

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 25

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

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
52-11	أ.د. محسن حسين م. نورة تركاوي	تمثيل شيفرة المصدر بصيغة <i>RDF</i> وإستخدامها في الاستدلال المنطقي عبر <i>Reasoner</i> دلالي لتحديد المتحولات المشبوهة
76-53	د. فريز عبود د. محمد الحريري ميس محمد	دراسة طرائق لتصميم دارات مواعمة عريضة الحزمة لمكبرات الاستطاعة المستخدمة في تطبيقات الأمواج المترية والديسيمترية
104-77	م. حسن أحمد ميلاد د. علي ذياب	دراسة وتحسين أداء خوارزميات الإخفاء ضمن ملفات الفيديو
126-105	الدكتور: بسام القسام	أداء انتقال الحرارة لمبادل حراري في دارة مطبوعة ذو قناة موجهة وتأثير عامل التموج

تمثيل شيفرة المصدر بصيغة RDF واستخدامها في

الاستدلال المنطقي عبر Reasoner دلالي لتحديد

المتحولات المشبوهة

طالبة الماجستير: م.نورة تركاوي

قسم هندسة النظم والبرمجيات - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث

إشراف: أ.د.محسن حسين

المخلص

انتشرت تطبيقات الويب بشكل كبير وأصبحت عصب الحياة، وزاد الاعتماد عليها في كل مجالات الحياة في ظل الانفتاح الذي يشهده العالم في الوقت الحالي، ومع كل المزايا التي تقدمها شبكة الانترنت تظهر بعض التحديات التي تدفع المطورين إلى إيجاد الحلول لها، ومن أهم هذه التحديات تنوع التطبيقات من حيث اللغة المكتوبة بها إضافة إلى جعلها آمنة وموثوقة، وقد ظهرت العديد من التقنيات التي تبحث في هذه المجالات.

وفي بحثنا هذا انطلقنا من الويب الدلالي الذي ظهر برؤيته التي تعتمد على فهم مدلولات ومعاني البيانات واعتماده على تمثيل البيانات من مختلف المصادر وجعلها بصيغة مفهومة من قبل البشر والآلة على حد سواء، مما جعل من المجدي العمل على إيجاد آلية لتحويل شيفرة المصدر لتطبيقات الويب إلى هذه الصيغة لتخطي حاجز اختلاف لغات البرمجة، ولتحقيق ذلك وانطلاقاً من شيفرة المصدر وملف تعريف اللغة الخاص بلغة شيفرة المصدر سنقوم باستخدام الأداة ANTLR لتوليد شجرة التحليل parse tree والتي تسمى (Concrete Syntax Tree) CST، ومن ثم تحويل هذه

دلالي Reasoner واستخدامها في الاستدلال المنطقي عبر RDF تمثيل شيفرة المصدر بصيغة
لتحديد المتحولات المشبوهة

الشجرة إلى صيغة وسيطة XML، وعبر مجموعة من الخوارزميات سنصل إلى ملف
شيفرة المصدر مكتوب بصيغة RDF.

واستفدنا في بحثنا من هذه الصيغة في معالجة أحد التحديات الأمنية الكامن في
ضعف التحقق من بيانات الدخل اعتماداً على تقنيات الاختبار المتمثلة بالتحليل
الستاتيكي للكود عن طريق تمثيل مجموعة من نماذج الكود التي تشكل نقاط دخول
محتملة قد تهدد النص البرمجي وفق صيغة RDF وصياغة القواعد التي تصفها هذه
النماذج، ومن ثم الاعتماد على تقنيات الويب الدلالي في الاستدلال (Reasoning)
لتحديد المتحولات المشبوهة (Tainted) والتي قد تشكل خطراً على الكود.

كلمات مفتاحية: الويب الدلالي، الاستدلال المنطقي، لغة توصيف المصادر،

شيفرة المصدر، شجرة التحليل، التحليل الستاتيكي.

Representing the source code in RDF format and using it in Inference via Reasoning to determine Taint variables

Abstract

Web applications have spread widely and have become the backbone of life, and reliance on them has increased in all areas of life in light of the openness that the world is witnessing at the present time, and with all the advantages offered by the Internet, some challenges appear that push developers to find solutions to them, and among the most important of these challenges is the diversity of applications In terms of the language it is written in as well as making it safe and reliable, many technologies have emerged that research these areas.

In our research, we set out from the Semantic Web, which emerged with its vision that depends on understanding the implications and meanings of data and its dependence on representing data from various sources and making it in a form understandable by both humans and machines, which made it feasible to work on finding a mechanism to convert the source code of web applications into these The syntax to overcome the barrier of different programming languages, and to achieve this, based on the source code and the language definition file of the source code language, we will use the ANTLR tool to generate a parse tree called CST (Concrete Syntax Tree), and then convert this tree into an XML intermediate form, and through a set of Algorithms We will access a source code file written in RDF format.

we benefited from this formula in addressing one of the security challenges inherent in the weakness of verification of income data based on testing techniques represented by static analysis of the code by representing a group of code samples that constitute potential entry points that may threaten the script according to the RDF format and formulating the rules that these describe Models, and then rely on semantic web techniques in reasoning to identify suspicious variables that may pose a threat to the code.

Keywords: Semantic Web, Reasoning, RDF, Source code, CST, Static Analysis, Tainted Variables.

1. مقدمة

يتسابق مطورو الويب والشركات البرمجية في تقديم لغات برمجية جديدة وتطوير تطبيقات مختلفة مما يجعل شبكة الويب شديدة التنوع من حيث اللغات الموجودة ضمنها، وهذا التنوع يخلق معه تحديات عديدة خاصة عندما يتعلق الأمر بضبط أمن التطبيقات وحمايتها من هجمات المخترقين، وبالتالي ومع تعدد التطبيقات وتعدد البيئات واللغات المكتوبة بها، فإنه من الصعب إيجاد حل قابل للتطبيق بشكل فعال وعلى جميع التطبيقات، وفي إطار السعي لإيجاد الحل ووفقاً لمشروع¹ SHIELDS الذي يهدف إلى ردم الهوة بين الخبراء الأمنيين ومطوري التطبيقات عبر تقليل فرص وجود الثغرة أثناء كتابة التطبيق [14]، فإن إحدى الخيارات لتحقيق ذلك يكمن في عملية فحص الكود (Inspection) أو الاختبار القائمة على مراجعة الكود، والتي يندرج التحليل الستاتيكي للكود ضمنها، وهو يقوم على اختبار منطق الكود وسلوكه من أجل كل مسار ممكن من مسارات التطبيق مثل المترجم (compiler)[2].

ولتطبيق التحليل الستاتيكي في ظل تعدد اللغات المستخدمة في كتابة تطبيقات الويب، فإن إيجاد صيغة معينة لتمثيل هذه التطبيقات يعتبر خطوة مساعدة، وبوجود الويب الدلالي - الذي يتيح عمليات الاستدلال المنطقي - اتجهنا لتكون هذه الصيغة هي RDF، لذلك سنقوم في هذا البحث بتقديم الخوارزميات اللازمة لعملية تحويل النص البرمجي المكتوب باللغات المختلفة إلى هذه الصيغة تمهيداً لاستخدامها في التحليل الستاتيكي موضحين كيفية الاستفادة منها في هذا المجال.

1. <https://torsec.github.io/shield-h2020/>

2. هدف البحث

يتركز هدف البحث في تقديم وسيلة لمواجهة أحد التحديات التي أوجدها تنوع اللغات البرمجية المستخدمة في كتابة تطبيقات الويب مثل جافا (Java) و بي اتش بي (PHP)، وذلك عبر صياغة شيفرة المصدر المكتوبة بلغة ما عبر صيغة توصيف المصادر RDF الخاصة بالويب الدلالي، مما يوفر استقلالاً عن اللغة وبدرجة معينة من الحبيبية مما يسمح باستخدامها في مواجهة نوع آخر من التحديات الكامن في التحقق من متحولات الدخل للتطبيق وتحديد مدى وجود متحولات مشبوهة قد تتدفق عبر التطبيق مسببة حدوث خلل أمني، ويتم ذلك باستخدام نماذج الكود (Code Patterns) التي تشكل نقاط الدخول للكود بعد القيام بتمثيلها وفق الصيغة RDF، ومن ثم صياغة القواعد المقابلة لهذه النماذج بلغة جينا (Jena)، والقيام بالتحليل السناتيكي للكود عبر الاستدلال المنطقي (Inference) الذي يوفره الويب الدلالي.

3. أدوات البحث:

في سبيل تحقيق هدف البحث لا بد من الاستعانة بالأدوات واللغات المساعدة التالية:

- الأداة Antlr¹ وهي أداة تقوم بتوليد محلل (parser) ليقوم بقراءة ومعالجة وترجمة ملفات النصوص البنوية أو الثنائية، ويستخدم عادة في بناء لغات البرمجة وأدوات منصات البرمجة [13].
- ملفات قواعد اللغات المختلفة، تم الحصول عليها من الموقع الخاص بهذه الأداة [13] ويمكن إيجادها أيضاً على موقع GitHub².

1. <https://www.antlr.org/>

2. <https://github.com/antlr/grammars-v4/tree/master/c#>

□ ¹XQuery هي لغة استعلام وظيفية يمكن استخدامها للبحث واستخراج العناصر والخصائص من ملفات XML، وقد أصبحت من توصيات W3C منذ عام 2007[15].

□ ²Jena هي أداة ويب دلالي رائدة يستخدمها مبرمجو الجافا [16]، وهي إطار عمل مفتوح المصدر تقدم مجموعة من المكتبات المرنة الخاصة بالاستدلال (inference) باستخدام تقنيات الويب الدلالي.

4. التحليل الستاتيكي

التحليل الستاتيكي: هو تقنية تقوم بفحص الكود البرمجي لتقييمه من الناحية الأمنية [1]. وإن المبدأ الأساسي في تقنية التحليل الستاتيكي هو اختبار وحدات الكود وفحصها للتأكد من تحقيقها للسياسة الأمنية التي تضمن خلو الكود من الثغرات، ويوجد العديد من الحلول والأدوات التي تعتمد هذا المبدأ سنستعرض بعضاً منها لبيان الدافع وراء بحثنا:

يعتبر **Taint Mode** أو ما يقال له الوضع المشتبه أحد الحلول التي تطبق التحليل الستاتيكي، وهو نوع من الفحص توفره كل من اللغات بيرل (Perl) وروبي (Ruby)، وقد تم تصميمه لزيادة الأمان عبر منع المخترقين من تنفيذ الأوامر على جهاز الكمبيوتر المضيف، ويقوم بتسليط الضوء على المخاطر الأمنية التي تتجم عن هجوم الحقن (SQLIA (SQL Injection Attack)، وكذلك هجوم امتلاء المخزن، وإن مصطلح Taint يعبر عن أن أي متحول يمكن تعديله من قبل مستخدم خارجي للنظام مثل حقل الإدخال يشكل خطراً محتملاً على التطبيق، فإذا تم استخدام هذا المتحول ضمن تعبير ما أو تم استخدامه لإسناد قيمة لمتحول آخر، يصبح المتحول الآخر أيضاً مشتبهاً به (Taint)، وإذا تم استخدام إحدى هذه المتحولات الموسومة ب Taint في تنفيذ أمر هام مثل تعليمات

1. https://www.w3schools.com/xml/xquery_intro.asp

2. <https://jena.apache.org/>

Sql على قاعدة البيانات أو على كمبيوتر (نظام تشغيل)، يقوم فاحص ال Taint بإصدار تحذير بأن البرنامج يستخدم متحول محتمل الخطورة [6].

ويعتبر تحليل taint طريقة فعالة لتقليل المخاطر من خلال المساعدة في اكتشاف ومنع نقاط النصوص البرمجية القابلة للاستغلال، نظراً لأن المتحولات المشتبه بها يمكن أن تتدفق عبر البرنامج بطرق غير متوقعة، فمن المهم فهم هذه المسارات بالكامل، وعبر تحليل ال taint يمكن تصور تدفق البيانات المشبوهة مما يساعد المطورين على فهم مخاطر الكود الخاص بهم ويساعدهم في تحديد أفضل السبل لتغيير الكود لإغلاق الثغرة الأمنية، ويوفر هذا النمط استمرارية في الأمن للتطبيق حيث أن النصوص البرمجية تكون عرضة للتطوير بشكل مستمر مما يعني تغييراً في الكود وإضافة ميزات جديدة، وعلى الرغم من أن الكود الأصلي قد يكون آمناً تماماً، فقد يقوم شخص ما بتغيير كل ذلك عن طريق الخطأ، ففي هذه الحالة يمكن اعتبار نمط ال taint بمثابة تدقيقٍ أمنيٍ مستمرٍ مجاني[6].

و بالرغم من أن هذا النمط فعال وموثوق في إيجاد الثغرات بشكل أوتوماتيكي من أجل بعض أنواع التهديدات مثل Buffer Overflow , SQLI ، إلا أنه يعاني من بعض المحدودية:

- ارتفاع نسبة false Positives
- من الصعوبة تحديد فيما إذا كانت الحالة الأمنية المكتشفة تشكل فعلاً تهديداً، حيث أنه قد يتم وسم المتحول بأنه Taint وهو لا يشكل خطراً حقيقياً.
- ليست مستقلة عن اللغة، حيث لا يمكن تطبيق Taint الخاصة بلغة Perl على تطبيقات مكتوبة بلغة Ruby.

وبشكل توسيع اللغة Language Extension حلاً آخر لتطبيق التحليل الستاتيكي، وهنا يتم توسعة اللغة عبر إضافة annotations مهمتها دعم السياسة الأمنية التي تحافظ على سلامة تدفق المعطيات عبر التطبيق، حيث تقوم هذه الإضافات بالفحص الستاتيكي لكل احتمالات سير وتدفق البيانات، وتعتبر JFlow مثلاً على ذلك فهي لغة جديدة تقوم بتوسعة لغة الجافا لحماية سرية وسلامة البيانات الحساسة في التطبيق، وذلك عبر استخدام توكيدات (assertions) هدفها منع تسرب المعلومات المهمة بطريقة حسابية، حيث يتم إحاطة المتحولات أثناء التصريح عنها بالشروحات (annotations) و التي هي عبارة عن لافتات اسمية (labels) خاصة بها، وتسمح للفاحص الستاتيكي بفحص البرنامج والتأكد من خلوه من الأخطاء التي تؤدي لتسريب البيانات [7]، وتمتاز هذه الطريقة بأن المترجم الخاص بال JFlow هو عبارة عن فاحص ستاتيكي يقوم بترجمة الكود المكتوب بال JFlow إلى الكود المقابل بالجافا، وهذه العملية تتم بشكل ستاتيكي فلا تشكل عبئاً أثناء التشغيل، ولكن لا يمكن تطبيقها على لغات أخرى غير الجافا وهذه تعتبر مشكلة حقيقية تستدعي الحل، وهناك نوع آخر من الحلول يتم فيه تقديم لغة سكريبت جديدة تماماً لضمان سرية وسلامة البيانات، هذه الطريقة أيضاً تعاني من محدودية كونها خاصة بلغة معينة ولا يمكن تطبيقها على كل التطبيقات كما تُعتبر غير موثوقة على المستوى الأمني.

ولقد تبين لنا أثناء البحث أن الحلول الموجودة التي تطبق تقنية التحليل الستاتيكي والتي يتم استخدامها لضمان سلامة الكود وخلوه من الثغرات تعاني من بعض المحدودية ولا يمكن اعتبارها حلولاً شاملة وفعالة، حيث أن بعضها يقدم لغة جديدة مما يحول دون تطبيقها على الأنظمة الموجودة ويتطلب إعادة كتابة الكود بما يتوافق مع اللغة الجديدة المقدمة، ومن ناحية أخرى فإن بعض الحلول تكون مصممة لتطبيقات بلغة محددة ولا يمكن تطبيقها على تطبيقات مكتوبة بلغة أخرى، وبما أن تطبيقات الويب الموجودة حالياً شديدة التنوع من حيث اللغات المستخدمة في برمجتها فكان لابد من إيجاد صيغة

مناسبة لتمثيل شيفرة التطبيق مما يتيح لنا فيما بعد إمكانية استخدام هذه الصيغة للقيام بالتحليل الستاتيكي.

وبالنتيجة فقد اتجهت بعض التطبيقات الحالية لاعتماد تقنيات أكثر ذكاء كأن تكون الصفحات قابلة للفهم من قبل الآلة، فظهر الويب الدلالي (Semantic Web) والذي يعتبر ثورة جديدة في عالم الويب ومتصفحات الإنترنت [3]، ويهدف الويب الدلالي حسب رؤية منشئه ومنشئ الويب Tim Berners-Lee إلى تحويل الكم الهائل من البيانات ومصادر المعلومات المتاحة على الشبكة العالمية من مجرد وحدات مكونة من صفر وواحد (نظام البتات) إلى بيانات مفهومة من قبل برامج الحواسيب التي تنشأ خصيصاً لهذا الهدف، وهو محاولة لتطوير لغة للتعبير عن المعلومات والبيانات في شكل قابل للقراءة والمعالجة آلياً، والفهم ليس فقط من قبل البشر بل من قبل الآلات أيضاً (الحواسيب)، ويقوم على مبدأ الوجوديات والتي تعني تمثيل المعرفة على أنها مجموعة من المفاهيم والعلاقات بينها في مجال معين [3]، وتعتبر لغة XML و XHTML واللغات المتطورة الأخرى هي نقاط بدء جيدة لإنجاز هذا العمل.

وتعتبر تقنيات الويب الدلالي واعدة في مجال تطبيق التحليل الستاتيكي للكود لكشف الثغرات [3]، وهناك العديد من الأبحاث التي اتجهت لتحقيق هذه الفكرة نورد فيما يلي نموذجين عنها:

1-4 التحليل الستاتيكي المبني على الموديل للثغرات الأمنية (Ontology Model-Based Static Analysis of Security Vulnerabilities)

تقدم هذه الوثيقة [11] خوارزمية للتحليل الستاتيكي تعتمد على موديل أنطولوجي محسن عبر تقنيات التقطيع (program slicing) لكشف الثغرات، وتتم آلية العمل عبر ثلاثة مراحل:

1. بناء مكتبة المعارف: وهنا يتم بناء النماذج المطلوبة لتوصيفات الجافا (java specifications) عبر ال owl ، وللثغرات باستخدام لغة القواعد SWRL.
2. نمذجة كود المصدر: ويتم في هذه المرحلة العمليات التالية:

- تحليل الكود وبناء شجرة AST.
- بناء مخططات اعتمادية PDG للطرائق الموجودة في الكود وSDG للنظام الكلي.
- التقطيع عبر البيان وفقاً لمعايير التقطيع التي تم استخراجها من قواعد SWRL، حيث يتم استبعاد عناصر البرنامج التي لا صلة لها بهذه المعايير ولا تؤخذ بعين الاعتبار في المرحلة التالية. كمثال: لا يجوز استدعاء طريقة start للمسلك من داخل الباني.
- عمل إسقاط للعقد المقطوعة إلى مفردات ال OWL المقابلة لها.

3. الاستدلال: يتم عمل تحليل للمرحلة السابقة للكشف عن وجود الثغرات أو عدمه وإصدار التقارير المطلوبة. وتمتاز هذه الطريقة بأنها تدعم التوسعة للغة عبر نمذجة التوصيفات حيث يمكن توسيع النموذج بقدر إضافة التوصيفات بشكل سهل، إلا أنها تعاني من كثرة المفردات والتي تنتج عن نمذجة كل التوصيفات وربط بين كل عناصر الجافا إلى مفردات الانطولوجي خلال المرحلة الثانية.

4-3-2 التزويد بنموذج تحليل أمني لشيفرة المصدر باستخدام تقنيات الويب الدلالي (Providing a Source Code Security Analysis Model Using (Semantic Web Techniques.

لتغطية مشكلة تعدد اللغات المستخدمة لكتابة شيفرة المصدر لتطبيقات الويب تم استخدام خوارزمية تعتمد على كشف نمط التصميم للكود (design pattern) وبناء نموذج انطولوجي يمثل عناصر الكود والعلاقات بينها[12]. وتتألف آلية العمل من مرحلتين:

1. التحليل (parsing): يتم أخذ الكود كدخل، وبناء شجرة المفردات المجردة AST له، ثم اكتشاف مكونات الكود والعلاقات بينهم عبر التنقل بين عقد الشجرة وإنشاء ملفات الـ N3 المؤلفة من ثلاثيات RDF، ثم يتم تخزينها في المستودع الخاص بالثلاثيات.

2. الاستدلال: يتم وضع قواعد لأنماط الثغرات التي نريد الكشف عنها، ثم يتم تشغيل استعمال SPRQL وفق هذه القواعد والثلاثيات المخزنة في المستودع من المرحلة السابقة ويتم إيجاد نقاط الخلل وإصدار التقارير المطلوبة.

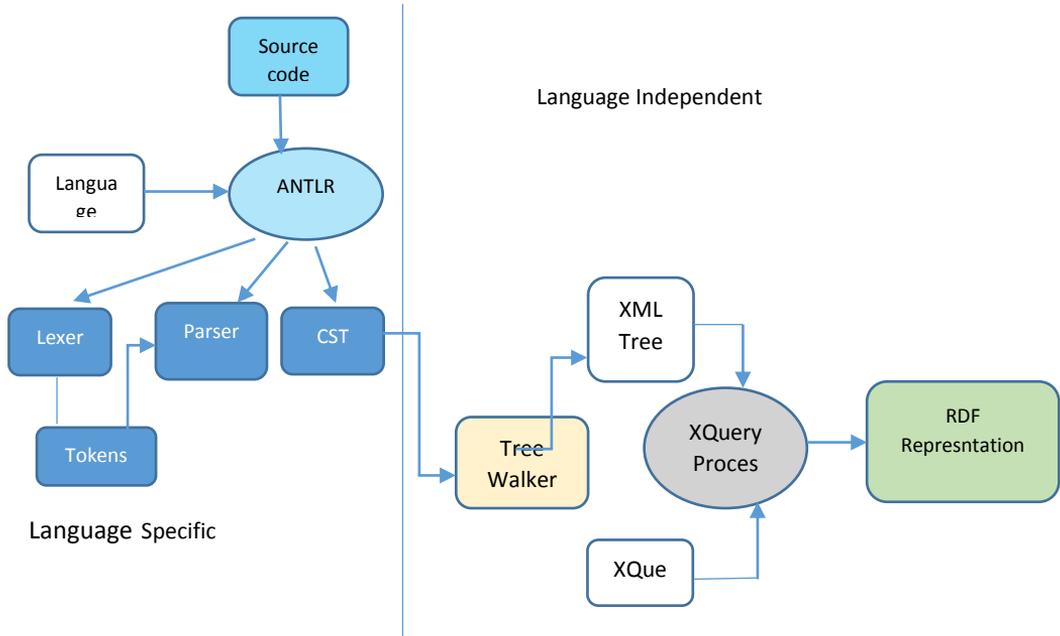
وتمتاز هذه الطريقة بعدم وجود اعتمادية بين مرحلة تحليل الكود ومرحلة اكتشاف الأخطاء، حيث يمكن تطوير كل واحدة بشكل مستقل عن الأخرى، ولكن جميع الأدوات المستخدمة تعتمد على الجافا (Jtest tool – Find Bugs – J2RDF) في كلا المرحلتين.

لذلك وبعد إثبات قدرة تقنيات الويب الدلالي سنتجه في بحثنا للعمل على إيجاد طريقة للاستفادة من هذه التقنيات وقدراتها المتقدمة والتي تتجاوز حدود اللغات البرمجية، وسيتم ذلك عبر تحويل النص البرمجي المكتوب به تطبيق الويب إلى الصيغة المستخدمة ضمن الويب الدلالي وهي RDF، و التي هي عبارة عن جمل كل جملة منها تشكل ثلاثية من الشكل S-P-O المبينة بالشكل [11]، وعملية التحويل ليست بهذه البساطة فهي مؤلفة من مرحلتين وكل مرحلة مؤلفة من عدة خطوات وسيتم استخدام مجموعتين من الخوارزميات الأولى وظيفتها تحويل النص البرمجي إلى الصيغة الوسيطة XML والثانية تحول ملف الـ XML إلى ملف RDF ليتشكل لدينا ملفات RDF جاهزة للعمل، ومن ثم يمكن وضع نماذج الكود التي تشكل ثغرات ممكنة والتي تكون مكتوبة بلغات برمجية مختلفة مما يستدعي تمثيلها وفق الصيغة المختارة باستخدام ثلاثيات الـ RDF، وانطلاقاً من هذه الثلاثيات يمكن وضع قواعد مصاغة باستخدام لغة Jena لاستخدامها في عمليات الاستدلال المنطقي (Reasoning) وبالتالي إجراء عملية التحليل الستاتيكي

للنص البرمجي بعد تحويله أيضاً إلى الصيغة RDF، ونتيجة عملية الاستدلال تبين مدى
تعرض التطبيق للثغرة المدروسة.

5. أداة تحويل النص البرمجي إلى RDF

كما رأينا الحلول الموجودة غير قابلة للتطبيق على معظم تطبيقات الويب
المكتوبة بلغات متنوعة، لذلك نحن في بحثنا نهدف للوصول لاستخراج حقائق المصدر
مصاغة بالـ RDF، وبالتالي بشكل مستقل عن اللغة وبدرجة معينة من الحبيبية أي بحجم
مناسب حيث أنه أحياناً لا يكفي سطر واحد من الكود لتحديد وجود ثغرة أم لا بل يتطلب
كتلة برمجية كاملة، وتتألف عملية استخراج الحقائق من شيفرة المصدر من مرحلتين:
مرحلة مرتبطة باللغة وأخرى مستقلة عنها الشكل [1].



الشكل (1) مراحل استخراج حقائق كود المصدر

5-1 المرحلة المرتبطة باللغة:

وتتطوي هذه المرحلة على مجموعة من الخطوات تبدأ باستخدام الأداة Antlr حيث سنزودها بملفات قواعد اللغات المستخدمة في كتابة تطبيقات الويب إضافة إلى ملفات شيفرة المصدر، وستكون النتيجة ملفات المحلل (parser) والمعجم (lexer)، ويتم استخدام هذه الملفات لتوليد الشجرة parse tree (CST) والتي ستكون خرج هذه المرحلة الشكل(1).

5-1-1 الأداة ANTLR (Another Tool for Language Recognition)

وهي أداة تقوم بتوليد محلل (parser) ليقوم بقراءة ومعالجة وترجمة ملفات النصوص البنوية أو الثنائية، ويستخدم عادة في بناء لغات البرمجة وأدوات منصات البرمجة، حيث أنه ينطلق من توصيف اللغة أو ما يسمى بملف قواعد اللغة لينتج محلاً لهذه اللغة، ويمكن استخدام هذا المحلل لبناء Parse tree والتي يشار إليها أيضاً بـ CST (Concrete Syntax Tree) وهي عبارة عن بنية معطيات تمثل كيف يتم عمل مطابقة بين ملف القواعد والدخل، ويقوم Antlr بإنشاء ما يسمى بـ walkers ليتم التنقل على الشجرة وتنفيذ كود ما [4]. ومن الجدير بالذكر أن Antlr يتم استخدامها في توينتر مثلاً لتحليل الاستعلامات وتصل قدرتها إلى بليوني استعلام في اليوم، كما يتم استخدامها في أنظمة التحليل الخاصة بـ Hadoop والـ data warehouse، وفي NetBeans يتم استخدامها لتحليل ملفات ++C وفي أوراكل وغيرها، وسنستخدم في بحثنا الإصدار "4.7.1 Antlr".

بالطبع يوجد أدوات أخرى لإنتاج المحللات مثل META, Coco/R, CUP وغيرها، ولكننا اخترنا Antlr للأسباب التالية:

- ❖ يعتبر اختيار Antlr موقفاً من حيث تتبع الأخطاء: حيث أنه يعتبر من أنواع المحللات LL أي (Left-to-right, Leftmost derivation) والذي يكون فيه الإبلاغ عن الأخطاء أكثر قابلية للقراءة.
- ❖ في حين أن المحللات من النوع LR (Left-to-right, Rightmost derivation in reverse) تقدم تقريراً عن الأخطاء أثناء مواجهة تعارض من نوع Shift-Reduce والتي تعد أكثر أنواع التعارضات شيوعاً في القواعد النحوية، ويحدث عند محاولة عمل تقليص قاعدة لمفردة معينة وبنفس الوقت السماح لقاعدة أخرى بعمل إزاحة على نفس المفردة، وهذا يجعل تتبع الأخطاء عملية صعبة وتحتاج لسجل التعقب.
- ❖ يحتوي ANTLR على قواعد نحوية للمعجم (lexer) والمحلل (parser) معاً، باستخدام الأحرف الكبيرة والصغيرة للتمييز بينهما، وهما مكتوبان في نفس النوع من القواعد، في حين أن محلاً آخر مثل CUP قد فصل قواعد lexer (Jlex) و parser (CUP) عن بعضهما، مما يستدعي تعلم شيئين قبل استخدامه.
- ❖ القواعد النحوية لـ ANTLR أسهل في الكتابة، وأسهل في القراءة من القواعد النحوية لغيره مثل CUP، خاصة بعد إضافة الإجراءات في القواعد، على سبيل المثال: تحتاج CUP إلى الإشارة إلى أسبقية الرموز، بينما تحتوي ANTLR على هذه المعلومات وفقاً لبنية القواعد الخاصة بك.

