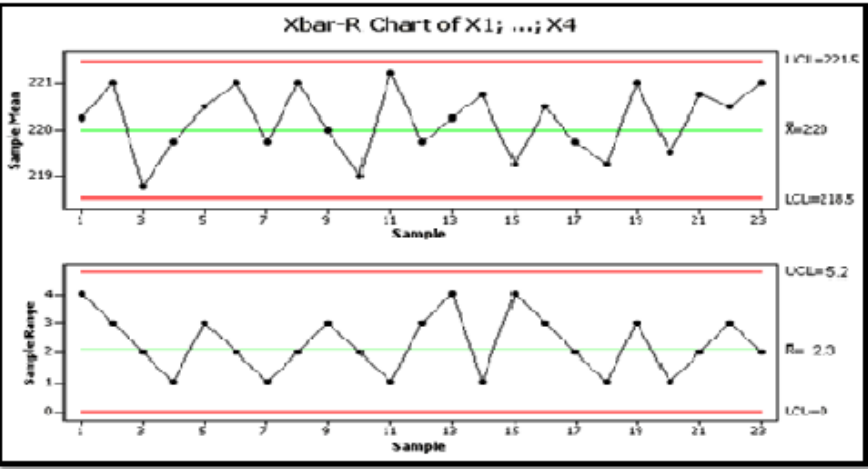
قامت الباحثة بإعداد خريطة التحكم لأوزان العبوات قبل وبعد تطبيق اقتراح التحسين الشكل (10) ، يلاحظ من خلال خريطة التحكم اختفاء العينات الخارجة عن حدود الضبط الإحصائي بعد تنفيذ عمليات الصيانة لقوالب تشكيل الباريزون ، وهذا يعتبر مؤشراً لانضباط العملية الإنتاجية إحصائياً ، واستقرارها وخلوها من التباينات جدول (8) ، مما يدل على نجاح تطبيق الستة.

الجدول (8) نتائج التطبيق الناجح للستة سيغما من أجل انحراف الأوزان

	Average	σ	Defect	Defect %
Before	230	2.3	2345	4%
After	220	1	106	0.18%



قبل إجراء التحسين



بعد إجراء التحسين

الشكل (10) خريطة التحكم قبل وبعد تطبيق الستة سيغما من أجل انحراف الوزن

3-5- نتائج التطبيق قبل وبعد مشروع التحسين في معمل مزج الزيوت المعدنية :

للتأكد من فعالية التطبيق ونجاحه جمعت النتائج في الجدول (9) الذي أظهر تحسن في مستوى السيغما نتيجة انخفاض كميات العيوب بالنسبة لكميات الإنتاج.

جدول (9) نتائج تطبيق منهج الستة سيغما في معمل مزج الزيوت

	Defect	Defect %	DPMO	Sigma Level	Y
Before	9445	16.3%	23749.65	3.4	93.32
After	3634	6.3%	12600.55	3.9	99.38

5-4- تحليل مقدرة العملية:

5-4-1- تحليل مقدرة العملية من أجل عيوب القص:

يتم تحليل مقدرة العملية لعدد العيوب عن طريق خرائط التحكم، في حال وقوع العملية تحت الضبط الإحصائي تعتبر حدود الضبط حدود مراقبة للعملية وتأخذ مقدرة العملية قيمة الخط المركزي للخريطة كما يلي :

$$UCL - LCL = 19 - 1 = 18$$

$$6\sigma = CL = 10$$

$$6\sigma < UCL - LCL$$

حدود المواصفات أكبر من تشتت العملية والعملية قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم بدون وجود تشتت وانحرافات.

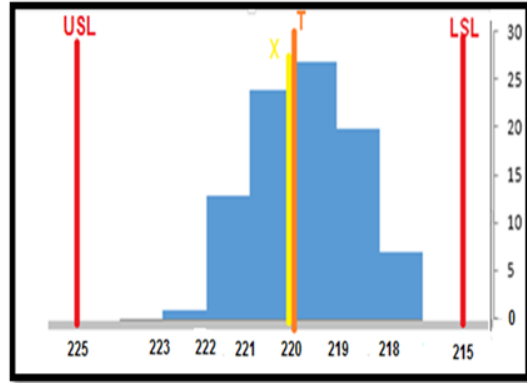
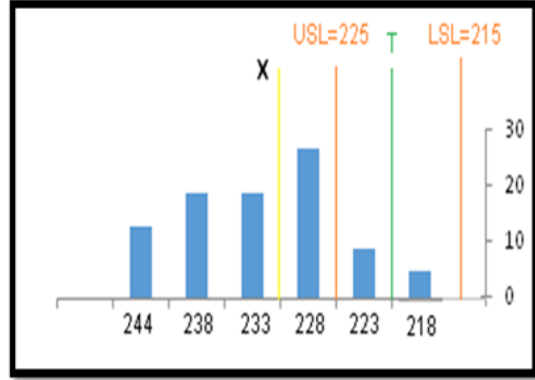
5-4-2- تحليل مقدرة العملية من أجل انحراف الأوزان: ويتم وفق المراحل

التالية

👉 تحليل انتشار البيانات وتمركزها باستخدام المدرج التكراري :

نلاحظ من المخطط البياني لأوزان العبوات بعد التحسين الشكل (11) مايلي :

- تطابق متوسط العملية X و القيمة الإسمية للمواصفات T إذا العملية متمركزة.
- يلاحظ توزع البيانات ضمن حدود المواصفات دون وجود أي التواء أو انزياح للبيانات
- المدى الفعلي $R=6$ للبيانات أصغر من حدود المواصفة $USL-LSL=10$



الشكل(11) المدرج التكراري لأوزان العبوات قبل و بعد التحسين

✎ تحليل التوزيع الطبيعي البيانات باستخدام ورق الاحتمال الطبيعي :

استخدمت ورق الاحتمال لتبيان "كيفية توزع" البيانات المدروسة، يلاحظ من ورقة الاحتمال أن الخط الواصل بين النقاط هو خط مستقيم بدون وجود أي انحناءات أو قيم متطرفة تذكر، مما يدل على أن البيانات تتبع توزيعاً طبيعياً نجد من المخطط الشكل (12) أن $USL - LSL < 6\sigma$ حدود المواصفات أكبر من تشتت العملية إذاً العملية قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم بدون وجود تشتت وانحرافات.

✎ حساب مؤشرات مقدرة العملية :

• حساب مؤشر القدرة البسيط $Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{10}{7} = 1.4$

$Cp > 1$ العملية قادرة على تحقيق مواصفات التصميم

• حساب مؤشر المقدرة لحدي المواصفة

$$Cpk = \min\left(\frac{225-220}{3}, \frac{220-215}{3}\right) = 1.5$$
$$\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right)$$

$Cpk = Cp$ العملية متمركزة حول المواصفة الاسمية T

6- الاستنتاجات والمقترحات :

أولاً: الاستنتاجات

1- تؤثر درجة حرارة قالب التشكيل على جودة المنتجات النهائية حيث أنّ التبريد القليل لا يكفي البلاستيك المشكّل للانتقال من الحالة اللدنة إلى الحالة الصلبة ، وبالتالي سيبقى في حالة لدنة يصعب فصله عن القالب و فصل الزوائد الملتصقة عن المنتج ، هذا مايسبب بانخفاض جودة التصنيع. إذاً يجب المحافظة على فعالية تبريد قالب التشكيل بضبط درجة حرارته لتصبح أقرب مايمكن لدرجة حرارة تبريده التصميمية وهي ضمن المجال (5-12 C)، بالفحص المستمر والصيانة الدورية لقنوات التبريد ؛ وهذا ما نفذته الباحثة من خلال منهجية الستة سيغما فانخفضت نسبة عيوب القص من 6.5% حتى 0.39% .

2- لدقة معايرة قالب تشكيل الباريزون دورها في ضبط كمية الباريزون المتدفق عبر الفراغ المحصور بين الجزيرة والمغزل الذي يتغير من مرور الزمن ، فيتسبب إمّا بزيادة كمية البلاستيك المتدفق وهذا بدوره يؤدي لزيادة سماكة المنتج ،هدر المادة البلاستيكية وارتفاع التكلفة ، وإمّا بنقص الكمية المتدفقة نحو قالب التشكيل مؤدياً لانخفاض جودة المنتج النهائي .قامت الباحثة باتخاذ منهجية الستة سيغما سبيلاً لمعالجة انحراف الأوزان وضبطها ؛ فانخفضت نسبة التباينات من 4% حتى 0.18% .

3- مما سبق نستنتج أن للستة سيغما بأدواتها التحليلية والإحصائية دور هام في تحديد العيوب وتحليل أسباب ظهورها بشكل منطقي دقيق، وأثبتت قدرتها تجريبياً على خفض نسبة الإنتاج المعيب الكلي من 16% حتى 6% ،وهذا ما أدى لرفع مستوى سيغما المعمل من 3.3 وحتى 3.9 وحسن مقدرة عمليته الإنتاجية ومردودها ليصبح 99.38 بعد ان سجّل مردود 93.32 قبل تطبيق مشروع التحسين.

ثانياً: المقترحات

- ◀ واجهت الباحثة أثناء محاولتها تطبيق منهج الستة سيغما بعض المعوقات التي قاومت عملية التنفيذ والإجراء مثل نقص المعرفة بالستة سيغما كأداة لتحسين الجودة، وصعوبة فهم الإحصاءات ، ممانعة العاملين للتغيير في سياسية الجودة وقلّة توافر الخبرة لديهم، لذلك تقترح الباحثة إعداد فريق مختص بالجودة مهمته تدريب العاملين وتثقيفهم بالأساليب والتقنيات الحديثة لتحسين الجودة ومنها الستة سيغما وربطها بواقع المعمل.
- ◀ كما أنها واجهت صعوبة في توفير عناصر فريق العمل كافية لمراقبة جودة العملية الإنتاجية على مدار اليوم، وتسليم المهمة لوردية العمل السابقة أو اللاحقة، لهذا السبب تقترح الباحثة إعداد فريق متدرب بعناصر كافية مهمته مراقبة جودة المنتجات وتطبيق الصيانة الدورية المستمرة لها ومنع الهدر في المواد البلاستيكية الخام بالإضافة للاهتمام بفحص المواد الأولية والتأكيد على خلوها من الشوائب وخاصة المواد معادة التدوير.
- ◀ توصي الباحثة بتطبيق الستة سيغما على المنتجات المصنّعة من مواد بلاستيكية خام لإثبات أثرها الإيجابي تجريبياً على الوفورات المالية العائدة عن هذا التطبيق .
- ◀ توصي الباحثة بتطبيق الستة سيغما لدراسة أسباب ضعف خط لحام العبوات البلاستيكية المتسبب بتسرب وهدر الزيوت المعبأة ، وإيجاد مشروع التحسين المناسب لتخفيض نسبة العيوب الناتجة عن هذه المشكلة

7- المراجع :

- [1]. Antony. J & Mukkarram . B , 2011- Key Ingredients for a Successful Six Sigma Program, Warwick Manufacturing Group School of Engineering University of Warwick, UK
- [2]. FORREST. W, 2003-IMPLEMENTIN SIX SIGMA, John Wiley & Sons, Second Edition, Hoboken, New Jersey
- [3]. Sung H. Park , 2003 - Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, Asian Productivity Organization Hirakawacho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0093, Japan
- [4].Brent strong .A , 2006- Plastics materials and processing, third edition, Brigham young university.
- [5]. AMNI HUSNA.S ,2013- THE EFFECT OF RECYCLED – HIGH DENSITY POLYETHYLENE , Thesis submitted fulfillment of the requirements for the award of the degree of Bachelor of Engineering in Manufacturing, Faculty of Manufacturing Engineering UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG.
- [6]. Senjuntichai.A and others , 2018- Defect Reduction in Ready Rice Packaging by Applying Six Sigma , International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 9, No. 4
- [7].ul ain.Q, & Panchal.J , 2017 - Total Quality Control for Manufacturing of Plastic Woven Laminated Bags Using Six Sigma , Modern institute of Engineering and Technology ,Kurukshetra University.

- [8]. Mishra.A, 2014- Six Sigma Methodology In A Plastic Injection Molding Industry: A Case Study, International Journal of Industrial Engineering and Technology , ISSN 0974-3146 Volume 7.
- [9].Hamali.S , 2018- A Six Sigma Application for the Reduction of Floor Covering Defects, Management Department BINUS Business School, Undergraduate Program, Bina Nusantara University .
- [10]. Advanced Elastomer Systems , 2007- Guide for extrusion blow molding , the worldwide leader in engineered TPE.
- [11]. Wilson.M , 1989-Machine \ process capability study , USA-ISBN1-883237-10-6.)

