

المجلد: 2
العدد: 6



مجلة جامعة حماة



2019 ميلادي / 1441 هجري

ISSN Online(2706-9214)

المجلد: الثاني

العدد: السادس



مجلة جامعة حماة

2019 / ميلادي

1441 / هجري

مجلة جامعة حماة

هي مجلة علمية محكمة دورية سنوية متخصصة تصدر عن جامعة حماة

المدير المسؤول: الأستاذ الدكتور محمد زياد سلطان رئيس جامعة حماة.

رئيس هيئة التحرير: الأستاذ الدكتور سامر كامل إبراهيم.

سكرتير هيئة التحرير (مدير مكتب المجلة): م.وفاء الفيل.

أعضاء هيئة التحرير:

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| أ.د. درغام الرحال. | أ.د. عبد الكريم قلب اللوز |
| أ.د. عبد الرزاق سالم. | أ.م.د. أسمهان خلف. |
| أ.د. محمد زهير الأحمد. | أ.م.د. عادل علوش. |
| أ.م.د. حسان الحلبيّة. | أ.م.د. محمد أيمن الصباغ. |
| د.خالد زغريت. | |

الهيئة الاستشارية:

- | | |
|------------------------|--------------------|
| أ.د. دارم طباع. | أ.د. صفوان العساف. |
| أ.د. راتب سكر. | أ.د. كنجو كنجو. |
| أ.د. محمد فاضل. | أ.د. رباب الصباغ. |
| أ.م.د. محمد سبيع العرب | |

الإشراف اللغوي:

- | | |
|-----------------|--------------------|
| أ.د. محمد فلفل. | أ.م.د. مها السلوم. |
|-----------------|--------------------|

مجلة جامعة حماة

أهداف المجلة:

مجلة جامعة حماة هي مجلة علمية محكمة دورية سنوية متخصصة تصدر عن جامعة حماة تهدف إلى:

1- نشر البحوث العلمية الأصيلة باللغتين العربية أو الإنكليزية التي تتسم بمزايا المعرفة الإنسانية الحضارية والعلوم التطبيقية المتطورة، وتسهم في تطويرها، وترقى إلى أعلى درجات الجودة والابتكار والتميز، في مختلف الميادين الطبية، والهندسية، والتقانية، والطب البيطري، والعلوم، والاقتصاد، والآداب والعلوم الإنسانية، وذلك بعد عرضها على مقومين علميين مختصين.

2- نشر البحوث الميدانية والتطبيقية المتميزة في مجالات تخصص المجلة.

3- نشر الملاحظات البحثية، وتقارير الحالات المرضية، والمقالات الصغيرة في مجالات تخصص المجلة.

رسالة المجلة:

- تشجيع الأكاديميين والباحثين السوريين والعرب على إنجاز بحوثهم المبتكرة.
- ضبط آلية البحث العلمي، وتمييز الأصيل من المزيف، بعرض البحوث المقّمة إلى المجلة على المختصين والخبراء.
- تسهم المجلة في إغناء البحث العلمي والمناهج العلمية، والتزام معايير جودة البحث العلمي الأصيل.
- تسعى إلى نشر المعرفة وتعميمها في مجالات تخصص المجلة، وتسهم في تطوير المجالات الخدمية في المجتمع.
- تحقّر الباحثين على تقديم البحوث التي تُعنى بتطوير مناهج البحث العلمي وتجديدها.
- تستقبل اقتراحات الباحثين والعلماء حول كل ما يسهم في تقدّم البحث العلمي وفي تطوير المجلة.
- تعميم الفائدة المرجوة من نشر محتوياتها العلمية، بوضع أعدادها بين أيدي القراء والباحثين على موقع المجلة في الشبكة (الإنترنت) وتطوير الموقع وتحديثه.

قواعد النشر في مجلة جامعة حماة:

- أ- أن تكون المادة المرسلّة للنشر أصيلة، ذات قيمة علمية ومعرفية إضافية، وتتمتع بسلامة اللغة، ودقة التوثيق.
- ب- ألا تكون منشورة أو مقبولة للنشر في مجالات أخرى، أو مرفوضة من مجلة أخرى، ويتعهد الباحث بمضمون ذلك بملء استمارة إيداع خاصة بالمجلة.
- ت- يتم تقييم البحث من ذوي الاختصاص قبل قبوله للنشر ويصبح ملكاً لها، ولا يحق للباحث سحب الأوليات في حال رفض نشر البحث.
- ث- لغة النشر هي العربية أو الإنجليزية، على أن تزود إدارة المجلة بملخص للمادة المقدمة للنشر في نصف صفحة (250 كلمة) بغير اللغة التي كتب بها البحث، وأن يتبع كل ملخص بالكلمات المفتاحية Key words .