5-1-2 ملفات قواعد اللغة:

يمكن تحميلها من موقع Antlr الرسمي الذي يوفر وبشكل دائم تحديثاً لملفات قواعد معظم اللغات مثل Pascal, java, C#, php أو يمكن كتابة ملف قواعد

```
// Define a grammar called Hello
grammar Hello;
r : 'hello' ID ; // match keyword hello followed by an
identifier
ID : [a-z]+ ; // match lower-case identifiers
WS : [ \t\r\n]+ -> skip ; // skip spaces, tabs, newlines
```

معرف من قبل المستخدم على النحو التالي:

5-1-3 المحلل (Parser) والمعجم (Lexer)

يتم استخدام Antlr لتوليدهما باستخدام ملف قواعد اللغة وملفات شيفرة المصدر، والهدف من lexers الحصول على حبيبية أدق، أما ال parser الهدف منه فصل لغة الدخل عن المنطق للتطبيق، وعند عمل ترجمة لهذه الملفات يمكن استخدام ناتج هذه الترجمة لتوليد شجرة التحليل، حيث يقوم ال lexer بتصنيف ال lexems التي تمت قراءتها من ملف شيفرة المصدر، على سبيل المثال فإن "==" و "!=" هي lexems يتم تصنيفها ضمن php بأنها معاملات مساواة (EqualityOperators)، وبالتالي فإن خرج ال lexer عبارة عن سلسلة مفردات (tokens) كما في المثال الموضح بالشكل (2) والموافق للكود: return a+b;



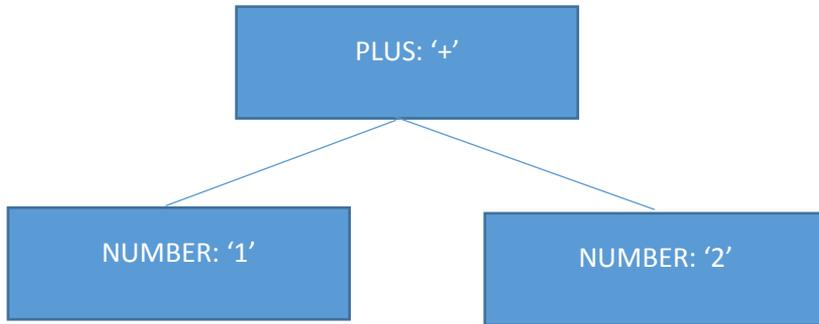
الشكل (2) تسلسل المفردات من ال lexer إلى ال parser للكود return a+b;

دلالي Reasoner واستخدامها في الاستدلال المنطقي عبر RDF تمثيل شيفرة المصدر بصيغة
لتحديد المتحولات المشبوهة

ثم يقوم المحلل بقراءة سلسلة المفردات ومطابقتها مع القواعد الموجودة فيه، فعلى سبيل
المثال عندما يقرأ المحلل تسلسل المفردات الواردة إليه، وبمقارنتها مع القواعد التالية:

```
* PARSER RULES
*-----* /
-----*/
add: NUMBER PLUS NUMBER;
/*-----* /
* LEXER RULES
*-----*/
NUMBER: ('0'..'9')+ ;
```

فإنه يفسر التسلسل $2+1$ على أنه عملية (add) جمع لمفردتين من النوع رقم، وبالتالي
يتم توليد شجرة التحليل التي يتم اختزالها وصولاً للشجرة المجردة AST الموضحة بالشكل
(3) بناء على ذلك.



الشكل (3) شجرة التحليل المجردة AST المقابلة للتعبير $2+1$

وبما أننا في الإصدار الحالي من Antlr لم نحصل على شجرة التحليل المجردة AST فقد
اكتفينا بشجرة التحليل التفصيلية CST ويمكن فيما بعد أثناء تطوير خوارزمية إنتاج
الشجرة المختصرة، وهو أمر كان الإصدار السابق من Antlr يدعمه ولكن لأسباب تتعلق
بالتغيرات التي تطرأ على ملفات القواعد قد تم إلغاؤه في الإصدارات اللاحقة، وبالنسبة
للإصدار الذي نستخدمه قد تم مؤخراً تقديم أداة توفر لنا آلية للوصول إلى الشجرة

المختصرة¹، والشكل (4) يبين مثالاً على ملف مصدر مكتوب بلغة جافا مع شجرة ملفات "JavaLexer.java" و "JavaParser.java" التي تم توليدها باستخدام الأداة Antlr مع ملف قواعد جافا

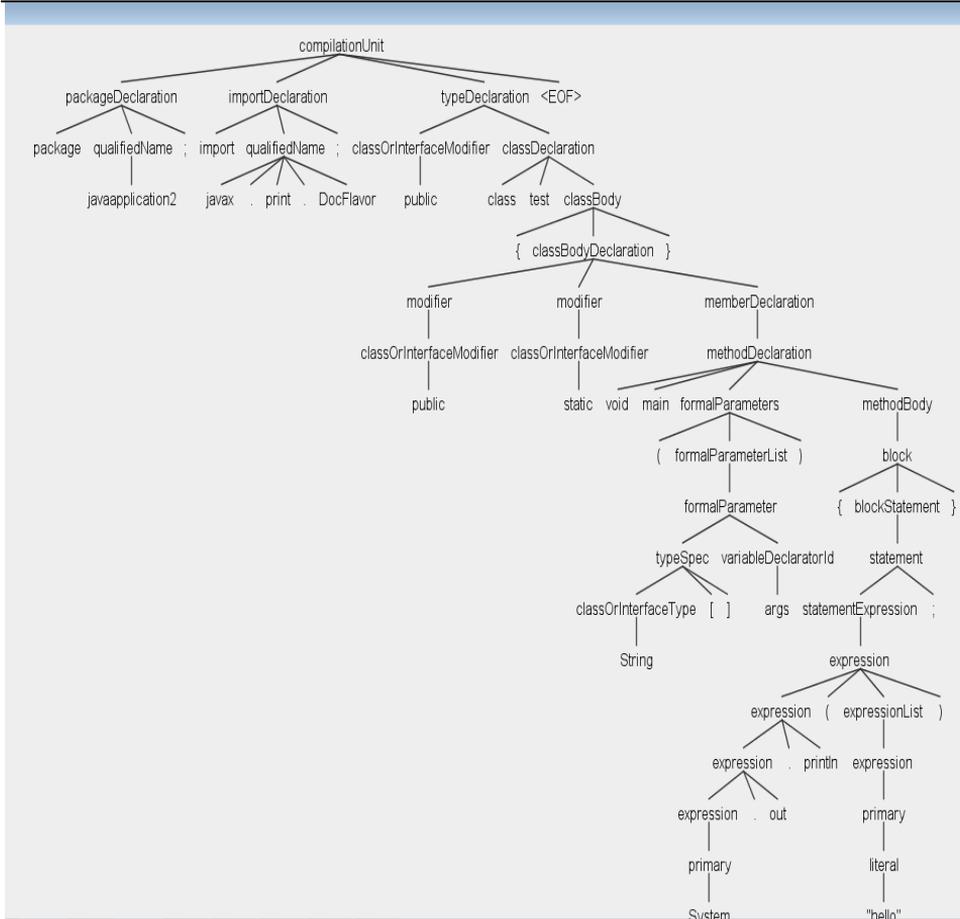
1. <https://www.antlr.org/api/JavaTool/org/antlr/v4/tool/ast/package-summary.html>

```
package javaapplication2;

import javax.print.DocFlavor;

public class test {
    public static void main(String[] args)
    {System.out.println("hello");}
}
```

دلالي Reasoner واستخدامها في الاستدلال المنطقي عبر RDF تمثيل شيفرة المصدر بصيغة لتحديد المتحولات المشبوهة



الشكل (4) ملف الجافا وشجرة التحليل CST المقابلة له

2-5 المرحلة المستقلة عن اللغة:

إن دخل هذه المرحلة هو خرج المرحلة السابقة أي شجرة التحليل، ويتم خلالها التنقل على عقد الشجرة باستخدام خوارزمية تقوم ببناء ملف XML ذو البنية الشجرية كصيغة وسيطة، ثم باستخدام خوارزمية أخرى تزور عقد XML وتستخدم المعالج الخاص بال XQuery لتوجد مقابلاتها في الصيغة الموحدة التي سنطبق عليها التحليل الستاتيكي وفق منطق الويب الدلالي وهي في بحثنا إطار توصيف المصادر RDF الشكل (1)، ولا بد من الإشارة إلى أن RDF يعتبر توصيفاً مناسباً في مجال نشر قواعد البيانات على

الويب ، حيث نحتاج أن نخصص لكل شيء في قاعدة البيانات تعريفاً مناسباً لوظيفته بحيث يستطيع الآخرون التحدث عنه واستخدامه ببسر وفهمه أيضاً، وتتألف RDF من أربعة مركبات رئيسية[8]:

□ **Resources** (مصادر): وهي أي شيء يمكن وصفه بال RDF ويمكن أن يكون له URI، يتضمن ذلك صفحات الويب والعناصر الفردية لمستند XML والصور والأشخاص وأي شيء تقريباً في الكون سواء كان رسمياً على الويب أم لا.

□ **Properties** (خصائص): وهي عبارة عن سمة (attribute) مسماة تصف مصدراً، على سبيل المثال: قد يحتوي الكتاب الذي يشكل مصدراً له URI التالي: "12345:urn:isbn" على خاصية المؤلف و / أو عنوان الكتاب، وفي RDF يمكن أن تكون الخصائص مصادرًا بحد ذاتها مع خصائصها الخاصة.

□ **Value** (القيمة): قيمة الخاصية والتي يمكن أن تكون عبارة عن مجرد سلسلة نصية مثل: "Tim Berners-Lee"، أو قد تكون مصدراً مع مجموعته من الخصائص، وهذا قد يجعل أوصاف الويب الدلالي معقدة للغاية.

□ **Statements** (جُمَل): مجموعة المصادر مع أسماء الخصائص وقيمها، وهي ممكن أن تعتبر أيضاً مصادرًا بحد ذاتها ، مما يعني أنه يمكننا أن ننسب إليها سمات، وتتألف الجملة من الثلاثية:

Subject(S)–Predicate(P)–Object(O)

□ مثلاً الجملة: "The sky has the color blue"

□ "Sky": subject "has the color ": predicate "blue ": object

5-2-1 التحويل من شجرة التحليل إلى ملف xml

حتى الآن أصبح لدينا ملفات ال lexer وال parser التي استطعنا عن طريقها الحصول على شجرة التحليل، والتي هي عبارة عن عقد كل منها من نمط غرض يمكن الوصول إليه والتعامل معه، وبما أن هدفنا هو الوصول لصيغة RDF الموحدة لنتمكن

من تطبيق التحليل الستاتيكي عليها عبر تقنيات الويب الدلالي، فقد قمنا باستخدام مرحلة وسيطة تتمثل بالوصول لصيغة XML ومنها للصيغة المطلوبة، ويعود سبب اختيارنا لهذه الصيغة إلى إمكانية تمثيل المعلومات الموجودة في الشجرة دون ضياع باستخدام نفس البنية الشجرية، مستفيدين من بنية ملفات XML الشجرية [10].

تتمتع ملفات XML - والتي تعد من توصيات W3C1 - ببنية شجرية حيث يبدأ المستند بالجذر ويتفرع لينتهي بالأوراق، والشكل (7) عبارة عن مثال يوضح كلاً من بنية الشجرة وبنية ملف XML المقابل لها، حيث أن الجذر في كل منهما هو العقدة 'assign: assign'، والأوراق هي العقدة 'a: VARIABLE' والعقدة 'n: VARIABLE' والعقدة '1: NUMBER'.

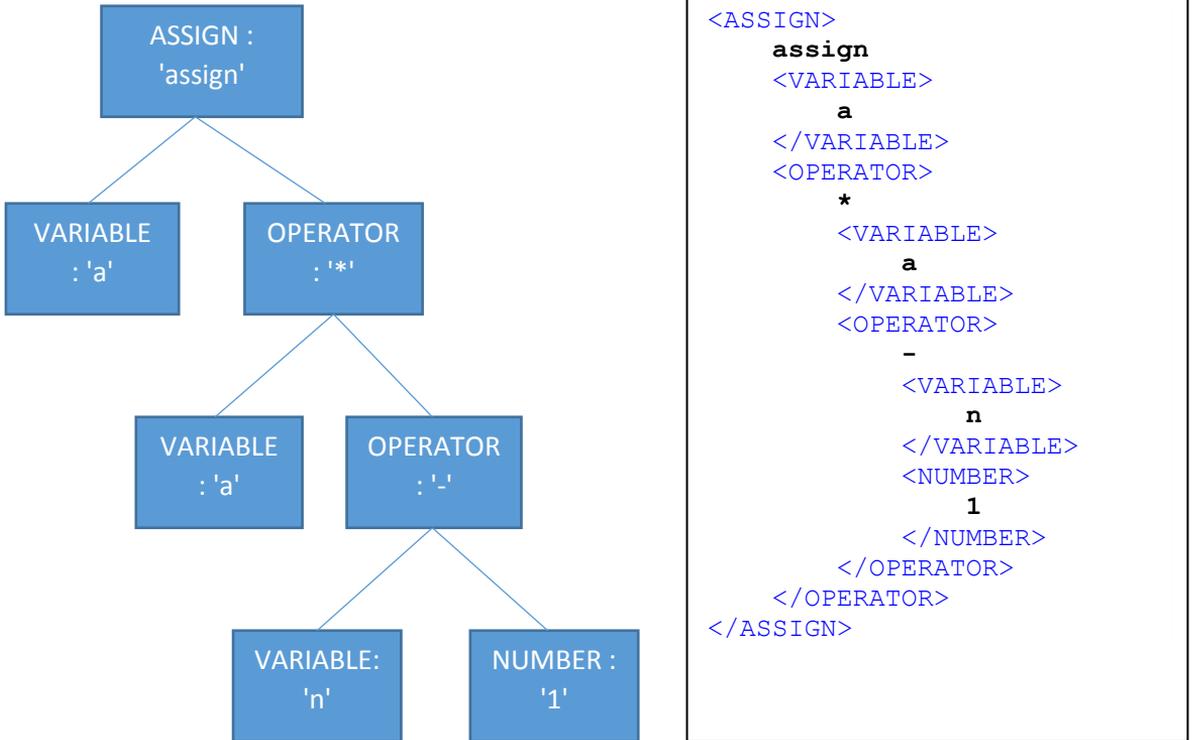
وإن عملية التمثيل لعقد شجرة التحليل تتم عبر زيارة جميع العقد وفق الخوارزمية التي سترد لاحقاً، وتمثل كل عقدة بالشجرة بعقدة مقابلة لها بال XML، ويكون اسم عقدة XML مقابلاً لاسم المفردة بالشجرة، ومحتوى عقدة XML مقابلاً للنص المكتوب بعقدة الشجرة.

1. <https://www.w3.org/standards/xml/core>

5-2-2 خوارزمية تحويل شجرة التحليل إلى مستند XML

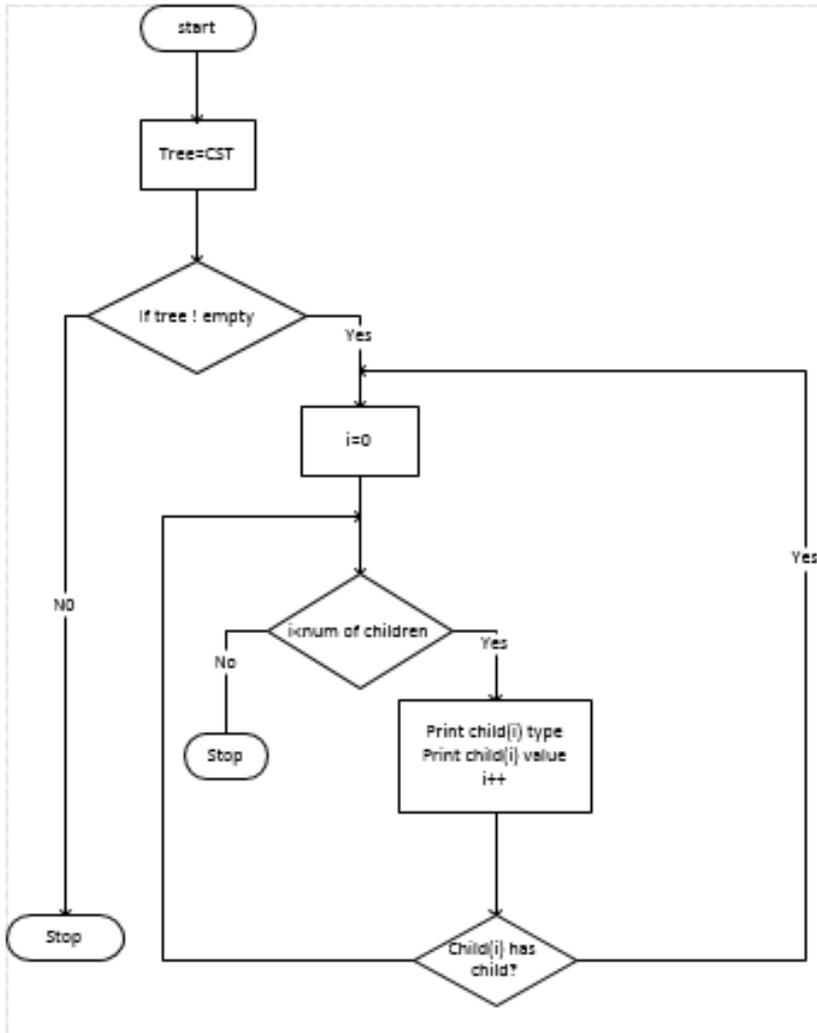
تم استخدام نموذج من الأعلى للأسفل top-down للتنقل على الشجرة أي زيارة العقد من الجذر وصولاً للأوراق لتحويل شجرة التحليل إلى ملف XML المقابل كما هو موضح في الشكل (5)، حيث تتم زيارة كل عقدة وطباعة النمط والقيمة لأبناء هذه العقدة وفق الصيغة <type>value</type>، ومن أجل كل ابن للعقدة يتم إعادة العملية بشكل

عودي حتى تنتهي كل العقد، ومن أجل البودئ indentation يتم طباعة فراغ " " وهو ليس ذو معنى وإنما لتحسين الشكل لسهولة القراءة، والشكل (5) يوضح الخوارزمية:



الشكل (5) شجرة التحليل وملف xml المقابل لها

والشكل (6) يبين خوارزمية التحويل من شجرة التحليل إلى XML:



الشكل(6) خوارزمية تحويل CST إلى XML

وعند تطبيق مجموعة التوابع التي تحقق خوارزمية التحويل على شجرة التحليل التي تمثل ملف الجافا الوارد بالشكل(4) نحصل على ملف XML نورد فيما يلي جزءاً منه:

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?><CompilationUnit>
<PackageDeclaration>
package
<QualifiedName>
javaapplication2
</QualifiedName>;
</PackageDeclaration>
<ImportDeclaration>
import
<QualifiedName>javax.print.DocFlavor
</QualifiedName>;
</ImportDeclaration>
<TypeDeclaration>
<ClassOrInterfaceModifier>
public
</ClassOrInterfaceModifier>
<ClassDeclaration>
class
test
<ClassBody>{
<ClassBodyDeclaration>
<Modifier>
<ClassOrInterfaceModifier>
public
</ClassOrInterfaceModifier>

```

5-2-3 تحويل ملف XML إلى RDF

إن هدفنا في هذا البحث هو الوصول لصيغة موحدة لتمثيل كود المصدر لنتمكن من تطبيق منطق الويب الدلالي في الاستدلال للقيام بالتحليل السناتيكي للنص البرمجي، لذلك سنقوم بالتحويل إلى إطار توصيف المصادر RDF، وتعتبر عملية التحويل بين XML و RDF أمراً هاماً ولكنه ليس بسيطاً، ولذلك توجهت العديد من الجهود ضمن W3C لدراسته. حيث قامت كلاً من التنظيمات التالية: ¹GRDDL و ²SAWSDL بتقديم حلول

من أجل عملية التحويل التي أطلق عليها الرفع والخفض (lifting and lowering)، والتي تعتمد على تحويلات XSL أو ما يسمى ب XSLT بشكل مطلق وهو أمر أثبت عدم فعاليته بشكل كامل [10]، لذلك تم فيما بعد وتحديداً عام 2007 الاتجاه نحو طرق

أخرى مثل الاعتماد على XQuery وهو ما سنقوم به في بحثنا، إن XQuery هي لغة استعلام وظيفية يمكن استخدامها للبحث واستخراج العناصر والخصائص من ملفات XML، وقد أصبحت من توصيات W3C منذ عام 2007، وتتميز بكونها سهلة التعلم خاصة عند وجود معرفة سابقة ب SQL، وهي مناسبة أكثر من XSLT عندما نتعامل مع البيانات التي يتوافر بينها علاقات، وسنستخدمها في بحثنا ضمن خوارزمية التحويل.

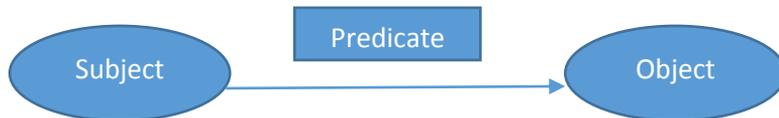
5-2-4 خوارزمية التحويل من XML إلى RDF:

تعتمد الخوارزمية على التنقل على بنية ملف XML الشجرية بطريقة أعلى-لأسفل Top-Down بهدف تحويل مستند xml إلى RDF/XML كصيغة مبسطة قابلة للسلسلة من RDF تحتوي فقط على وسوم ومحتوى نصي بدون خصائص، ولتحقيق ذلك يوجد مجموعة من الاعتبارات وضعت بالاستفادة من دراسات سابقة للصيغ المبسطة من RDF من قبل [9]Melnik:

- هدفنا الوصول إلى جمل RDF حيث كل جملة هي ثلاثية S-P-O الشكل (7).
- كل وسم XML يعتبر predicate ب RDF ويتم تمثيله ك Resource له .URI
- يتم استخدام عقد وهمية (Blank node) ويعبر عنها ك Resource ليس له URI وتسمى بالشكل $Nn_$ حيث N أي حرف و n رقم العقدة الشكل (8).

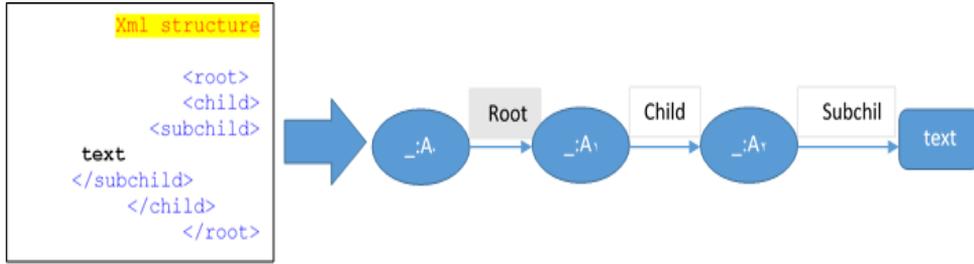
1. <https://www.w3.org/TR/2004/NOTE-grddl-20040413/>

2. <https://www.w3.org/TR/sawSDL/>



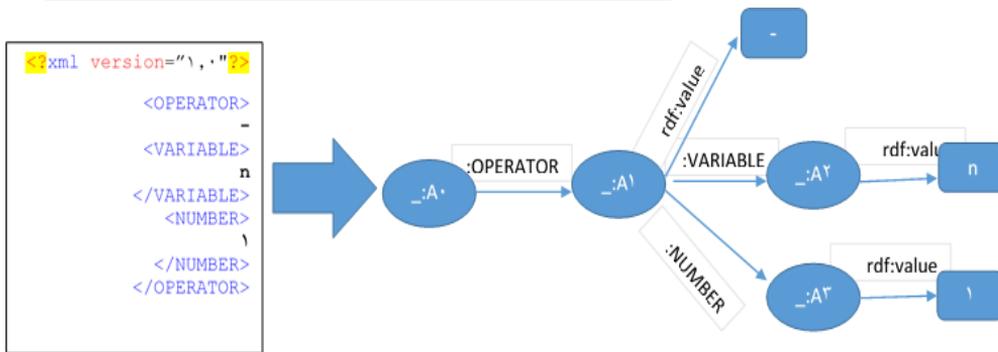
الشكل (7) جملة RDF

- بنية XML الناتجة عن تحويل شجرة التحليل لشيفرة المصدر لا تحوي عقداً جميعاً لأنها من النوع وسم فقط، بل يمكن أن يكون أبناء العقدة الفرعيين وسوماً أو محتوى نصياً، كما في الشكل (9) فإن العقدة <Operator> لها ابن من نوع محتوى نصي وهو "-" وابنين آخرين <variable> و <Number>، في هذه الحالة لا يمكن اعتبار النص ك predicate وبما أنه ليس له أبناء بالتالي لا يتوفر object لتشكيل جملة RDF كاملة، فقد تم اعتبار النص ك object ومن الواجب إيجاد Predicate لتكوين الثلاثية المطلوبة، لذلك فقد قامت 1W3C عام 2004 بتعريف ال "value" وقد تم اعتبارها "كخاصية اصطلاحية للقيم المهيكلة".



الشكل (8) بنية XML والبيان المقابل لها ب RDF وفقاً لنموذج Melnik

<https://www.w3.org/TR/rdf-schema31>



الشكل (9) تمثيل بنية XML باستخدام بيان RDF

وبشير الرمز ":" الوارد في البيان إلى فضاء العناوين الذي نستخدمه، وفيما يلي سندرج
خطوات خوارزمية التحويل:

□ يتم زيارة عقد ملف ال XML وفق تابع عودي ونميز نوعين من العقد المعالجة،
ولكل طريقة للتعامل معه:

○ Text عقدة نصية يتم إنشاء عقدة value مقابلة في ملف ال rdf/xml.

○ Element عقدة وسم xml يتم إنشاء عقدة مصدر resource مقابلة.

□ في حال كانت العقدة المزارة لها أبناء يتم استدعاء التابع العودي على الأبناء.

التابع الخاص بال XQuery الذي يحقق الخوارزمية يقوم بزيارة كل العقد ويستخدم
التابعين element و attributes لإنشاء جمل ال RDF وفق التالي:

1. ينشئ عنصر XQuery وفق التابع element {computedname}

{content}، حيث أن computedname عبارة عن QName وهو تابع

يستخدم لإنشاء اسم العنصر مع إمكانية إضافة فضاء العناوين namespace

للاسم المحلي للعنصر، فعلى سبيل المثال العنصر <operator> في الشكل (9)

يكون الاسم المحلي له هو operator وبإضافة namespace الخاصة ببحثنا

والتي هي <http://noura.com/vulnerabilitydetection>

يصبح عنصر ال rdf/xml المقابل:

<operator xmlns="http://noura.com/vulnerabilitydetection/" >

أما ال content فهي كائن XQuery من النوع attribute (خاصية).

2. ينشئ خاصية وفق التابع {content} {computedname} attribute،

حيث أن computedname هو Resource "rdf: parseType=" كما هو

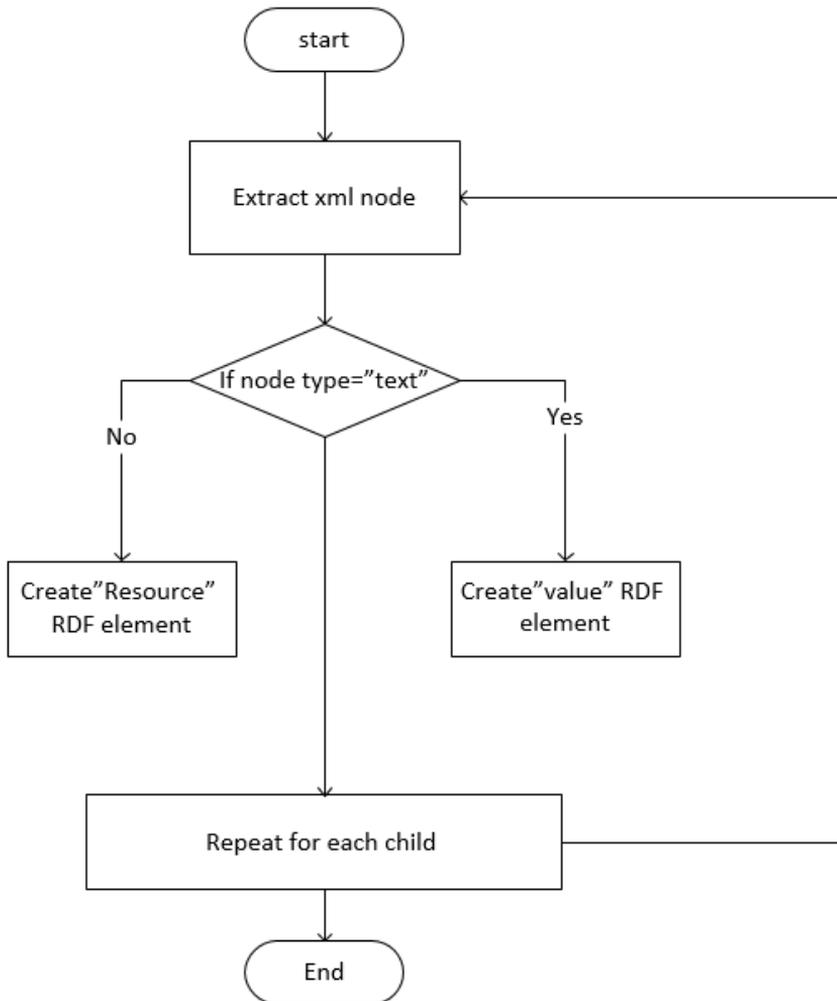
موضح في النتيجة المدرجة فيما يلي، أما ال content فتعتمد قيمتها على نوع

العقدة الابن:

□ إذا كانت عقدة وسم أي element فيتم زيارة أبنائها وإعادة الخطوة السابقة على كل ابن منهم.

□ إذا كانت عقدة نصية فعندئذ سيتم بناء element جديد له ال predicate التالية rdf: value وسيشكل النص القسم object من جملة ال RDF، كمثال عليها العقدة "-" كيف تم تمثيلها في الشكل(9).

والشكل(10) يبين خوارزمية التحويل من XML إلى RDF.



الشكل (10) خوارزمية تحويل مستند XML إلى RDF

وبتطبيق التابع الذي يحقق الخوارزمية على ملف XML الوارد في الشكل (5) نحصل على النتيجة المبينة فيما يلي:

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
  <rdf:Description>
    <OPERATOR xmlns="http://noura.com/vulnerabilitydetection/"
rdf:parseType="Resource">
      <rdf:value>-</rdf:value>
      <VARIABLE rdf:parseType="Resource">
        <rdf:value>n</rdf:value>
      </VARIABLE>
      <NUMBER rdf:parseType="Resource">
        <rdf:value>1</rdf:value>
      </NUMBER>
    </OPERATOR>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

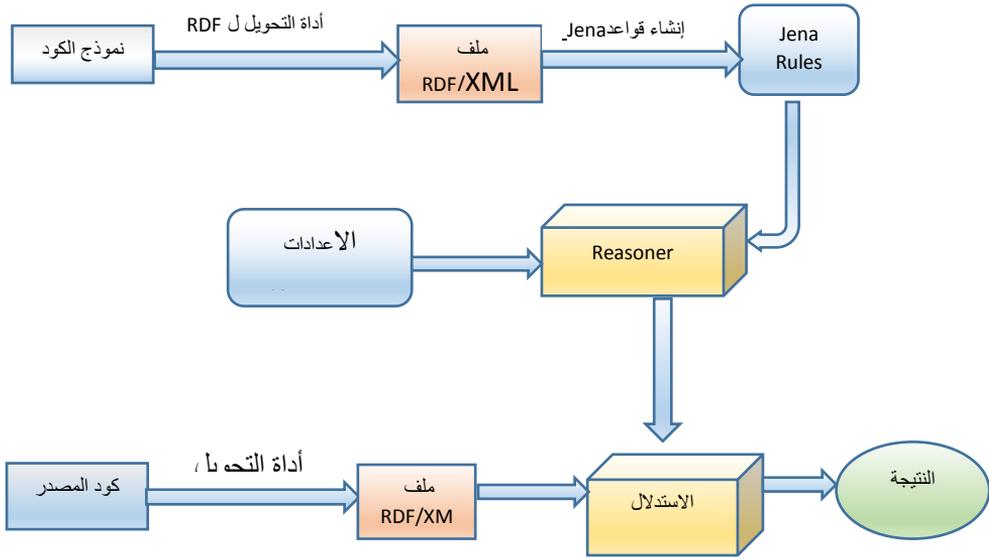
6. توظيف الأداة المقترحة في مجال التحليل الستاتيكي باستخدام تقنيات الويب الدلالي:

وفقاً لإحصائية NIST¹ _المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا، وهو منظمة حكومية تجمع البيانات حول الثغرات في الويب عبر السنوات وتقوم بتخزينها وعمل إحصائيات لها_ فإن معظم الهجمات التي تستهدف تطبيقات الويب مؤخراً تستغل الثغرات الناتجة عن عدم ضبط تدفق البيانات عبر التطبيق أو بشكل أدق بسبب ضعف التحقق من بيانات الدخل للتطبيق IV، والتي تسبب مخاطر مثل XSS،SQL .

لذلك فإنه من الضروري التحقق من بيانات الدخل للتطبيق وتحديد أي منها يشكل مشتبهاً به، ويمكن القيام بتحديد نقاط الدخول باستخدام نماذج الكود التي تشكل ثغرات يمكن استغلالها وتحقيق الهجوم من خلالها، وهنا يمكننا استخدام أداة استخراج حقائق المصدر التي تم تحقيقها في هذا البحث والتي تسمح بتحويل شيفرة التطبيق إلى توصيف مستقل عن اللغة متمثلاً بالصيغة RDF، والتي يمكن تطبيق تقنيات الويب الدلالي عليها.

1. <https://www.nist.gov/>

ومن ثم صياغة القواعد المقابلة inference rules للنماذج المختارة، ليصار إلى استخدام هذه القواعد إضافة لبعض الإعدادات الخاصة بمحرك الاستدلال الأمامي الخاص ب Jena في بناء reasoner دلالي، ومن ثم تتم عملية الاستدلال لتحليل النص البرمجي للتطبيق ومعرفة إذا كان يحوي نقاط دخول قد تشكل خطراً يمكن استغلاله لإحداث ضررٍ به والشكل [11] يوضح المنهجية المذكورة.



الشكل [11] منهجية التحليل المعتمدة على الاستدلال لكشف نقاط الدخول

ويعرف الاستدلال على أنه العملية المجردة لاكتشاف علاقات جديدة، أما ال reasoner فهو الجزء من الكود الذي يقوم بهذه العملية.

1. <https://www.w3.org/RDF/FAQ>

ووفقاً ل jena حيث يتم نمذجة البيانات كمجموعة من العلاقات بين المصادر، فإن الاستدلال يعبر عن الإجراءات المؤتمتة القادرة على إنتاج علاقات جديدة معتمدة على البيانات إضافة لمجموعة من المعلومات الإضافية بصيغة وجوديات أو علاقات، وهذه العلاقات الجديدة يمكن إضافتها لمخزن البيانات أو إرجاعها كنتيجة للاستعلام، وفيما يلي نبين الشكل العام لصياغة قواعد جينا:

```

Rule      := bare-rule .

           or [ bare-rule ]
           or [ ruleName : bare-rule ]
bare-rule := term, ... term -> hterm, ... hterm // forward rule
           or bhterm <- term, ... term // backward rule
hterm     := term
           or [ bare-rule ]
term      := (node, node, node) // triple pattern
           or (node, node, functor) // extended triple pattern
           or builtin(node, ... node) // invoke procedural primitive
bhterm    := (node, node, node) // triple pattern
functor   := functorName(node, ... node) // structured literal
node      := uri-ref // e.g. http://foo.com/eg
           or prefix:localname // e.g. rdf:type
           or <uri-ref> // e.g. <myscheme:myuri>
           or ?varname // variable
           or 'a literal' // a plain string literal
           or 'lex'^^typeURI // a typed literal
           or number // e.g. 42 or 25.5

```

حيث تتألف قواعد Jena من قسمين: عبارة if التي تشكل القسم الأول، وعبارة then التي تشكل القسم الثاني. وبما أننا سنستخدم المحرك الأمامي، فإنه سيبدأ ببيانات متاحة

دلالي Reasoner واستخدامها في الاستدلال المنطقي عبر RDF تمثيل شيفرة المصدر بصيغة
لتحديد المتحولات المشبوهة

ويستنتج بيانات جديدة عبر البحث بين العبارات حتى يجد تطابقاً للعبارة if، وعند حصول
التطابق أي استيفاء الشرط يستنتج الجزء then.

وعلى سبيل المثال لو أردنا فحص الكود مقابل نموذج كود نقطة الثغرة المحتملة

```
/* Read data using an outbound tcp connection */  
Socket sock = new Socket ("host.example.org", 39544);
```

JavaSocket والتي حصلنا عليها من موقع NIST كما يلي:

فإنه ووفقاً لمنهجيتنا سنقوم بتحويله لصيغة RDF لنحصل على ملف نبين فيما يلي جزءاً
منه:

وانطلاقاً من هذه الصيغة وعملاً بالشكل العام لصياغة قواعد جينا واعتماداً على

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">  
  <rdf:Description>  
    .  
    .  
    <VariableDeclaratorId rdf:parseType="Resource">  
      <rdf:value>sock</rdf:value>  
    </VariableDeclaratorId>  
    <rdf:value>=</rdf:value>  
    <VariableInitializer rdf:parseType="Resource">  
    <Expression rdf:parseType="Resource">  
      <rdf:value>new</rdf:value>  
    <Creator rdf:parseType="Resource">  
    <CreatedName rdf:parseType="Resource">  
      <rdf:value>Socket</rdf:value>  
    </CreatedName>  
    <ClassCreatorRest rdf:parseType="Resource">  
    <Arguments rdf:parseType="Resource">  
      <rdf:value>(</rdf:value>  
    <ExpressionList rdf:parseType="Resource">  
      <Expression rdf:parseType="Resource">  
        <Primary rdf:parseType="Resource">  
          <Literal rdf:parseType="Resource">  
            <rdf:value>"host.example.org"</rdf:value>
```

مصنفات ال Wildcards وال variables التي قمنا بعملها يدوياً والتي تشكل متحولات

```
@prefix vd: http://noura.com/vulnerabilitydetection /
@prefix rdf: http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#
[rule:
(?A744806 vd:CLASS_CONSTRUCTOR_CALL ?A744807 ),
(?A744807 vd:ARGUMENT_LIST ?A744808 ),
(?A744808 vd:EXPR ?A744809 ),
(?A744810 rdf:value ?wildcard56 ),
(?A744809 vd:DECIMAL_LITERAL ?A744810 ),
(?A744808 vd:EXPR ?A744811 ),
(?A744812 rdf:value ?wildcard77 ),
(?A744811 vd:STRING_LITERAL ?A744812 ),
(?A744808 rdf:value "ARGUMENT_LIST" ),
(?A744807 vd:QUALIFIED_TYPE_IDENT ?A744813 ),
(?A744814 rdf:value "Socket" ),
(?A744813 vd:IDENT ?A744814 ),
(?A744815 rdf:value ?entry_point ),
(?A744806 vd:IDENT ?A744815 ),
(?A744806 rdf:value "=" ) ->
(vd:unit vd:socket_entry_point ?entry_point)]
```

وثابت النموذج يمكن صياغة قواعد ال Jena المقابلة للنموذج وفق مايلي:

وفي هذه المرحلة نستطيع تطبيق الاستدلال الأمامي عبر بناء reasoner دلالي باستخدام القواعد الناتجة عن المرحلة السابقة، إضافة إلى بعض الإعدادات الإضافية المتمثلة في نوع محرك الاستدلال المستخدم وهو النوع الأمامي مع خوارزمية RETE، وذلك بهدف استنتاج جمل جديدة في حال أن محرك الاستدلال وجد مطابقة للنموذج ضمن الكود المدروس الذي اخترناه وبالتالي فإن الكود يحوي نقطة دخول يجب معالجتها حتى لا تشكل خطراً على الكود، وفيما يلي نبين عملية إنشاء ال Reasoner:

```
Model m = ModelFactory.createDefaultModel();

Resource configuration = m.createResource();
configuration.addProperty(ReasonerVocabulary.PROPruleMode,
"ForwardReasoner");
configuration.addProperty(ReasonerVocabulary.PROPruleSet,
rules_filename);
// Create an instance of such a reasoner
Reasoner reasoner = GenericRuleReasonerFactory.
theInstance().create(configuration);
```

فلو حصلنا بعد تطبيق الاستدلال الخاص باختبار نموذج نقطة الدخول Javасocket على جمل (ثلاثيات) مثل الجملة:

(vd:unit vd:socket_entry_point "sock")

عندها يتم وضع المتحول sock كمشتبه به ويعتبر مصدراً للخطر يجب التعامل معه. ويتطبيق هذه المنهجية باستخدام كود يحوي نقطة الدخول المدروسة يمكن الحصول على رسالة توضح النتيجة كما يلي:

```
Inferred statement: [http://noura.com/vulnerabilitydetection/unit,
http://noura.com/vulnerabilitydetection/socket_entry_point, "sock"]

Taint variable: sock
```

ولا بد من الإشارة إلى الاعتبارات التالية:

- يبين الجدول (1) نتائج تجريبية نلاحظ من خلالها أن الزمن اللازم للانتقال من شيفرة المصدر مروراً بمرحلة الشجرة ثم XML وصولاً لمستند RDF يكاد يكون واحداً عند حجوم مختلفة في ملفات الجافا ومن الممكن أن يتأثر بشكل طفيف عند وجود بنى معطيات أعقد أو عند وجود تعليمات فتح ملفات والقراءة منها، أما في حالة ملفات C لاحظنا أن الزمن أصبح يزداد بشكل طردي بزيادة حجوم الملفات ولكن بنسب صغيرة ولم يتأثر بنمط المعطيات المستخدم بشكل كبير.

جدول (1) نتائج تطبيق الأداة على ملفات بحجوم مختلفة بلغت الجافا و C

- يوجد أدوات تقوم بعملية استخلاص حقائق المصدر لكنها تعاني من بعض المحدودية، وسندرج فيما يلي أمثلة عنها موضحين النقاط التي تتفوق بها الأداة المقدمة ضمن البحث.

Java File	size	Time	C File	size	time
listSet.java	176 line	4 sec	Strings.c	15 lines	2 sec
Findtwo.java	30 lines	3 sec	Arrays.c	164 lines	3 sec
FileDisp.java	36 lines	3 sec	Testlong.c	380 lines	3 sec
Connt4.java	320 line	4 sec	Longer.c	717 lines	5 sec
saxAvg.java	450 line	4 sec	Files.c	200 lines	4 sec
Applet.java	600 line	4 sec	Fileslong.c	1000 lines	10 sec

الأداة (SeCold (Source code Ecosystem Linked Data)

تقوم هذه الأداة باستخلاص حقائق كود المصدر القابلة للفهم من قبل الإنسان والآلة، وتسمح بتبادل وتشارك الحقائق الممثلة بصيغة قياسية واعتبرت نواة لأول مخزن linked data، متيحة إمكانية الوصول لـ 1.5 بليون ثلاثية[5]. و يمكن استخدام SeCold لأغراض البحث والتحليل والتنقيب في المعطيات، مشكلتها تكمن في الحبيبية التي تقدمها، حيث لا يمكن عبر هذه الأداة تقسيم سطر الكود لأكثر من حد معين بل يتم التعامل معه كوحدة متكاملة وهذا لا يساعد في التحكم بتدفق المعطيات والذي يحتاج إلى تفصيل أكثر من ذلك، إضافة إلى أن هذه الأداة خاصة بالجافا ولا يمكن تطبيقها على تطبيقات مكتوبة بلغات أخرى، بينما الأداة التي قدمناها استطعنا تطبيقها على عدة لغات كما هو وارد في الجدول(1).

أداة Ganapathy & Sagayaraj

وهي أداة تستخرج البيانات الوصفية (metadata) من شيفرة المصدر باستخدام مولد الكود QDox الذي يستخلص تعاريف الصفوف والواجهات والطرق من ملفات الجافا، ونقوم بتخزينها بصيغة OWL عبر مكتبة ال Jena، وهكذا فإنها تخزن حقائق عالية المستوى عن الكود كالتعريفات متيحة بذلك مبدأ إعادة الاستخدام، في حين أن الكود الفعلي يتم تخزينه في مخازن أخرى مثل (Hadoop Distributed File System) HDFS ولذلك لا يمكن تطبيق تحليل الكود على الحقائق المستخلصة بهذه الأداة، وهنا تكمن أهمية الأداة التي قدمناها والتي تتيح لنا التمثيل للكود وفق الحبيبية المطلوبة دون وجود عائق اللغة.

نتائج وآفاق مستقبلية:

1- يقدم البحث أداة تقوم توليد شجرة التحليل CST التي تمثل النص البرمجي لتطبيق الويب المكتوب بلغة برمجة متقدمة ثم تحويلها إلى الصيغة الوسيطة XML،

- وصولاً إلى لغة المصادر الموحدة RDF، وذلك انطلاقاً من ملف قواعد اللغة وشيفرة مصدر التطبيق.
- 2- تشكل ملفات RDF الناتجة تمثيلاً مناسباً من حيث الاستقلال عن لغة المصدر، ودرجة الحبيبية اللازمة لاستخدامها في عملية التحليل الستاتيكي للتطبيق كما لاحظنا في حالة JavaSocket فقد تم تقسيم سطر الكود لعدة وحدات مما مكننا من تطبيق منهجية تحليل مناسبة.
- 3- يمكن الاستفادة من هذه الأداة في مجال التحليل الستاتيكي لتطبيق الويب عبر وضع نماذج من الكود تشكل ثغرات أمنية، وصياغة القواعد المقابلة لها بعد تمثيلها وفق الصيغة الموحدة التي توفرها الأداة، مما يتيح فيما بعد إمكانية استخدام تقنيات الويب الدلالي عبر الاستدلال وفق هذه القواعد، وبالتالي الكشف عن الثغرات الأمنية.
- 4- يمكن العمل على تحسين الخوارزميات المستخدمة في صنع الأداة المقدمة بهدف تسريع عملية التحويل.
- 5- كما يمكن تضمين عدد أكبر من ملفات قواعد اللغات وإجراء بعض التعديلات لتضمين هذه اللغات مما يضمن مرونة الأداة مع تقديم تطبيقات بلغات جديدة.

المراجع:

- [1] MYERS Andrew,2014- JFlow: Practical Mostly-Static Information Flow Control, Proceedings of the 26th ACM Symposium on Principles of Programming Languages (POPL '99), San Antonio, Texas, USA,p11.
- [2] GERMAN Andy,2003-Software Static Code Analysis, CROSSTALK The Journal of Defense Software Engineering,p5.
- [3] THURASINGHAM Bhavani, 2013 - Security Issues for the Semantic Web, Proceedings of the 27th Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC'03) 0730-3157/03 \$ 17.00 © IEEE
- [4] GANAPATHY Gopinath, S. Sagayaraj, 2011-To Generate the Ontology from Java Source Code OWL Creation, (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications,Vol. 2, No.2.
- [5] IMAN Keivanloo, Christopher Forbes, Juergen Rilling , Philippe Charland ,2015,Towards Sharing Source Code Facts Using Linked Data, 22 p.
- [6]JENS Krinke ,Information Flow Control and Taint Analysis with Dependence Graphs, Published in the Proceedings Third International Workshop on Code Based Software Security Assessments (CoBaSSA),2007 in Vancouver, Canada,p6.
- [7] MOHD. Ehmer Khan,2011-Different Approaches to White Box Testing Technique for Finding Errors, International Journal of software Engineering and Its Applications Vol. 5 No. 3.
- [8] Dr. Bhavani Thuraisingham,2010- Security Issues for the Semantic Web,Program Director-Data and Applications Security-The National Science Foundation-Arlington, VA-On leave from The MITRE Corporation-Bedford, MA-Authorized licensed use

limited to: Univ of Texas at Dallas. at 17:34:12 UTC from IEEE Xplore

[9] DECKERr Stefan,Sergey Menlink- Frank Van Harmelen, Dieter Fensel, Michel Klein, Jeen Broextra- Micheal Erdmann, Ian Horrocks,2015- The Semantic Web:The Roles of XML and RDF 1089-7801/ 00/\$10.00 ©2015 IEEE.

[10] AKHTAR Waseem, Jacek Kopeck'y, Thomas Krennwallner, and Axel Polleres,2008- XSPARQL: Traveling between the XML and RDF worlds and avoiding the XSLT pilgrimage, Digital Enterprise Research Institute, National University of Ireland, Galway-STI Innsbruck, University of Innsbruck, Austria Proceedings of the 5th European Semantic Web Conference (ESWC2008), Springer, 2008

[11] Lian Yu, Shi-Zhong Wu, Tao Guo, Guo-Wei Dong, Cheng-Cheng Wan, and Yin-Hang Jing, 2011- Ontology Model-Based Static Analysis of Security Vulnerabilities, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

[12] KAHANI Mohsen, Ala EkramiFard, 2015 -Providing a Source Code Security Analysis Model Using Semantic Web Techniques, Second International Congress on Technology, Communication and Knowledge (ICTCK 2015) November, 11-12, 2015 - Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

[13]Terence Parr, 2013-The Definitive ANTLR 4 Reference, Dallas, Texas • Raleigh, North Carolina, 283 p.

[14] Auniversal security infrastructure for ISPs and corporate networks using NFV-enabled technologies: the SHIELD project, SHIELD Newsletter n.4 - March 2019 Mar 22, 2019.

[15] Scott Boag, Don Chamberlin, Mary F. Fernández, Daniela Florescu, Jonathan Robie, Jérôme Siméon, 2007- XQuery 1.0: An XML Query Language W3C Recommendation 23 January 2007.

[16] Ian Dickinson, Andy Seaborne, Chris Dollin, Kevin Wilkinson, 2004- Jena: Implementing the Semantic Web Recommendations, Jeremy J. Carroll, Dave Reynolds HP Labs, Bristol-UK-- HP Labs, Palo Alto-CA. USA.

دراسة طرائق لتصميم دارات مواعمة عريضة الحزمة لمكبرات الاستطاعة المستخدمة في تطبيقات الأمواج المترية والديسيمترية*

* * المهندسة ميس محمد

*** الدكتور فريز عبود

*** الدكتور محمد الحريري

المخلص

يعرض هذه البحث تصميم دارات مواعمة عريضة الحزمة انطلاقاً من عدة نماذج تمت دراستها، وتصميمها وإجراء بعض المقارنات بينها بالنسبة للحزمة الترددية، ونسبة تحويل الممانعة، حيث تم التركيز على تصميم نوعين من المحولات التي تحقق مجال ترددي عريض ألا وهي: المحولات المترابطة والمحولات الفريتية، واختيار النموذج الأنسب لتطبيقها على مكبرات الاستطاعة لتعمل على حزمة ترددية أكثر من أوكتاف مع الحفاظ على معامل VSWR، والحصول على أعظم استطاعة. حيث تم في تطبيق المحولات الفريتية نموذج Guanella كمحول ممانعة 1:4 بالإضافة إلى نموذج Ruthroff بشكل Balun محول 1:1 لمواعمة ممانعة دخل وخرج الترانزستور blf645 من شركة Philips، حتى حصلنا على استطاعة 100 W تغطي أكثر من 3 octave من التردد الأصغري، وبالإضافة الى إيجاد حل لمشكلة عدم ثبات ربح المكبر ومعامل VSWR خلال الحزمة الترددية العريضة، هذا التصميم المقترح يلبي متطلبات معايير الإتصالات الحديثة مثل القفز الترددي و نثر الطيف و إمكانية نقل معطيات (SMS, IP) PACKETS, VIDEO، مثل بث الفيديو الرقمي وغيره.

الكلمات المفتاحية: الحزمة الترددية العريضة، دارات المواعمة، محول الممانعة، مكبرات الاستطاعة.

*أعد البحث في سياق رسالة الدكتوراه للطالبة ميس محمد بإشراف الأستاذ الدكتور فريز عبود ومشاركة الدكتور

محمد الحريري

**طالبة دكتوراه - قسم الاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق

***أستاذ - قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق

***باحث رئيسي - المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا

Study methods of designing wide band matching circuits for power amplifiers used in metric and decimeter wave applications*

Eng. Mais Mohamed **

Dr. Fariz Abboud ***

Dr. Mohamad Al hariri ****

Abstract

This paper presents the design of broadband matching circuits based on several models that have been studied, designed and made some comparisons between them with respect to the frequency band and the impedance conversion ratio, where the focus was on designing two types of transformers that achieve a wide band frequency, namely, interconnected transformers and ferrite transformers, and choosing the most appropriate model for their application. On the amplifiers of the power to operate on a wide band more than an octave while maintaining the coefficient of VSWR and obtaining the greatest power, where in the application of the ferrite transformers Guanella model as a 1: 4 impedance transformer ,in addition to the Ruthroff model in the form of a Balun transformer 1: 1 to approve the impedance of input and output of the transistor blf645 from Philips until we obtained The power of 100w covers more than 3octave of the minimum frequency, and in addition to finding a solution to the problem of instability of amplifier gain and VSWR during the wide frequency range, this proposed design meets the requirements of modern communication standards such as frequency hopping, spectrum scattering and data transmission capability (SMS, IP PACKETS, VIDEO) such as, Digital video broadcasting and more .

Key words: broadband, matching circuits, Impedance transformer, Power amplifiers

* The research was conducted in the context of the Phd thesis of the student Mais Mohammed under the supervision of Dr. Fariz Abboud and the participation of Dr. Mohamad Alhariri.

** Phd.Sc.Student Department of Communications - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University.

*** Prof.Dr. Department of Electronics and Communications Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.

**** Major Researcher, Higher Institute of Applied Sciences and Technology.

1- المقدمة:

تعتبر دارات الموامعة عريضة الحزمة من العناصر الأساسية لتصميم مكبرات الاستطاعة المنخفضة الضجيج ، ومكبرات الاستطاعة العالية والهوائيات، ومقسمات ومجمعات الاستطاعة ومكونات أخرى من عناصر الأجهزة الراديوية وغيرها[1]. الهدف الرئيسي من دارات الموامعة هي تقليل الانعكاس بين المكونات الراديوية ونقل الاستطاعة القصوى للإشارة، ولكن تكمن الصعوبة في تطبيقات الحزمة الترددية العريضة،[2] وخاصة إذا كانت أكثر من أوكتاف، مع المحافظة على الخطية ونسبة عالية لإستطاعة الإشارة.

2- هدف البحث:

دراسة تصميمية لدارات موامعة تحقق الحزمة الترددية العريضة لأكثر من أوكتاف مع الحصول على نسبة تحويل عالية للممانعة، وإجراء مقارنة بينها ، بما يتناسب مع تصميم مكبرات الاستطاعة في ترددات VHF-UHF ، وبالإضافة الى إيجاد حل لمشكلة عدم ثبات ربح المكبر و معامل VSWR [voltage standing wave ratio] خلال الحزمة الترددية العريضة.

3- أدوات البحث :

برمجية متطورة (MICROWAVE OFFICE) NIAWR .

كبلات محورية بممانعات مميزة (عناصر موزعة)، قاعدة عازلة F4، مواد فريتية تعمل على ترددات تصل حتى 1 GHz، ترانزستورات LD MOSFET.

4- الدراسة النظرية:

يعتمد عرض الحزمة الترددية في تقنيات الإتصال اللاسلكي على معدل البيانات، وزيادة معدل نقل البيانات تتطلب تقديم استجابة حزمة ترددية عريضة[1] ، حيث تم تطبيق العديد من التقنيات على تصميم دارات الموامعة على حزم ترددية ضيقة، وحزم ترددية عريضة ومتعددة الحزم. وفي السنوات الأخيرة تم تطوير العديد من دارات الموامعة لتحقيق الحزمة الترددية العريضة مع نسبة تحويل عالية للممانعة ، سنذكر بعض هذه الطرائق وإجراء بعض المقارنات بينها. ولكن يجب ذكر مقدمة مختصرة عن خطوط النقل[3] .

1-4- مقدمة عن خطوط النقل:

تعرف ممانعة دخل لخط نقل ذو حمل Z_L وطول كهربائي θ معرف بممانعة مميزة ب Z_0 بالعلاقات التالية:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{1 + \Gamma_m e^{-j2\theta}}{1 - \Gamma_m e^{-j2\theta}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{Z_L}{Z_0} = \frac{1 + \Gamma_L}{1 - \Gamma_L} \dots \dots \dots (2)$$

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \theta}{Z_0 - jZ_L \tan \theta} \dots \dots \dots (3) \text{ عندئذ}$$

وباستخدام شرط $Z_{IN} = Z_S^*$ conjugate matching نحصل على أفضل مواعمة وبالتالي يتم نقل لإستطاعة عظمى [1,3]. دارات المواعمة المستخدمة عادة هي المواعمة باستخدام العناصر الموزعة للترددات التي فوق 1GHZ ، كما يُوصف عرض الحزمة الترددية بالأوكتاف عندما تحقق نسبة 66% من التردد المركزي من خلال العلاقة (4):

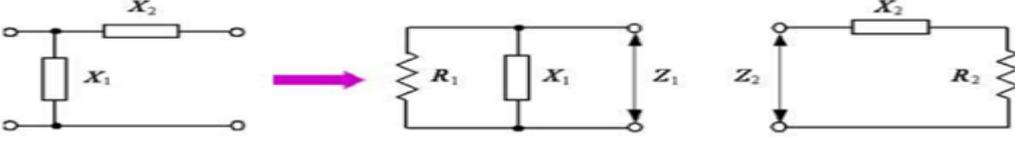
$$BW\% = \frac{100 * 2 * (F_{max} - F_{min})}{F_{max} + F_{min}} \dots \dots \dots (4)$$

2-4- تقنيات تصميم دارات المواعمة عريضة الحزمة:

1-2-4- محول من النمط L :

تعتبر دارة المواعمة من النمط L ذات المقطع الواحد منخفضة الضياع من أبسط دارات المواعمة، والسبب الرئيسي لإختيار شبكة (LC منخفضة Q) على شبكات LC الأخرى هو أننا نحتاج إلى مسار تزويد DC لمكبرات الاستطاعة [2]. يمكن لهذه الدارة أن تحقق تحولاً مثاليًا للمقاومة عند تردد واحد ولها مواعمة جيدة على مجال تردد معين.

لدينا محول من النمط L في الشكل (1) ، بمطابقة Z_2, Z_1 الجزء الحقيقي والتخيلي نجد :



الشكل (1) محول من النمط L مقطع واحد ، والدائرة المكافئة له

$$R_2 + jX_2 = \frac{R_1 X_1^2}{R_1^2 + X_2^2} + j \frac{R_1^2 X_1}{R_1^2 + X_2^2} \dots \dots \dots (5)$$

$$R_1 = R_2(1 - Q^2)$$

ولكن :
حيث يمثل Q معامل الجودة للدارات التسلسلية والتفرعية.