التعرف على أنشطة الجسم البشري وكشف السقوط من خلال الحساسات العطالية للهواتف الذكية

نعمة الله بلو *، محمد فاضل سكر **

* طالب دراسات عليا (ماجستير)، قسم الذكاء الصناعي، كلية الهندسة المعلوماتية، جامعة حلب

** قسم الذكاء الصناعي، كلية الهندسة المعلوماتية، جامعة حلب

الملخص

أصبحت الحساسات العطالية (حساس التسارع، حساس السرعة الزاوية) مكوناً مهماً تتضمنه جميع الهواتف الذكية تقريباً، وتستخدم فيها في العديد من التطبيقات. تم في هذا البحث تسجيل مجموعة بيانات من حساس التسارع وحساس السرعة الزاوية لهاتف ذكي حمّله 10 متطوعين أثناء قيامهم بـ 7 أنشطة، 6 من الحركات الاعتيادية اليومية بالإضافة إلى محاكاة السقوط. قام المتطوعون بتنفيذ كل من الأنشطة عدة مرات. تم تصميم وتدريب واختبار نظام للتعرف على أنشطة الجسم البشري وكشف السقوط من خلال البيانات المسجلة. اعتمد نظام التعرف على تقنية لإلغاء أثر تغير اتجاه الهاتف أثناء حمّله، واعتمد في استخراج السمات على السمات الإحصائية، واستخدم من أجل التصنيف مصنف معدّل عن آلة شعاع الدعم متعددة الأصناف Multi class SVM من النوع (One vs All، 1 مقابل الكل). تم الوصول إلى دقة تصنيف 92.52، وأشار اختبار إشارات الرتب لويلكوكسون عند مستوى معنوية 0.05 إلى تفوق المصنف المقترح على مصنف kNN وعلى مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الأصناف التقليدي.

الكلمات المفتاحية: تعلم الآلة، آلة شعاع الدعم، الخوارزمية الجينية، الحساسات العطالية، التعرف على الأنشطة البشرية، الهاتف الذكي.

Human Activity Recognition and Fall Detection Using Inertia Sensors of Mobile Phone

Abstract

Inertial sensors (accelerometers, gyroscopes) became important components included in approximately all smart phones, and used in many applications. In this work, a dataset has been recorded from an accelerometer and a gyroscope of a smart phone carried by 10 volunteers while executing 7 actions, 6 normal daily actions beside of simulation of fall. Volunteers have executed every action many times. An intelligent system for human action recognition was designed, trained and tested using recorded data. The recognition system depended on a mechanism to nullify the effect of change in smartphone orientation while it is carried, and in feature extraction it depended on statistical features, and for classification it used a modified multi class SVM of type (1 VS all). A 92.52% classification accuracy was accomplished, and Wilcoxon signed rank test showed that the proposed classifier significantly outperforms kNN and traditional multiclass SVM at significance level of 0.05.

Keywords: Machine learning, Support vector machine, SVM, Genetic algorithm, GA, Inertia sensors, Human activity recognition, HAR, Smart phone.

1- المقدمة:

باتت أنظمة التعرف على النشاط الحركي البشري جزءاً من العديد من الأنشطة اليومية [1]. يمكن لتطبيقات مثل Google Fit [2] أو Apple Health [3] اكتشاف بعض الأنشطة مثل المشي والجري التي تستخدم في هذه التطبيقات في مقاييس الصحة واللياقة البدنية، كما تم إضافة ميزة كشف السقوط إلى الإصدار الرابع من ساعات Apple Watch [4] الذي تم طرحه في شهر أيلول من عام 2018. وتم تطوير العديد من تطبيقات كشف السقوط التي تعمل على أنظمة Android و iOS مثل RightMinder [5]. استخدمت تقنيات الرؤية البصرية والليزرية (الرؤية بالعمق) في بعض الأجهزة مثل Microsoft Kinect [6] وكاميرات Intel RealSense [7] كطريقة حديثة للتفاعل بين الإنسان والحاسب وفي تطبيقات الواقع الافتراضي المستخدمة بكثرة في الألعاب. واستخدمت تسجيلات الفيديو لأشخاص أثناء قيامهم بالمشي للحصول على بصمة للتعرف على الأشخاص للاستفادة منها في عمليات المصادقة [8].

مع التطور المستمر للأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة (MEMS)، أصبحت وحدات القياس العطالي (IMUs) Inertial Measurement Units المستخدمة لقياس التسارع والسرعة الزاوية أصغر حجماً. يمكن من خلال هذه الأجهزة إجراء تتبع الحركة في البيئة الحية الواقعية دون الحاجة لوجود أجهزة مراقبة مثبتة في مكان المراقبة.

أصبحت خوارزميات التعرف على أنشطة الجسم البشري التي تعتمد على تطبيق تقنيات التعلم الآلي باستخدام البيانات التي تم جمعها من الأجهزة القابلة للارتداء [9] بديلاً مناسباً لخوارزميات الكشف عن النشاط بالاعتماد على الرؤية كتلك المستخدمة في [10] و [11]. إن استخدام أجهزة الاستشعار القابلة للارتداء يعد بديلاً أسهل استخداماً وأكثر دقة وتوافرية وأكثر مراعاة لقضايا الخصوصية مقارنة بالأنظمة القائمة على الرؤية [9]. تستفيد بعض أنظمة المراقبة الصحية من أنظمة التعرف على الأنشطة البشرية باستخدام الأجهزة القابلة للارتداء من خلال تسجيل الأنشطة لإجراء المراقبة عن بعد والمراقبة على المدى الطويل وتسهيل الوصول إلى معلومات نشاط المريض [12] و [13]. توفر هذه الأجهزة معلومات قيمة حول أنشطة المريض في بيئة عمله ومعيشتة مما يسهل تقديم المساعدة في علاج العديد من الأمراض [14] حيث تعتبر هذه

المعلومات أفضل من تلك التي يتم الحصول عليها في العيادة أو المختبر، وحول مدى تنفيذ بعض التوصيات الطبية الشخصية [14].

يعتبر حساس التسارع من أكثر الحساسات استخداماً في الأبحاث المتعلقة بالتعرف على الأنشطة البشرية وكشف السقوط، يليه حساس السرعة الزاوية، وللحصول على نتائج أفضل يمكن استخدام كلا الحساسين معاً [15]، وقد لوحظ الميل في الأبحاث الأحدث إلى الاعتماد على الحساسات العطالية وأجهزة التصوير بالعمق بشكل أكبر من الاعتماد على التصوير الضوئي [15]. تتضمن جميع الهواتف الذكية اليوم حساسات تسارع كما تتضمن معظمها حساسات جيروسكوب لذلك ظهرت الكثير من الأبحاث التي تركز على تطوير تقنيات وخوارزميات التعرف على حركات الجسم البشري من خلال الحساسات العطالية للهواتف الذكية باعتبار هذه الهواتف تتضمن حساسات عطالية، وتتضمن معالجات قويا يمكن من تشغيل خوارزميات التعرف عليه، وفي نفس الوقت تتضمن العديد من وسائل الاتصال التي يمكن استخدامها للتبليغ عن حالة السقوط، كما أن المستخدم معتاد على حمل الهاتف عند وجوده خارج المنزل، ومعتاد على شحنه بشكل متكرر وبالتالي لا يتطلب نظام التعرف أي تجهيزات إضافية.

قدم [16] مجموعة البيانات sisfall التي تضمن تسجيلات لحساس تسارع مثبت على الخصر لـ 38 متطوعاً نفذوا 19 من الحركات اليومية بالإضافة إلى 15 نوعاً من السقوط. وقدم [17] مجموعة البيانات UniMiB SHAR التي تضمنت تسجيلات لحساس التسارع لهاتف ذكي وذلك لـ 30 متطوعاً نفذوا 9 من الأنشطة اليومية و 8 من حركات السقوط. بينما اعتمد [18] في مجموعة البيانات MobiFall على حساسي التسارع والسرعة الزاوية للهاتف المحمول وتضمنت المجموعة تسجيلات للحركات اليومية والسقوط نفذها 24 متطوعاً.

قدم [19] نظاماً لكشف السقوط أثناء الحركات اليومية كالمشي والجلوس والهولة حيث يعمل النظام على مرحلتين الأولى تتضمن مصنف متعدد الصفوف لتحديد نوع السقوط وفي المرحلة الثانية يتم اتخاذ القرار بناء على النتائج التي تم توقعها في المرحلة الأولى وتم التوصل إلى دقة 95.65%. توصل [20] إلى دقة 89% في

تصنيف الحركات اليومية وكشف السقوط عند استخدام مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الأصناف Multi class SVM ونسبة تدريب 70%. في حين توصل [21] إلى دقة 91.76% في التعرف على الأنشطة اليومية وذلك باستخدام نموذج ماركوف المخفي Hidden Markov Model (HMM) وقسم البيانات إلى مقاطع بطول 2.56 sec واعتمد نسبة تدريب 70%. في [22] تم الوصول إلى دقة 93.8 وذلك في تصنيف 8 من الأنشطة اليومية وذلك باستخدام الشبكات العصبية الالتفافية ذات نواة الالتفافية معدلة وبالاعتماد على حساس التسارع. في حين تم في [23] الاعتماد على الشبكات العصبية الالتفافية CNN والوصول إلى دقة 95.75% في تصنيف الحركات اليومية. كما تم في [24] الوصول إلى دقة 95% في تصنيف الحركات اليومية وكشف السقوط بالاعتماد على الشبكات العصبية التكرارية العميقة Deep recurrent neural network (DRNN).

من الملاحظ أن الأبحاث ومجموعات البيانات السابقة تعتمد على حساسات مثبتة على الجسم في مكان محدد، أو على هاتف ذكي مثبت على الجسم أو محمول بطريقة محددة واتجاه محدد. يقدم هذا البحث مجموعة بيانات تتضمن تسجيلات للحساسات العطالية لهاتف ذكي موضوع بالحبيب الأيمن أو الأيسر دون تقييد المتطوعين باتجاه الهاتف وهو في الجيب. كما يطبق البحث تقنية تصنيف هجينة تعتمد على تعديل مصنف آلة شعاع الدعم التقليدي متعدد الصفوف Multi class SVM وتحسين بارامترات المصنف المعدل باستخدام الخوارزمية الجينية. تتناول الفقرات التالية معلومات حول مجموعة البيانات المستحصلة، كما تتضمن شرحاً لمراحل عمل المصنف المستخدم، والنتائج التي تم الحصول عليها ومقارنتها مع نتائج المصنفات الأخرى.

2- مجموعة البيانات والحساسات المستخدمة:

من أجل تسجيل البيانات تم استخدام هاتف من النوع Samsung S4 (i337) الذي يعمل بنظام Android 5.0، يتضمن الجهاز وحدة قياس عطالي من نوع STMicroelectronics k330، وتتضمن الوحدة حساس تسارع وحساس سرعة زاوية، وتم التسجيل لقيم كلا الحساسين بتردد 100Hz. قام بتنفيذ الحركات 10 متطوعين نفذ كل منهم 6 من الحركات اليومية بالإضافة إلى محاكاة عملية السقوط. تم تنفيذ كل

واحدة من الحركات عدة مرات مع مراعاة التنوع من خلال تنفيذ كل حركة بعدة سرعات بحيث يحاكي كل متطوع في كل حركة كل السرعات المختلفة التي يمكن ان يقوم بها في تصرفاته اليومية. أما بالنسبة للسقوط فقد تم تنفيذ أربعة أنواع من السقوط (أثناء المشي، أثناء الجري، أثناء الوقوف، أثناء المشي إلى الخلف) وتم تنفيذ كل نوع مرتين من قبل كل متطوع. يمثل الجدول (1) جميع الحركات المتضمنة في مجموعة البيانات وتتبعاتها ومدة التسجيل لكل منها.

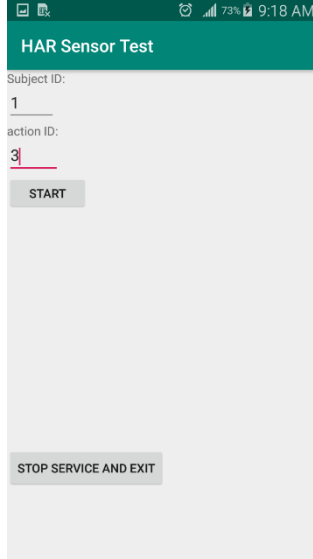
الجدول (1) - الحركات المتضمنة في مجموعة البيانات

رقم الحركة	الحركة	عدد مرات التسجيل	مدة التسجيل (ثانية)
1	المشي (بطيء، متوسط، سريع)	60	581
2	الجري (بطيء، متوسط، سريع)	60	370
3	صعود الدرج (بطيء، متوسط، سريع)	60	430
4	نزول الدرج (بطيء، متوسط، سريع)	60	400
5	الجلوس (بطيء، سريع)	40	61
6	القيام (بطيء، سريع)	40	62
7	السقوط (أثناء المشي، أثناء الجري، أثناء الوقوف، أثناء المشي للخلف)	80	56
	كل الحركات	400	1960

طُلب من كل متطوع وضع الهاتف أثناء تسجيل البيانات في جيبه دون تحديد الجيب الأيمن أو الأيسر ودون تحديد جهة الهاتف داخل الجيب.

تم إنشاء تطبيق يعمل على نظام Android من أجل تسجيل البيانات، الشكل (1). يدخل المتطوع رقمه (كل متطوع له رقم يميزه)، ورقم الحركة التي يريد أن يقوم بها (كما هو محدد في الجدول 1) ثم يضغط على زر البدء ثم يضع الهاتف في جيبه. بعد ذلك على المتطوع الوقوف بشكل ساكن لمدة ثانيتين على الأقل (ويمكن الوقوف لمدة أطول) ثم يبدأ بعد فترة الوقوف هذه بتنفيذ الحركة مباشرة، كما أنه بعد تنفيذ الحركة مباشرة يقوم أيضا بالوقوف بشكل ساكن لمدة ثانيتين على الأقل. يقوم تطبيق التسجيل باكتشاف فترة السكون الأول واقتطاعها واقتطاع ما قبلها من التسجيل، كما يقوم باكتشاف فترة السكون الثانية واقتطاعها واقتطاع ما بعدها من التسجيل. تمنع التقنية

السابقة من دخول القيم المسجلة أثناء وضع الهاتف في الجيب أو إخراجها منه ضمن التسجيل الذي يقوم التطبيق بحفظه في ملف نصي على ذاكرة الهاتف.