إيداع البحوث العلمية للنشر:

أولاً - تقدم مادة النشر إلى رئيس هيئة تحرير المجلة على أربع نسخ ورقية (تتضمن نسخة واحدة اسم الباحث أو الباحثين وعناوينهم، وأرقام هواتفهم، وتغفل في النسخ الأخرى أسماء الباحثين أو أية إشارة إلى هويتهم)، وتقدم نسخة إلكترونية مطبوعة

على الحاسوب بخط نوع Simplified Arabic، ومقاس 12 على وجه واحد من الورق بقياس 210×297 مم (A4). وتترك مساحة بيضاء بمقدار 2.5 سم من الجوانب الأربعة، على ألا يزيد عدد صفحات البحث كلها عن خمس عشرة صفحة (ترقيم الصفحات وسط أسفل الصفحة)، وأن تكون متوافقة مع أنظمة (Microsoft Word 2007) في الأقل، وبمسافات مفردة بما في ذلك الجداول والأشكال والمصادر، ومحفوظة على قرص مدمج CD، أو ترسل إلكترونياً على البريد الإلكتروني الخاص بالمجلة.

ثانياً - تقدم مادة النشر مرفقة بتعهد خطي يؤكد بأن البحث لم ينشر، أو لم يقدم للنشر في مجلة أخرى، أو مرفوضة من مجلة أخرى.

ثالثاً - يحق لهيئة تحرير المجلة إعادة الموضوع لتحسين الصياغة، أو إحداث أية تغييرات، من حذف، أو إضافة، بما يتناسب مع الأسس العلمية وشروط النشر في المجلة.

رابعاً - تلتزم المجلة بإشعار مقدم البحث بوصول بحثه في موعد أقصاه أسبوعين من تاريخ استلامه، كما تلتزم المجلة بإشعار الباحث بقبول البحث للنشر من عدمه فور إتمام إجراءات التقويم.

خامساً - يرسل البحث المودع للنشر بسرعة تامة إلى ثلاثة محكمين متخصصين بمادته العلمية، ويتم إخطار ذوي العلاقة بملاحظات المحكمين ومقترحاتهم، ليؤخذ بها من قبل المودعين؛ تلبيةً لشروط النشر في المجلة، وتحقيقاً للسوية العلمية المطلوبة.

سادساً - يعد البحث مقبولاً للنشر في المجلة في حال قبول المحكمين الثلاثة (أو اثنين منهم على الأقل) للبحث بعد إجراء التعديلات المطلوبة وقبولها من قبل المحكمين.

- إذا رفض المحكم الثالث البحث بمبررات علمية منطقية تجدها هيئة التحرير أساسية وجوهرية، فلا يقبل البحث للنشر حتى ولو وافق عليه المحكمان الآخران.

قواعد إعداد مخطوطة البحث للنشر في أبحاث الكليات التطبيقية:

أولاً - يشترط في البحث المقدم أن يكون حسب الترتيب الآتي: العنوان، الملخص باللغتين العربية والإنكليزية، المقدمة، هدف البحث، مواد البحث وطرائقه، النتائج والمناقشة، الاستنتاجات والتوصيات، وأخيراً المراجع العلمية.

- العنوان:

يجب أن يكون مختصراً وواضحاً ومعبراً عن مضمون البحث. خط العنوان بلغة النشر غامق، وبحجم (14)، يوضع تحته بفواصل سطر واحد اسم الباحث / الباحثين بحجم (12) غامق، وعنوانه، وصفته العلمية، والمؤسسة العلمية التي يعمل فيها، وعنوان البريد الإلكتروني للباحث الأول، ورقم الهاتف المحمول بحجم (12) عادي. ويجب أن يتكرر عنوان البحث ثانيةً وباللغة الإنكليزية في الصفحة التي تتضمن الملخص. Abstract. خط العناوين الثانوية يجب أن يكون غامقاً بحجم (12)، أما خط متن النص؛ فيجب أن يكون عادياً بحجم (12).