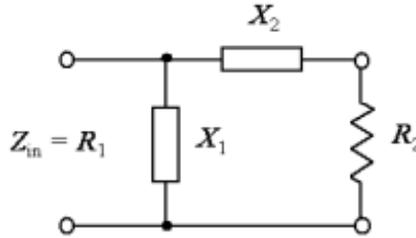
$$X_1 = X_2(1 - Q^{-2}) \dots \dots (6)$$

$$Q = R_1 / |X_1| = |X_2| / R_2 \dots \dots \dots (7)$$

باستخدام شرط conjugate matching مع العناصر التفاعلية (6)

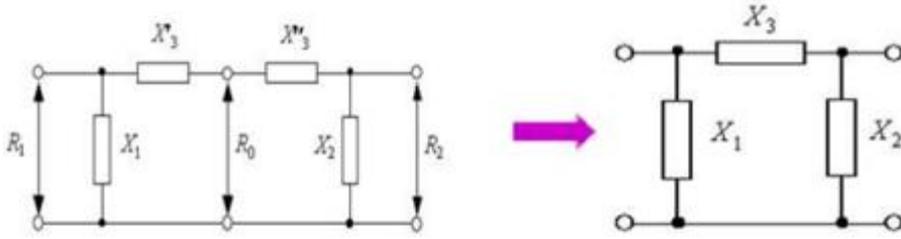
$$R_1 = R_2(1 - Q^2), X_1 = -X_2(1 - Q^{-2}) \dots \dots \dots (8)$$

فحصل على الشكل (2):



الشكل (2) محول L باستخدام Lumped element

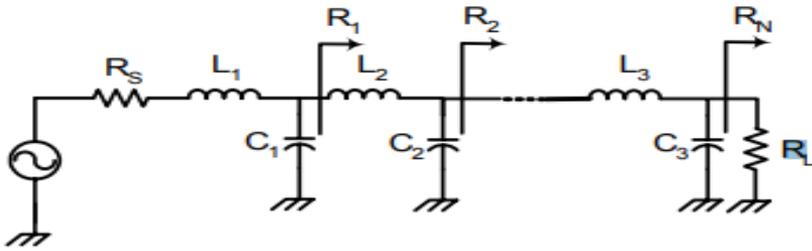
ولكن بالإمكان زيادة عدد المقاطع إلى مقطعين كما في الشكل (3) لزيادة عرض الحزمة الترددية ولكن تبقى زيادة عدد المقاطع محدود بسبب الصعوبة في حالة المصدر الحقيقي وتحويل مقاومة الحمل ، حيث يمكننا حساب قيم L و C عن طريق تحويل الشبكة المتوازية إلى شبكة متسلسلة، ولكن تبدي الملفات والمكثفات سلوك مختلف مع الترددات العالية فالملف يصبح له خواص سعوية مع التردد وبالعكس (أي يعمل الملف كمكثف)، [4,5] لذلك تبقى هذه الطريقة محدودة التطبيق حتى تردد 1GHz.



الشكل (3) محول من النمط L مقطعين ، والدارة المكافئة له

4-2-2-2 - شبكة LADDER :

استخدم هنا في هذه الطريقة الشكل العام لمرشح تمرير منخفض الشكل (4) لزيادة عدد المقاطع وبالتالي زيادة عرض الحزمة الترددية . بشرط $R_L > R_S$. ولكن بسبب عدد العناصر الكبير تنخفض جودة الدارة. [6]



Multi-stage low Q LC matching networks ($R_L > R_S$).

الشكل (4) شبكة ladder

4-2-3 - محولات ربع الطول الموجي:

تقدم هذه المحولات عرض حزمة ترددية محدود، سواء كان المحول عبارة عن خط محوري (cable coaxial) أو خط شرائحي (microstrip)، ولكن قد تصبح الممانعات المطلوبة غير عملية لتحقيقها، عند التحويل إلى مقاومة عالية أو منخفضة للغاية، على الرغم من أنه يمكن التغلب على هذه القيود باستخدام عدة مقاطع من المحولات ولكنها تؤدي إلى زيادة طول المحول [5] .

، وخاصةً في مستويات الترددات المنخفضة.

$$Z_0 = \dots\dots(9) \quad \text{تعطى ممانعة الخط لمحول ربع طول الموجة بالعلاقة:}$$

$$\sqrt{Z_L * Z_S}$$

كل الطرائق السابقة من الصعب الحصول على حزمة ترددية عريضة الا بعد زيادة عدد المراحل مما يجعلها أكبر حجماً وأكثر تعقيداً (من حيث حساب قيم العناصر). لذلك سننتقل الى طرائق مختلفة أخرى تتكون من مرحلة (مقطع) واحدة كافية لتغطي حزمة ترددية عريضة، مثلاً، إذا تم استبدال الخط الشراحي المنفرد بزوج من الخطوط الشرائحية نحصل على محول الخطوط المترابطة (Coupled microstrip transformer) ، وهو أحد أكثر الطرق تنوعاً في التصميم سنذكر بعض النماذج المقترحة.

4-2-4- محول الخطوط المترابطة (Coupled microstrip transformer) :

تتطلب الأنظمة دائماً تكلفة منخفضة وأداء عالي لمكونات متوافقة بشكل جيد. ولكن عندما تعمل على ترددات راديوية منخفضة، تُستخدم خطوط النقل التقليدية متعددة الطول الموجي لربع طول الموجة حيث تصبح مواعمة ممانعة الحزمة العريضة غير عملية، تظهر نفس المشكلة مع موافقة ممانعة الهوائي الفردي في مصفوفة هوائي كبير الحجم، عندما تكون المساحة المتاحة لشبكات التغذية والموافقة محدودة. اذاً يجب أن يكون لطول المحول قيمة محددة في تصميم دارات مواعمة الممانعة [9].

أُقتُرح في السنوات الأخيرة محول الخطوط المترابطة المتماثلة كعنصر مواعمة ، حيث يتم تصميم المحول بشكل عام من خلال معرفة الاختلاف بين الممانعة الفردية Z_{00} و الزوجية Z_{0e} التي هي عبارة عن متحول يتحكم بالقسم الحقيقي والتخيلي لممانعة الحمل Z_L الشكل (4-أ) من خلال إضافة خط نقل يحقق المركبة التخيلية [9,11].

لكي نستنتج معادلة ($Z_{0e} - Z_{00}$) سيتم استخدام محول الخط المترابط كمحول مقاومة، المعادلات (10-14) تعبر عن ممانعات أطراف المحول بشكل دقيق بعد المطابقة الفعالة للأحمال الحقيقية والتخيلية:

$$Z_{11} = Z_{22} = Z_{33} = Z_{44} = -j/2(Z_{0e} + Z_{00})cot\theta \dots\dots\dots(10)$$

$$Z_{12} = Z_{21} = Z_{34} = Z_{43} = -j/2(Z_{0e} - Z_{00})cot\theta \dots\dots\dots(11)$$

$$Z_{13} = Z_{31} = Z_{34} = Z_{43} = -j/2(Z_{0e} - Z_{0o})csc\theta \dots \dots \dots (12)$$

$$Z_{14} = Z_{41} = Z_{23} = Z_{32} = -j/2(Z_{0e} + Z_{0o})csc\theta \dots \dots \dots (13)$$

$$Z_{IN} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{Z_{11}Z_L + |Z|}{Z_L + Z_{22}} \dots \dots \dots (14)$$

نمط انتشار الأمواج في الخطوط المترابطة هو TEM لنفترض أن خطوط النقل للمحول متماثلة ، يمكن التعبير عنها من حيث الوضع الزوجي والفردى للممانعات بالعلاقات (15،16):

$$|Z| = Z_{11}Z_{22} - Z_{21}Z_{12} \dots \dots \dots (15)$$

$$\theta = \frac{\pi}{2} , \quad csc\theta = 1 \text{ and } cot\theta = 0$$

$$\{Z_+ = Z_{0e} + Z_{0o} \quad \text{and} \quad Z_- = Z_{0e} - Z_{0o}\} \dots \dots \dots (16)$$

$$Z_{IN} = \frac{-Z_{21}Z_{12}}{Z_L} = \frac{-(-j/2)^2 Z_-^2}{Z_L} = \frac{Z_-^2}{4Z_L} \dots \dots \dots (17)$$

عندئذ ممانعة الدخل للمحول

تعطى بالعلاقة:

$$\Gamma_{IN} = \frac{Z_{IN} - Z_g}{Z_{IN} + Z_g} = \frac{\frac{Z_-^2}{4Z_L} - Z_g}{\frac{Z_-^2}{4Z_L} + Z_g} \dots \dots \dots (18)$$

وبالتالي معامل

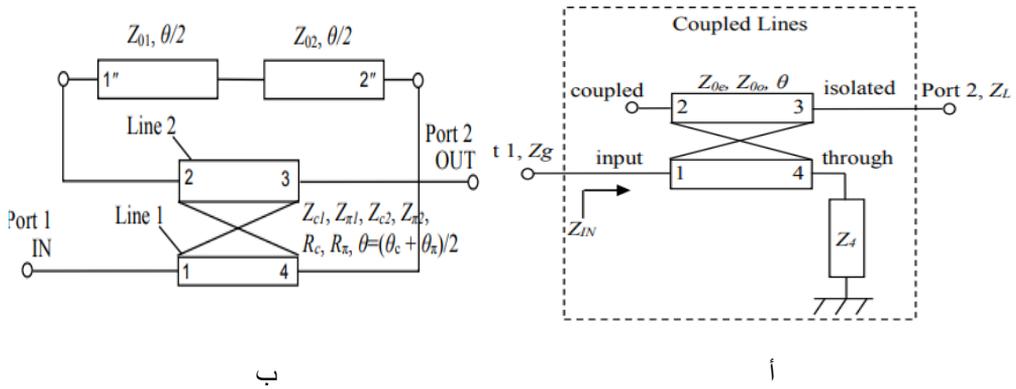
الانعكاس في الدخل:

بتعويض (17) في (16) يعرف الفرق بين الممانعة الزوجية والفردية للمحول بالعلاقة التالية:

$$Z_{0e} - Z_{0o} = 2 \sqrt{Z_g Z_L \frac{1 + \Gamma_{IN}}{1 - \Gamma_{IN}}} \dots \dots \dots (19)$$

والشكل (6) يعرض عدة نماذج لدارات مصممة بتقنية محول الخطوط المترابطة ، تم تصميمها ومقارنة نتائج استجابتها الترددية باستخدام المحاكاة الكهرومغناطيسية التي يقدمها برنامج NIAWR لنمذجة دارة المحول كخط نقل للحصول على أفضل ممانعة مميزة لتحويل الممانعة كما يلي:

النموذج الأول من الشكل (6) :تم تقليل عدد منافذ المحول المترابط في الشكل (5- أ) من 4 منافذ إلى منفذين الشكل (5- ب) ، منفذ مترابط مفتوح 2 ومنفذ عبور 4 ينتهي عبر حمل Z_4 ، هنا تم تطوير المحول ليحقق بعض السهولة في التصميم من خلال تحميل كلا المنفذين 2و4 بخط نقل شراحي عند تردد 400 MHz يحقق نسبة تحويل الضعف في الممانعة، لأنه من الصعب تحقيق قيم عملية للمنفذ 4 تصل قيمة الممانعة إلى 200Ω كما هو وارد في المرجع [5]



الشكل (5) تتابع تناقص منافذ دائرة محول مترابط من أربع منافذ -أ- إلى منفذين - ب - .

في هذا النموذج تم تصميم المحول السابق على أساس الخطوط المترابطة الغير المتماثلة. أما لكي نحصل على نسبة تحويل أعلى، وهو النموذج الثاني من الشكل (6)، سنستخدم خط نقل متسلسل بممانعة Z_a وطول θ_a ، وخط نقل مترابط بممانعة زوجية وفردية Z_{Co}, Z_{Ce} على التوالي بطول θ_c ذو نهاية مفتوحة أو مقصورة . هذا النموذج يوفر تطابقاً مثالياً بين منفذين مختلفين بالممانعات والطول الكهربائي θ_c, θ_a عند $\pi/2$ التردد المركزي ، حيث يتم استخدام هذه النموذج لمواءمة ممانعة الحمل المطلوبة (Z_L) لمقاومة المنبع $(Z_S=50\Omega)$ مع استجابة حزمة ترددية عريضة.

من خلال مصفوفة ABCD لدارة مؤلفة من خطين مترابطين ذات منفذين بمرجعين مختلفين في الممانعات Z_l, Z_s ، يمكن كتابة المصفوفات بالعلاقات التالية [9]:

$$[S] = \frac{[\sqrt{Y_l}].[Z] - [\sqrt{Z_l}]}{[\sqrt{Y_l}].[Z] + [\sqrt{Z_l}]} \dots \dots \dots (20)$$

$$\{[\sqrt{Z_l}] = \begin{bmatrix} \sqrt{Z_c} & 0 \\ 0 & \sqrt{Z_l} \end{bmatrix}, [\sqrt{Y_l}] = \begin{bmatrix} \sqrt{Y_c} & 0 \\ 0 & \sqrt{Y_l} \end{bmatrix}\} \dots \dots \dots (21)$$

Z_c الممانعة المميزة للطائفة بناءً على خصائص التحويل بين الدارة و المعاملات S للمنفذين الغير المتماثلين يتم التعبير عن دارة المواعمة ك

$$S_{11} = \frac{AZ_l + B - CZ_l Z_s - DZ_s}{AZ_l + B + CZ_l Z_s - DZ_s} \dots \dots \dots (22)$$

$$S_{21} = \frac{2\sqrt{Z_l Z_s}}{AZ_l + B + CZ_l Z_s - DZ_s} \dots \dots \dots (23)$$

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ J \frac{\tan \varphi_c}{Z_c} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_A & J \sin \theta_A \\ \frac{J \sin \theta_A}{Z_A} & \cos \theta_A \end{bmatrix} \dots \dots \dots (24)$$

حيث يتم حساب العناصر الفردية لمصفوفة ABCD بالعلاقات (25-30)

$$A = \cos \theta_A \quad (25)$$

$$B = jZ_A \sin \theta_A \quad (26)$$

$$C = j \tan \varphi_c \cos \theta_A / Z_c + j \sin \theta_A / Z_A \quad (27)$$

$$D = \cos \theta_A - Z_A Z_c \sin \theta_A \tan \varphi_c \quad (28)$$

$$Z_c = \sqrt{Z_{ce} Z_{co}} \quad (29)$$

$$\varphi_c = \arccos \frac{\rho 1 - \tan \theta_c^2}{\rho 1 + \tan \theta_c^2} \quad (30)$$

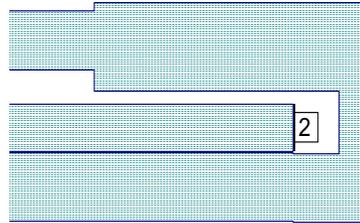
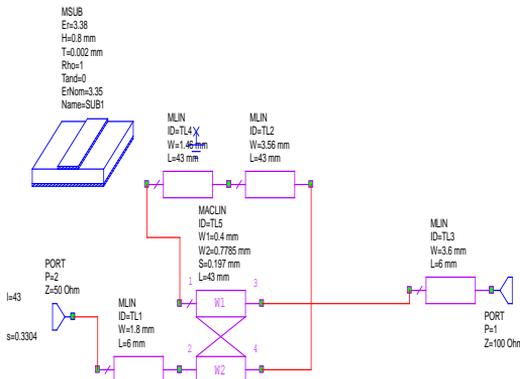
$$\theta_A = \theta_c = \frac{\pi f}{2f_0} \quad (31)$$

حصلنا هنا على نسبة تحويل أعلى من خلال قصر الخطين المترابطين من جهة وإضافة خط نقل متسلسل الى أحد طرفي الخط المترابط ، نلاحظ النموذج الثاني ، يعطي نسبة تحويل أعلى ولكن يعيق من عرض الحزمة الترددية الى أوكتاف فقط، وبالتالي يناسب تطبيقات UHF فقط .

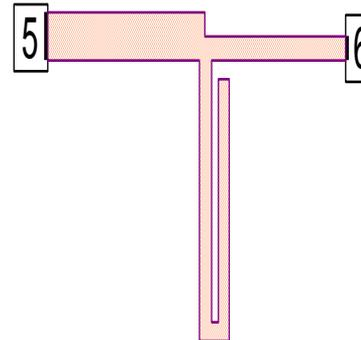
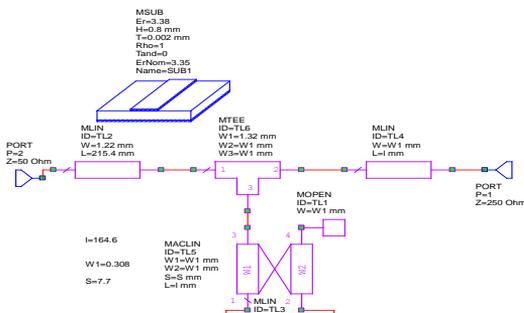
لرفع نسبة التحويل إلى $n=5$ وهو النموذج الثالث من الشكل (6)، تم إضافة خط نقل مترابط إلى محول النموذج السابق الثاني باستخدام المحاكاة الكهرومغناطيسية وقد أثبتت هذه الدراسة أن

هذا يسهل توليف المحولات الخطية المترابطة مع نسب التحويل من خلال زيادة عدد العناصر المترابطة وبالتالي سهولة التصميم و انضغاط هذه المحولات المستوية يجعلها جيدة، ولكن في هذا النموذج زادت الممانعة الزوجية $Z_{0e} > 5 Z_{0o}$ ، أي زيادة في معامل الترابط coupling تؤدي الى زيادة عرض الحزمة الترددية [10].

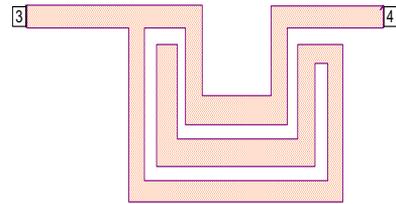
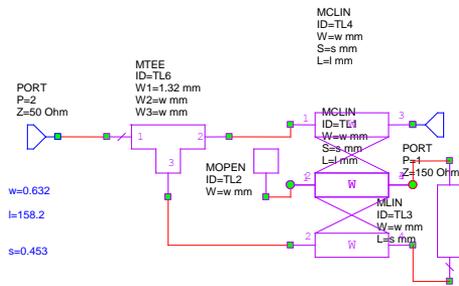
تم إجراء المقارنة بين هذه النماذج عند نفس التردد 400MHz بما يقابلها كنسبة مئوية بالنسبة للتردد المركزي كما هو موضح بالشكل (7) باستخدام برمجية NIAWR ، حسب العلاقة (4) نلاحظ عرض الحزمة الترددية للنموذج الأول يحقق 99%، أما النموذج الثاني يحقق 66% ، والنموذج الثالث يحقق 38% وذلك عند قيمة $R_L = -20\text{dB}$.



النموذج الاول



النموذج الثاني



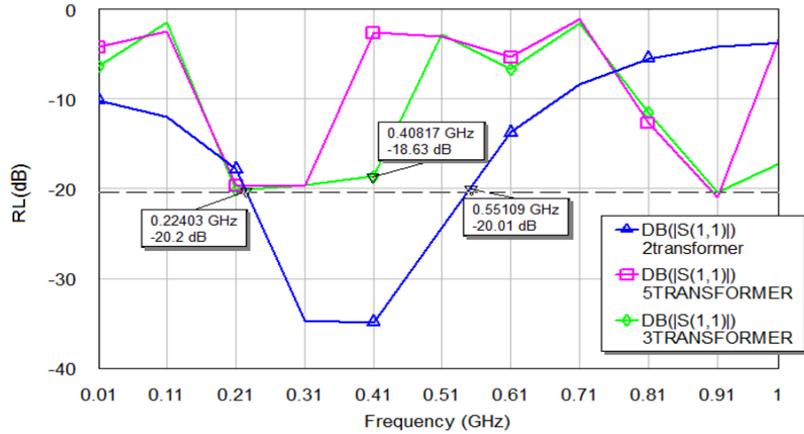
النموذج الثالث

الشكل (6) أشكال نماذج المحول المترابط

القاعدة العازلة المستخدمة Fr4 ، ذات ثابت عازلية 4.8 وسماكة H=1mm وبمعامل

ضياح[0.018]

عرض الحزمة	نسبة التحويل
2	99%
3	66%
5	38%



الشكل (7) المقارنة بين نماذج المحولات

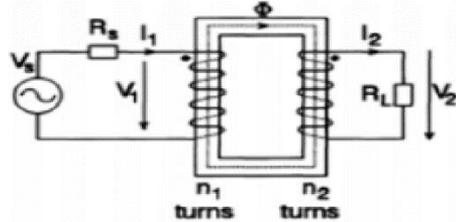
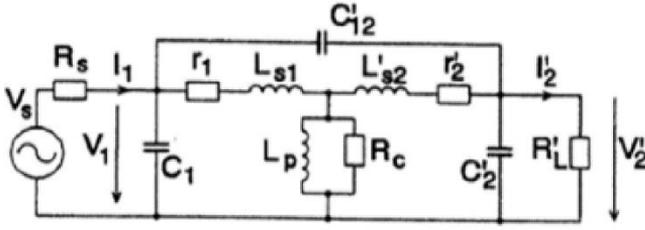
نلاحظ أن الدراسة السابقة مفيدة للترددات الأعلى من 1GHz بسبب الطول الكبير لمحول الممانعة .

4-2-4 - المحولات المغناطيسية

يتألف من ملفين يربط بينهما قلب مغناطيسي يتناسب جهد المحول الأول مع جهد المحول الثانوي طردا مع عدد اللفات حول القلب أما بالنسبة للتيار فيتناسب عكسا مع عدد اللفات ، يوضح الشكل(8) التمثيل الفيزيائي للمحول المغناطيسي التقليدي ودارته المكافئة ، بالنسبة لمحول عديم الضياع تعطى ممانعة الحمل بالعلاقة التالية:

$$R = \left[\frac{n_1}{n_2} \right]^2 * R_L = n^2 R_L \dots \dots \dots (32)$$

لتحسين عرض المجال الترددي: يجب زيادة الممانعة التحريضية للملف LP على عكس المكثفات الطفيلية . هذين الشرطين صعب تحقيقهما في التطبيقات العملية [11] ، ممانعات الدخل والخرج للترانزستور منخفضة وهذا يتطلب ممانعات تسريب تحريضية منخفضة ، وبالتالي تستخدم فقط الى 30 MHz.



النموذج T المكافئ لدارة المحول

التمثيل الفيزيائي للمحول التقليدي

الشكل (8) المحول المغناطيسي

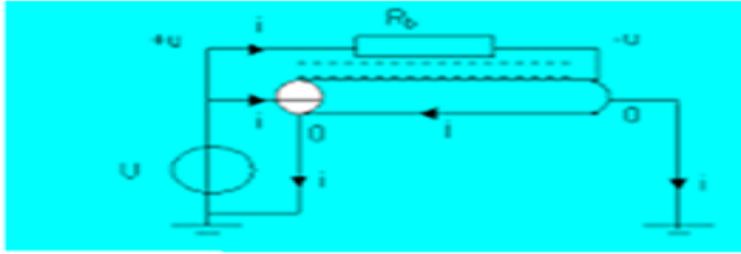
4-2-6- المحولات الفريضية:

تعتبر خطوط النقل المحورية الخيار الأفضل لمحولات خط النقل وذلك بلفها على قلب فريضي، لأن ممانعاتها المميزة لا تتأثر كثيراً بالنسبة لتشكيلة محددة في تصميمات المجال العريض متعددة الأوكتاف. يتطلب تصميم محولات خط النقل بشكل أساسي أن يفى المحول بمواصفات التردد المنخفض ، لذلك قد يلزم أيضاً التعويض عند الترددات المنخفضة أو العالية لتوسيع عرض المجال الترددي [11,4].

لتصميم محولات خط النقل ينبغي تحديد المقاومة المميزة وقطر خط النقل (قطر السلك) الذي سيتم استخدامه و تحديد الحد الأدنى لقيمة الحث الممغنط للمحول عند أدنى تردد، باختيار مادة مغناطيسية مناسبة (إذا لزم).

نموذج Ruthroff:

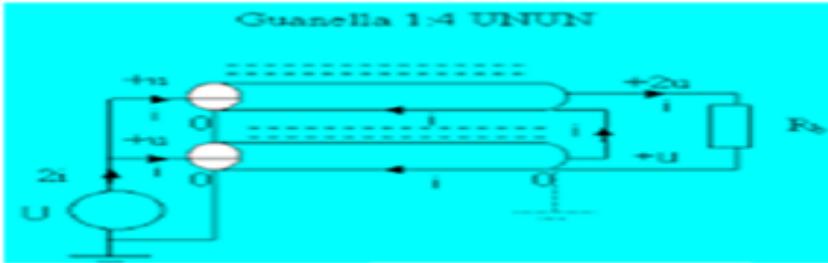
هذا النموذج يمثل محول 1:4 يعتمد على مبدأ جمع الجهود أو التيارات كما في الشكل (9)، يتميز نموذج Ruthroff ببساطة تصميمه لأنه يحتاج الى قلب فريضي واحد وبالتالي ضياع أقل، يناسب مكبر (single ended).



الشكل (9) نموذج Ruthroff

نموذج Guanella:

يعتمد على مبدأ جمع الجهود من جهة الممانعة العالية وجمع التيارات من جهة الممانعة المنخفضة وبالتالي يلائم مكبر استطاعة دفع جذب كما في الشكل (10).



الشكل (10) نموذج Guanella

تم تلخيص نتائج هذه التقنيات المختلفة تبعاً لعرض المجال الترددي ونسبة تحويل الممانعة وأفضلية تطبيقها في الجدول (1):

جدول 1: نتائج مقارنة بين تقنيات تصميم دارات الموافقة

الحجم	التطبيق	نسبة تحويل الممانعة	عرض المجال	المجال الترددي	التقنية	
				F>1GHz F<1GHz	microstrip Lumped element	محول من النمط
صغير	مكبرات ومقسمات ومجمعات وهوائيات	مختلفة	محدودة بعدد المقاطع	F>1GHz F<1GHz	microstrip Lumped element	محول ربح طول الموجة
صغير	مكبرات ومقسمات ومجمعات وهوائيات	١:٤	أوكتاف	F>1GHz		
صغير	مكبرات ومقسمات ومجمعات وهوائيات	مختلفة	محدودة بعدد المقاطع	F>1GHz F<1GHz	microstrip Lumped element	LADDER شبكة
صغير	مقسمات ومجمعات وهوائيات	محدودة ١:٢، ١:٤	أوكتاف	F<1GHz		الخطوط المترابطة
كبير	مكبرات الاستطاعة العالية	محدودة بعدد اللفات	عدة أوكتاف	F<30MHz		المحولات المغناطيسية
متوسط	مكبرات ومقسمات ومجمعات وهوائيات في الاستطاعة العالية	1:2 1:4 1:16	عدة أوكتاف ، ديكاد	F<1GHz		المحولات الفريية

نلاحظ من الجدول (1) أن تقنية المحولات الفريية هي الأفضل لتطبيقات VHF-UHF .

4-3- تصميم دارة موافقة عريضة المجال لمكبر استطاعة دفع جذب:

تعتبر الحزمة الترددية العريضة واستطاعة الإشارة من أهم موارد الاتصالات التي يجب إدارتها بشكل جيد ، وخاصة في مجال تكنولوجيا الدارات المستخدمة في التطبيقات التجارية والعسكرية ضمن ترددات VHF-UHF .

يعد مكبر الاستطاعة العالية العنصر الأكثر أهمية في نظام الاتصال وقد أدت الحاجة إلى معدل بيانات عالية إلى عمل أبحاث تتعلق بتصميم مكبرات الاستطاعة بتقنيات جديدة لتعمل في حزم ترددية عريضة وتناسب متطلبات معايير الاتصالات الحديثة مثل القفز الترددي ونشر الطيف ، وبالتالي إمكانية نقل معطيات (SMS,IP) [PACKETS,VIDEO].

تم تصميم مكبر استطاعة عريض الحزمة الترددية باستخدام ترانزستور (BLF645) Pushpull يحقق حزمة ترددية [30-800 MHz] ومحاكاته باستخدام برمجة (NIAWR) .

لتصميم دارة المواعمة لممانعتي الدخل والخرج للترانزستور المستخدم ، تم تصميم نوعين من محول خط نقل [8]، الأول وفق نموذج Ruthroff يتألف هذا المحول من قلب فريي وملف (كبل

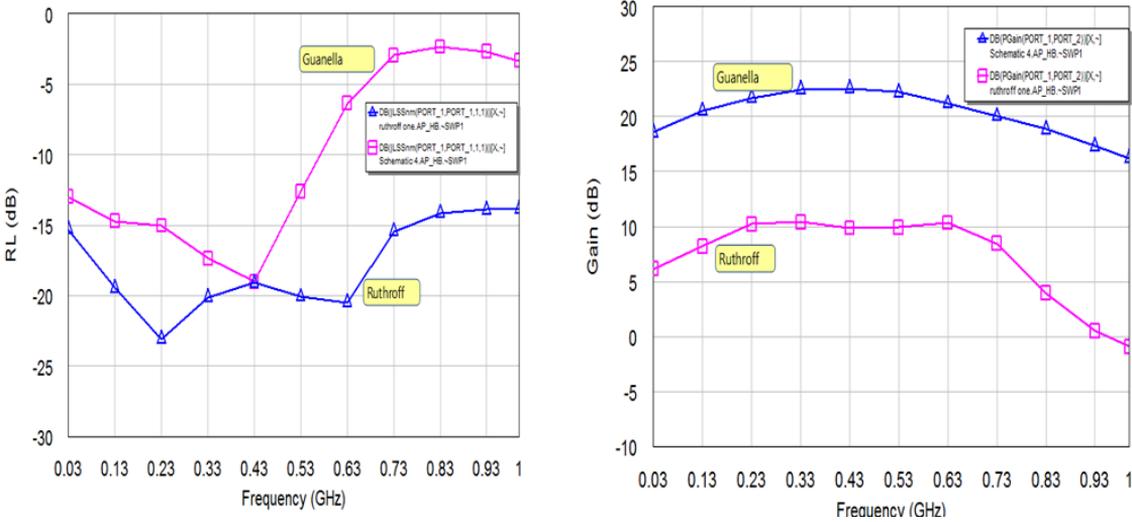
محوري 50Ω (أو سلكين مجدولين)، ويتم توصيل الكبل كما في الشكل (9) ، ولكن تم استخدام الكبل المحوري لسهولة محاكاته من حيث البارامترات ولأدائه المستقر، وتم التعريف عن القلب الفريتي بمعامل الذي يوصف المجال الترددي الذي يعمل عليه القلب حيث القلب الفريتي 61 ثنائي النواة يوصف بمعامل نفوذية $\mu_r = 125$ يعمل حتى تردد 1GHz [12].
يُعبّر عن خط النقل بالمعاملين : Len طول خط النقل (الكبل) ، وثابت العازلية للكبل $= 2.1$.Teflon Er

والنوع الثاني وفق نموذج Guanella يتألف من كبلين محوريين بممانعة مميزة 25Ω يتم وصلهما كما في الشكل (10) كل كبل يلف ضمن قلب فريتي بالإضافة إلى محول 1:1 أو ما يدعى ب Balun .