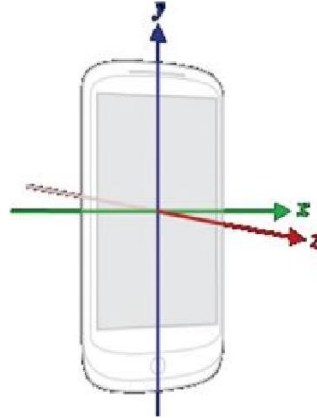
الشكل (1) - واجهة التطبيق المستخدم في تسجيل البيانات

لا يمكن استخدام التقنية السابقة لاقتطاع تسجيلات عملية السقوط إذ لا يمكن للمتطوع الوقوف بشكل ساكن قبل السقوط لأن السقوط يكون أثناء المشي أو الجري، لذلك تم تصوير عملية السقوط واستخدام تسجيلات الفيديو لتحديد نقطة بداية السقوط في تسجيلات الحساسات وذلك من خلال برنامج يعمل على نظام Windows تم إنشاؤه لهذا الغرض، يقوم البرنامج بمزامنة الفيديو مع تسجيلات قيم الحساسات من خلال تحديد فترة الوقوف الساكن في تسجيلات الحساسات وتسجيلات الفيديو وذلك بمساعدة مستخدم البرنامج.

يدعم نظام التشغيل Android العديد من الحساسات حسب توفرها في الهاتف المستخدم وقد تم تسجيل قيم أربع حساسات هي: حساس التسارع، حساس السرعة الزاوية، حساس الجاذبية، حساس التسارع الخطي. وتضمن التسجيل ثلاث قيم لكل حساس للمحاور الثلاث المبينة بالشكل (2).

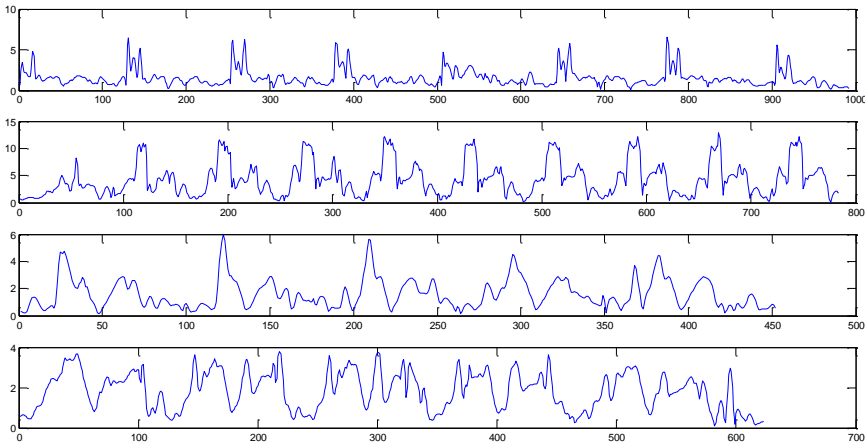
يمثل حساس التسارع مجموع قيمتي تسارع الجاذبية بالإضافة إلى التسارع الناتج عن حركة الجهاز وهي قيم التسارع التي يقرأها النظام مباشرة من حساس التسارع في

وحدة القياس العطالي المتضمنة في الجهاز. يستخدم نظام التشغيل Android تقنية تعتمد على مرشح تمرير الترددات المنخفضة لفصل تسارع الجاذبية عن التسارع الخطي الناتج عن الحركة وبالتالي فإن الحساسين الأخيرين برمجياً أي يقوم نظام التشغيل بحساب قيمها برمجياً من الحساسات الأخرى.



الشكل (2) - المحاور الإحداثية للهاتف المعتمدة في نظام التشغيل Android

يتم تسجيل قيم حساسات التسارع الثلاثة بـ $m.s^{-2}$ وقيم السرعة الزاوية بـ $Radian/s$. يمثل الشكل (3) بعض التسجيلات من مجموعة البيانات وهي القيم المطلقة لحساس السرعة الزاوية لأحد تسجيلات المشي في الأعلى يليها أحد تسجيلات الجري ثم أحد تسجيلات صعود الدرج ثم نزول الدرج.



الشكل (3)، بعض التسجيلات من مجموعة البيانات

3- استخراج السمات:

تم في مرحلة جمع البيانات مراعاة عدم تقييد المتطوعين بوضع الهاتف باتجاه محدد، لذلك فقد تم في مرحلة استخراج السمات إلغاء أثر تغير اتجاه الهاتف أثناء جمع البيانات وذلك من خلال الحصول على 4 إشارات من الإشارات التي تم تسجيلها وهذه الإشارات لا تختلف قيمها حسب اتجاه الهاتف وهي:

- القيمة المطلقة للتسارع الخطي، وهي الجذر التربيعي لمجموع مربعات مركبات شعاع التسارع الخطي

$$|Acc|=\sqrt{(acc_x^2+acc_y^2 +acc_z^2)}$$

- القيمة المطلقة للسرعة الزاوية، وهي الجذر التربيعي لمجموع مربعات مركبات شعاع السرعة الزاوية

$$|Gyr|=\sqrt{(gyr_x^2+gyr_y^2 +gyr_z^2)}$$

- قيمة مسقط شعاع التسارع الخطي على شعاع الجاذبية الأرضية، وهي قيمة جداء شعاع الجاذبية الأرضية مضروباً بشعاع التسارع الخطي، مقسومة على قيمة تسارع الجاذبية $g=9.8$.

$$Acc_earth=(acc * earth) / g$$

حيث acc هو شعاع التسارع الخطي، $earth$ هو شعاع الجاذبية الأرضية.
- القيمة المطلقة للمساقط الأفقية للتسارع الخطي وهي الجذر التربيعي لمربع القيمة المطلقة للتسارع الخطي مطروحاً منه مربع مسقط التسارع الخطي على محور الجاذبية:

$$Acc_horz=\sqrt{(|acc|^2-Acc_earth^2)}$$

بعد حساب الإشارات الأربعة السابقة تم استخراج السمات منها. تم تقسيم الإشارات إلى نوافذ بعرض 2 sec وتداخل 1.5 sec ثم تم استخراج سمات إحصائية للنوافذ التي تم الحصول عليها حيث تم استخراج 3 سمات لكل إشارة من الإشارات الأربعة وهذه السمات هي:

- اللوغاريتم العشري للجذر التربيعي لمتوسط مربعات القيم:

$$\text{Log}_{10}(\text{Sqrt}(\text{Mean}(X^2)))$$

حيث X هو مصفوفة أحادية تتضمن قيم نافذة من إحدى الإشارات.

- اللوغاريتم العشري للانحراف المعياري للقيم:

$$\text{Log}_{10}(\text{Std.Dev}(X))$$

- طول المنحني الذي تمثله قيم النافذة.

وبالتالي تم استخراج ثلاث سمات إحصائية لكل واحدة من الإشارات الأربعة أي

تم استخراج 12 سمة لكل نافذة من النوافذ.

4- التصنيف:

يستخدم مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الصفوف Multi class SVM من نوع (واحد مقابل الكل one VS all) مصنفات SVM ثنائية فرعية عددها هو عدد الأصناف المطلوب تصنيفها. يقوم المصنف الفرعي الأول بتحديد فيما إذا كان الدخل ينتمي إلى الصنف الأول أو لا، وهكذا بالنسبة لباقي المصنفات. يتم بعدئذ التصويت بين هذه المصنفات لاختيار الصنف الذي ينتمي له الدخل. لحل مشكلة عدم التعيين عند التصويت لاختيار الصنف، يتم التصويت عادة بناء على خرج النقاط scores للمصنفات الفرعية وهو عدد حقيقي، وليس على الخرج الثنائي مما يتيح إمكانية تصويت أدق عند اختيار الصنف الذي ينتمي له الدخل.

عند تدريب مصنفات ثنائية من النوع (1 مقابل الكل) لتصنيف البيانات قيد

الدراسة تم ملاحظة ما يلي:

- عند اختلاف نسبة الدخل من الصنف 1 في عينة التدريب، يتم الحصول على

مصنفات مختلفة في الدقة ويصعب تحديد النسبة المثالية من الصنف 1 للحصول على المصنف الأفضل ويختلف ذلك من صنف لآخر.

- عند استخدام مجموعة بيانات متوازنة (عدد الدخل من كل صنف متساو) فإن

نسبة الدخل من الصنف 1 في عينة التدريب ستكون قريبة من (1/عدد الأصناف) وهذه النسبة ليست النسبة المثلى التي تؤدي إلى الحصول على المصنف الثنائي الأفضل.

- عند استخدام عينة تدريب بحيث يكون فيها نسبة الدخل من الصنف 1 صغيرة يتم الحصول على مصنف يكون فيه عدد الأخطاء في تصنيف الدخل من الصنف 0 صغيراً وعدد الأخطاء في تصنيف الدخل من الصنف 1 كبيراً والعكس بالعكس.

إن الملاحظات السابقة تُحَفِّز على إنشاء أكثر من مصنف ثنائي لنفس الصنف بحيث يتم تدريب هذه المصنفات بعينات تدريب جزئية تختلف عن بعضها بنسبة الدخل من الصنف 1 فيها، ثم إيجاد تقنية التصويت المناسبة بين هذه المصنفات. تم تصميم مصنف يعتمد على استخدام الخوارزمية الجينية من أجل تحديد نسبة الدخل من الصنف 1 لكل مصنف من المصنفات الفرعية وأولوية هذه المصنفات في التصويت وقد أدى ذلك إلى الحصول على نتائج أفضل من المصنفات التقليدية كمصنف آلة شعاع الدعم متعدد الصفوف Multi class SVM ومصنف kNN.

4-1- تدريب المصنفات الثنائية:

أ- اختيار عينة التدريب بناء على نسبة محددة من البيانات الكلية وبشكل عشوائي دون أي تحيز في اختيار نسبة كل من الأصناف في عينة التدريب وإنما يتم ذلك عشوائياً.

ب- لكل صنف من الأصناف السبعة يتم بناء 10 مصنفات ثنائية فرعية من نوع آلة شعاع الدعم بنواة خطية (Linear SVM) يتم تدريبها بعشر عينات جزئية يتم اختيارها من عينة التدريب المختارة في الخطوة السابقة بحيث تكون نسب الدخل من النوع 1 في العينات الجزئية هي: 0.05، 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5، 0.6، 0.7، 0.8، 0.9 وبحيث يكون حجم كل منها أكبر ما يمكن وبالتالي يتم الحصول على 70 مصنفاً فرعياً. تم اختيار هذه النسب لتغطي طيفاً واسعاً من النسب الممكنة والتي سيتم فيما بعد اختيار بعضها كما توضح الفقرات التالية.

ت- يتم اختبار المصنفات التي تم بناؤها في الخطوة السابقة باستخدام عينة التدريب المختارة في الخطوة الأولى ويتم حفظ نتائج التصنيف لكل مصنف مع كل دخل من عينة التدريب.

4-2- تطبيق الخوارزمية الجينية لاختيار المصنفات وترتيبها:

يتم اختيار 15 أو 20 أو 25 مصنف فرعي أو حتى غير ذلك (عدد المصنفات الفرعية هو أحد بارامترات نظام التعرف) كما يتم اختيار الترتيب الذي يحدد أولوية هذه المصنفات في اتخاذ قرار التصنيف النهائي باستخدام الخوارزمية الجينية. وبهذا يكون لدينا مصنف متعدد يعتمد على عدد من المصنفات الثنائية الفرعية مرتبة ترتيباً جيداً في أولوية التصويت بحيث تعطي نتائج جيدة في اتخاذ قرار التصنيف النهائي.

4-2-1- بنية الكروموزوم:

يتم تخزين المصنفات الفرعية في مصفوفة (70x1). وبهذا تكون بنية الكروموزوم عبارة عن مصفوفة بطول 15 أو 20 أو 30 من الأعداد الصحيحة كل منها هو جين من جينات الكروموزوم حيث يمثل هذا الجين فهرساً أو رقم مصنف ثنائي فرعي حيث يمثل العدد الأول فهرس المصنف الفرعي ذا الأولوية الأعلى. وبهذا يحدد الكروموزوم المصنفات التي ستدخل في عملية التصنيف وأولوياتها.

4-2-2- تابع الملاءمة Fitness:

يعيد تابع الملاءمة دقة مجموعة المصنفات المرتبة الممثلة بالكروموزوم عند تصنيف عينة التدريب ويعتمد في ذلك على القيم المحسوبة مسبقاً في الخطوات من مرحلة التدريب حيث يفيد الاحتفاظ بتلك القيم في اختصار الوقت اللازم لتنفيذ الخوارزمية الجينية وذلك من خلال تقليل عدد المرات التي يتم فيها اختبار المصنفات الفرعية على عينة التدريب.