- الملخص أو الموجز:

يجب ألا يتجاوز الملخص 250 كلمة، وأن يكون مسبقاً بالعنوان، ويوضع في صفحة منفصلة باللغة العربية، ويكتب الملخص في صفحة ثانية منفصلة باللغة الإنكليزية. ويجب أن يتضمن أهداف الدراسة، ونبذة مختصرة عن طريقة العمل، والنتائج التي تمخضت عنها، وأهميتها في رأي الباحث، والاستنتاج الذي توصل إليه الباحث.

- المقدمة:

تشمل مختصراً عن الدراسة المرجعية لموضوع البحث، وتدرج فيه المعلومات الحديثة، والهدف الذي من أجله أجري البحث.

- المواد وطرائق البحث:

تذكر معلومات وافية عن مواد وطريقة العمل، وتدعم بمصادر كافية حديثة، وتستعمل وحدات القياس المترى والعالمى في البحث. ويذكر البرنامج الإحصائي والطريقة الإحصائية المستعملة في تحليل البيانات، وتعرف الرموز والمختصرات والعلامات الإحصائية المعتمدة للمقارنة.

- النتائج والمناقشة:

تعرض بدقة، ويجب أن تكون جميع النتائج مدعمة بالأرقام، وأن تقدم الأشكال والجدول والرسومات البيانية معلومات وافية مع عدم إعادة المعلومات في متن البحث، وترقم بحسب ورودها في متن البحث، ويشار إلى الأهمية العلمية للنتائج، ومناقشتها مع دعمها بمصادر حديثة. وتشتمل المناقشة على تفسير حصول النتائج من خلال الحقائق والمبادئ الأولية ذات العلاقة، ويجب إظهار مدى الاتفاق أو عدمه مع الدراسات السابقة مع التفسير الشخصي للباحث، ورأيه في حصول هذه النتيجة.

- الاستنتاجات:

يذكر الباحث الاستنتاجات التي توصل إليها مختصرةً في نهاية المناقشة، مع ذكر التوصيات والمقترحات عند الضرورة.

- الشكر والتقدير:

يمكن للباحث أن يذكر الجهات المساندة التي قدمت المساعدات المالية والعلمية، والأشخاص الذين أسهموا في البحث ولم يتم إدراجهم بوصفهم باحثين.

ثانياً - الجداول:

يوضع كل جدول مهما كان صغيراً في مكانه الخاص، وتأخذ الجداول أرقاماً متسلسلة، ويوضع لكل منها عنوان خاص به، يكتب أعلى الجدول، وتوظف الرموز * و** و*** للإشارة إلى معنوية التحليل الإحصائي، عند المستويات 0.05 أو 0.01 أو 0.001 على الترتيب، ولا تستعمل هذه الرموز للإشارة إلى أية حاشية أو ملحوظة في أي من هوامش البحث. وتوصي المجلة باستعمال الأرقام العربية (1، 2، 3،). في الجداول وفي متن النص أينما وردت.

ثالثاً - الأشكال والرسوم والمصورات:

يجب تحاشي تكرار وضع الأشكال التي تستمد مادتها من المعطيات الواردة في الجداول المعتمدة، والاكتفاء إما بإيراد المعطيات الرقمية في جداول، وإما بتوقيعها بيانياً، مع التأكيد على إعداد الأشكال والمنحنيات البيانية والرسوم بصورتها النهائية، وبالمقياس المناسب، وتكون ممسوحة بدقة 300 بكسل/أنش. ويجب أن تكون الأشكال أو الصور المظهرة بالأبيض والأسود بقدر كاف من التباين اللوني، ويمكن للمجلة نشر الصور الملونة إذا دعت الضرورة إلى ذلك، ويعطى عنوان خاص لكل شكل أو صورة أو مصور في الأسفل وتأخذ أرقاماً متسلسلة.