Balun: عبارة عن خط نقل ذو ممانعة مميزة 50Ω يصل بين منفذين balance إلى منفذ unbalance .

4-3-1- المقارنة بين أداء نموذج Ruthroff و نموذج Guanella :

تم تطبيق كلا النموذجين السابقين على دائرة المكبر وتم اجراء المقارنة بين أدائهما كما في الشكل (11).



الشكل (11) المقارنة بين نموذج Ruthroff و Guanella من حيث الربح Gain وخسارة الإرجاع RL

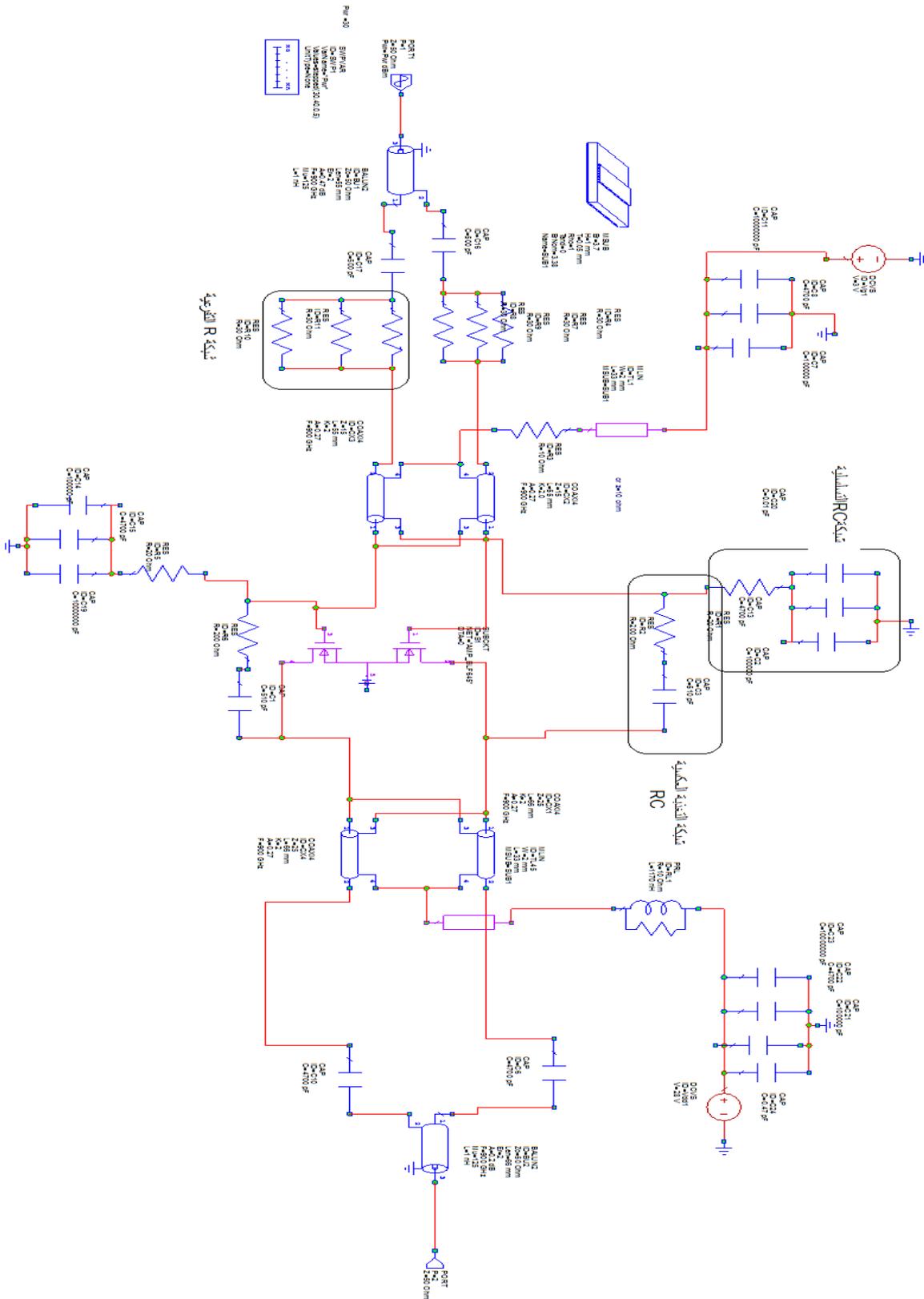
نلاحظ عرض المجال الترددي لنموذج Ruthroff يحقق 142%، أما نموذج Guanella يحقق 99% ولكن بمعامل ربح أفضل، وهذا يؤكد أن نموذج Guanella هو الأفضل لتصميم مكبر دفع جذب (push pull).

في التصميم المقترح استخدمنا ترانزستور BLF645 وبعد الاستفادة من نشرة البيانات الفنية للترانزستور من أجل تصميم دارة التغذية المناسبة، واعتماد نموذج Guanella، كان لابد من تحسين نتائج التصميم على حزمة ترددية عريضة، لذا تمت المفاضلة ما بين الريح ومعامل VSWR الذي هو من أهم العوامل في تصميم مكبر الاستطاعة العريض الحزمة، من خلال إضافة دارات (تعويضية) الى دارة الملاءمة لتصحيح معامل VSWR مع معامل ربح المكبر، تمت دراسة الدارات المضافة بشكل متتابع لنبين مدى تأثيرها على استجابة المكبر كما هو موضح بالجدول (2):

الجدول (2): نتائج إضافة دارات التعويض على الاستجابة الترددية للمكبر المصمم.

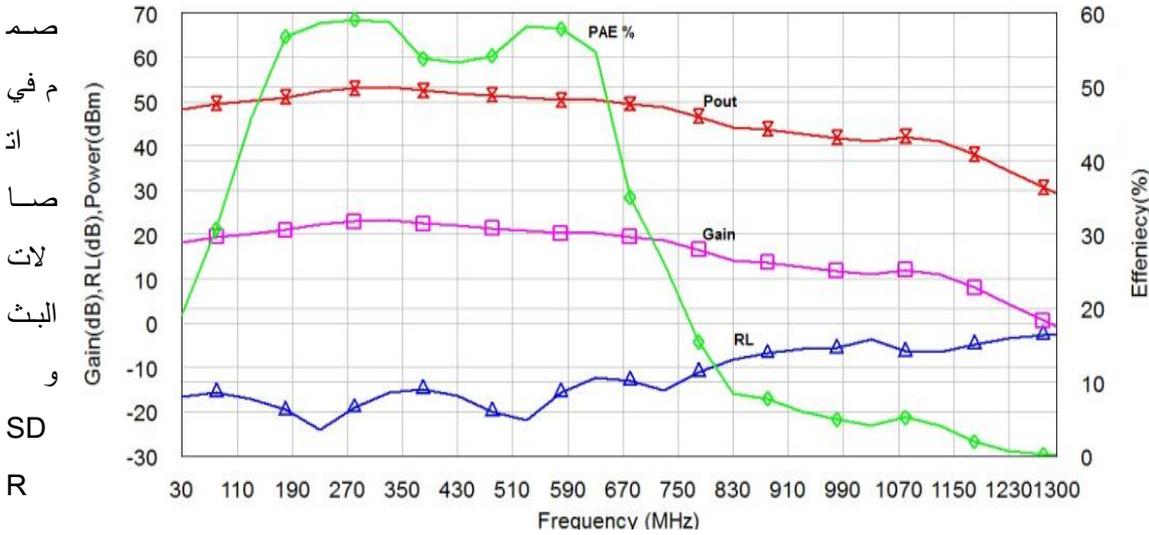
RL	المجال الترددي	نوع الدارة المضافة
$RL < [-2, -13]$	[1-230]MHz	NO
$RL < [-7, -13]$	[1-330]MHz	شبكة RC التغذية العكسية
$RL < [-8, -13]$	[1-600]MHz	شبكة R التفرعية
$RL < [-11, -16]$	[1-600]MHz	شبكة RC التسلسلية
$RL = [-13, -19]$	[1-530]MHz	اضافة الشبكات السابقة معاً

بعد إضافة الدارات (الشبكات) السابقة معاً الى دارة تصميم المكبر الموضحة في الشكل (12)، نلاحظ تحسن كبير في منحنى (Return loss) في الشكل (13).



الشكل (12) المخطط الكهربائي لدارة التصميم النهائية

وبالنهاية تم ذكر نتائج تصميم المكبر المقترح باستخدام نموذج Guanella وبعد إضافة دارات التعويض بالتفصيل، في المقالة المنشورة في المرجع [13]، حيث أظهرت النتائج في الشكل (13) أن خسارة إرجاع المدخلات (S11) أقل من -15 dB ، والريح S21 أعلى من 10 dB، وأن تقنيات المجال العريض: Balun وشبكة RC التسلسلية وشبكة التغذية العكسية RC، يمكن استخدامها لتقليل خسارة الإرجاع وتسطيح الريح، وبالتالي استخدام مكبر الاستطاعة



الشكل (13) نتائج محاكاة دارة المكبر المصمم

والتطبيقات اللاسلكية وغيره [14].

5- الخاتمة:

تم في هذه الورقة عرض نتائج أحدث الطرق لتصميم دارات المواعمة، التي تحقق الحزمة الترددية العريضة لأكثر من أوكتاف مع الحصول على نسبة تحويل عالية للممانعة، وإنقاء أفضل الطرق لتصميم مكبر استطاعة في ترددات VHF-UHF وتقديم حل لمشكلة عدم ثبات ربح المكبر ومعامل VSWR خلال الحزمة الترددية العريضة، من خلال الاستفادة من هيكلية الدفع والجنب، بالإضافة إلى تصميم شبكة المواعمة التعويضية عند دخل الترانزستور وشبكة التغذية العكسية

لتحقيق ربح مسطح تقريباً على حزمة ترددية عريضة بما يلبي متطلبات معايير الاتصالات الحديثة .

المراجع:

- [1] Andrei Grebennikov, "RF AND MICROWAVE TRANSMITTER DESIGN", Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- [2] Mustafa Akkul, ASELSAN A.S., Wolfgang Bösch, Graz , "Handbook of RF and Microwave Power Amplifiers ", Cambridge University Press October 2011.
- [3] David M.Pozar , Microwave Engineering,4th Edition, Wiley, 2012.
- [4] Joseph F, White, "High Frequency Techniques: An Introduction to RF and Microwave Design and Computer Simulation", Wiley-IEEE Press, 2016.
- [5] Seyed Alireza Mohadeskasaei, Jianwei An, Yueyun Chen, Zhi Li, Sani Umar Abdullahi, and Tie Sun Systematic Approach for Design of **Broadband**, High Efficiency, High Power RF Amplifiers "ETRI Journal volume39 ,No 13,2017.
- [6] Shiva Ghandi Isma Ilamran, Zubaida Yusoff, JahariahSampe," 0.5GHz – 1.5GHz Bandwidth 10W GaN HEMT RF Power Amplifier Design Amplifier Design, Int J **Elec & Comp Eng**, Vol. 8, No. 3, June 2018.
- [7] Melika Momenzadeh ,Arash Ahmadi," A Compact Size, Multi Octave Bandwidth Power Amplifier, Using LDMOS Transistors", 26th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE2018) .

- [8] C. J. Kikkert, "RF Electronics: design and simulation," ed: James Cook University, 2013.
- [9] Jensen, Thomas; Zhurbenko, Vitaliy; Krozer, Viktor; Meincke, Peter," Coupled Transmission Lines as Impedance Transformer", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 55(12), 2957–2965. <https://doi.org/10.1109/TMTT.2007.909617>
- [10] Rusan Kumar Barik, Chandu DS and S. S Karthikeyan,"Broadband Coupled-Line Matching Network For Two Dissimilar Port Reference Impedances ", Nuremberg, Germany. Proceedings of the 47th European Microwave Conference ,978-2-87487-047-7 © 2017 EuMA
- [11] R. Smith and S. C. Cripps, "Broadband push-pull power amplifier design at microwave frequencies," in 2016 46th European Microwave Conference (EuMC), 2016, pp. 1353–1356.
- [12] Material data sheets. Fair-Rite Products Corp. [Online]. Available: <http://www.fair-rite.com/newfair/materials.htm>.
- [13] Mais Muhamed, Fariz Abboud, Mohamad Alhariri, "Increase the bandwidth of the power amplifier to 185% of the center frequency by ferrite transformers" International Journal of Electronics Letters, Taylor and Francis 07 Jan 2021.
- [14] Peter Steve Pennock, Ian A. Glover," Microwave Devices, Circuits Shepherd,

and Subsystems for Communications Engineering “,John Wiley and sons
Broadband Linear Power Amplifier for Picocell Basestation
Application,2017

قائمة الاختصارات والمفردات العلمية:

VSWR	النسبة بين موجات الجهد المنعكسة والمرسلة	Voltage standing wave ratio
NIAWR	برنامج تصميم محاكاة	MicrowaveOffice
UHF	الترددات الفوق العالية	Ultra High frequency
VHF	الترددات العالية جدا	very high frequency
RL	معامل الفقد	Return loss
Z_0	الممانعة المميزة لخط النقل	OPTIMAL Impedance
LD MOSFET	ترانزستور نصف ناقل أكسيد معدن ذو تسريب جانبي	laterally diffused metal oxide semiconductor fet

دراسة وتحسين أداء خوارزميات الإخفاء ضمن ملفات الفيديو

الباحث: م. حسن أحمد ميلاد + د. علي ذياب

قسم التحكم الآلي والحواسيب

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة البعث

ملخص البحث

في الآونة الأخيرة، ازدادت أهمية الاتصالات عبر الإنترنت بشكل سريع لذلك أصبح أمن البيانات قضية مهمة، حيث يوجد العديد من المتطفلين الذين يرغبون في الوصول إلى البيانات الخاصة بالآخرين وسرقتها أو تعديلها. ونتيجة ذلك ظهر إخفاء المعلومات كوسيلة لإخفاء وجود بيانات سرية داخل غلاف آخر. يمكن أن يكون هذا الغلاف رسوماً متحركة أو صوتاً أو فيديو. يعد استخدام الفيديو كغطاء لإخفاء البيانات السرية أكثر أماناً ضد هجمات القرصنة مقارنة بالوسائط المتعددة الأخرى نظراً لتعقيدها النسبي مقارنة بالأنواع الأخرى، وبسبب التعدد في الإطارات مقارنة بالصور الذي يتيح إخفاء كمية كبيرة من البيانات السرية، بالإضافة إلى أن انتشار الفيديو عبر الإنترنت أمر شائع جداً. وبالتالي لن يكون هناك شك من المتسللين بوجود معلومات سرية مخبأة ضمن هذه الفيديوات.

في هذا البحث تم القيام بإخفاء صورة داخل مقطع فيديو حيث تمثل الصورة المخفأة الرسالة السرية المراد إرسالها. في البداية، يتم ضغط الصورة السرية باستخدام خوارزمية Deflate، ويتم تشفير معلومات العنوان ثم يتم إخفاء معلومات الرأس دائماً في الإطار الأول ويتم إخفاء البيانات السرية في العدد المحدد من إطارات الفيديو بعد تطبيق خوارزمية مثالية للعثور على أفضل الإطارات للإخفاء. وبالتالي فإن الخوارزمية تقدم أمان إضافي يقلل من فرصة اكتشاف الرسالة المخفية. كما تقدم نسبة MSE (متوسط مربع الخطأ) و PSNR (نسبة الإشارة إلى الضجيج) أفضل مقارنة مع الأبحاث الأخرى.

الكلمات المفتاحية: إخفاء المعلومات بالفيديو، Deflate، LSB، المتانة، MSE، PSNR.

Study and enhancing the performance of hiding steganography algorithms inside video files

ABSTRACT

In recent times, the importance of the communication over the Internet has increased rapidly. Accordingly, data security becomes a vital issue, as there are many hackers emptying to accessing private data of others and steal or modify them. Hence, hiding information appeared as a way to hide the existence of secret data within another cover. This cover could be an image, audio and video. Using the video as a cover to hide secret data is safe against hacker attacks compared to other multimedia due to its relative complexity compared to other types and due to the redundancy of data that allow it to be included in a large amount of secret data in addition to the fact that video streaming over the Internet is very common and therefore it is unlikely that be suspicious of hackers.

In this paper, an image is hidden within a video. First, the secret image is compressed using an algorithm Deflate, the header information is encrypted and then the header is hidden in the first frame , the secret data are hidden into selected number of video frames after finding an optimal algorithm to find the best frames for hiding. Therefore, there is an extra safety. thus, reduces the chance that the hidden message being detected. This offers the best ratio MSE (Mean Square Error) and PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) Compared to other methods.

Keywords: Video Steganography, Deflate, LSB, Robustness, MSE, and PSNR.

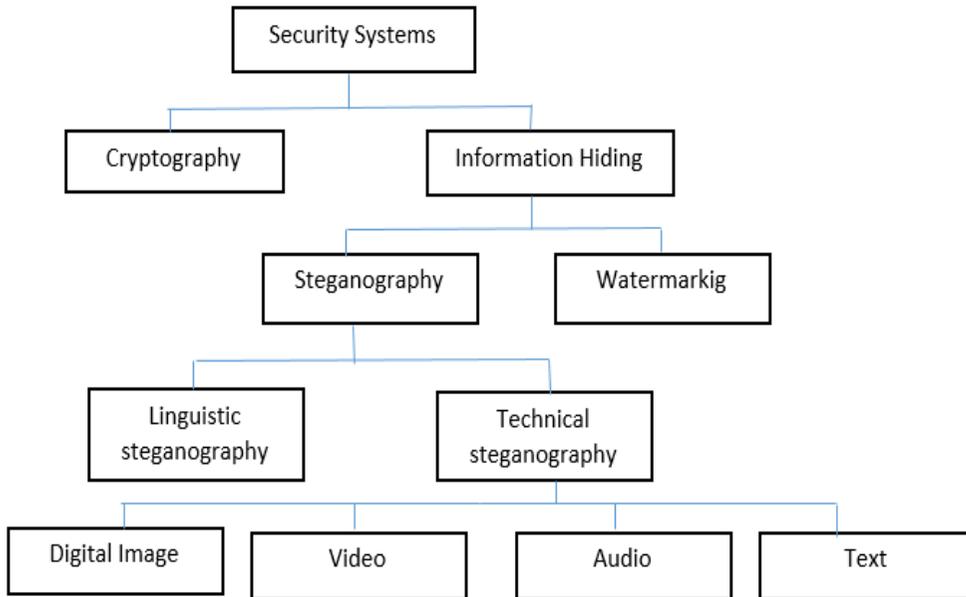
1. مقدمة

يشير مصطلح Steganography الى حماية المعلومات والبيانات المتداولة عبر شبكة الإنترنت من العبث والتخريب والتبديل، أو من أي خطر يهددها مثل وصول أي شخص غير مخول للوصول إليها والعبث ببياناتها والاطلاع عليها، وذلك من خلال توفير الوسائل والطرق اللازمة لحمايتها من المخاطر الداخليّة والخارجيّة، وموضوع أمن المعلومات هو موضوع قديم، ولكن زادت الحاجة والطلب عليه مع انتشار استخدام الإنترنت والاعتماد عليه في كافة مجالات الحياة، مما تطلب نقل البيانات والمعلومات عبر الشبكات المتعددة، كما أتاح انتشار شبكات التواصل الاجتماعي الحاجة الملحة لذلك.

تهدف تقنية الإخفاء التي سيتم الحديث عنها إلى إخفاء المعلومات المهمة (المعلومات السرية) داخل بيانات أخرى (الفيديو الغلاف) بطريقة لا تؤثر على الغلاف، وبحيث لا تثير أي شبهة أو شك يؤديان إلى كشف الحقيقة، والغرض من عملية الإخفاء هذه ألا يعلم المهاجم بوجود هذه البيانات، تظهر البيانات المختلطة (الغلاف بعد إخفاء البيانات السرية داخله) والتي تسمى "Stego Objects" للنظام المرئي البشري (HVS) Humman Visual System كقطعة واحدة من البيانات لأن HVS لن يكون قادراً على اكتشاف أن هناك تغييراً بسيطاً في بيانات الغلاف. يمكن أن يكون هذا الغلاف أي نوع من ملفات الوسائط مثل النصوص والصوت والصورة والفيديو.

1.1- الإخفاء والتشفير

يجب أن نوضح في البداية الاختلاف الأساسي بين إخفاء المعلومات Hiding والتشفير cryptography. يعرف إخفاء المعلومات: هو فن إخفاء وجود البيانات عن طريق إخفاءها في غلاف آخر. أما التشفير (الترميز): هو عملية تحويل الرسالة الى شكل اخر لا يمكن فك تشفيرها دون وجود مفتاح سري. لتحسين أمن نظام المعلومات يمكن الجمع بين إخفاء المعلومات والتشفير. بشكل عام تتكون أنظمة الأمن من التشفير وإخفاء المعلومات كما هو موضّح الشكل (1):



الشكل (1) تصنيف الإخفاء في أنظمة أمن المعلومات

2.1- معايير الإخفاء

أي نظام إخفاء معلومات ناجح يجب أن يأخذ في الاعتبار ثلاثة معايير مهمة جداً وهي: السعة، عدم الإدراك، والمتانة.

• السعة (capacity)

تعبر عن كمية البيانات السرية التي يمكن إخفاؤها في الغلاف دون التأثير عليها.

• عدم الإدراك (Imperceptibility)

للوصول إلى كفاءة دمج عالية نحتاج إلى معدل تعديل منخفض في الغلاف وجودة عالية لبيانات الغلاف عندها لن يكون هناك شك بوجود بيانات سرية وبالتالي فإن هذا يقلل من فرصة المهاجم في العثور على البيانات المخفية. يمكن ضبط ذلك عن طريق قياس قيم MSE و PSNR.

أي أن أي تشويه لبيانات الغلاف بعد عملية الإخفاء سيزيد من انتباه المهاجمين. في علم الإخفاء التقليدي تكون العلاقة عكسية بين قدرة الإخفاء وخاصية عدم الإدراك. حيث أن زيادة سعة البيانات السرية تؤدي إلى تقليل جودة مقاطع الفيديو الغلاف. وبالتالي ينبغي النظر في كلا العاملين بحيث نحقق أكبر سعة ممكنة بأقل تأثير على جودة الفيديو.

يتم اختيار هذه العوامل بالاعتماد على خوارزمية إخفاء المعلومات ومتطلبات المستخدم.

• المتانة (Robustness)

يعتبر نظام الإخفاء قوياً عندما يستطيع المتلقي استخراج البيانات السرية من الغلاف بشكل صحيح دون أي تشويه أو نقص في البيانات. لذلك يقيس هذا العامل قدرة الخوارزمية على مقاومة الهجمات ومعالجة الإشارات التي يمكن أن تكون إشارات ضوضاء أو مرشحات أو ضغط.

هذه الأهداف التي حرص الباحثين على تطبيقها تم تهديدها من قبل المهاجمين بواسطة عدد من الهجمات، وهي الهجمات الفعالة والهجمات غير الفعالة.

الهجمات غير الفعالة (Passive Attacks)

يكون هدف للمهاجم في هذا النوع من الهجمات جمع المعلومات فهو لا يقوم بتعديل المعلومات أو بالتسبب بأي أذى للنظام الحاسوبي. تعتبر الهجمات المهددة للسرية هجمات غير فعالة وهي هجمات من الصعب جدا التقاطها حتى يكتشف المرسل أو المستقبل بتسرب معلومات سرية تخصه.

الهجمات الفعالة (Active Attacks)

يتسبب هذا النوع من الهجمات بتغيير المعلومات أو بأذى النظام الحاسوبي. إن هذه التهديدات ينجم عنها مخاطر كبيرة جعلت قضية أمن المعلومات وتبادلها عبر الشبكة من القضايا التي تشغل اهتمام الباحثين نظرا للأهمية الفائقة والمتزايدة لتقنيات المعلومات في شتى المجالات في وقتنا الحاضر. إذ لا بد من عملية السعي لمواجهة هذه التهديدات وذلك بإيجاد التقنيات المناسبة وتطويرها للحد من الأخطار المحتملة الناتجة عن هذه التهديدات بل والتخلص منها.

3.1- بعض الدراسات السابقة:

اسم الدراسة	ملخص الدراسة	النتائج
A New Method for Image Steganography Using LSB and MSB [13]	استخدام المجال المكاني للإخفاء بالاعتماد على MSB، LSB . يستخدم فقط MSB للمقارنة ويتم الاخفاء في LSB.	أعطت الطريقة المقترحة تغيرات أقل على الصورة الغطاء PSNR=42.01 MSE= 0.0071

<p>استخدام المتمم الثنائي يزيد من المستوى الأمني للخوارزمية. PSNR=59.534 ويمكن إنقاص قيمته بتقليل حجم الرسالة السرية</p>	<p>أخذ المتمم الثنائي لعناصر الصورة. تبديل مواقع البتات اختيار 4 عناصر الصورة من الصورة الغطاء. إخفاء كل زوج من البتات السرية في LSB 2.</p>	<p>Image Steganography using Two's Complement [5]</p>
<p>استخدام صور رمادية للإخفاء 512*512 حيث أعطت الخوارزمية psnr=59.65 وتزداد هذه النسبة الى 59.72 عند تطبيق الخوارزمية بواسطة المتمم</p>	<p>أخذ المتمم الثنائي للرسالة السرية. إخفاء الرسالة المتممة في عناصر الصورة الغطاء حيث يتم اختيار العناصر الصورة عن طريق مولد أرقام عشوائية.</p>	<p>Image steganography based on complement message and inverted bit LSB substitution [6]</p>
<p>استخدام صور ملونة للإخفاء يزيد من سعة الإخفاء. مناسب لصور معينة لأنه يعتمد على المطابقة</p>	<p>الإخفاء في صورتين أو تقسيم الصورة الغلاف الى قسمين. مقارنة كل bit 2 من الرسالة السرية في 2lsb. من عناصر الصورة الأولى إخفاء أماكن التطابق في. القسم الثاني بدءا من الدليل .k</p>	<p>new technique of steganography based on location of LSB [2]</p>
<p>استخدام الصور الملونة يزيد من امكانية الاخفاء اعطت الخوارزمية PSNR =40.51</p>	<p>استخدام الصور الملونة كغطاء. تضمين البتات ذات الدليل الفردي بالمصفوفة R ب</p>	<p>High PSNR Based Image Steganography [15]</p>

	استخدام LSB. تضمين البتات ذات الدليل الزوجي بالمصفوفة G باستخدام LSB.	
استخدام خوارزمية التشفير يزيد من أمن المعلومات كما أن استخدام خوارزمية ضغط يزيد من سعة الإخفاء	ضغط البيانات باستخدام خوارزمية shift. تطبيق خوارزمية RSA على البيانات قبل عملية التضمين. تطبيق تابع بعثرة على الصورة الغطاء لتحديد أماكن الإخفاء.	The Improved Image Steganography with Encryption Method and to Overcome the Compression Technique [16]
بينت النتائج أن جودة نظام الإخفاء تنخفض بزيادة المعلمات السرية. أعطت النتائج قيم PSNR=48.56 MSE= 0.42.	استخدام ملفات AVI كحامل للملفات وتحديد الإطارات المستهدفة من خلال مولد ارقام عشوائية ثم إخفاء البيانات السرية (الصور) أبعاد الصورة السرية 480*640.	hash based least significat bit technique for video[17]

2. هدف البحث

1. تطوير خوارزمية إخفاء معلومات تتيح إخفاء أكبر كمية من المعلومات ضمن ملفات الفيديو.
2. تحسين مستوى أمن وحماية المعلومات المرسله عبر شبكات الانترنت.

3. تطوير خوارزمية اختيار الاطارات الأنسب للإخفاء بحيث تعطي أقل تغيير في الملف الحامل.

3. مواد وطرق البحث

تم تطبيق الطريقة المقترحة بواسطة برنامج Matlab 2015.