4-2-3- التصالب:

يتم إجراء التصالب بالاعتماد على قطع الأبوين عند نقطة أو نقطتين والحصول على ابنين من دمج الأبوين. على الرغم من أن التكرار في جينات الابن الناتج لا يؤدي إلى الحصول على حل غير مقبول إلا أن هذا التكرار يؤدي إلى الحصول على حلول غير فعالة لذلك تقوم عملية التصالب بمعالجة حالة التكرار في جينات الابن وذلك بحذف الجينات المكررة وإضافة جينات عشوائية بدلا منها في نهاية الكروموزوم.

4-2-4- الطفرة:

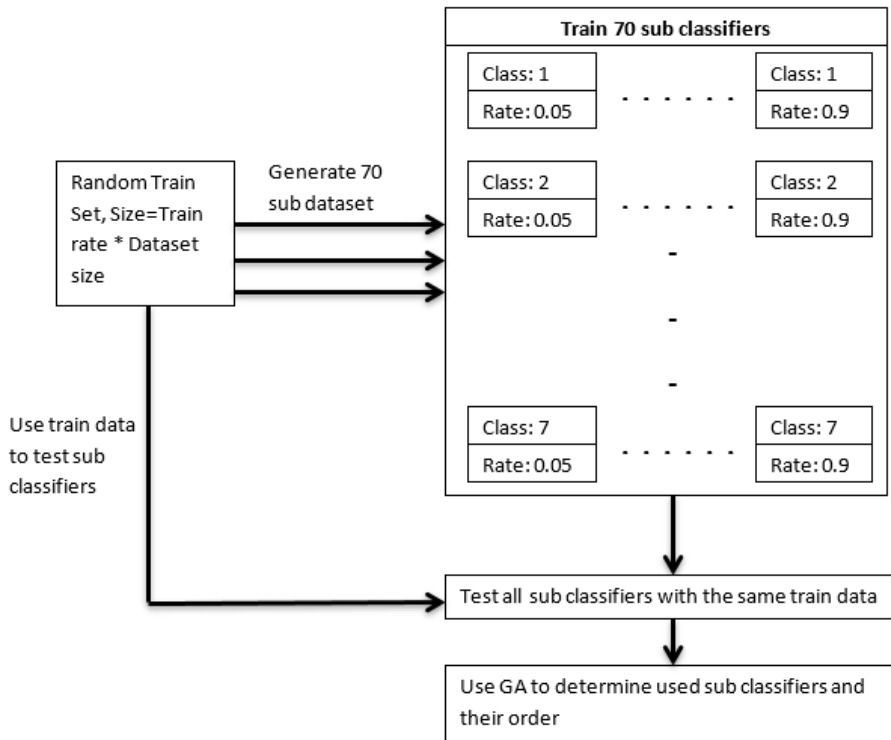
يختار تابع الطفرة بشكل عشوائي إحدى الطفرتين التاليتين لتطبيقها على جينين عشوائيين: الطفرة الأولى تقوم بتبديل قيمتي الجينين والثانية تقوم بعكس قيمة الجين الأول (أي إذا كان يشير إلى المصنف الأول فإنه سيشير إلى المصنف الأخير وهكذا) ووضع قيمة عشوائية في الجين الثاني.

4-2-5- البارامترات الجينية المستخدمة:

الجدول (2)، بارامترات الخوارزمية الجينية المستخدمة في تدريب النظام

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	
3000	3000	3000	عدد الدورات
150	100	100	حجم المجتمع
3	3	3	عدد النخبة
0.7	0.7	0.7	نسبة التصالب
نقطتين	نقطتين	نقطة واحدة	نوع التصالب
0.1	0.1	0.1	نسبة الطفرة
Rank	Rank	Rolette	طريقة الاختيار

إن تدريب نظام التعرف المقترح يستغرق وقتاً أطول من بعض المصنفات التقليدية الأخرى خصوصاً مرحلة تطبيق الخوارزمية الجينية إلا أنه مقبول جداً حيث استغرق تدريب النظام بعينة تدريب حجمها 3000 للحصول على مصنف يحوي 25 مصنفاً فرعياً أقل من ثلاث دقائق على حاسب بمعالج Intel core i3 بسرعة 2.53GHz وباستخدام نواة واحدة. يمثل الشكل (3) مخططاً يوضح طريقة تدريب المصنف المقترح.



الشكل (4)، مخطط يوضح طريقة تدريب المصنف المقترح.

4-3- استخدام النظام:

يتكون النظام المدرب من عدد من المصنفات الثنائية الفرعية ومصنوفة تحدد أولوية هذه المصنفات في اتخاذ القرار النهائي. يتم استخدام النظام بتمرير الدخل إلى المصنفات الفرعية المستخدمة فقط ثم تحديد النتيجة النهائية لكل دخل بناء على مصنوفة الأولويات. استغرق التعرف على عينة دخل حجمها 3500 باستخدام مصنف يتكون من 25 مصنفاً فرعياً 740ms وذلك على نفس الحاسب المذكور في الفقرة السابقة.

5- تقييم أداء النظام:

تم إجراء 30 اختباراً باستخدام 30 عينة تدريب مختارة عشوائياً، 10 منها بحجم 50% من البيانات و 10 منها بحجم 60% من البيانات و 10 عينات بحجم 70% من البيانات. تم تدريب 5 مصنفات باستخدام العينات السابقة وهي: ثلاث مصنفات من النوع المقترح في هذا البحث يتضمن كل منها 15 أو 20 أو 25 مصنفاً فرعياً، ومصنف آلة شعاع الدعم متعدد الأصناف التقليدي من النوع (1 مقابل 1)، ومصنف

kNN. يبين الجدول (3) والجدول (4) والجدول (5) دقة تصنيف المصنفات الستة للبيانات المستخدمة عند تدريبها بعينات التدريب ذات الحجم 50% ثم العينات ذات الحجم 60% ثم العينات ذات الحجم 70% على الترتيب. ويبين الجدول (6) المتوسط والانحراف المعياري للدقة لكل واحد من المصنفات عند كل نسبة تدريب.

أشار اختبار إشارات الرتب لويلكوكسون عند مستوى معنوية 0.05 إلى تفوق كل من المصنفات من النوع المقترح على مصنف kNN وعلى مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الأصناف التقليدي من النوع (1 مقابل 1).

الجدول (3)، دقة تصنيف المصنفات الخمسة للبيانات المستخدمة عند تدريبها بعينات تدريب بحجم 50%.

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	SVM متعدد الأصناف	kNN	
89.57	89.34	88.88	86.31	80.39	1
90.09	89.01	89.16	86.4	79.54	2
90.02	89.53	89.09	86.75	80.78	3
90.36	89.8	88.28	86.24	79.95	4
89.99	89.21	88.57	85.74	80.78	5
90.01	89.46	89.21	86.06	80.23	6
89.78	89.25	88.58	85.53	79.12	7
90.19	89.31	89.04	86.04	80.56	8
90.27	89.63	88.82	85.88	80.11	9
90	89.48	88.57	85.6	80.64	10
90.03	89.4	88.82	86.06	80.21	mean
0.229	0.227	0.31	0.382	0.548	Std. dev.

الجدول (4)، دقة تصنيف المصنفات الخمسة للبيانات المستخدمة عند تدريبها بعينات تدريب بحجم 60%.

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	SVM متعدد الأصناف	kNN	
91.28	91.39	90.55	88.56	86.39	1
91.17	91.38	90.78	87.94	86.12	2
90.82	91.15	90.62	87.87	86.75	3
90.81	90.79	90.29	88.2	86.81	4
90.96	91	90.55	87.57	86.49	5

التعرف على أنشطة الجسم البشري وكشف السقوط من خلال الحساسات العظالية للهواتف الذكية

90.98	91.05	90.62	88.2	86.77	6
91.16	90.89	90.76	88.19	86.63	7
91.03	90.89	90.82	87.92	87.08	8
91.26	91.21	90.9	87.62	86.88	9
90.88	90.71	90.42	88.1	86.24	10
91.04	91.05	90.63	88.02	86.62	mean
0.174	0.235	0.189	0.297	0.302	Std. dev.

الجدول (5)، دقة تصنيف المصنفات الخمسة للبيانات المستخدمة عند تدريبها ببيانات تدريب بحجم 70%.

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	SVM متعدد الأصناف	kNN	
92.4	92.34	91.43	89.06	90.99	1
92.63	92.47	91.81	88.82	90.56	2
92.37	92.25	92.22	89.53	91.03	3
92.39	92.52	91.95	89.04	90.38	4
92.36	92.79	92.19	89.85	90.57	5
92.62	92.57	92.24	89.47	90.05	6
92.72	92.68	92.08	89.41	90.38	7
92.7	92.51	92.37	89.47	90.49	8
92.42	92.41	91.74	89.31	90.49	9
92.59	92.42	92.03	89.05	90.07	10
92.52	92.5	92.01	89.3	90.5	mean
0.145	0.158	0.282	0.306	0.324	Std. dev.

الجدول (6)، المتوسط والانحراف المعياري للدقة لكل من المصنفات عند نسب التدريب المختلفة.

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	SVM متعدد الأصناف	kNN	حجم عينة التدريب
90.03	89.4	88.82	86.06	80.21	%50
0.229	0.227	0.31	0.382	0.548	
91.04	91.05	90.63	88.02	86.62	%60
0.174	0.235	0.189	0.297	0.302	
92.52	92.5	92.01	89.3	90.5	%70
0.145	0.158	0.282	0.306	0.324	

لا يمكن مقارنة النتائج الحالية مع نتائج بعض الدراسات السابقة لعدم تشابه ظروف الدراستين مثل [19] حيث ذُكرت نتائج التصنيف في كشف السقوط فقط دون تصنيف الحركات اليومية أي أن الدراسة استخدمت آلية لتصنيف البيانات إلى صنفين هما صنف السقوط وصنف الحركات اليومية (أو عدم السقوط). يوضح الجدول (7) مقارنة نتائج البحث الحالي مع نتائج بعض الأبحاث السابقة.

الجدول (7) - مقارنة نتائج البحث الحالي مع الأبحاث السابقة

النتيجة	التقنية	البحث
92.52%	مصنف معدل عن آلة شعاع الدعم، سمات إحصائية تراعي الاختلاف في اتجاه الهاتف	البحث الحالي
89%	آلة شعاع الدعم SVM	[20]
91.76%	نموذج ماركوف المخفي HMM	[21]
93.8%	الشبكات العصبية الالتفافية CNN	[22]
95.75%	الشبكات العصبية الالتفافية CNN	[23]
95%	الشبكات العصبية التكرارية العميقة DRNN	[24]

6- الخلاصة:

تم في هذا البحث استحصال مجموعة بيانات من حساسات تسارع وحساسات جيسكوب لهاتف ذكي وذلك أثناء تنفيذ 6 من الحركات اليومية بالإضافة إلى محاكاة السقوط. شارك في عملية جمع البيانات 10 متطوعين وتضمنت البيانات 400 تسجيل بطول إجمالي 1960 ثانية. لم يتم تقييد المتطوعين باتجاه محدد للهاتف أثناء التسجيل بخلاف مجموعات البيانات الأخرى. تم الحصول على أربع إشارات ألغى فيها تأثير اختلاف اتجاه الهاتف، وتم استخلاص سمات إحصائية منها. اعتمد نظام التصنيف على مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الصفوف معدّل عن المصنف التقليدي وتم الوصول إلى دقة 92.52 عند التدريب بـ 70% من البيانات. أشارت الاختبارات الإحصائية إلى تفوق آلية التصنيف المستخدمة على المصنفات التقليدية عند مستوى معنوية 0.05 وذلك عند استخدام نفس البيانات ونفس الطريقة في استخراج السمات. كانت دقة التصنيف لنظام التعرف الذي تم تصميمه في هذا البحث أعلى من دقة التصنيف في الدراسات التي اعتمدت على تقنيات التصنيف التقليدية مثل آلة شعاع الدعم ونموذج ماركوف المخفي، لكنها لم تتفوق على نتائج الأبحاث التي اعتمدت على تقنيات التعلم العميق كالشبكات

العصبية الالتفافية والشبكات العصبية التكرارية العميقة، إلا أن البحث الحالي يتميز عن الأبحاث السابقة بعدم التقييد باتجاه محدد للهاتف.

7- الاقتراحات والأعمال المستقبلية:

توصل البحث إمكانية الحصول على نتائج جيدة مع عدم التقييد باتجاه الهاتف وتقوم نظام التصنيف المقترح على الأنظمة التقليدية الأخرى حتى ضمن هذا الشرط، وهذا يحفز على استخدام الإشارات الأربعة التي تم الحصول عليها مع تقنيات التعلم العميق لتحديد إمكانية الحصول على نتائج تضاهي النتائج الحالية دون التقييد باتجاه الهاتف.