رابعاً - المراجع:

تتبع المجلة طريقة ذكر اسم المؤلف - صاحب البحث أو مؤلفه - وسنة النشر داخل النص ابتداءً من اليمين إلى اليسار أي كان المرجع، مثال: وجد ناجح وعبد الكريم (1990)، وأورد Basem و Samer (1998)، وأشارت العديد من الدراسات.... (Sing، 2008؛ Hunter و John، 2000؛ Sabaa وزملاؤه، 2003) ولا ضرورة لإعطاء المراجع أرقاماً متسلسلة. أما في ثبت المراجع عند كتابة المراجع العربية، فيجب كتابة نسبة الباحث (اسم العائلة)، ثم الاسم الأول بالكامل، وفي حال كون المرجع لأكثر من باحث يجب كتابة أسماء جميع الباحثين بالطريقة السابقة الذكر. وفي حال كون المرجع غير عربي فيكتب أولاً اسم العائلة، ثم يذكر الحرف الأول أو الحروف الأولى من اسمه، يلي ذلك سنة النشر بين قوسين، ثم العنوان الكامل

للمرجع، وعنوان المجلة (الدورية أو المؤلف، ودار النشر)، ورقم المجلد Volume، ورقم العدد Number، وأرقام الصفحات (من - إلى)، مع مراعاة أحكام التنقيط وفق الأمثلة الآتية:

العوف، عبد الرحمن والكزبري، أحمد (1999). التنوع الحيوي في جبل البشري. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 15(3):33-45.

Smith, J., Merilan, M.R., and Fakher, N.S., (1996). Factors affecting milk production in Awassi sheep. J. Animal Production, 12(3):35-46.

إذا كان المرجع كتاباً: يوضع اسم العائلة للمؤلف ثم الحروف الأولى من اسمه، السنة بين قوسين، عنوان الكتاب، الطبعة، مكان النشر، دار النشر ورقم الصفحات وفق المثال الآتي:

Ingrkam, J.L., and Ingrahan, C.A., (2000). Introduction in: Text of Microbiology. 2nd ed. Anstratia, Brooks Co. Thompson Learning, PP: 55.

أما إذا كان بحثاً أو فصلاً من كتاب متخصص (وكذا الحال بخصوص وقائع) المداولات العلمية (Proceedings)، والندوات والمؤتمرات العلمية)، يذكر اسم الباحث أو المؤلف (الباحثين أو المؤلفين) والسنة بين قوسين، عنوان الفصل، عنوان الكتاب، اسم أو أسماء المحررين، مكان أو جهة النشر ورقم الصفحات وفق المثال الآتي:

Anderson, R.M., (1998). Epidemiology of parasitic Infections. In: Topley and Wilsons Infections. Collier, L., Balows, A., and Jassman, M., (Eds.), Vol. 5, 9th ed. Arnold a Member of the Hodder Group, London, PP: 39-55.

إذا كان المرجع رسالة ماجستير أو أطروحة دكتوراه، تكتب وفق المثال الآتي:

Kashifalkitaa, H.F., (2008). Effect of bromocriptine and dexamethasone administration on semen characteristics and certain hormones in local male goats. PhD Thesis, College of veterinary Medecine, University of Baghdad, PP: 87-105.

• تلحظ النقاط الآتية:

- ترتب المراجع العربية والأجنبية (كل على حدة) بحسب تسلسل الأحرف الهجائية (أ، ب، ج) أو (A, B, C).
- إذا وجد أكثر من مرجع لأحد الأسماء يلجأ إلى ترتيبها زمنياً؛ الأحدث فالأقدم، وفي حال تكرار الاسم أكثر من مرة في السنة نفسها، فيشار إليها بعد السنة بالأحرف a, b, c على النحو^a (1998) أو^b (1998) ... إلخ.
- يجب إثبات المراجع كاملة لكل ما أشير إليه في النص، ولا يسجل أي مرجع لم يرد ذكره في متن النص.
- الاعتماد - وفي أضيق الحدود- على المراجع محدودة الانتشار، أو الاتصالات الشخصية المباشرة (Personal Communication)، أو الأعمال غير المنشورة في النص بين أقواس ().
- أن يلتزم الباحث بأخلاقيات النشر العلمي، والمحافظة على حقوق الآخرين الفكرية.

قواعد إعداد مخطوطة البحث للنشر في أبحاث العلوم الإنسانية والآداب:

- أن يتسم البحث بالأصالة والجدة والقيمة العلمية والمعرفية الكبيرة وبسلامة اللغة ودقة التوثيق.
- ألا يكون منشوراً أو مقبولاً للنشر في أية وسيلة نشر.
- أن يقدم الباحث إقراراً خطياً بالألا يكون البحث منشوراً أو معروضاً للنشر.