يتم عرض الطريقة المقترحة على مرحلتين:

المرحلة الأولى: هي دمج الصورة السرية بعد ضغطها في الفيديو (الإخفاء)

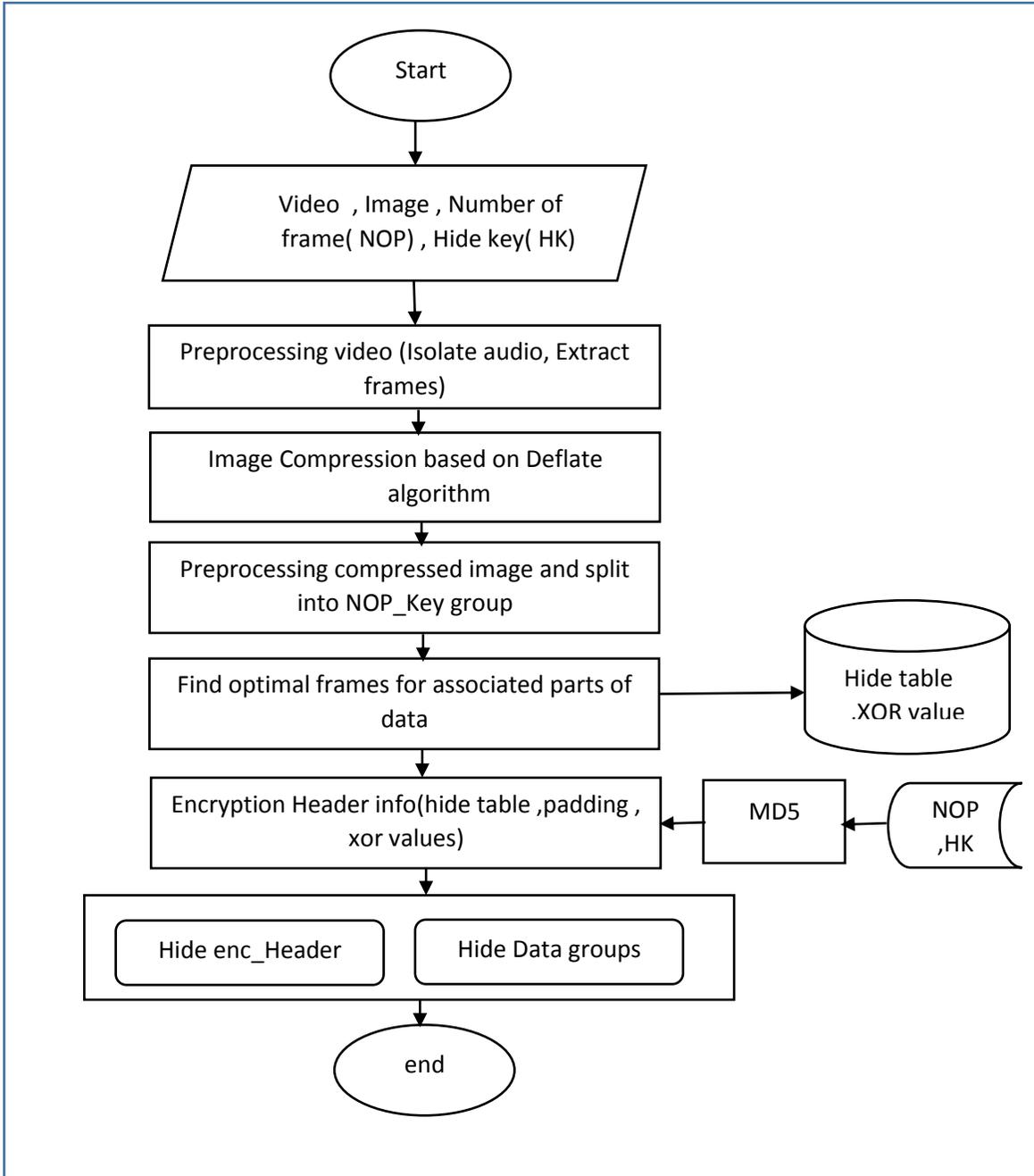
المرحلة الثانية: هي استخراج الصورة السرية من الفيديو

للتأكد من أن العملية تسير بشكل صحيح يتم حساب قيم MSE، PSNR.

1. مرحلة الإخفاء:

سيتم إخفاء صورة RGB (صورة سرية) في مقطع الفيديو، ويبدأ الاخفاء اعتبارا من Hidden Key وهو الموضع (رقم العنصر الصورة) الذي يختاره المرسل في بداية البرنامج.

الشكل 2 يصور مخطط التدفق لمرحلة الإخفاء المقترحة:



الشكل (2) خوارزمية الإخفاء المقترحة

(1) المدخلات:

ندخل الصورة المراد إخفاؤها والفيديو الغلاف وقيم المفاتيح:

• HK المفتاح الذي يحدد مكان بدء إخفاء البيانات في الإطار.

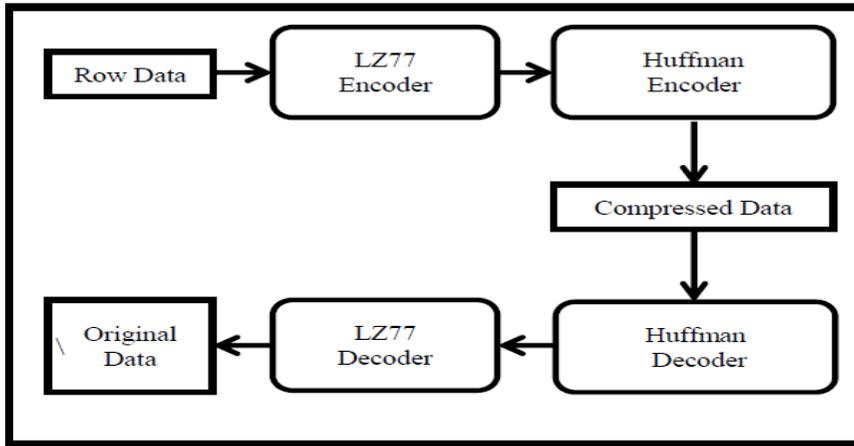
• NOP المفتاح الذي يحدد عدد الإطارات التي سيتم استخدامها للإخفاء.

(2) المعالجة المسبقة للفيديو:

في هذه المرحلة سيتم عزل الصوت واستخراج إطارات الفيديو.

(3) ضغط الصورة:

سيتم ضغط الصورة السرية بواسطة خوارزمية Deflate الخوارزمية موضحة في الشكل (3):



الشكل (3) خوارزمية Deflate

Deflate عبارة عن خوارزمية لضغط البيانات بدون فقدان على مرحلتين تستخدم مزيجاً من

ترميز LZ77 و Huffman. وبالتالي سوف يستفيد من كلا الخوارزميتين.

إنها طريقة ضغط شائعة تم استخدامها في الأصل في برامج Zip و Gzip المعروفة ومنذ

ذلك الحين تم تبنيها بواسطة العديد من التطبيقات.

(4) المعالجة المسبقة للصورة المضغوطة:

بعد اكتمال الضغط، تتم معالجة الناتج (الصورة المضغوطة) وتحويله إلى نتائج بحيث يصبح

قابلاً للقسم على عدد الإطارات التي تم إدخالها (إضافة هامش للبيانات السرية).

(5) البحث عن الإطارات المثلى للإخفاء:

المقصود بالإطارات المثلى هي التي تحقق أقل تغيير عند استخدامها لإخفاء مجموعات البيانات، لتوضيح عملية اختيار الإطارات الأنسب للإخفاء نفرض لدينا المدخلات الآتية:
- طول البيانات = 1000.

- عدد الأجزاء / الإطارات التي نريد الإخفاء ضمنها = 5

- مفتاح الإخفاء (HK) = 20

يتم توزيع البيانات السرية على عدد الإطارات المراد استخدامها.

في البداية يتم حساب مجموع LSB في كل إطار من الفيديو بدءاً من مفتاح الإخفاء وترتيب هذه القيم تنازلياً ويتم حفظ أدلة الإطارات بعد الترتيب، ثم حساب $p(f_1)$ احتمال ظهور البت [1] في LSB من كل إطار. بنفس الآلية يتم حساب عدد الواحدات في كل مجموعة بيانات وترتيب هذه القيم تنازلياً ويتم حفظ أدلة المجموعات بعد الترتيب، ثم حساب $p(g_1)$ احتمال ظهور البت [1] في كل مجموعة بيانات. بعد انجاز هذا الترتيب يتم إيجاد تقابل بين مجموعات البيانات والإطارات المرتبة تنازلياً وفق احتمال ظهور البت 1. فمثلاً سيتم إخفاء مجموعة البيانات ذات الدليل 4 في الإطار ذو الدليل 8 وهكذا كما هو موضح في الجدول 1.

بعد تحديد الإطارات الأنسب للإخفاء ولتحسين عملية الإخفاء يتم انجاز مرحلة إضافية حيث يتم مقارنة $p(f_1)$ و $p(g_1)$ وفي حال وجود اختلاف كبير بين الاحتمالين، سيتم انجاز عملية NOT لمجموعة البيانات وبالتالي تصبح التغيرات الناتجة عن عملية الإخفاء أقل ما يمكن.

كما هو موضح في الجدول 2 فعند انجاز عملية NOT لمجموعة البيانات ذات الدليل 5 سيصبح $p(g_1) = 0,55$ بدلاً من 0.45 أي أصبح التقارب أكبر مع $p(f_1)$ وبالتالي عملية الإخفاء سينتج عنها تعديل على الإطار أقل من سابقها.

Frame number.	Sum LSB in frames from 2 to last starting from HK (SUM_1F).	Sorted SUM_1F	Index of sorted frames . (Index_F)	Portability of ones in each frame. P(G1)	Sum LSB In each group (SUM_1G).	Sorted SUM_1G.	Index of sorted Groups (Index_G)	Portability of ones in each frame. P(F1)
2	10	195	8	0.975	80	200	4	1
3	160	190	7	0.95	20	170	6	0.85
4	30	160	3	0.8	140	140	3	0.7
5	90	150	6	0.75	200	90	5	0.45
6	150	90	5	0.45	99	80	1	0.4
7	190	30	4	0.15	170	20	2	0.1
8	195	10	2	0.05	3	3	7	0.015

الجدول (1)

Hide_table				Xorvalue	
Index_F	a=P(F ₁)	Index_G	b=P(G ₁)	a>.5&b<.5 or <.5&b>.5	
8	0.975	4	1	0	
7	0.95	6	0.85	0	
3	0.8	3	0.7	0	
6	0.75	5	0.45	1	Reduce difference.
5	0.45	1	0.4	0	

الجدول (2)

(7) تشفير معلومات رأس:

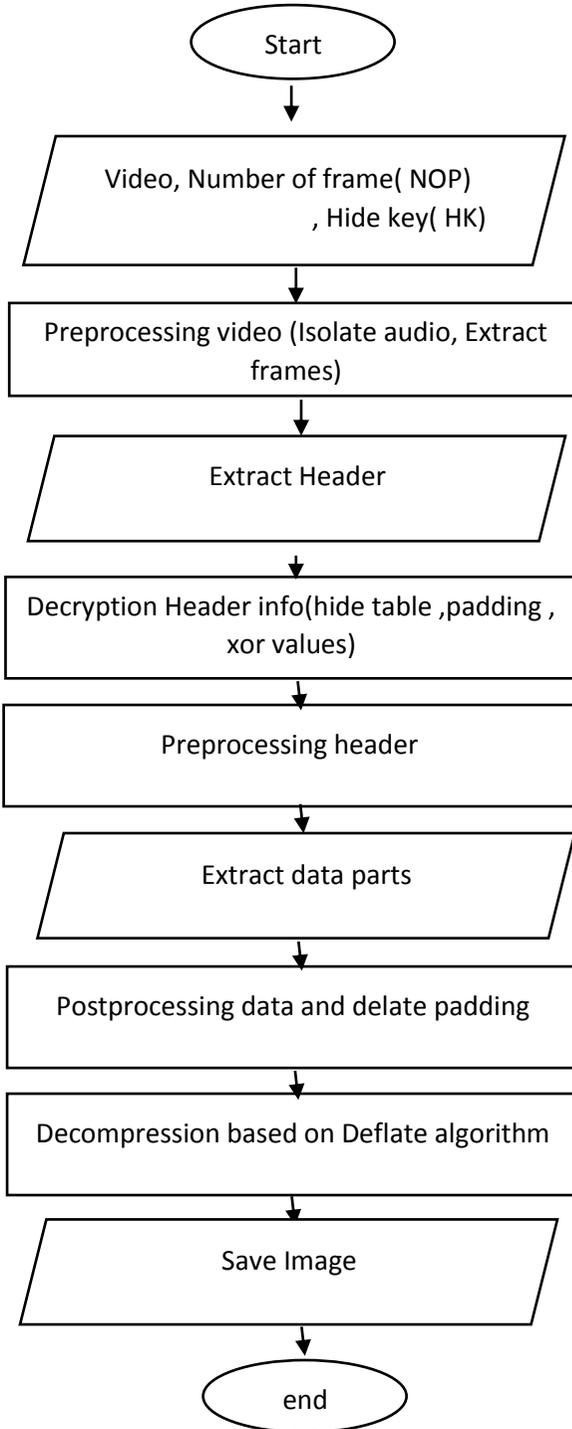
يتم تشفير البيانات اعتماداً على المفتاح الذي تم إنشاؤه بواسطة خوارزمية md5، والتي تعطي مفتاح تشفير مختلفاً مع أدنى تغيير في الإدخال ممثلة بقيم المفاتيح المحليين. وبالتالي، فإن أي تغيير طفيف في الدخل يعادل تغيير كبير جداً في الخرج لذلك لن يتمكن المهاجم من اختراق النظام إذا قام بإدخال مفتاح مخفي قريب من المفتاح الأصلي.

(8) إخفاء البيانات السرية:

إخفاء الترويسة المشفرة ومجموعات البيانات السرية باستخدام LSB.

ب. مرحلة الاستخراج

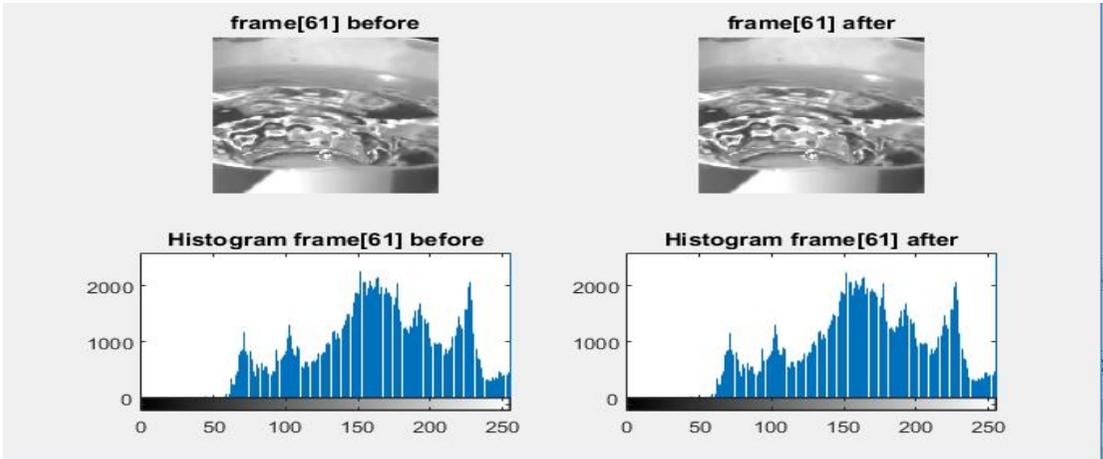
مرحلة الاستخراج هي عكس مرحلة الإخفاء كما هو موضح في الشكل 4.



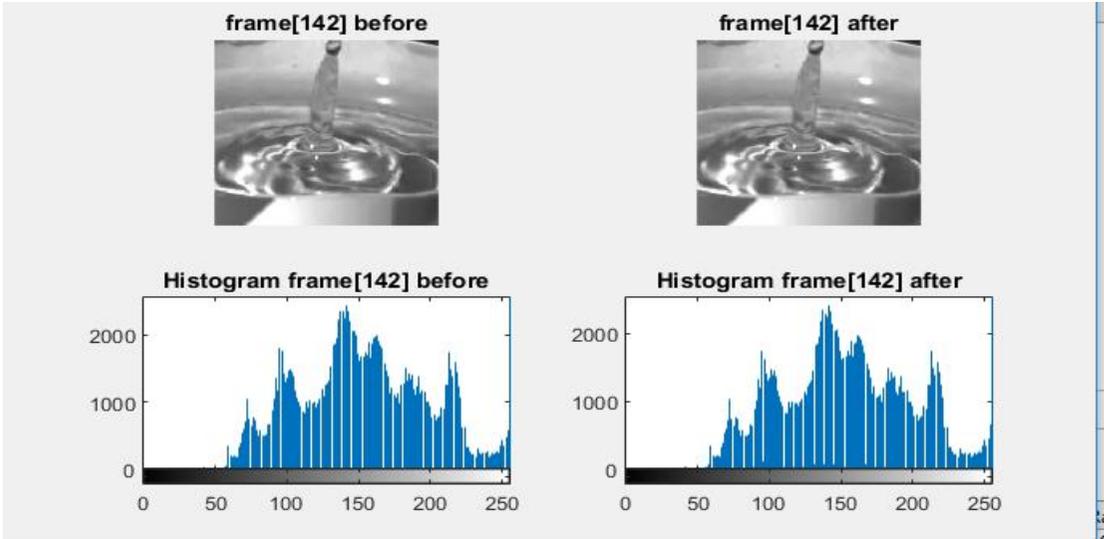
الشكل (4) خوارزمية الاستخراج المقترحة

4. النتائج ومناقشتها:

تم إجراء بعض التجارب لإثبات كفاءة الطريقة المقترحة حيث تتم المحاكاة على Matlab 2015 تم إخفاء صور سرية بحجوم مختلفة ضمن ملفات فيديو تختلف عن بعضها بعدد الإطارات وتم توزيع البيانات السرية على كامل إطارات الفيديو ومن ثم تقييم أداء الخوارزمية من خلال الملاحظة البصرية لعينة عشوائية من الإطارات مأخوذة بعد إخفاء الصورة السرية ضمن الفيديو الغلاف وتقييم الأداء من خلال حساب قيم MSE, PSNR في مختلف الحالات ، من خلال الدراسة التجريبية لاحظنا أن الاختلافات المرئية بين إطارات الغلاف الأصلية وإطارات Stego بالكاد يتم اكتشافها بالعين المجردة بالإضافة إلى ذلك من خلال ملاحظة الرسوم البيانية لإطارات الغلاف الأصلية وإطارات Stego لا يوجد فرق مرئي بينهما كما هو موضح في الشكل 5 والشكل 6.



الشكل 5 مخطط Histograme للإطار 61 قبل الإخفاء وبعده



الشكل 6 مخطط Histograme للإطار 142 قبل الإخفاء وبعده

يعد MSE (متوسط مربع الخطأ) و PSNR (معدل نسبة الإشارة الى الضجيج) قياسين شائعين للجودة لاكتشاف الاختلاف بين فيديو الغلاف والفيديو الناتج عن الإخفاء.

MSE هو متوسط الفرق التربيعي لكل عنصر الصورة بين فيديو الغلاف والفيديو الناتج

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^h [C(i,j,k) - S(i,j,k)]^2}{m \times n \times h}$$

حيث M و N هما الصفوف والأعمدة في إطار الفيديو على التوالي، C (i, j)، S(i, j) قيمة

العنصر الصورة في الموضع (i, j) في فيديو الغلاف والفيديو الناتج على التوالي.

يتم التعبير عن PSNR بوحدة ديسيبل ويمكن حسابها باستخدام MSE على النحو التالي:

$$PSNR = 10 * \log_{10} \left(\frac{MAX_C^2}{MSE} \right) (dB)$$

كلما كانت قيمة PSNR مرتفعة كلما كان التشوه أقل.

تم تطبيق الخوارزمية على مجموعة من الفيديوهات المرجعية المستخدمة في الإخفاء ونعرض

في الجدول 3 خصائصها:

Video file	Frame Dimensions	Number of frames(max)
drop.avi	256*240	153
flame.avi	256*240	80
xylophone.avi	320*240	141

الجدول (3)

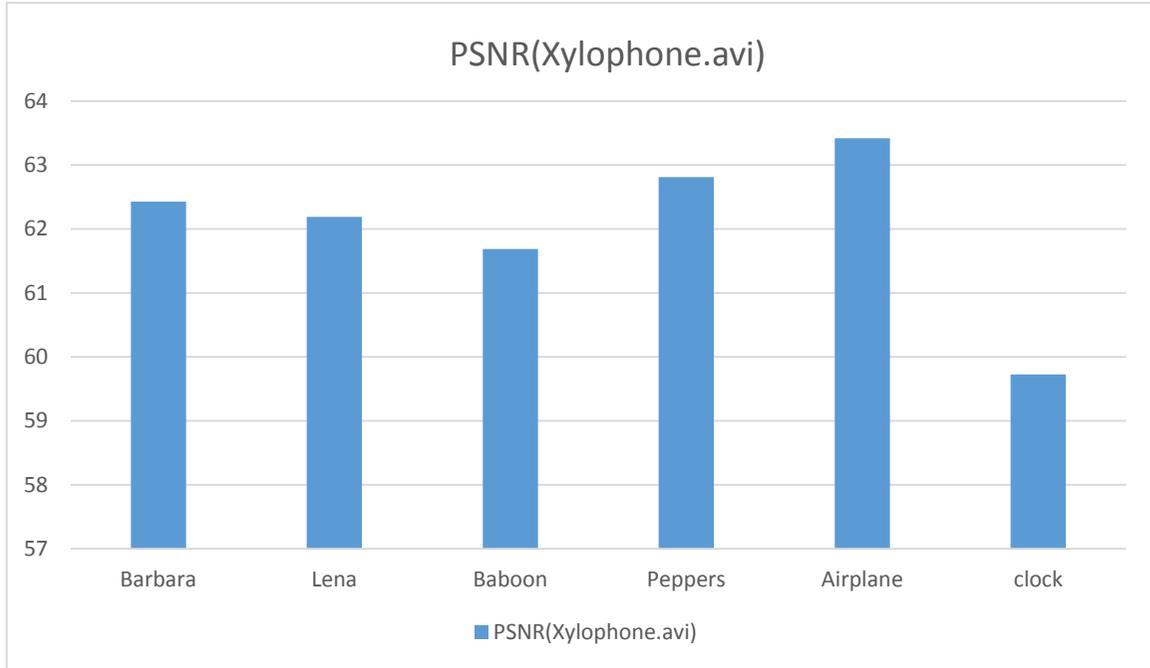
يعرض الجدول 4 مجموعة من الصور المرجعية المستخدمة كرسائل سرية وخصائصها:

Secret Image		Image Dimensions	Size(KB)
Colored	Barbara.png	512*512	31.5
	Lena.png	512*512	500
	Baboon.png	512*512	55.4
	Peppers.png	512*512	32
	Airplane.png	512*512	27.2
	Clock.png	768*1024	62.5
Grayscale	Cameraman.png	64*64	2.65
	Cameraman.png	128*128	7.39
	Cameraman.png	158*158	10.5
	Cameraman.png	256*256	37.8

الجدول 4 خصائص الصور المستخدمة في الإخفاء

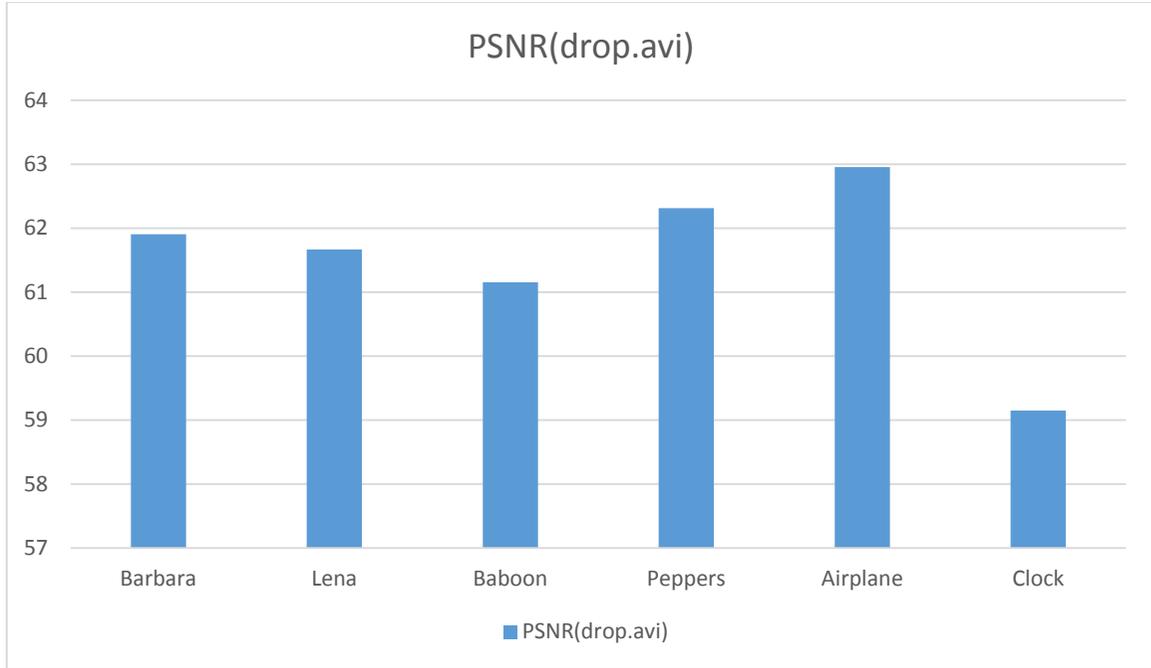
تم تطبيق الخوارزمية المقترحة من أجل عدة حالات للفيديو الغلاف والرسائل السرية الملونة ويوضح الشكل 7 قيم PSNR من أجل عدة حالات للصورة الملونة عند استخدام

Xylophone.avi



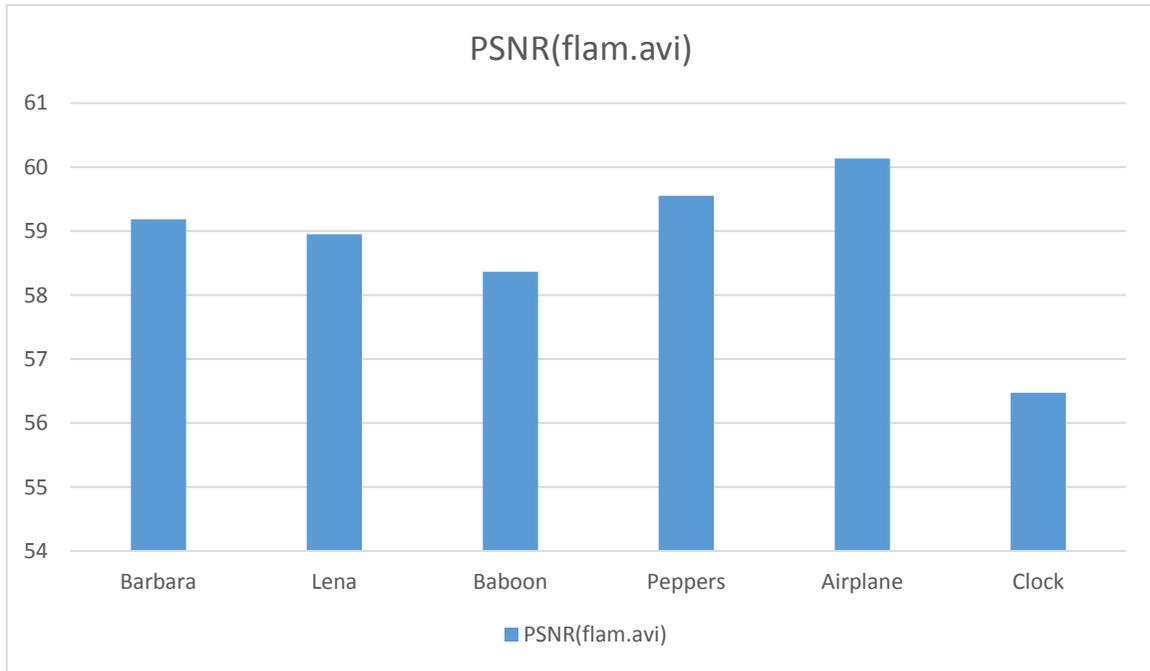
الشكل 7 قيم PSNR من أجل صور ملونة واستخدام Xylophone.avi كملف غطاء

يوضح الشكل 8 قيم PSNR من أجل عدة حالات للصورة عند استخدام drop.avi



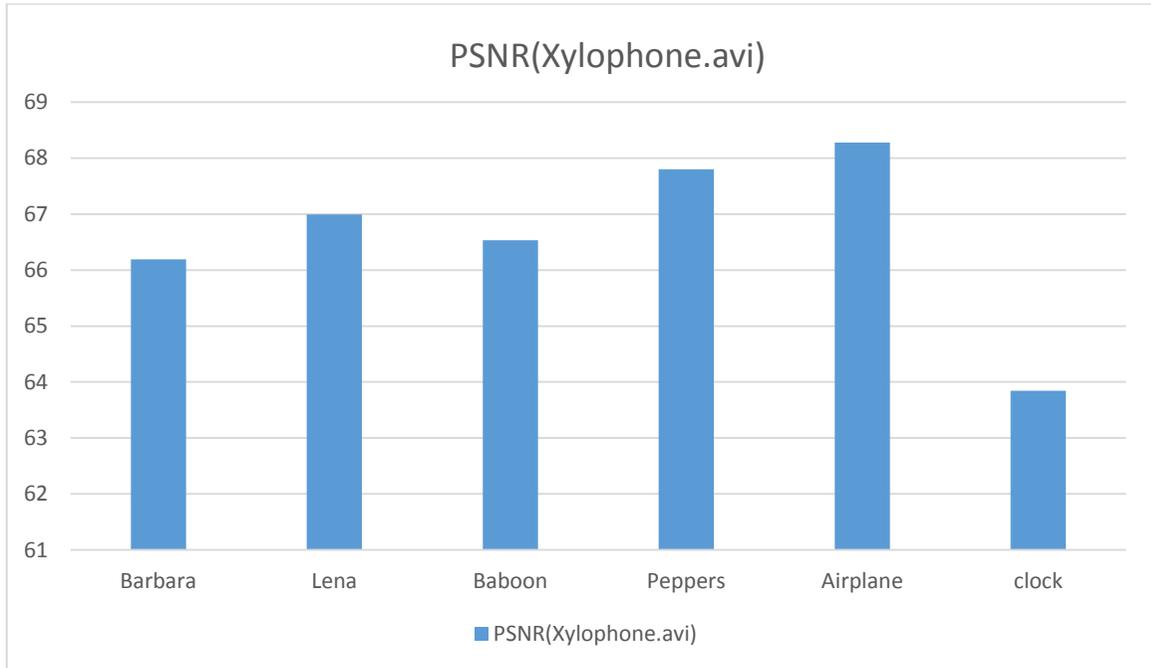
الشكل 8 قيم PSNR من أجل صور ملونة واستخدام drop.avi كملف غطاء