المراجع

- [1] A. Wang, G. Chen, J. Yang, S. Zhao and C.-Y. Chang, "A Comparative Study on Human Activity Recognition Using Inertial Sensors in a Smartphone," *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 11, pp. 4566-4578, 2016.
- [2] Google, "Google Fit," 2020. [Online]. Available: <https://www.google.com/fit/>.
- [3] Apple, "Apple Health," [Online]. Available: <https://www.apple.com/ios/health/>.
- [4] Apple, "Apple Watch Series 4," [Online]. Available: <https://www.apple.com/apple-watch-series-4>.
- [5] C. L. Pty, "RightMinder – Fall Detection Application," [Online]. Available: <http://www.rightminder.com>.
- [6] Microsoft, "Microsoft Kinect," [Online]. Available: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/>.
- [7] Intel, "Intel Real Sense," [Online]. Available: <https://software.intel.com/realsense>.
- [8] L. Sudha and R. Bhavani, "Biometric Authorization System using Gait Biometry," *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications (IJCEA)*, vol. 1, no. 4, 2011.
- [9] Lara, O.D. and Labrador, M.A., "A survey on human activity recognition using wearable sensors," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, p. 1192–1209, 2013.
- [10] Turaga, P., Chellappa, R., Subrahmanian, V.S. and Udreă. O., "Machine recognition of human activities: A survey," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 18, no. 1, p. 1473–1488, 2008.
- [11] R. A. Poppe, "Survey on vision-based human action recognition," *Image and Vision Computing*, vol. 28, no. 6, p. 976–990, 2010.
- [12] Hassanalieragh, M., Page, A., Soyata, T., Sharma, G., Aktas, M., Mateos, G, Kantarci, B. and Andreescu, S., "Health Monitoring and Management Using Internet-of-Things (IoT) Sensing with Cloud-based Processing: Opportunities and Challenges," *Proceedings of the IEEE International*

Conference on Services Computing (SCC), 2015.

- [13] A. Pantelopoulos, "A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, vol. 40, no. 1, 2010.
- [14] A. Nazabal, García-Moreno, P., Artés-Rodríguez, A. and Ghahramani, Z., "Human Activity Recognition by Combining a Small Number of Classifiers," *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 20, no. 5, 2016.
- [15] R. Saini and V. Maan, "Human Activity and Gesture Recognition: A Review," in *International Conference on Emerging Trends in Communication, Control and Computing (ICONC3)*, Lakshmanarh, 2020.
- [16] A. Sucerquia, J. D. López and J. F. Vargas-Bonilla, "SisFall: A Fall and Movement Dataset," *Sensors*, vol. 17, no. 1, p. 198, 2017.
- [17] D. Micucci, M. Mobilio and P. Napoletano, "UniMiB SHAR: A Dataset for Human Activity Recognition Using Acceleration Data from Smartphones," *Applied Sciences*, vol. 7, no. 1101, 2017.
- [18] G. Vavoulas, M. Padiaditis, C. Chatzaki, E. Spanakis and M. Tsiknakis, "The mobifall dataset: Fall detection and classification with a smartphone," 2016.
- [19] John C. Dogan and Md Shafaeat Hossain, "A Novel Two-Step Fall Detection Method Using Smartphone Sensors," 2019.
- [20] D. Anguita, A. Ghio, X. Parra, X. Parra and J. L. Reyes-Ortiz, "A Public Domain Dataset for Human Activity Recognition Using Smartphones," in *21th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning*, 2013.
- [21] C. Ronao and S. Cho, "Human activity recognition using smartphone sensors with two-stage continuous hidden Markov models," in *e sensors with two-stage continuous hidden Markov (ICNC)*, 2014.
- [22] M. A. Alsheikh, A. Selim, D. Niyato, L. Doyle, L. Shaowei and H. P. Tan, "Deep Activity Recognition Models with Triaxial Accelerometers," in *The Workshops of the Thirtieth AAAI*, 2016.
- [23] C. Ronao and S. Cho, "Human activity recognition with smartphone sensors using deep learning neural networks," *Expert Systems with Applications*, vol. 59, pp. 235-244, 2016.

- [24] I. Masaya, I. Sozo and N. Takeshi, "Deep Recurrent Neural Network for Mobile Human Activity Recognition With High Throughput," *Artifitial Life Robotics Journal*, vol. 23, pp. 173-185, 2018.

تصميم نظام كشف تسلل شبكي باستخدام

الشبكات العصبونية العميقة المعقدة

طالب الماجستير: م. ملك فيتروني كلية الهك - جامعة البعث

اشراف الدكتور: بسيم عمران

ملخص البحث:

مع التطور العلمي الهائل في مختلف المجالات العلمية والصناعية، ونتيجة لاستخدام الشبكات بمختلف أنواعها (حاسوبية - الاتصالات والمعلومات)، ومن أجل حماية هذه الشبكات من الاختراقات، بدأت الدراسات العلمية لكشف التسلل بمختلف أنواعه. في هذا البحث: 1- تم تصميم نظام كشف تسلل شبكي جديد باستخدام الشبكات العصبونية العميقة المعقدة قادراً على اكتشاف الهجمات السيبرانية، 2- كما تم تدريبه واختباره على مجموعة البيانات المعيارية KDDCUP99 على برنامج **pycharm**، 3- وتم الحصول على نتائج جيدة، 4- إذ تمت مقارنته مع طرائق كشف التسلل باستخدام الشبكات العصبونية العميقة المشابهة وخوارزميات التعلم الآلي التقليدية.

الكلمات المفتاحية

الأمن السيبراني، نظام كشف التسلل، الشبكات العصبونية العميقة المعقدة، التعلم العميق، مجموعة البيانات KDDCUP99، الشبكة الحاسوبية.

Design of a Network Intrusion Detection System Using Complex Deep Neuronal Networks

D. Basim Oumran

Malak Fetaroni

Abstract:

With the tremendous scientific development in various scientific and industrial fields, and as a result of the use of networks of various kinds (computer – communications and information), and in order to protect these networks from penetrations, scientific studies began to detect intrusion of all types. In this research: 1– a new network intrusion detection system has been designed using complex deep neuronal networks capable of detecting cyber–attacks, 2– and it is also trained and tested on the standard dataset KDDCUP99 on pycharm program, 3– good results were obtained, 4– as it was compared with intrusion detection methods using similar deep neuronal networks and traditional machine learning algorithms.

Keywords: Cyber Security, Intrusion Detection System, complex Deep Neural Networks, Deep Learning, KDDCUP99 dataset, Computer Network.

1. مقدمة:

تتعامل شبكات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وأنظمتها مع مختلف بيانات المستخدمين المعرضة لهجمات مختلفة من المتطفلين الداخليين والخارجيين [2]. يمكن أن تكون هذه الهجمات يدوية أو آلية، ولكنها متنوعة، إذ تتطور باستمرار مع تقدم الأجهزة والبرامج وهياكل الشبكات. تطلق الهجمات السيبرانية الخبيثة مشكلات أمنية خطيرة تتطلب الحاجة إلى نظام كشف تسلل (IDS) Intrusion Detection System مرن وموثوق به [2]. يعد IDS تقنية مستخدمة على نطاق واسع للكشف عن التدخلات الداخلية والخارجية التي تستهدف نظامنا، وكذلك الحالات الشاذة. يتضمن نظام IDS مجموعة من الأدوات والآليات لمراقبة نظام الحاسوب وحركة مرور الشبكة. تستخدم تقنيات مختلفة للكشف عن الحالات الشاذة، وفي السنوات الثلاثة الأخيرة تم التحقيق في طرائق التعلم العميق. طرح الباحثون العديد من مناهج التعلم الآلي لكشف التسلل القائم على الشذوذ. مع زيادة استخدام الإنترنت، وظهور سيناريوهات هجوم جديدة أكثر تعقيداً، أصبحت الأساليب التي تعتمد على التعلم الآلي غير فعالة في التعامل مع التحديات الأمنية المتزايدة. أظهرت تقنيات التعلم العميق فعاليتها في استخراج الميزات ومهام التصنيف. يمكن للشبكات العميقة أن تقلل تلقائياً من تعقيد حركة مرور الشبكة بإيجاد الارتباطات بين البيانات دون تدخل بشري، وكذلك يحل مشكلة أنظمة الكشف القائمة على الشذوذ بتخفيض معدل الإيجابيات الكاذبة وزيادة معدل الكشف [1].

2. هدف البحث:

يهدف هذا البحث، إلى تصميم نظام كشف تسلل في الشبكات الحاسوبية وأنظمة تقانة المعلومات والاتصالات، وذلك بالاعتماد على الشبكات العصبونية العميقة المعقدة، للحصول على عملية كشف أفضل.

3. أهمية البحث:

تأمين الشبكات وأنظمة تقانة المعلومات والاتصالات، وحمايتها من الاختراقات والهجمات السيبرانية، وتخفيض الخسائر الناتجة عن الهجمات الإلكترونية والبرمجيات الخبيثة.

4. المواد وطرائق البحث:

يرتكز البحث على ثلاث منظومات أساسية هي: نظم كشف التسلل والشبكات العصبونية العميقة المعقدة وقواعد البيانات.

تم استخدام الآتي:

1. برنامج pycharm ومكتباته لكتابة البرامج اللازمة بلغة python لتصميم النظام المقترح.

2. مجموعة البيانات المعيارية KDD CUP99 لتدريب النموذج المقترح واختباره.

5. الأمن السيبراني ونظام كشف التسلل:

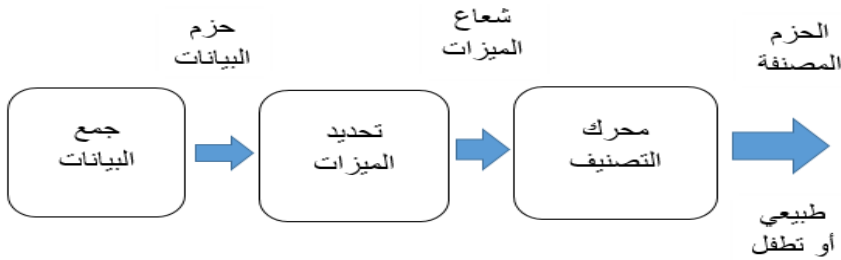
أهم المصطلحات في هذا البحث:

الأمن السيبراني (Cyber Security): هو مفهوم أوسع من أمن المعلومات، ويتضمن تأمين البيانات والمعلومات المتبادلة عبر الشبكات الداخلية أو الخارجية، والتي يتم تخزينها في خوادم داخل أو خارج الشركة من الاختراقات [12].

الشبكة الحاسوبية: عبارة عن شبكة اتصالات حاسوبية مرتبطة ببعضها باستخدام لغات اتصال خاصة تسمى بروتوكولات الشبكة (بروتوكول TCP/IP).

نظام كشف التسلل (IDS): هو برنامج أو تطبيق أمن الحاسوب أو مزيج من كلاهما، والذي يهدف إلى الكشف عن مجموعة واسعة من الانتهاكات الأمنية، إذ يراقب نظاماً أو

شبكة أو أنظمة ضد أي نشاط ضار [4]. تتمثل الوظائف الرئيسية لـ IDSS في مراقبة المضيفين والشبكات وتحليل سلوكيات أنظمة الحاسوب وتوليد التنبيهات والاستجابة للسلوكيات المشبوهة. يتم نشر IDS عادة بالقرب من عقد الشبكة المحمية [2] [3]. يوضح الشكل (1) المكونات الرئيسية لنظام كشف التسلل، إذ تحتوي أنظمة كشف التسلل على ثلاث مكونات رئيسية كما هو موضح في الشكل (1). بناءً على مصادر المعلومات، يتم تصنيف كشف التسلل إلى نظام كشف التسلل المعتمد على الشبكة (NIDS) ونظام كشف التسلل المعتمد على المضيف (HIDS)، إذ في HIDS يتم جمع ملفات السجل عبر أجهزة الاستشعار المحلية. بينما تفحص NIDS كل حزمة محتويات في تدفقات حركة مرور الشبكة. يتم تحليل تدفقات حركة مرور الشبكة باستخدام طرائق الكشف، وهي طرائق الكشف القائمة على سوء الاستخدام/ التوقيع (Signature based Detection) وطرائق الكشف القائمة على الشذوذ (Anomaly based Detection) [2].



الشكل (1): المكونات الرئيسية لنظام كشف التسلل.

يستخدم اكتشاف سوء الاستخدام التوقيعات والفلاتر المحددة مسبقاً للكشف عن الهجمات، ويعتمد على تحديث قاعدة بيانات التوقيع باستمرار. هذه الطريقة دقيقة في الهجمات المعروفة، ولكنها غير فعالة في حالة الهجمات غير المعروفة. يستخدم

اكتشاف الشذوذ آليات الكشف عن الأنشطة الخبيثة غير المعروفة. في معظم الأحيان، ينتج عن الكشف عن الشذوذ معدل إيجابي كاذب مرتفع [2].

6. التعلم العميق:

تتكون نماذج التعلم العميق من شبكات عميقة متنوعة، منها خاضع للإشراف مثل الشبكات العصبونية العميقة (DNNs) Deep Neural Networks و شبكات موجزة عميقة (DBNs) Deep Brief Networks والشبكات العصبونية الالتقافية (CCNs) Convolutional Neural Network والشبكات العصبونية التكرارية (RNNs) Recurrent Neural Networks، ومنها غير خاضع للإشراف مثل المشفرات التلقائية (Auto Encoder) وآلات بولتزمان المقيدة Restricted Boltzmann Machine (RBMs) وشبكات الخصومة التوليدية Generative Adversarial Networks (GANs). تتعلم نماذج التعلم العميق مباشرة تمثيلات الميزات من البيانات الأصلية، مثل الصور والنصوص دون الحاجة إلى هندسة الميزات اليدوية، وبالتالي يمكن تنفيذ طرائق التعلم الآلي بطريقة شاملة. بالنسبة لمجموعة البيانات الكبيرة، تتمتع أساليب التعلم العميق بميزة كبيرة في التعامل معها. في دراسة التعلم العميق، إن التركيز الرئيس هو هندسة الشبكة واختيار المعلمة الفائقة واستراتيجية التحسين. يبين الجدول (1) مقارنة بين خوارزميات التعلم العميق المختلفة [4].