- أن يكون البحث مكتوباً باللغة العربية أو بإحدى اللغات المعتمدة في المجلة.
- أن يرفق بالبحث ملخصان أحدهما بالعربية، والآخر بالإنكليزية أو الفرنسية، بحدود 250 كلمة.
- ترسل أربع نسخ من البحث مطبوعة على وجه واحد من الورق بقياس (A4) مع نسخة إلكترونية (CD) وفق الشروط الفنية الآتية:

- توضع قائمة (المصادر والمراجع) على صفحات مستقلة مرتبة وفقاً للأصول المعتمدة على أحد الترتيبين الآتين:
- أ- كنية المؤلف، اسمه: اسم الكتاب، اسم المحقق (إن وجد)، دار النشر، مكان النشر، رقم الطبعة، تاريخ الطبع.
- ب- اسم الكتاب: اسم المؤلف، اسم المحقق (إن وجد)، دار النشر، مكان النشر، رقم الطبعة، تاريخ الطبع.
- توضع الحواشي مرقمة في أسفل كل صفحة وفق أحد التوثيقين الآتين:
- أ- نسبة المؤلف، اسمه: اسم الكتاب، الجزء، الصفحة.
- ب- اسم الكتاب، رقم الجزء، الصفحة.
- يُتَجَنَّب الاختزال ما لم يُشَرَّ إلى ذلك.
- يقدم كل شكل أو صورة أو خريطة في البحث على ورقة صقيلة مستقلة واضحة.
- أن يتضمن البحث المُعادلات الأجنبية للمصطلحات العربية المستعملة في البحث.

يشترط لطلاب الدراسات العليا (ماجستير / دكتوراه) إلى جانب الشروط السابقة:

- أ- توقيع إقرار بأن البحث يتصل برسالته أو جزء منها.
- ب- موافقة الأستاذ المشرف على البحث، وفق النموذج المعتمد في المجلة.
- ج- ملخص حول رسالة الطالب باللغة العربية لا يتجاوز صفحة واحدة.
- تنشر المجلة البحوث المترجمة إلى العربية، على أن يرفق النص الأجنبي بنص الترجمة، ويخضع البحث المترجم لتدقيق الترجمة فقط وبالتالي لا يخضع لشروط النشر الواردة سابقاً. أما إذا لم **يكن** البحث محكماً ففسرى عليه شروط النشر المعمول بها.
- تنشر المجلة تقارير عن المؤتمرات والندوات العلمية، ومراجعات الكتب والدوريات العربية والأجنبية المهمة، على أن لا يزيد عدد الصفحات على عشر.

عدد صفحات مخطوطة البحث:

تنشر البحوث المحكمة والمقبولة للنشر مجاناً لأعضاء الهيئة التدريسية في جامعة حماة من دون أن يترتب على الباحث أية نفقات أو أجور إذا تقيّد بشروط النشر المتعلقة بعدد صفحات البحث التي يجب أن لا تتجاوز 15 صفحة من الأبعاد المشار إليها آنفاً، بما فيها الأشكال، والجداول، والمراجع، والمصادر. علماً أن النشر مجاني في المجلة حتى تاريخه.

مراجعة البحوث وتعديلها:

يعطى الباحث مدة شهر لإعادة النظر فيما أشار إليه المحكمون، أو ما تطلبه رئاسة التحرير من تعديلات، فإذا لم ترجع مخطوطة البحث ضمن هذه المهلة، أو لم يستجب الباحث لما طلب إليه، فإنه يصرف النظر عن قبول البحث للنشر، مع إمكانية تقديمه مجدداً للمجلة بوصفه بحثاً جديداً.

ملاحظات مهمة:

- البحوث المنشورة في المجلة تعبر عن وجهة نظر صاحبها ولا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر هيئة تحرير المجلة.
- يخضع ترتيب البحوث في المجلة وأعدادها المتتالية لأسس علمية وفنية خاصة بالمجلة.
- لا تعاد البحوث التي لا تقبل للنشر في المجلة إلى أصحابها.
- تدفع المجلة مكافآت رمزية للمحكمين وقدرها، 2000 ل.س.
- تمنح مكافآت النشر والتحكيم عند صدور المقالات العلمية في المجلة.
- لا تمنح البحوث المستلة من مشاريع التخرج، ورسائل الماجستير والدكتوراه أية مكافأة مالية، ويكتفى بمنح الباحث الموافقة على النشر.
- في حال ثبوت وجود بحث منشور في مجلة أخرى، يحق لمجلة جامعة حماة اتخاذ الإجراءات القانونية الخاصة بالحماية الفكرية، ومعاينة المخالف بحسب القوانين النازمة.