يوضح الشكل 9 قيم PSNR من أجل عدة حالات للصورة عند استخدام flam.avi



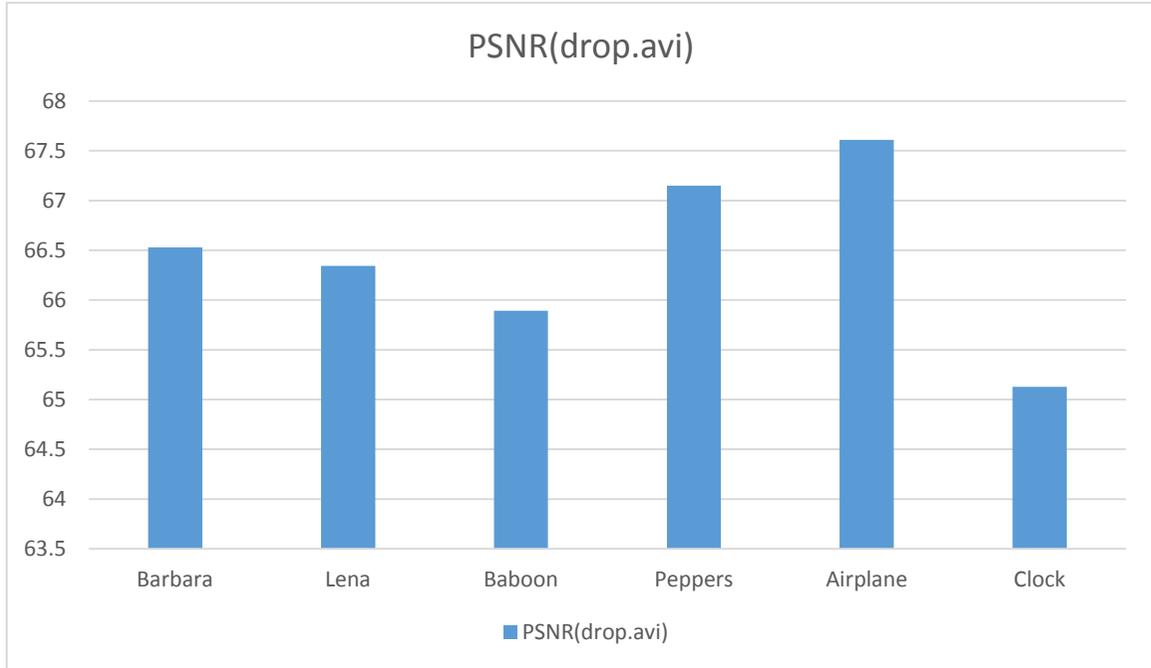
الشكل 9 قيم PSNR من أجل صور ملونة واستخدام flam.avi كملف غطاء

تم تطبيق الخوارزمية المقترحة من أجل عدة حالات للفيديو الغلاف والرسائل السرية ويوضح الشكل 10 قيم PSNR من أجل عدة حالات للصورة الرمادية عند استخدام Xylophone.avi



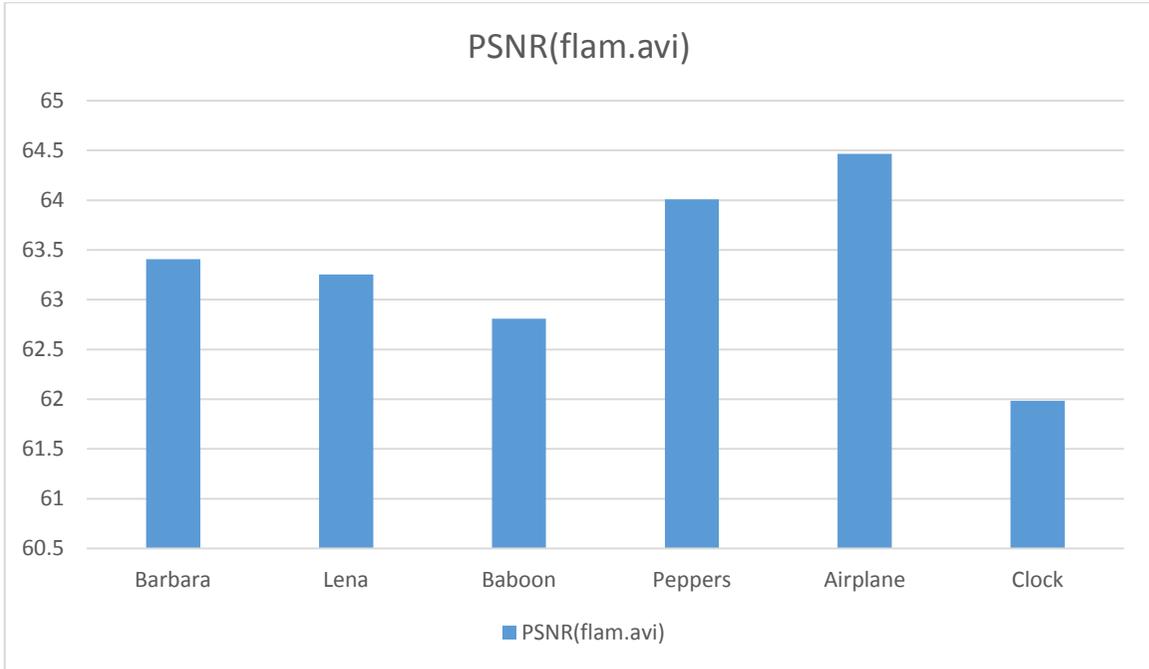
الشكل 10 قيم PSNR من أجل صور رمادية واستخدام Xylophone.avi كملف غطاء

يوضح الشكل 11 قيم PSNR من أجل عدة حالات للصورة عند استخدام drop.avi



الشكل 11 قيم PSNR من أجل صور رمادية واستخدام drop.avi كملف غطاء

يوضح الشكل 12 قيم PSNR من أجل عدة حالات للصورة عند استخدام flam.avi



الشكل 12 قيم PSNR من أجل صور رمادية واستخدام flam.avi كملف غطاء

يعرض الجدول 5 مقارنة النتائج التي توصلنا إليها مع دراسات سابقة

	اسم الدراسة	تاريخ النشر	نتائج الدراسة
1	Robust and Secured Image Steganography using Improved LSB and RC4 Cryptography with Preprocessing Operation	2019	PSNR=52.899
2	Video steganography with steganalysis	2019	PSNR=81.191
4	الطريقة المطبقة		PSNR=83.917

الجدول 5 مقارنة النتائج مع دراسات سابقة

5. الاستنتاجات والتوصيات

في هذا البحث تم تحسين خوارزمية إخفاء المعلومات بهدف إخفاء الصورة الملونة أو الرمادية في مقطع فيديو. يوفر نظامنا ثلاثة مستويات من الأمان: الضغط والتشفير وإخفاء المعلومات، وتظهر النتائج أن النظام البصري البشري (HVS) لن يكون قادرًا على معرفة أن هناك أي تغيير صغير في الفيديو، فالطريقة المقترحة تعطي قيم PSNR و MSE جيدة جدا. بالنسبة للعمل المستقبلي، سوف ندرس توفير خوارزمية إخفاء المعلومات التي تركز على أجزاء خاصة من الفيديو كحامل لإخفاء البيانات بدلاً من استخدام الفيديو بأكمله. ستؤدي مثل هذه الطريقة إلى تحسين جودة مخططات إخفاء المعلومات ومقاومة الهجمات.

6. المراجع

- [1] MUSTAFA,R and ELLEITHY, K2017- Compressed and raw video steganography techniques a comprehensive survey and analysis, vol. 76, no. 20
- [2] ISMSEEL,O and Al-FARRAJI,I 2017-new technique of steganography based on location of lsb International Journal of Information Research and Review, Vol. 4.
- [3] HAYDAR,O and ABOKASSEM, K 2019-Enhancement the Efficiency of Data Hiding Using Data Compression and Dividing Data, vol. 7.
- [4] HE,Y and YANG, G 2012- A real-time dual watermarking algorithm of H.264/AVC video stream for video-on-demand service, vol. 66, no.
- [5] SHARMA,S and VIRK,I2016-Image Steganography using Two's Complement International Journal of Computer Applications, Vol.145.No.
- [6] BHARDWAJ,and SHARMA,V 2016 -Image Steganography Based on Complemented Message and Inverted bit LSB Substitution Procedia Computer Science, Vol.93.
- [7] SZABODKA,Z and VANDEVENNE,L 2015-Comparison of Brotli, Deflate, Zopfli, LZMA, LZHAM and Bzip2 Compression Algorithms,Google Inc.
- [8] DALVIR,K 2013 -Analysis of Lossless Data Compression Techniques International Journal of Computational Engineering Research,Vol. 03.
- [9] GOELRANA,KAUR,M 2013 -A Review of Comparison Techniques of Image Steganography IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol. 6.
- [10] AL-LAHAM,M 2007 -Comparative Study between Various Algorithms of Data Compression Techniques IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Vol. 7.

- [11] PRATIKSHA,S 2017- A Proposed Novel Architecture for Information Hiding in Image Steganography by using Genetic Algorithm and Cryptography International Conference on Computational Science,Vol. 5.
- [12] DANS,P and DANS,A 2017- An Efficient Embedding Technique in Image Steganography Using Lucas Sequence Modern Education and Computer Sience MECS, Vol. 09.
- [13] GAURAV,2015- A New Method for Image Steganography Using LSB and MSB International Journal of Recent Research Aspects, Vol 2.
- [14] Biswajita Datta, Upasana Mukherjee and Samir Kumar Bandyop1adhyay, “LSB Layer Independent Robust Steganography using Binary Addition”, Procedia Computer Science, Vol.85, 2016
- [15] PARMAR,B and KUMAR,R 2017-High PSNR Based Image Steganography International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication, Vol.5.
- [16] ASHWINI,W and KYASA,N 2017-The Improved Image Steganography with Encryption Method and to Overcome the Compression Technique International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering ,Vol. 5.
- [17] DASGUPTA,P 2012- hash based least significat bit technique for video, VoL 1.

أداء انتقال الحرارة لمبادل حراري في دارة مطبوعة ذو قناة مموجة وتأثير عامل التموج

الدكتور: بسام القسام

كلية: الهيك جامعة: البعث

ملخص

المبادل الحراري للدارة المطبوعة PCHE مكون رئيسي في الدارات المستقبلية قليلة استهلاك الطاقة نتيجة ارتفاع أدائه في انتقال الحرارة وجساءة بنيته. في هذه الدراسة، تمت دراسة الأداء الحراري لمبادل حراري لدارة مطبوعة ذو قناة مموجة، وتأثير عوامل التموج: المطال والطول، على الأداء الحراري للمبادل بطرق عديدة. تمت مقارنة الأداء الحراري للمبادل الدارة المطبوعة ذو القناة المموجة مع مبادلات الدارة المطبوعة التقليدية ذات القناة المستقيمة. بناء على النتائج العددية، تبين أن المبادلات ذات القناة المموجة قادرة على تأمين أداء حراري أفضل بكثير من المبادلات التقليدية ذات القناة المستقيمة نتيجة زيادة سطح التبادل الحراري. تم تقدير أن تأثير إعادة تدوير الجريان الناتج من التموج مهماً للمجال النموذجي لتدفق CO₂ في مولدات الطاقة المضغوطة. كما تبين أن التحسين في الأداء قابل للتوقع باستعمال بارامتر لابعدى وحيد: النسبة بين المطال والطول، وأن له علاقة خطية مع البارامترات اللابعدية.

كلمات مفتاحية: دورة CO₂ فوق الحرجة

المبادل الحراري للدائرة المطبوعة

تموجي

The effects of waviness factors and heat transfer performance of wavy-channeled PCHEs.

Dr. Eng. Bassam Alkassam

Abstract

The printed circuit heat exchanger (PCHE) is a key component in the future compact energy cycles due to its high heat transfer performance and structural rigidity. In this study, the thermal performance of wavychanneled PCHEs, and the effects of the waviness factors: the amplitude and the period, on the thermal performance of the PCHE are investigated numerically. The thermal performance of the wavy-channeled PCHEs is compared with that of conventional PCHEs with straight channels. Based on the numerical results, it has been shown that the wavy-channeled PCHEs can have significantly higher thermal performance than the conventional straight-channeled PCHEs due to the increased area for heat transfer. The effect of recirculating flow induced by the waviness is estimated to be negligible for the typical range of CO₂ mass flow rate of compact power generations. It has been shown that the performance enhancement can be predicted using a sole nondimensional parameter: the ratio between amplitude and period, and has linear relationship with this nondimensional parameter.

Keywords:

Supercritical CO₂ cycle

PCHE

Wavy

1- مقدمة:

يعتبر S-CO₂ (ثاني أكسيد الكربون الفائق) خياراً مفضلاً كمائع عامل بسبب انخفاض لزوجته، وارتفاع موصليته الحرارية. لذلك، يصنف S-CO₂ عادة كمكون رئيسي في دارات توليد الطاقة المضغوطة المستقبلية، بسبب هذه الخصائص التي توفر ملاءمة جيدة مع المواد القياسية ولأنه يخفف من عمل الانضغاط [1-3]. إضافة لذلك، من المعروف أن S-CO₂ يسمح بوجود عنفات وضواغط مضغوطة وعملية، إضافة لتوافر منابع حرارية بسهولة نتيجة انخفاض درجة الحرارة والضغط اللازمين للحفاظ على الظروف الحرجة [4, 5]. في دارات S-CO₂، يستخدم المبادل الحراري كمسخن، مكثف، وموفر، وبالتالي يعد من العناصر الحساسة في دارة S-CO₂، مما يؤثر في كفاءة تحويل الطاقة الإجمالية [6]. من بين الأنواع المختلفة للمبادلات الحرارية، يعد المبادل الحراري ذو الدارة المطبوعة PCHE من الخيارات الشائعة لنقل الحرارة في S-CO₂ نتيجة كثافة سطحه الكبيرة وجسائه الإنشائية [7]. يتكون PCHE عادة من طبقات من الصفائح الملصقة ببعضها بحيث تتشكل قنوات نصف دائرية بنصف قطر هيدروليكي بحدود 1mm وذلك بالتميش الكيميائي [8].

أجريت دراسات عدة فيما يخص أداء الانتقال الحراري لمبادلات PCHE. طور Kim [9] and No نموذجاً فيزيائياً وأساسيات للتصميم الأمثل لمبادلات PCHE من أجل المبادلات المتوسطة في HTGRs. اختبر Kim et al [10] الأداء الهيدروليكي لقنوات PCHE الميكروية. طور [11] Beak مبادل PCHE تبريدي وتحقق من تأثير التوصيل المحوري على الأداء الحراري. ركزت العديد من الدراسات الحديثة على القنوات المموجة أو قنوات الزكزاك لمبادلات [12-16] PCHE وبينت أن هذه القنوات قادرة على تحسين أداء انتقال الحرارة بشكل كبير مقارنة بالمبادلات التقليدية ذات القنوات المستقيمة، في حين أن الزيادة في هبوط الضغط بسيطة. اعتبرت دراسات أخرى مبادلات PCHE بشكل محوري جيبّي، متقوس، بمقطع جناح، وبشكل حرف [17-19] S. بالخلاصة، أجريت دراسات مكثفة حول مبادلات PCHE ذات القنوات المموجة بهدف تحسين انتقال الحرارة. لكن، بينت الدراسات السابقة حول القنوات المموجة في مبادلات PCHE التأثير

النوعي فقط للبارامترات الهندسية على الأداء الحراري بنطاق محدود جدا، ولا توجد دراسة جديدة تركز على تأثير البارامترات الهندسية على الأداء الحراري لمبادلات PCHE ذات القناة المموجة بصورة كمية.

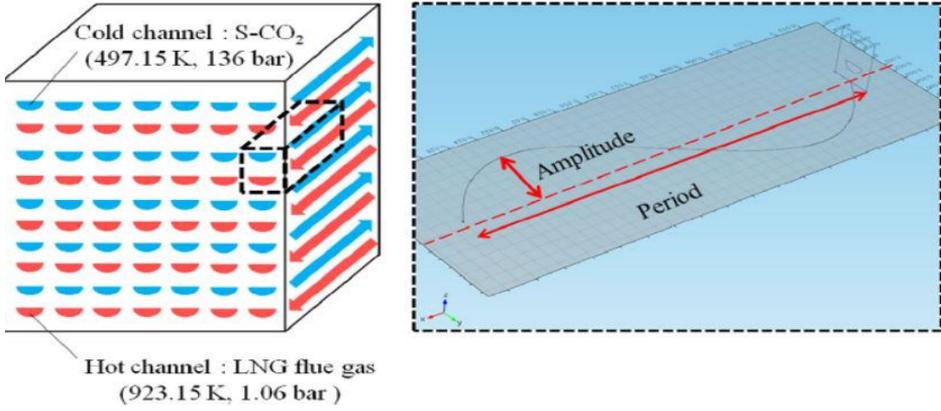
في هذه الدراسة، ستتم دراسة الأداء الحراري لمبادل PCHE ذو قنوات مموجة، وتأثير عوامل التموج: المطال والطول، على الأداء الحراري للمبادل بطريقة عددية. ستتم مقارنة الأداء الحراري لمبادل PCHE مموج القناة مع مبادل PCHE تقليدي بقناة مستقيمة. إضافة لذلك، سيتم تطوير علاقة تربط الأداء الحراري لمبادل PCHE مموج القناة كتابع لعوامل التموج وغيرها من البارامترات الهندسية. يمكن استخدام العلاقة المفترضة في مجال واسع لتصميم PCHE.

2. الدراسة العددية

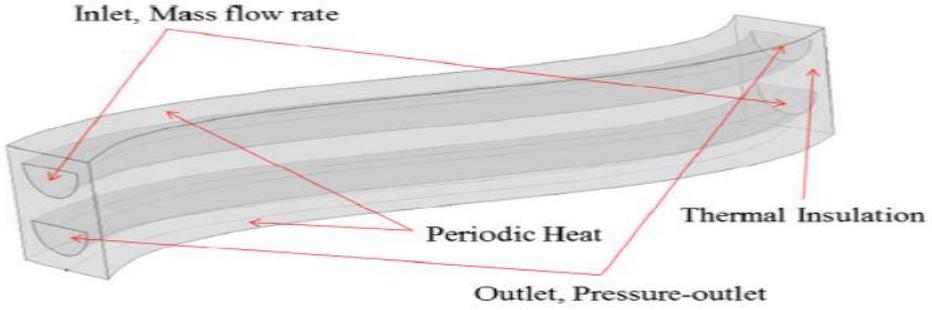
يوضح الشكل 1 الدراسة العددية الحالية. تفترض هذه الدراسة مبادل PCHE مموج القناة خاضع لجريان معاكس كما يوضح الشكل 1. عاملا التموج: المطال والطول، موضحان على الشكل أيضا. يوضح الشكل 2 الشبكة والشروط الحدية للدراسة العددية. في قناة المائع البارد، يتدفق S-CO₂، ويتدفق LNG (غاز طبيعي مسيل) في قناة المائع الساخن. ضبطت درجة الحرارة والضغط على المدخل بقيم مطابقة لتلك الملحوظة في منشآت S-CO₂ التي تستطيع توليد عدة كيلوواتات من الطاقة [6]، كما يوضح الشكل 1. ضبطت درجة حرارة وضغط الدخل على الشروط الحرجة لغاز CO₂ وهي 136bar و497K، للحفاظ على الشروط الحرجة. ضبط ضغط دخل LNG لقيمة قريبة من الضغط الجوي بسبب عدم الحاجة للتحكم بطور LNG. استخدم الفولاذ 316 كمادة صلبة لأن المادة المستخدمة عموما أثناء تصنيع PCHE، نتيجة مطيبيته في ظروف درجات الحرارة المرتفعة والضغط المرتفع غير المنتظمين. تعتبر الدراسة العددية الحالية الخلية الواحدية كنموذج عددي وتم تقدير الأداء الحراري الإجمالي للمبادل الحراري بناء على نتيجة الخلية الواحدية. بهدف التأكد من تأثير التوصيل المحوري في PCHE، اعتبرت المعادلة التالية [20].

$$\frac{k_w A_w}{m c_p L} \ll 1 \quad (1)$$

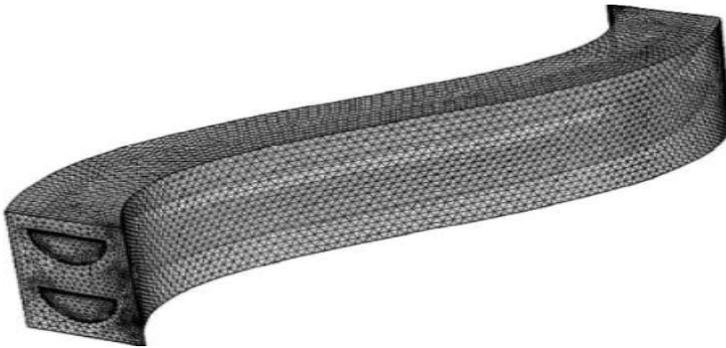
يهمل التوصيل المحوري مقارنة بانتقال الحرارة بالحمل عندما تتحقق المعادلة (1). في المعادلة (1)، k_w هو الموصلية الحرارية للمادة الصلبة، A_w مساحة المقطع العرضي لانتقال الحرارة بالتوصيل، \dot{m} التدفق الكتلي للموائع، c_p السعة الحرارية، و L طول القناة. في النماذج العددية الموضحة في الشكلين 1 و2، يقدر الحد $k_w A_w / m c_p L$ بحدود $O(0.001)$. بالتالي، التوصيل المحوري، أي التوصيل عبر اتجاه مسقط الشكل 1، مهمل في الدراسة الحالية، وبالتالي تطبق شروط العزل الحراري الحديدية على الأسطح الجانبية للخلية الواحدية. يمكن إهمال التوصيل في المحور التالي نتيجة تكرار بنية الخلية الواحدية. يمكن لتأثير التوصيل المحوري في الخلية الواحدية أن يمثل كامل التوصيل في المبادل الحراري، نتيجة أن سلوك التوصيل الحراري لا يتأثر بتراكب طبقات الخلية الواحدية. عند الأسطح العلوية والسفلية للخلية الواحدية، تطبق شروط حدية دورية لضمان أن القناة تتفاعل حرارياً مع القنوات المجاورة المفترضة [6]. عند مدخل القنوات، يعرف شرط حدي للتدفق الكتلي، في حين يعطى ضغط المخرج كشرط حدي على مخرج القناة. على طول الاتجاه المحوري للقنوات، تطبق شروط حدية دورية لضمان أن بروفائلات السرعة عند المدخل والمخرج تطابق بعضها. يمكن للأداء الحراري للخلية الواحدية أن يمثل الأداء الحراري للمبادل ككل نتيجة التطور الحراري والهيدروليكي على طول الاتجاه المحوري. بهدف اعتبار التطور الحراري والهيدروليكي، تم اختيار عدة خلايا واحدية عند مواقع مختلفة في الاتجاه المحوري، وتم التنبؤ بالأداء الحراري لكامل PCHE بناء على تقدير المتوسطات الموزونة من عدة خلايا واحدية.



الشكل 1 مخطط للدراسة العددية (يمثل المربع المنقط خلية واحدة)



(a) الخلية الواحدة والشروط الحدية



(b) شكل الشبكة

الشكل 2 النموذج العددي

كما يوضح الشكل (a)2، تتكون الخلية الواحدية من مجالين للموائع (المائع الساخن والمائع البارد)، ومن مجال صلب. في المجال الصلب، يتم حل قانون فورييه للتوصيل في حين تحل معادلات نافير ستوكس ومعادلة الطاقة في مجالي الموائع. يوضح الشكل (b)2 الشبكة العددية. بينت الدراسة أن شكل الشبكة للقناة المموجة مماثل لتلك المستخدمة في قناة مستقيمة [6]. لكن لوحظ أن عدد الخلايا أكبر قليلاً عند التموج نتيجة زيادة عدد الخلايا بالقرب من الحد المموج. لكن، لا يعد الاختلاف في عدد الخلايا مهماً.

تم تقييم الخواص الحرارية للمائع العامل، S-CO₂، والمصدر الحراري (غاز LNG) بناءً على البرنامج المعروف [21] REFPROP، وهو المعروف بتوليد توقعات دقيقة حتى للموائع الحرجة. ربطت الدراسات السابقة خواص S-CO₂ وخواص LNG مع درجة الحرارة بالعلاقات التالية:

$$\rho = 2988.2529 - 19.00647T + 0.05254T^2 - 7.47748 \times 10^{-5}T^3 + 5.40055 \times 10^{-8}T^4 - 1.57353 \times 10^{-11}T^5$$

$$\mu = 1.12473 \times 10^{-4} - 7.16636 \times 10^{-7}T + 2.1884 \times 10^{-9}T^2 - 3.19601 \times 10^{-12}T^3 + 2.33796 \times 10^{-15}T^4 - 6.8692 \times 10^{-19}T^5$$

$$k = 165.39919 - 1.07952T + 0.0033T^2 - 4.75879 \times 10^{-6}T^3 + 3.45935 \times 10^{-9}T^4 - 1.01277 \times 10^{-12}T^5$$

$$c_p = 20.14959 - 0.13704T + 3.98411 \times 10^{-4}T^2 - 5.8663 \times 10^{-7}T^3 + 4.28421 \times 10^{-10}T^4 - 1.26468 \times 10^{-13}T^5$$

(2)

$$\rho = 2.85262 - 0.00952T + 1.68145 \times 10^{-5}T^2 - 1.65986 \times 10^{-8}T^3 + 8.68221 \times 10^{-12}T^4 - 1.88032 \times 10^{-15}T^5$$

$$\mu = 7.78234 \times 10^{-7} + 5.91898 \times 10^{-8}T - 3.2726 \times 10^{-11}T^2 \\ + 1.98046 \times 10^{-14}T^3 - 7.59506 \times 10^{-18}T^4 \\ + 1.33518 \times 10^{-21}T^5$$

$$k = 2.89404 + 0.06875T + 8.9142 \times 10^{-6}T^2 - 1.83721 \\ \times 10^{-8}T^3 + 1.29873 \times 10^{-11}T^4 - 3.40167 \\ \times 10^{-15}T^5$$

$$c_p = 1.17986 - 6.32096 \times 10^{-4}T + 1.85471 \times 10^{-6}T^2 - 1.6634 \\ \times 10^{-9}T^3 + 6.81521 \times 10^{-13}T^4 - 1.07263 \\ \times 10^{-16}T^5$$

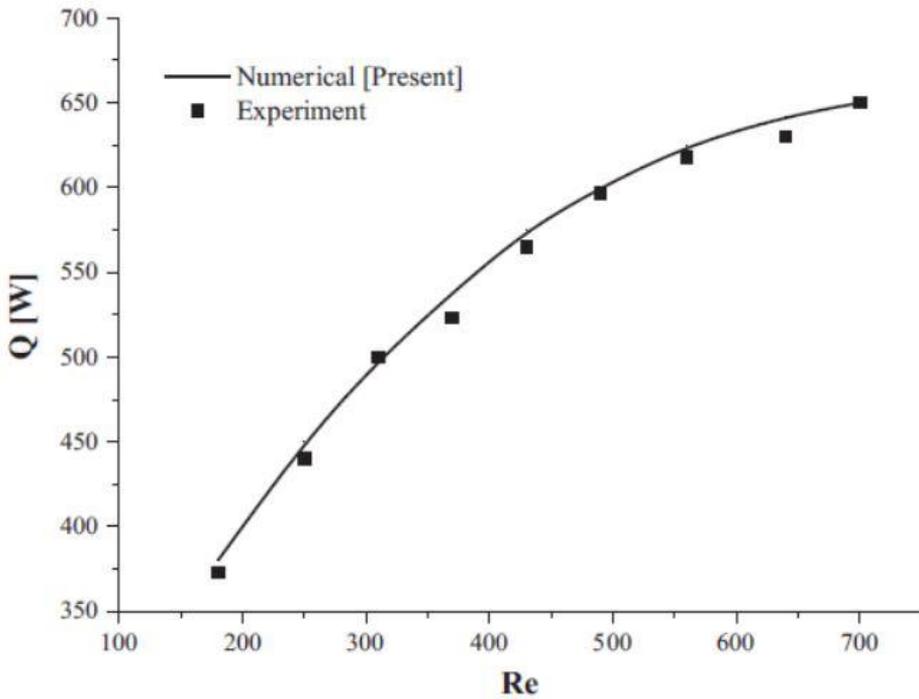
(3)

المعادلات (2) و(3) هي لكل من S-CO₂ و LNG عند 1bar، على التوالي. المجال الفعال للمعادلات (2) و(3) هو 473K < T < 773K و 573K < T < 973K، على الترتيب، والذي يغطي كامل مجال العمل المتوقع في أنظمة توليد الطاقة المضغوطة.

3. النتائج العددية

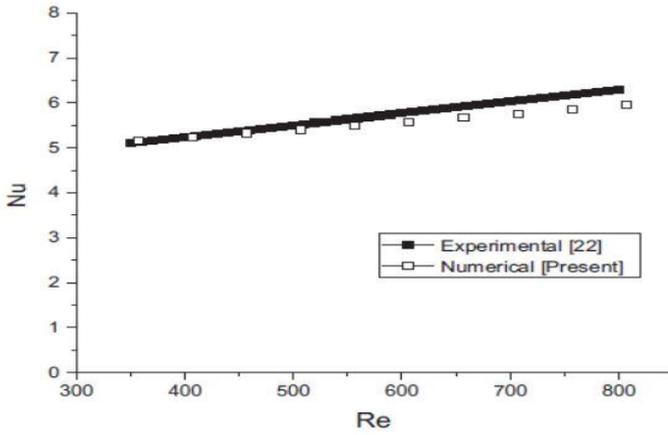
3.1 التحقق:

بهدف التحقق من النموذج العددي الحالي، أجريت مجموعة دراسات عددية مستقلة باستعمال PCHE بقناة مموجة. قورنت النتائج العددية مع النتائج المخبرية السابقة [5]. يوضح الشكل 3 مخطط للمقارنة بين تبدد الحرارة الكلي مع رقم رينولدز. كما يوضح الشكل، تتوقع نتائج النموذج العددي الحالي بالنتائج المخبرية ضمن حدود خطأ 8%. يبدو أن النتائج العددية تتوقع بزيادة بسيطة بالقيم مقارنة بالقيم التجريبية كما يوضح هذا الشكل. يعزى الفرق لحقيقة أن النموذج العددي الحالي لا يعتبر تأثير التوصيل المحوري، وعدم انتظام توزيع الجريان ضمن القنوات.