الجدول (1): مقارنة بين نماذج التعلم العميق المختلفة.

المهام	خاضع للإشراف أو غير خاضع للإشراف	أنواع البيانات المناسبة	الخوارزميات
استخراج الميزة خاصية التخفيض تقليل الضجيج	غير خاضع للإشراف	البيانات الخام شعاع الميزات	Auto encoder
استخراج الميزة خاصية التخفيض تقليل الضجيج	غير خاضع للإشراف	شعاع الميزات	RBM

استخراج الميزة التصنيف	خاضع للإشراف	شعاع الميزات	DBN
استخراج الميزة التصنيف	خاضع للإشراف	شعاع الميزات	DNN
استخراج الميزة التصنيف	خاضع للإشراف	البيانات الخام شعاع الميزات المصفوفات	CNN
استخراج الميزة التصنيف	خاضع للإشراف	البيانات الخام شعاع الميزات بيانات التسلسل	RNN
زيادة البيانات تدريب الخصومة	غير خاضع للإشراف	البيانات الخام شعاع الميزات	GAN

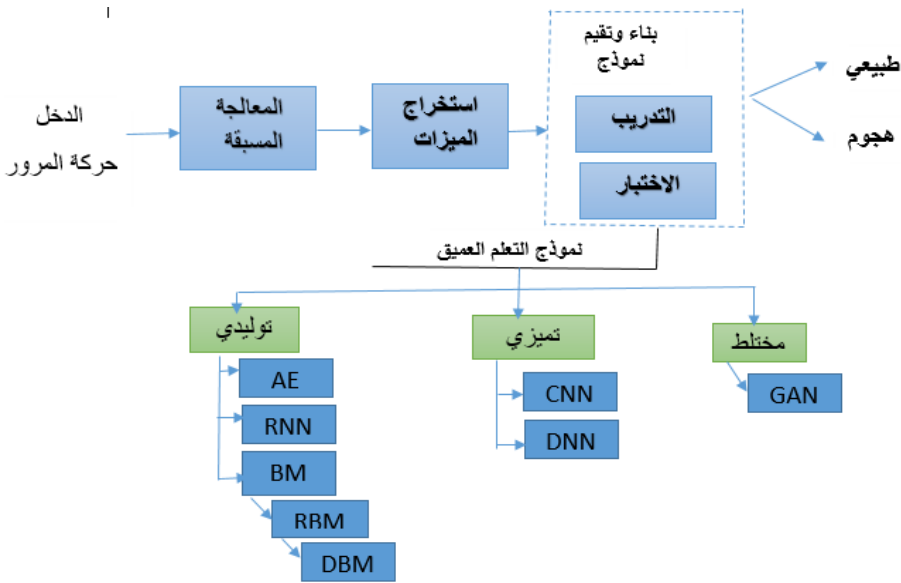
7. نظام كشف التسلسل القائم على التعلم العميق:

يوضح الشكل (2) نظام الكشف المعتمد على التعلم العميق [1]. حيث يتكون من عدة مراحل هي:

1. الدخول أو حركة المرور: البيانات هي المكون الأساسي عند تقييم أي IDS. يمكن جمع البيانات من مختلف المصادر، بما في ذلك سجلات المضيف وحركة مرور الشبكة.
2. المعالجة المسبقة أو التحضيرية للبيانات: تفيد المعالجة التحضيرية غالباً، في إزالة البيانات المكررة، والبيانات غير الكاملة، وتحويل البيانات إلى شكل موحد. تتضمن في أغلب الأحيان كل من الخطوات التالية: حذف السجلات المتكررة، وتحويل البيانات الرمزية إلى بيانات رقمية.

3. استخراج الميزات: أي تحليل حركة مرور الشبكة باستخدام أدوات محددة، إذ تستخدم أدوات استخراج الميزات لإنشاء مجموعات البيانات، ومن هذه الأدوات Argus.

4. نموذج كشف التسلل: يتم تصميم نموذج كشف التسلل باستخدام أحد خوارزميات التعلم العميق، ومن ثم تدريبه واختباره، ليقوم بتحديد نوع سجل الاتصال هل هو سجل طبيعي أو هجوم.



الشكل (2): نظام الكشف المعتمد على التعلم العميق.

يتم تقييم فعالية IDS من خلال قدرته على التصنيف الصحيح، أي القدرة على تحديد الصنف الذي ينتمي إليه سجل الاتصال طبيعي أم هجومي. عند مقارنة نتيجة تصنيف السجل مع الواقع الفعلي، نجد أربع حالات مختلفة بينها الجدول (2) الذي يعبر عن مصفوفة الاضطراب التي تعد من أهم الوسائل المستخدمة في عملية تقييم أداء IDS [10].

الجدول (2): مصفوفة الاضطراب.

تم التنبؤ أن الحدث سلبى Predicted Negative	تم التنبؤ أن الحدث إيجابي Predicted Positive	
FN	TP	الحدث بالفعل إيجابي Actual Positive
TN	FP	الحدث بالفعل سلبى Actual Negative

الإيجابيات الصحيحة TP: عدد السجلات المصنفة بشكل صحيح إلى الفئة العادية.
السلبيات الصحيحة TN: عدد سجلات الاتصال المصنفة بشكل صحيح في فئة الهجوم.
الإيجابيات الخاطئة FP: عدد السجلات العادية المصنفة بشكل خاطئ في سجل الهجوم.

السلبيات الخاطئة FN: عدد سجلات اتصال الهجوم المصنفة بشكل خاطئ في سجل الاتصال العادي [2].

استنادًا إلى المصطلحات السابقة، يتم النظر في مقاييس التقييم الأكثر استخدامًا الآتية:
Accuracy: يقدر نسبة سجلات الاتصال المعترف بها بشكل صحيح إلى مجموعة بيانات الاختبار بأكملها، العلاقة (1).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

حيث: TP: الإيجابيات الصحيحة، TN: السلبيات الصحيحة، FP: الإيجابيات الخاطئة، FN: السلبيات الخاطئة [2].

Precision: تقدر نسبة سجلات اتصال الهجوم المحددة بشكل صحيح إلى عدد جميع سجلات اتصال الهجوم المحددة، العلاقة (2).

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

حيث: TP: الإيجابيات الصحيحة، FP: الإيجابيات الخاطئة [2].

المعدل الإيجابي الحقيقي (TPR): يطلق عليه أيضًا Recall. ويقدر نسبة سجلات اتصال الهجوم المصنفة بشكل صحيح إلى العدد الإجمالي لسجلات اتصال الهجوم، العلاقة (3).

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

حيث: TP: الإيجابيات الصحيحة، FN: السلبيات الخاطئة [2].

المعدل الإيجابي الكاذب (FPR): إنه يقدر نسبة سجلات الاتصال العادية التي تم وضع علامة عليها كمهاجمة إلى العدد الإجمالي لسجلات الاتصال العادية، العلاقة (4).

$$FPR = \frac{FP}{TN + FP} \quad (4)$$

حيث: FP: الإيجابيات الخاطئة، TN: السلبيات الصحيحة [2].

F1-Score: تسمى أيضاً باسم F1-Measure، وهي عبارة عن محدد يتعلق بكل من Precision و Recall من خلال العلاقة (4).

$$F1 - Score = 2 \times \left(\frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \right) \quad (4)$$

حيث Precision: الدقة، Recall: المعدل الإيجابي الحقيقي [2].

8. مجموعة البيانات KDD CUP99:

تم إنشاؤها بسبب الحاجة إلى مجموعة بيانات مناسبة لاختبار أنظمة كشف التسلل بواسطة مختبر MIT Lincon باستخدام 1000 من أجهزة UNIX و 100 من مستخدمي الوصول إلى هذه الأجهزة، وقد تم تصميمها لتكون مجموعة بيانات المحاكاة عام 1998. بشكل عام، تتضمن مجموعة البيانات القياسية KDDCUP99 حوالي 5 ملايين من سجلات الاتصال، تنقسم إلى سجلات تدريب وسجلات اختبار. يتضمن كل سجل اتصال 41 ميزة يمكن تصنيفها على أنها ميزات أساسية، وهي 9 ميزات (1...9)، وميزات محتوى، وهي 13 ميزة (10...22)، وميزات حركة مرور (23...41)، يمكن تصنيف السجلات في مجموعة البيانات هذه إلى 5 فئات رئيسية، 4 منهم هجوم و1 هو عادي.

• عادي: بيانات نوع غير الهجوم.

• أنواع الهجوم: DOS (رفض الخدمة)، والتحقق (التحقق الهجمات)، و R2L (الجزر إلى المحلية) و U2R (المستخدم إلى الجذر).

الهجمات هي 22 نوعاً، وكل ينتمي إلى فئة الهجوم أعلاه. تحتوي KDD Cup99 على بيانات رقمية (بتسويق رقم ثنائي وحقيقي) ومعلومات نصية (محارف) حول فئات الطلب. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي هذه البيانات على ميزة إضافية واحدة في النهاية لإظهار تسمية البيانات سواء كان ذلك من التسلل أم لا [9] [3]. قاعدة البيانات هذه مدروسة بشكل كبير وتفصيلي في المرجع [11].

سجل طبيعي:

0,tcp,http,SF,239,486,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,8,8,0.00,0.00,
,0.00,0.00,1.00,0.00,0.00,19,19,1.00,0.00,0.05,0.00,0.00,0.00,0
.00,0.00,normal.

سجل هجوم:

معدل دقة الكشف %96. من سلبيات هذا النموذج، أنه لم يتم أخذ جميع الميزات في مجموعة البيانات (32 من أصل 41 ميزة).

3- استخدم (Vigneswaran et al;2018) [7] الشبكات العصبونية العميقة DNNs للتنبؤ بالهجمات على نظام كشف التسلل إلى الشبكة (N-IDS)، وقد تم استخدام مجموعة بيانات KDDCup-99. أظهرت النتائج أن بنية DNN من 3 طبقات مخفية أداؤها متفوق على جميع الخوارزميات الكلاسيكية الأخرى وخوارزميات التعلم بعد المقارنة. حيث كانت دقة الكشف 0.92 و 0.91 و Recall=0.95 و f1-score=.

4- استخدم (VINAYAKUMAR et al;2019) [2] شبكة عصبية عميقة DNN لتطوير IDS لاكتشاف الهجمات السيرانية وتصنيفها باستخدام مجموعة بيانات KDDCup 99. يقترح هذا العمل بنية DNN تكون من طبقة إدخال و 5 طبقات مخفية وطبقة إخراج. أظهرت معظم طوبولوجيا شبكة DNN دقة التدريب في النطاق من 95% إلى 99%. من سلبيات هذا النموذج، أنه يحتاج إلى وقت تدريب كبير من أجل الحصول على بنيته طوبولوجيا شبكة مثلى.

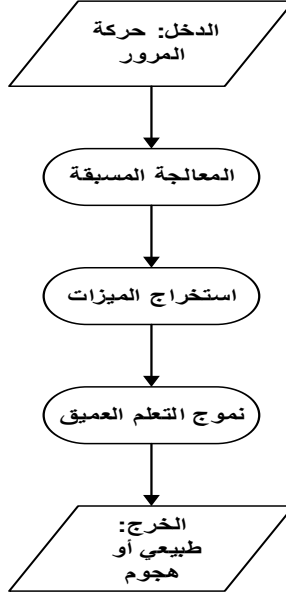
5- استخدم (Alsughayyir *et all* ;2019) [8] التعلم العميق لتطوير نظام كشف هجمات الشبكة، إذ استخدم تقنية التشفير التلقائي Auto-encoder لتصنيف السلوك الطبيعي من السلوك الشاذ على الشبكة استناداً إلى مجموعة البيانات NSL-KDD. أظهرت النتائج أن المقترح يتفوق على الأساليب الكلاسيكية بدقة %99 للتدريب و 91.28% لمرحلة الاختبار. هذا المقترح بحاجة إلى محاولة تضمين المزيد من أساليب التعلم العميق وتطبيق خوارزميات التعلم العميق على حركة مرور الشبكة في الوقت الحقيقي.

10. النظام المقترح:

في هذا البحث، تم تصميم شبكة تعلم عميقة معقدة للحصول على عملية كشف تسلل أفضل من شبكات التعلم العميقة العادية، إذ اعتمدت في هذا التصميم على إدخال البيانات حسب أهميتها وتسلسلها إلى شبكات عصبونية عميقة مكونة من مجموعة طبقات خفية بشكل غير متساوٍ لجميع البيانات.

البيانات التي يتم تداولها عبر الشبكة بغض النظر عن نوعها تحتاج إلى معالجة مسبقة، ومن ثم استخراج الميزات منها لتذهب بعدها إلى عملية التصنيف والتقرير ما إذا كانت طبيعية أو شاذة. إن إنشاء قاعدة بيانات لمصنع أو شركة محددة والقيام باستخراج الميزات منها يعتبر قاعدة بيانات لا يمكن الاستفادة منها في أنظمة كشف التسلل العالمية من أجل المقارنة. لذلك، تم القيام بإنشاء قاعدة بيانات ضخمة تحاكي شبكة حاسوبية مكونة من 1000 حاسوباً متصلة عبر بروتوكول TCP/IP تحتوي على كافة أنواع الهجمات التي يمكن أن تهدد الشبكات سواء في مجموعة التدريب منها أو الاختبار. قاعدة البيانات هذه تم استخلاص الميزات منها، وأصبح لكل سجل اتصال 41 ميزة، وكل ميزة تعبر عن نوع مختلف. منها الميزات الأساسية، وهي 9 أنواع ورقمها التسلسلي (9..1)، مثل مدة الاتصال ونوع البروتوكول عدد البايتات المنقولة والعلم الذي يشير إلى الحالة الطبيعية أو حالة الخطأ للاتصال، توفر هذه السمات معلومات لأغراض تحليل البروتوكول. ميزات المحتوى وهي 13 نوعاً ورقمها التسلسلي (22..10)، وهذه السمات تعكس سلوك التطفل مثل عدد حالات فشل تسجيل الدخول، من محتوى البيانات. وميزات حركة المرور المستندة إلى الوقت، وهي 19 نوعاً ورقمها التسلسلي (41..23)، وهذه السمات تعكس الاتصالات بين السجل الحالي والسجل في الفترات الزمنية السابقة. تعتبر هذه المعلومات مهمة بالنسبة لإرسال البيانات، لذلك عملية استخلاص الميزات مهمة جداً قبل مرحلة التصنيف / الكشف التي تتم باستخدام نموذج

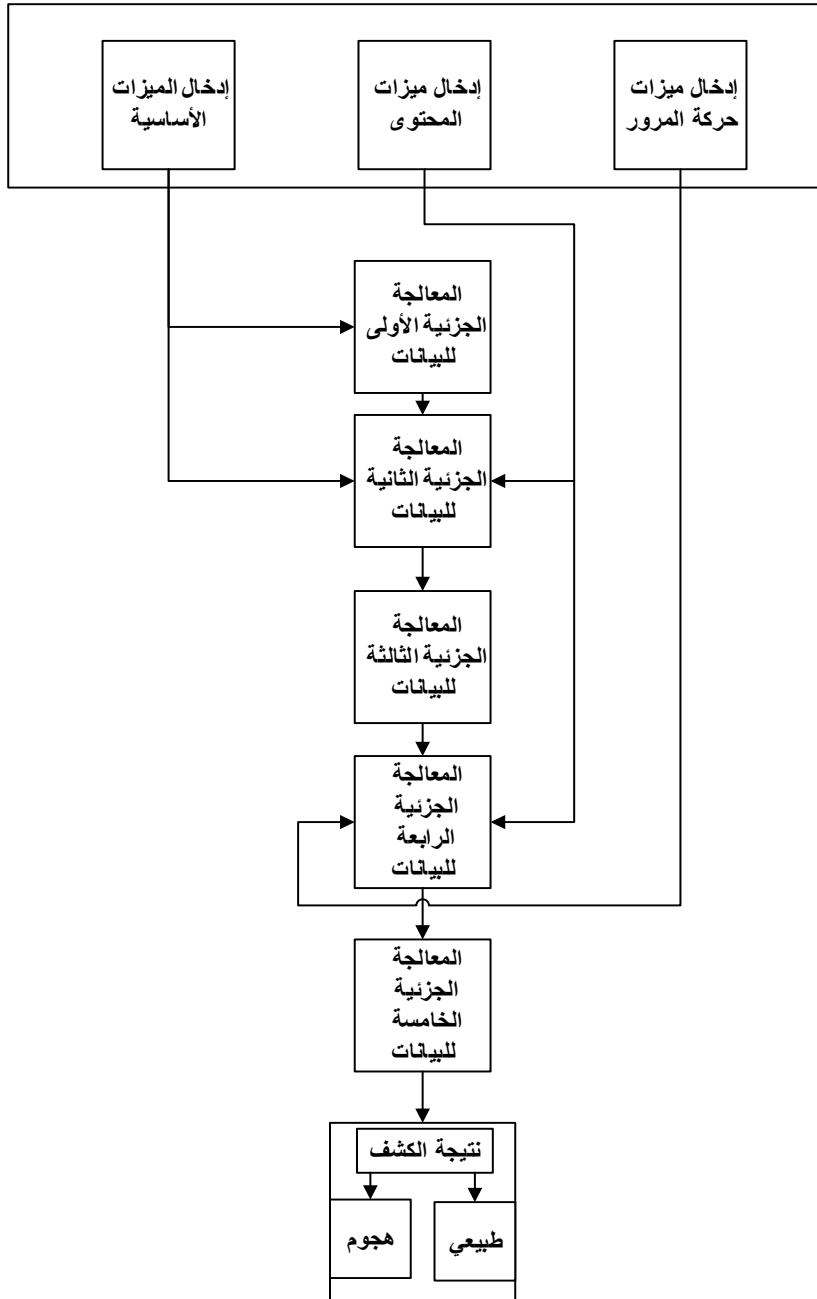
التعلم العميق كما هو موضح في الشكل (3). لذلك، لتقييم نماذج التصنيف / الكشف يجب اختبارها على مجموعة البيانات المعيارية نفسها، وهي KDD CUP99.



الشكل (3): المخطط الصندوقي لنظام كشف التسلل.

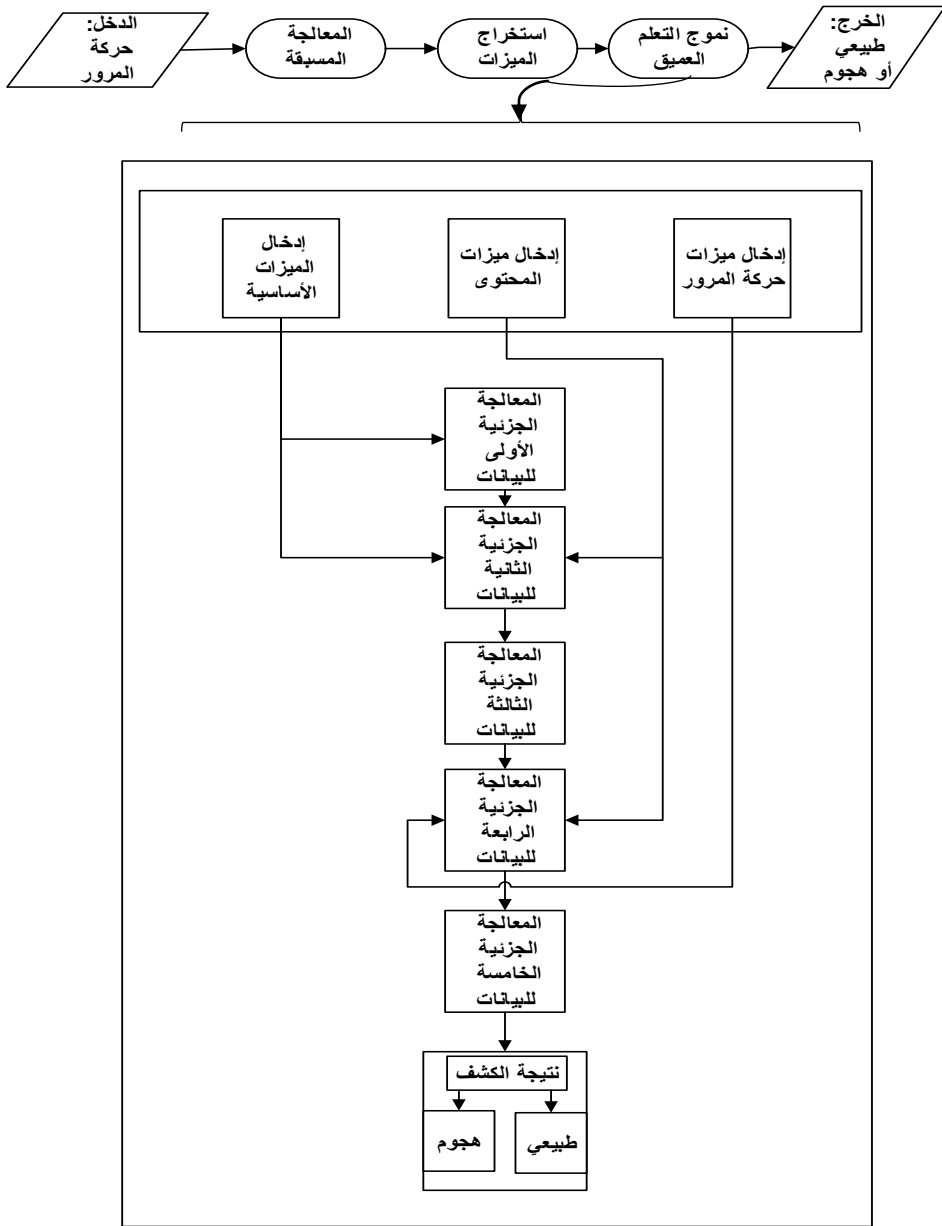
في مرحلة الكشف باستخدام التعلم العميق، تم في هذا البحث تصميم نظام كشف تسلل جديد باستخدام الشبكات العصبونية العميقة اعتماداً على قاعدة البيانات KDD CUP99 التي تحتوي على الميزات، إذ تبعاً لميزاتها التي هي عبارة عن 41 ميزة مقسمة إلى ميزات أساسية (1...9) وميزات محتوى (10...22) وميزات حركة المرور (23...41) بدلاً من إدخال كامل الميزات إلى نظام التعلم العميق دفعة واحدة. تم اقتراح طريقة جديدة للتصميم، تتم فيها عملية الإدخال على مراحل. بما أن الميزات مقسمة إلى ثلاثة أقسام تم الاقتراح على أن يتم إدخالها على ثلاث مراحل تبعاً لتسلسل الميزات وأهميتها. تعتبر الميزات الأساسية هي الأهم، لذلك يتم إدخالها أولاً إلى النظام ليتم معالجتها بشكل جزئي في مرحلة المعالجة الأولى للبيانات، والتي هي عبارة عن الطبقات الخفية (1 و 2) المكونة من (16,64) عصبوناً على التوالي. في مرحلة

المعالجة الجزئية الثانية للبيانات، والتي هي عبارة عن الطبقة الخفية الثالثة، يتم إدخال ميزات المحتوى، وكذلك الميزات الأساسية قبل المعالجة الجزئية الأولى وبعدها، لتصبح الطبقة المخفية طبقة مدخلات أيضاً مكونة من 86 عصبون، إذ خرج مرحلة المعالجة الجزئية الثانية يكون دخلاً لمرحلة المعالجة الجزئية الثالثة، والتي هي عبارة عن الطبقات الخفية (5 , 4) المكونة من (86,128) عصبوناً على التوالي وفي مرحلة المعالجة الجزئية الرابعة، والتي هي عبارة عن الطبقة الخفية السادسة يتم إدخال ميزات حركة المرور، وكذلك الميزات القادمة من مرحلة المعالجة الجزئية الثالثة وميزات المحتوى وهي مكونة من 160 عصبوناً، إذ خرج مرحلة المعالجة الجزئية الرابعة هو دخل لمرحلة المعالجة الجزئية الخامسة، والتي عبارة عن الطبقات الخفية (8,7) المكونة من (256,128) عصبوناً على التوالي، والتي تعتبر آخر عملية معالجة بهذه الحالة تكون قد اكتملت عملية معالجة البيانات لتذهب إلى مرحلة التصنيف في طبقة الخرج المكونة من عصبون يقرر النتيجة إما أن يكون تسلاً أو هجوماً كما هو موضح في الشكل (4). يكون خرج كل عصبون في أية مرحلة معالجة عبارة عن قيم الدخل لهذا العصبون مضروبة بالأوزان، فإذا كان المجموع الموزون لقيم الدخل أكبر من قيمة معينة تدعى العتبة فإنه يتفعل العصبون (حسب تابع التفعيل المستخدم) ويرسل إشارة.



الشكل (4): مخطط تفصيلي لنظام كشف التسلل المعتمد على التعلم العميق.

وبالتالي يكون المخطط الصندوقي لنظام كشف التسلل المقترح كما في الشكل (5).