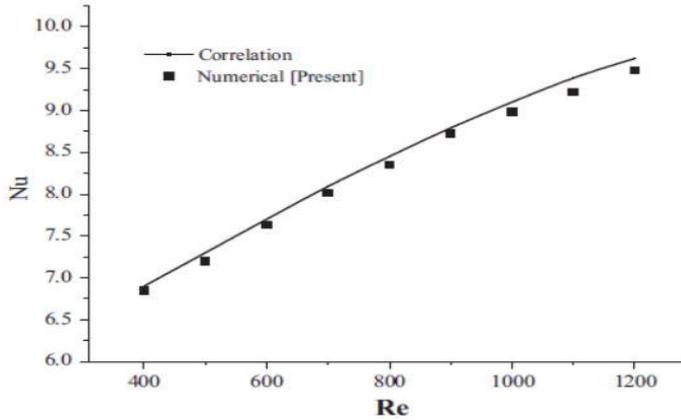


الشكل 3 مخطط للمقارنة بين النتائج العددية والتجريبية [5] لتبدد الحرارة الناتج لمبادل PCHE مستقيم القناة نسبة لرقم رينولدز (فولاذ 304L، حجم $PCHE = 141 \times 40 \times 16$ mm، عرض القناة 0.8mm، المائع البارد والمائع الساخن ماء، $T_{h,in}=400C$ ، $T_{c,in}=200C$)

أجريت عملية تحقق إضافية باستعمال نتائج تجريبية سابقة من مبادلات PCHE بقناة زك زاك [22]. يوضح الشكل 4 مخطط للمقارنة بين النتائج التجريبية والنتائج العددية لرقم نوسلت الوسطي نسبة لرقم رينولدز. كما يوضح الشكل، تتوافق النتائج العددية الحالية مع النتائج العددية السابقة وكذلك مع النتائج التجريبية ضمن هامش خطأ 5.2%. يعزى الاختلاف البسيط في النتائج عن القيم التجريبية السابقة لاختلاف خواص الهليوم المستخدم في المحاكاة العددية. لذلك، يعتبر النموذج العددي الحالي والطريقة المتبعة صالحين لتحليل مبادل PCHE ذو القناة المموجة.



PCHE = 150 x 144 x 896 حجم (سبيكة 800H، مع قناة زك زك (a)PCHE، عرض القناة 1.51mm، المائع البارد والمائع الساخن هليوم، $T_{h,in}=550\text{ C}^\circ$ ، $T_{c,in}=100\text{ C}^\circ$)

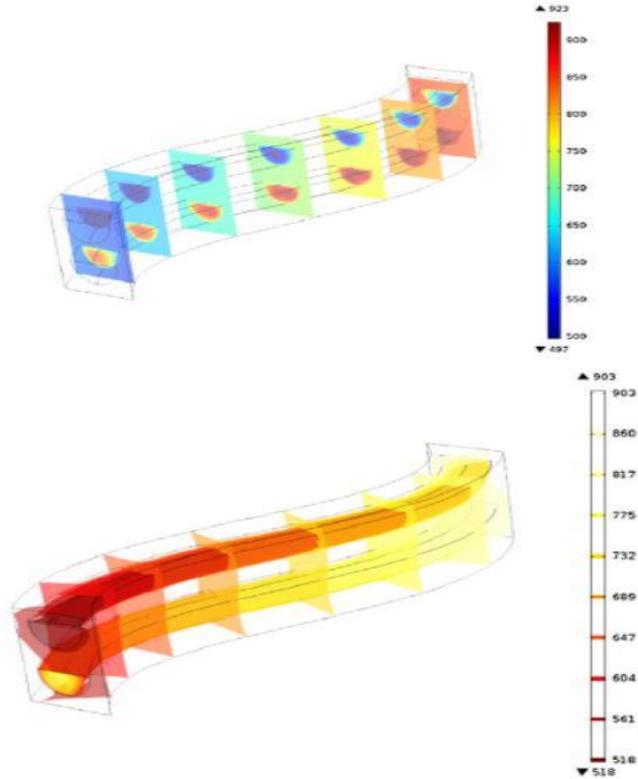


PCHE = 750 x 300 x 300 حجم (سبيكة 617، مع قناة مموجة (b)PCHE، عرض القناة 2mm، المائع البارد والمائع الساخن هليوم، $T_{h,in}=900\text{ C}^\circ$ ، $T_{c,in}=579\text{ C}^\circ$)

الشكل 4 التأكد من النموذج باستعمال نتائج سابقة لمبادل PCHE بقناة زك زك ومبادل PCHE بقناة مموجة [22, 23]

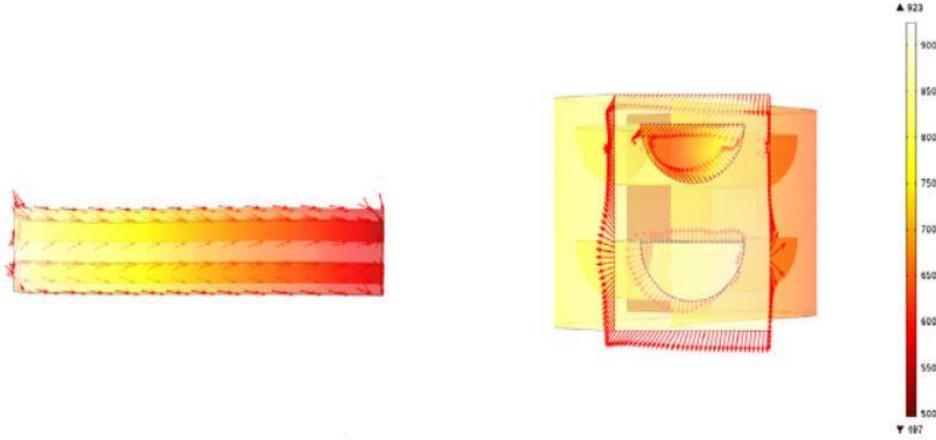
3.2 تأثير عوامل التمدج على الأداء الحراري

يبين الشكل 5 النتائج العددية. يوضح الشكل 5(a) مخطط درجات الحرارة للمقطع العرضي للخلية الواحديية في PCHE المختارة لدراسة الحالة العددية. في هذا الشكل، تعرض مجموعة من مخططات درجة الحرارة لمقاطع عرضية منتقاة (اليسار) ومخططات لدرجة الحرارة عند سطح تماس مائع/صلب (اليمين)، والتي توضح تغيرات درجة الحرارة في كلا الاتجاهين المحوري ومع المقطع العرضي. في الشكل 5(b)، وصف لنمط انتقال الحرارة كشعاع ثلاثي البعد، ويوضح أن الخلية الواحديية قادرة على التفاعل حرارياً مع الخلايا الافتراضية الجانبية.



(a) مخطط درجات الحرارة ثنائية البعد: مخططات درجة الحرارة عند بعض المقاطع

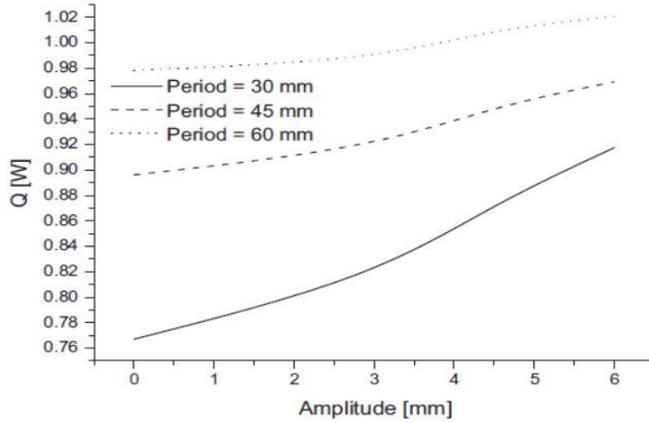
المختارة.



(b) نمط انتقال الحرارة ثلاثي البعد

الشكل 5 عرض للنتائج العددية

في هذه الدراسة، تم التحقق من تأثير عوامل التموج كمطال الموجة وطولها على الأداء الحراري، كما يبين الشكل 6. تجدر الملاحظة أن حجم الخلية الواحدية وقطرها ثابتين عند 1.8mm. كما يوضح الشكل، يظهر معدل التبدد الحراري نسبة لواحدة الكتلة في PCHE مموج القناة والذي يزداد مع زيادة مطال التموج. في هذا الشكل، تدل البيانات عند مطال يساوي الصفر على البيانات الناتجة من مبادل PCHE تقليدي مستقيم القناة بنفس حجم القناة وطولها. يبدو أن تموج القناة يحسن بشكل جيد من الأداء الحراري مقارنة بالمبادل PCHE التقليدي مستقيم القناة بقيمة 16.4%. يتناقص تزايد الأداء الحراري مع زيادة المطال. تأثير المطال على الأداء الحراري واضح بشكل أكبر عند القيم الأصغر لتموج الطول. يعزى تحسن الأداء بداية لزيادة سطح التبادل الحراري.



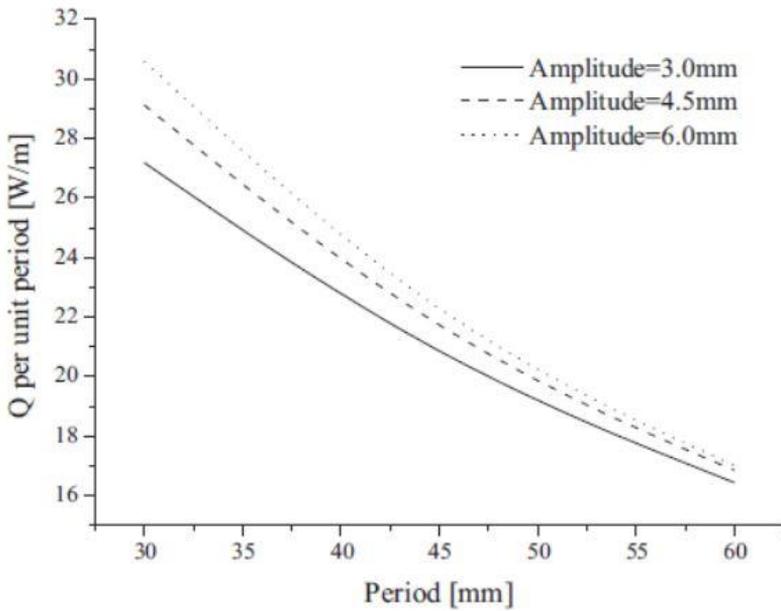
الشكل 6 تأثير مطال الموجة وطولها على الأداء الحراري.

3.3 الأداء الحراري نسبة لواحدة الطول

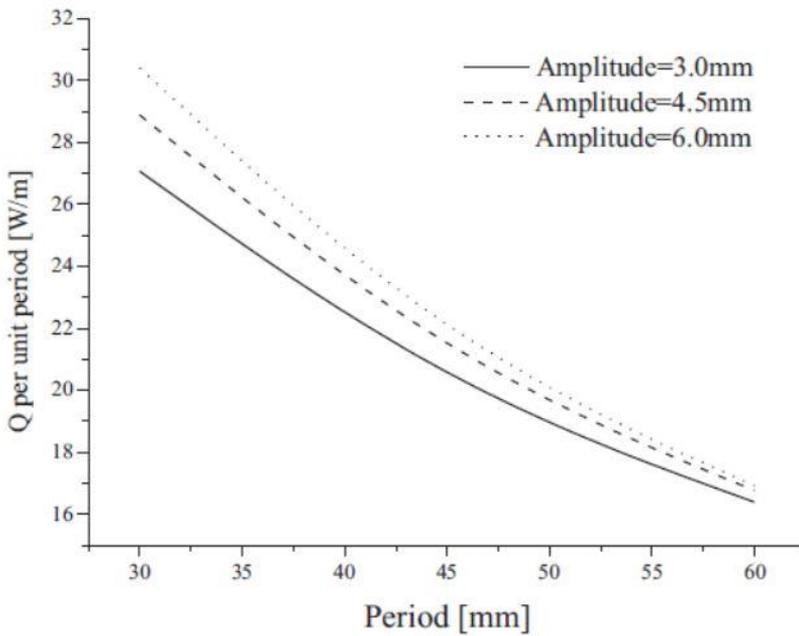
تجدر الإشارة إلى أن مساحة التبادل الحراري مرتبطة مباشرة مع طولها. بكلمات أخرى، فإن تحسين الأداء الحراري نتيجة مباشرة للتناسب مع الطول. لذلك، تجب مقارنة الأداء الحراري للمبادل PCHE مموج القناة عندما يخضع لواحدة طول ثابتة [W/m] للحصول على مقارنة عادلة.

يوضح الشكل 7 تأثير بارامترات التموج على الأداء الحراري لواحدة الطول لمبادل PCHE مع تأثير حجم القناة (D). يبين هذا الشكل أن لحجم القناة تأثير بسيط تقريباً على الأداء الحراري للمبادل PCHE مموج القناة. كما يوضح هذا الشكل أيضاً أن الأداء الحراري لواحدة الطول سيتناقص مع زيادة الطول عند قيمة ثابتة للمطال وحجم القناة. يبدو أن الأداء الحراري لواحدة الطول يتزايد دوماً مع زيادة المطال بغض النظر عن الطول وحجم القناة. بهدف تفسير هذه النتائج، أجري تحليل رياضي كما يلي. من أجل مطال واحد ثابت، أي بتثبيت المطال، تنتج زيادة المساحة من تموج القناة بعامل مقياس يعطى كتابع للمطال والطول كما يلي:

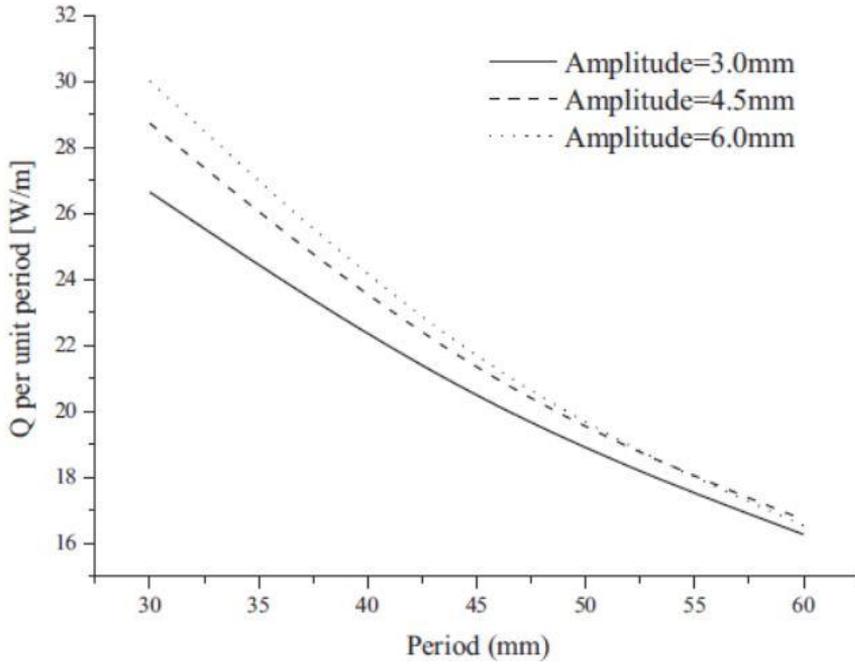
$$f = \left(2a^* + \frac{1}{8a^*} \right) \cos^{-1} \left(\frac{1 - 16a^{*2}}{1 + 16a^{*2}} \right) \quad (4)$$



(a) $D=1.5$ mm



(b) $D=1.8$ mm



(c) D=2.1mm

الشكل 7 تأثير البارامترات الهندسية على الأداء الحراري لواحدة طول الموجة.

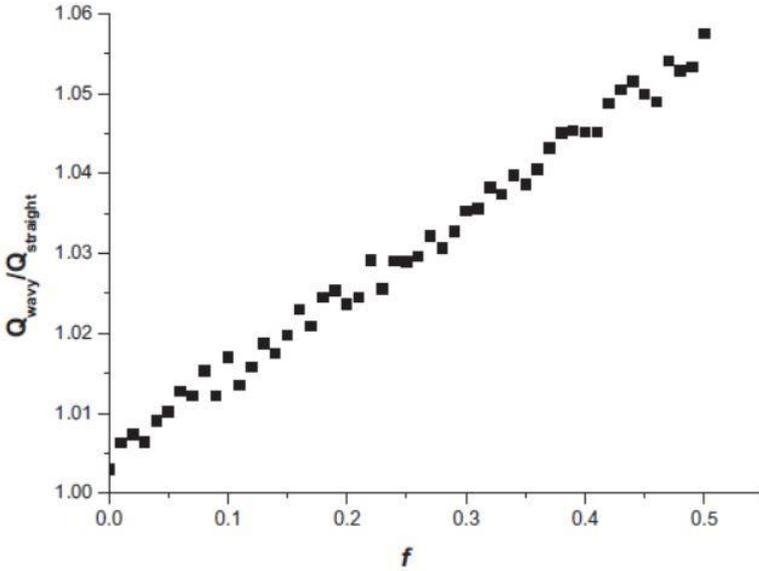
استنتجت المعادلة (4) بناء على المقارنة بين طول المنحني الجيبي والارتفاع العائد لمستقيم بنفس الخطوة. في المعادلة (4)، f هو عامل المقياس الذي يمثل مساحة المبادل PCHE مموج القناة مقسوما على مساحة السطح الراجع للمبادل PCHE مستقيم القناة بنفس الطول. للتعبير الرياضي الموضح في العلاقة (4) نقطة شاذة عند $a^*=0$. البارامتر a^* هو مقدار لابعدي لمطال التموج والذي يعرف بالشكل:

$$a^* = a/l \quad (5)$$

حيث a مطال الموجة و l طولها، والموضحة في الشكل 1. تجدر الإشارة إلى أن عامل المقياس مطابق للنسبة بين طول القناة الفعال وطول الموجة، إضافة لمساحة انتقال الحرارة الفعالة إلى مساحة انتقال الحرارة العائدة لمبادل PCHE مستقيم القناة، كما يلي:

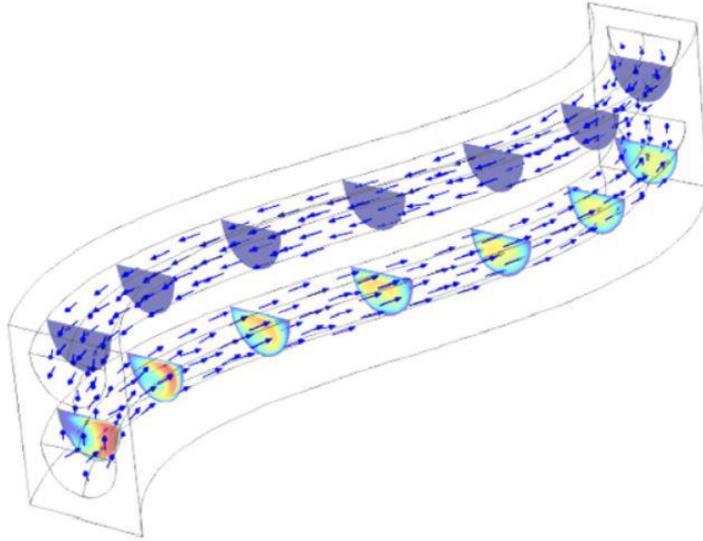
$$f = \frac{l}{l'} = \frac{A}{A'} \quad (6)$$

حيث l' طول القناة الفعال، A و A' هما مساحة انتقال الحرارة للمبادل PCHE مستقيم القناة ومموج القناة، على التوالي. تدل المعادلات (4) و(5) على أن مساحة انتقال الحرارة تزداد بشكل شبه خطي مع زيادة المطال عندما يثبت طول الموجة. وبالتالي، على سبيل المثال، يدل المطال 6mm على أن سطح التبادل الحراري يزداد بقيمة 1.34 مرة مقارنة بمبادل PCHE مستقيم القناة. يبدي الشكل 8 كميًا تأثير تكبير مساحة السطح في تحسين الأداء الحراري. يوضح هذا الشكل الأداء الحراري المتوقع للمبادل PCHE مموج القناة مقسوماً على الأداء الحراري لمبادل PCHE مستقيم القناة ($Q_{wavy}/Q_{straight}$) مقابل النسبة الدالة على سطوح انتقال الحرارة (f). كما يبين الشكل، يمكن لعامل الأداء الحراري لمبادل PCHE مموج القناة أن يكون تابع بشكل رئيسي للبارامتر f ، بغض النظر عن تفاصيل الشكل الهندسي، وله علاقة خطية مع f ، عندما $0 < f < 0.5$ ، إذا كان الجريان واقعا ضمن مجال الجريان الصفحي.

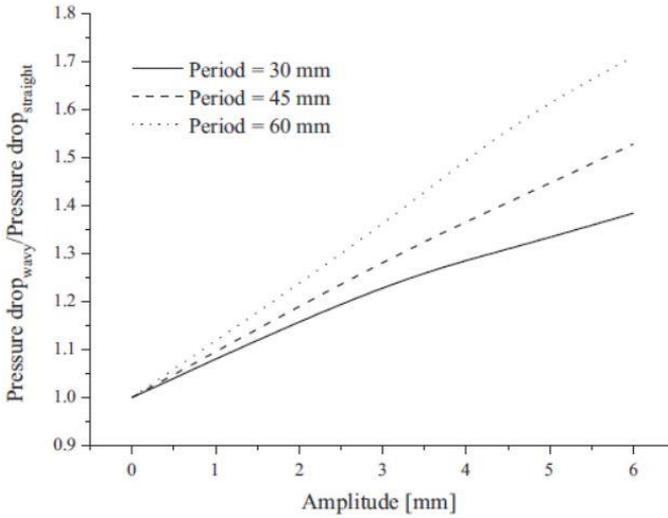


الشكل 8 تحسن Q مقابل زيادة السطح

ذكرت بعض الدراسات السابقة [15, 19] أن تموج القناة قد يسبب إعادة تدوير للجريان في منطقة زوايا التموج، مما يحسن أداء انتقال الحرارة بشكل كبير. تعارضت نتائج البحث الحالي مع النتائج السابقة من حيث أن التحسن في الأداء الحراري لمبادل PCHE مموج القناة راجع بشكل كبير لزيادة سطح التبادل الحراري، كما يوضح الشكل 8. كما يؤكد تصوير الجريان للنتائج العديدة، كما يوضح الشكل 9، مرة أخرى عدم وجود أي إعادة دوران أو حركة دوامية في المائع ضمن قنوات PCHE، عندما يكون رقم رينولدز أقل من 1500. وهذا يدل على أن تحسين الأداء في مبادلات PCHE مموجة القناة ناتج من زيادة سطح التبادل الحراري، بعامل مقياس تابع لقيمة f (المطال على الطول)، عندما يكون رقم رينولدز أقل من 1500. يبين الشكل 10 هبوط الضغط في مبادل PCHE مموج القناة. كما يبين الشكل، يزداد هبوط الضغط بشكل كبير مع زيادة التموج. يبدو أن هبوط الضغط في مبادل PCHE مموج القناة يزداد مع زيادة المطال أو الطول.



الشكل 9 خصائص الجريان في قناة مموجة.



الشكل 10 هبوط الضغط في مبادل PCHE مموج القناة.

4. الاستنتاجات

في هذا البحث، تمت دراسة الأداء الحراري للمبادل PCHE مموج القناة، وتأثيرات عوامل التموج الحراري: المطال والطول، بطريقة عددية. تمت مقارنة الأداء الحراري لمبادل PCHE مموج القناة مع PCHE التقليدي مستقيم القناة. بناء على النتائج العددية، يمكن التوصل للاستنتاجات التالية:

1. يمكن للمبادلات PCHE مموجة القناة أن تحسن الأداء الحراري بشكل كبير مقارنة بالمبادلات PCHE مستقيمة القناة التقليدية، وذلك بقيمة 16.4%.
2. يزداد تحسن الأداء الحراري للمبادلات PCHE مموجة القناة مع زيادة المطال أو الطول. لحجم القناة تأثير أقل أهمية على الأداء الحراري مقارنة بطول الموجة ومطالها.
3. يزداد الأداء الحراري نسبة لوحد الطول مع زيادة المطال. لكن، يتناقص مع زيادة الطول.

4. يعود تحسين الأداء الحراري لمبادلات PCHE مموجة القناة لزيادة مساحة التبادل الحراري، بعامل مقياس تابع لقيمة f في الجريان الصفحي.

المراجع

- [1] J.G. Kwon, T.H. Kim, H.S. Park, J.E. Cha, M.H. Kim, Optimization of airfoil-type PCHE for the recuperator of small scale brayton cycle by cost-based objective function, Nucl. Eng. Des. 298 (2016) 192–200.
- [2] W. Kim, Y.-J. Baik, S. Jeon, D. Jeon, C. Byon, A mathematical correlation for predicting the thermal performance of cross, parallel, and counterflow PCHEs, Int. J. Heat Mass Transf. 106 (2017) 1294–1302.
- [3] B. Halimi, K.Y. Suh, Computational analysis of supercritical CO₂ Brayton cycle power conversion system for fusion reactor, Energy Convers. Manage. 63(2012) 38–43.
- [4] L. Chen, X.-R. Zhang, Experimental analysis on a novel solar collector system achieved by supercritical CO₂ natural convection, Energy Convers. Manage. 77(2014) 173–182.
- [5] J.-W. Seo, Y.-H. Kim, D. Kim, Y.-D. Choi, K.-J. Lee, Heat transfer and pressure drop characteristics in straight microchannel of printed circuit heat exchangers, Entropy 17 (5) (2015) 3438–3457.
- [6] S. Jeon, Y.-J. Baik, C. Byon, W. Kim, Thermal performance of heterogeneous PCHE for supercritical CO₂ energy cycle, Int. J. Heat Mass Transf. 102 (2016) 867–876.

- [7] J. Figley, X. Sun, S.K. Mylavarapu, B. Hajek, Numerical study on thermalhydraulic performance of a printed circuit heat exchanger, Prog. Nucl. Energy68 (2013) 89–96.
- [8] K. Nikitin, Y. Kato, L. Ngo, Printed circuit heat exchanger thermal–hydraulicperformance in supercritical CO2 experimental loop, Int. J. Refrig. 29 (5) (2006)807–814.
- [9] I.H. Kim, H.C. No, Physical model development and optimal design of PCHE forintermediate heat exchangers in HTGRs, Nucl. Eng. Des. 243 (2012) 243–250.
- [10] J.H. Kim, S. Baek, S. Jeong, J. Jung, Hydraulic performance of a microchannelPCHE, Appl. Therm. Eng. 30 (14–15) (2010) 2157–2162.
- [11] S. Baek, J.-H. Kim, S. Jeong, J. Jung, Development of highly effective cryogenicprinted circuit heat exchanger (PCHE) with low axial conduction, Cryogenics52 (7–9) (2012) 366–374.
- [12] S.-M. Lee, K.-Y. Kim, Optimization of zigzag flow channels of a printed circuitheat exchanger for nuclear power plant application, J. Nucl. Sci. Technol. 49 (3)(2012) 343–351.
- [13] S.-M. Lee, K.-Y. Kim, A Parametric Study of the thermal-hydraulic performanceof a zigzag printed circuit heat exchanger, Heat Transfer Eng. 35 (13) (2013)1192–1200.
- [14] T. Ma, L. Li, X.-Y. Xu, Y.-T. Chen, Q.-W. Wang, Study on local thermal–hydraulicperformance and optimization of zigzag-type printed circuit heat exchanger athigh temperature, Energy Convers. Manage. 104 (2015) 55–66.

- [15] T.L. Ngo, Y. Kato, K. Nikitin, T. Ishizuka, Heat transfer and pressure drop correlations of microchannel heat exchangers with S-shaped and zigzag fins for carbon dioxide cycles, *Exp. Thermal Fluid Sci.* 32 (2) (2007) 560–570.
- [16] S.-M. Lee, K.-Y. Kim, Comparative study on performance of a zigzag printed circuit heat exchanger with various channel shapes and configurations, *Heat Mass Transfer* 49 (7) (2013) 1021–1028.
- [17] P. Gschwind, A. Regele, V. Kottke, Sinusoidal wavy channels with Taylor-Goertler vortices, *Exp. Thermal Fluid Sci.* 11 (3) (1995) 270–275.
- [18] T.a. Rush, T.a. Newell, A.m. Jacobi, An experimental study of flow and heat transfer in sinusoidal wavy passages, *Int. J. Heat Mass Transf.* 42 (9) (1999) 1541–1553.
- [19] X. Xu, T. Ma, L. Li, M. Zeng, Y. Chen, Y. Huang, Q. Wang, Optimization of fin arrangement and channel configuration in an airfoil fin PCHE for supercritical CO₂ cycle, *Appl. Therm. Eng.* 70 (1) (2014) 867–875.
- [20] F.P. Incropera, D.P. Dewitt, T.L. Bergman, A.S. Lavine, *Foundations of Heat Transfer*, 6th ed., John Wiley & Sons Inc, 2011.
- [21] E.W. Lemmon, M.L. Huber, M.O. McLinden, NIST standard reference database 23: reference fluid thermodynamic and transport properties-REFPROP, Version 9.0 ed: National

Institute of Standards and Technology, Standard Reference Data Program, Gaithersburg, 2010.

[22] I.-H. Kim, H.-C. No, J.-I. Lee and B.-G. Jeon, Thermal hydraulic performance analysis of the printed circuit heat exchanger using a helium test facility and CFD simulations, Nucl. Eng. Des. 239 (2009) 2399–2408.

[23] E.S. Kim, C.H. Oh, S. Sherman, Simplified optimum sizing and cost analysis for compact heat exchanger in VHTR, Nucl. Eng. Des. 238 (2008) 2635–2647.