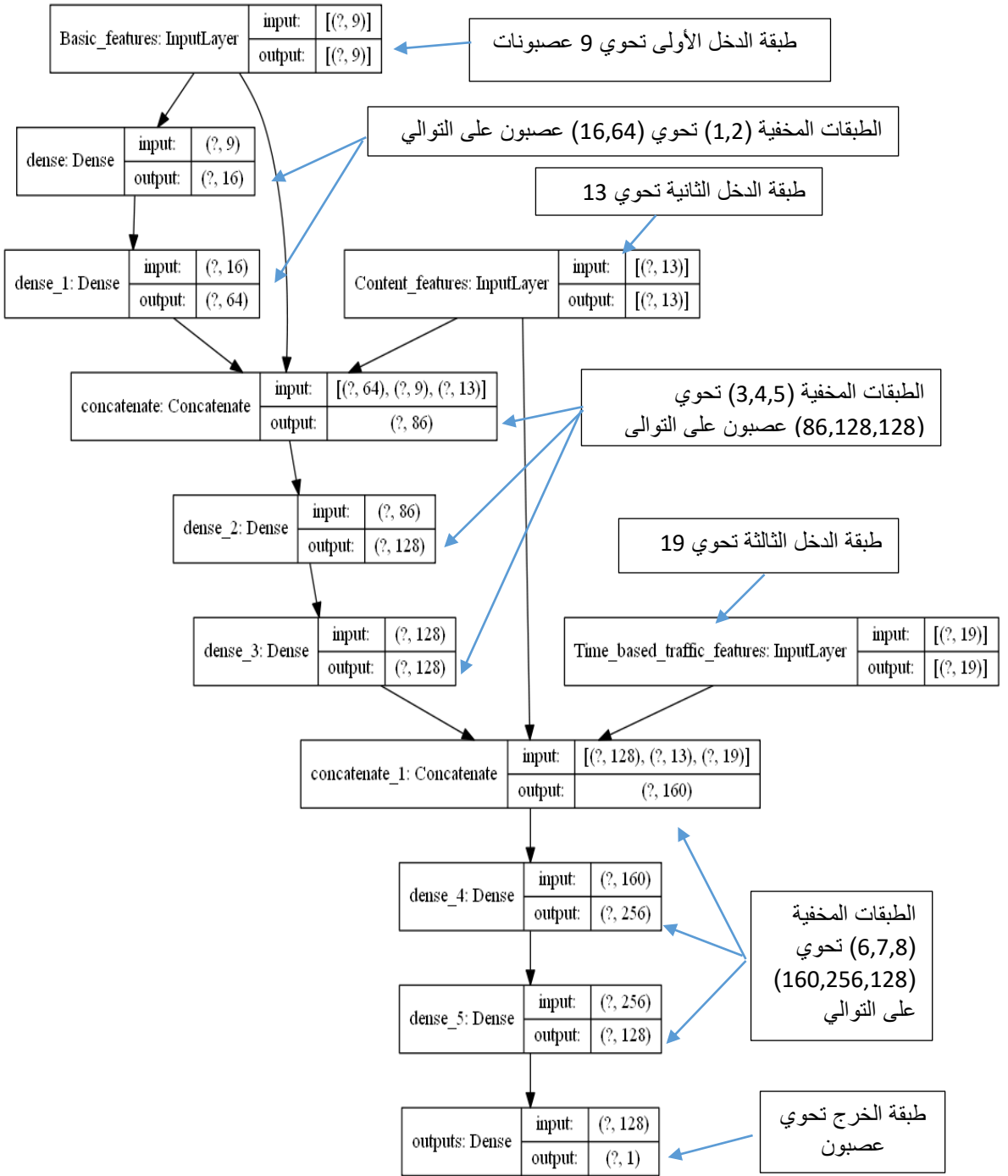


الشكل (5): المخطط الصندوقي لنظام كشف التسلل المقترح عصبونات، بما أن

فقد تم استخدام برنامج pycharm المصمم للتعامل مع التعلم العميق لتصميم البنية

المقترحة. يوضح الشكل (6) بنية الشبكة العصبونية العميقة المعقدة المقترحة وعدد العصبونات في كل طبقة ودخل وخرج كل طبقة، إذ تم استخدام تابع التنشيط relu في الطبقات الخفية لأنها أكثر كفاءة ولديها القدرة على تسريع عملية التدريب بالكامل، وتابع التنشيط sigmoid في طبقة الخرج، وذلك لطبيعته المستخدمة في الفصل الثنائي، حيث يرجع بخرجه 0 أو 1. نظراً لأن الميزات الأساسية يبلغ عددها 9 ميزات، فقد تم مضاعفة عدد العصبونات في الطبقة الخفية 16 عصبوناً، وهو أقرب عدد بالاس الثنائي 2^n ، ولتقليل تعقيد الشبكة ووقت التدريب، فقد اختصرنا طبقة خفية من الطبقات، لذلك تم مضاعفة عدد العصبونات في الطبقة الخفية التالية إلى 64 عصبوناً مباشرة، وتم اختصار طبقة 32 عصبون، إذ أنه في البداية تم اختصار طبقة 64 عصبوناً، لكن النتائج لم تكن مرضية، وبالمثل لباقي الطبقات الخفية. تم الحفاظ على التعلم ثابتاً عند 0.01، بينما يتم تحسين البارامترات الأخرى. وتم تدريب المقترح 10 مرات واستغرقت عملية التدريب ساعة واحدة تقريباً على معالج CORE i3. إشاره الاستفهام في البنية المقترحة تعني النموذج قبل إدخال البيانات إليه و Input Layer هي طبقة الدخل وDense، هي طبقة مخفية و Output هي طبقة الخرج.

تصميم نظام كشف تسلل شبكي باستخدام الشبكات العصبونية العميقة المعقدة



الشكل 6: بنية الشبكة العصبونية العميقة.

11. النتائج والمقارنة:

لتقييم النموذج المقترح، تم إعادة تطبيق الخوارزميات الكلاسيكية وتدريب الشبكة العصبونية العميقة العادية، وكذلك الشبكة العصبونية العميقة المعقدة المصممة على مجموعة البيانات KDDCup-99، وبعد اكتمال التدريب تم إعادة مقارنة جميع النماذج. يوضح الجدول (4) نتائج اختبار النموذج الجديد المقترح بعد التدريب ومقارنته مع نتائج الخوارزميات الأخرى التي تم إعادة تطبيقها.

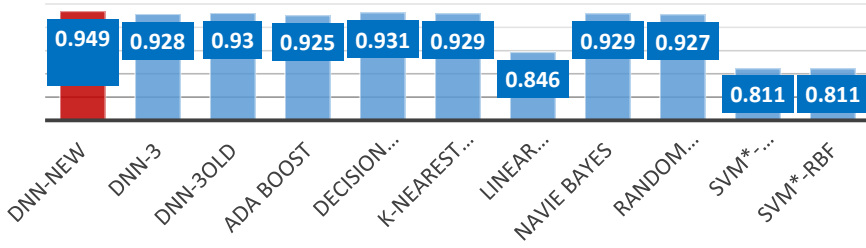
الجدول (4): نتائج اختبار النموذج الجديد ومقارنته مع الخوارزميات الأخرى.

Algorithm	Accuracy	Precision	Recall	f1score	FPR
DNN-New	0.949	0.999	0.915	0.955	0.001
DNN-3	0.928	0.999	0.915	0.956	0.001
Ada Boost	0.925	0.995	0.911	0.951	0.005
Decision Tree	0.931	0.999	0.915	0.955	0.001
K-Nearest Neighbour	0.929	0.998	0.913	0.954	0.002
Linear Regression	0.846	0.988	0.819	0.896	0.012
Navie Bayes	0.929	0.988	0.923	0.955	0.012
Random Forest	0.927	0.999	0.910	0.953	0.001
SVM-Linear	0.811	0.994	0.770	0.868	0.006
SVM-rbf	0.811	0.992	0.772	0.868	0.008

من الجدول (4)، نجد أن خوارزمية أشجار القرار أفضل من حيث الدقة من الشبكة العصبونية العميقة العادية، بالرغم أن عدد مرات التدريب ذاتها المستخدمة في الدراسة السابقة [7] ، ولكن نلاحظ تفوق الشبكة العميقة الجديدة على الشبكة العميقة العادية وجميع خوارزميات التعلم الآلي الكلاسيكية الأخرى. هذا بسبب قدرة DNNs على

استخراج البيانات والميزات ذات التجريد العالي، بالإضافة إلى توزيع الدخل الذي يخفف العبء على الشبكة. عدم الخطية للشبكات يضاف إلى الميزة عند مقارنته بالخوارزميات الأخرى. أعطت أفضل دقة على الرغم من عدد مرات التدريب قليلة (10)، أي استغرقت زمناً أقل، في حين تم تدريب الشبكة العصبونية العميقة العادية 1000 للحصول على دقة 0.93 مع زمن تدريب كبير. مع العلم أن الشبكة المصممة احتمالية انهيارها ضئيل مهما زاد عدد مرات التدريب بسبب توزيع الدخل. توضح المخططات الآتية مقارنة كل متغير من المتغيرات، الشكل (7).

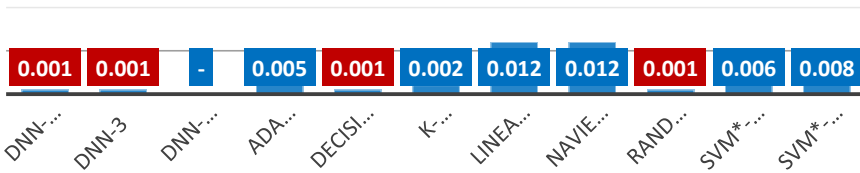
Accuracy



الشكل (7): مقارنة الدقة Accuracy.

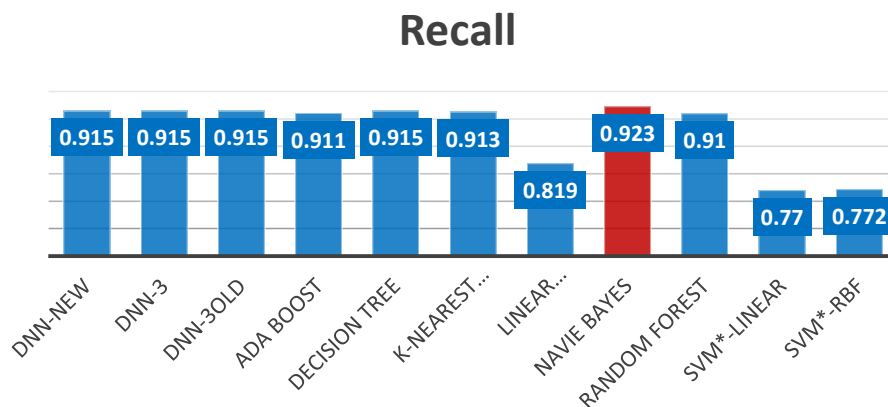
نلاحظ من الشكل (7)، أن النموذج المقترح حصل على أفضل دقة 0.949 مقارنة بالخوارزميات الأخرى.

FPR



الشكل (8): مقارنة معدل الإيجابيات الكاذبة.

نلاحظ من الشكل (8)، النموذج المقترح حصل على معدل إيجابيات كاذبة 0.001 تعتبر قيمة منخفضة جدا ولكن هناك خوارزميات قامت بتحقيقها.



الشكل (9): مقارنة معدل الإيجابيات الحقيقية.

تفوقت خوارزمية Navie Bayes في الحصول على أعلى معدل إيجابيات حقيقة، وهي 0.923 ولكن النموذج المقترح حقق قيمة 0.915.

13. الخاتمة والمقترحات:

شبكات التعلم العميق أثبتت فعاليتها في أنظمة كشف التسلل لاكتشاف الهجمات على الشبكة، إذ حققت دقة كشف عالية مقارنة مع طرائق التعلم الآلي. يعتبر نظام الكشف القائم على الشبكة العميقة المعقدة الذي تم اقتراحه في هذا البحث أفضل إلى حد ما من حيث قدرته على تمييز حركة المرور العادية عن الشاذة. لزيادة الدقة يجب تدريب النموذج المقترح أكثر.

14. المراجع:

- [1] ALDWEESH.A, DERHAB.A, EMAM.A.Z,2019–“Deep Learning Approaches for Anomaly–Based Intrusion Detection Systems: A Survey, Taxonomy, and Open Issues”. Knowledge–Based Systems, VOL.189.19, P.37.<https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.105124>
- [2] VINAYAKUMAR.R, ALAZAB.M, SOMAN.K.P, 2019 –“Deep Learning Approach for Intelligent Intrusion Detection System”, IEEE ACCESS VOL.7.197, pp. 41525–41550.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2895334>
- [3] KARATAS.G, DEMIR.O, SAHINGOZ.O.K, 2018–“Deep Learning in Intrusion Detection Systems”, IEEE International Congress on Big Data, Deep Learning and Fighting Cyber Terroris VOL..32, PP.113–116. [doi: 10.1109/IBIGDELFT.2018.8625278](https://doi.org/10.1109/IBIGDELFT.2018.8625278)
- [4] LIU.H and LANG.B,2019 – “Machine Learning and Deep Learning Methods for Intrusion Detection Systems: A Survey”, Applied Sciences , VOL.9(20), PP.4396
- [5] YIN.CH, ZHU.Y, FEI.J, HE. X, 2017–“A Deep Learning Approach for Intrusion Detection Using Recurrent Neural Networks”, IEEE ACCESS , VOL.5.551, PP. 21954– 21961.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2762418>
- [6] HUI LIN.W, CHUNG LIN. H. WANG. P, HUA WU. B, YING TSAI. J,2018– Using Convolutional Neural Networks to Network

Intrusion Detection for Cyber Threat, IEEE computer science, VOL..32,PP.11071110.<https://doi.org/10.1109/ICASI.2018.8394474>

[7] VIGNESWARA. R, KP. S, POORNACHANDRAN. P, 2018– Evaluating Shallow and Deep Neural Networks for Network Intrusion Detection Systems in Cyber Security, IEEE Communications and Informatics(ICACCI),VOL..34,p.6.<https://doi.org/10.1109/ICACCI.2018.8494096>

[8] ALSUGHAYYIR.B, QAMAR.A.M, KHAN.R, 2019– Developing a Network Attack Detection System Using Deep Learning, IEEE computer science , VOL..32, P.5.
<https://doi.org/10.1109/ICCISCI.2019.8716389>

[9]DDCup1999Data.2001
<https://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99/kddcup99.html>.

[10] DR.ALAHMAD.H,IBRAHIME.R,2017–“Using Neural Networks to Build an Intrusion Detection System based on Standard Dataset (KDD99)”,Engineering Sciences Series Vol. (93) No. (5),pp 287–310.

[11]https://www.arabicprogrammer.com/article/7432839791/#KDD_CUP_67 12\1\20021.

[12] DR. SUMEET DUA AND DR. XIAN DU, 2011– Data Mining and Machine Learning in Cybersecurity. New York, p.248.