الاشتراك في المجلة:

يمكن الاشتراك في المجلة للأفراد والمؤسسات والهيئات العامة والخاصة.

عنوان المجلة:

- يمكن تسليم النسخ المطلوبة من المادة العلمية مباشرةً إلى إدارة تحرير المجلة على العنوان التالي : سورية - حماة - شارع العلمين - بناء كلية الطب البيطري - إدارة تحرير المجلة.
- البريد الإلكتروني الآتي : hama.journal@gmail.com
- magazine@hama-univ.edu.sy
- عنوان الموقع الإلكتروني: www.hama-univ.edu.sy/newssites/magazine/
- رقم الهاتف: 00963 33 2245135

فهرس محتويات

رقم الصفحة	اسم الباحث	عنوان البحث
1	د. رامز الخطيب	إثبات أصالة الوثائق والشهادات باستخدام تقنيات التشفير والتوقيع الرقمي ورمز الاستجابة السريع
19	فاطمة الصالح عبد الحكيم بنود	دراسة ميدانية تحليلية لإعداد خريطة أنقاض لمدينة حلب تمهيدا لمرحلة إعادة الإعمار
33	م.عمار طواشي د.م عبد الرزاق سالم د.م سليمان العامودي	الدراسة الميدانية والتجريبية لإصلاح البلاطات المعصبة المتضررة جزئياً بإحتوائها على فجوات
53	د. أحمد كردي	تصميم خوارزمية تحكم لقيادة محرك ذي ممانعة متغيرة باستخدام المتحكم البطائي
71	م . باسم محسن عمار أ . د . نوفل يوسف الاحمد	أثر المعالجات الحرارية على الخواص الميكانيكية لقطع من حديد الصب المرن ملحومة بالكترودات لحام نوع (Inconel 625)
87	د. ثائر داؤد	دراسة تحليلية ورقمية لرنانات عازلة كهربائياً بهدف تصميم و تنفيذ دارات متكاملة ميكروية لاستخدامها في أجهزة الاتصالات
105	م محمود تلج د. نوار كعدان	بين الطرائق العدية والطرق التقليدية في حساب عامل الأمان لسد الحويز
115	م. أحمد الأبو حسين أ. د. مروان عاصي	تحسين أداء القاعدة الترابية للرصف الإسفلتي باستخدام غبار مطحنة المواد الخام لمصانع الإسمنت
131	م محمود تلج د. نوار كعدان	تأثير تغير عوامل المقاومة والمرونة لمواد جسم السد على عوامل الأمان
141	م. مها السبع د. عبد الكريم السالم	تطوير هوائي شرائحي للكشف المبكر عن أورام الثدي
156	عبد الرزاق محمود وسيم جنيدي	إطار عمل للحكومة الالكترونية باعتماد منهجية الخدمات الموجهة
173	د. ثائر داؤد	دراسة تفصيلية للاقتران بين رنانات عازلة كهربائياً و مختلف أنظمة التحريض بهدف تصميم و تنفيذ دارات متكاملة ميكروية لاستخدامها في أجهزة الاتصالات

إثبات أصالة الوثائق والشهادات باستخدام تقنيات التشفير والتوقيع الرقمي ورمز الاستجابة السريع *د. رامز الخطيب

(الإيداع: 14 آب 2018 ، القبول: 7 كانون الثاني 2019)

الملخص:

لمجال أمن المعلومات دو هأماً في حماية وتأمين المعلومات، ومن أهم مجالات أمن المعلومات علم التشفير الذي يحظى اليوم بمكانة مرموقة بين العلوم، إذ تنوعت تطبيقاته العملية لتشمل مجالات متعددة وتوسع نطاق تطبيقات علم التشفير كثيراً في العصر الحديث بعد تطور الاتصالات والأنترنيت بما تتطلب من وثوقيه وحاجة إلى ضمان عدم التتصت ومنع التجسس والقرصنة الإلكترونيين وتأمين سبل التجارة الإلكترونية. وتعد تقنيات التصويت الإلكتروني والنقد الرقمي تطبيقات عملية معتمدة على علم التشفير. ومن أهم هذه التقنيات التوقيع الرقمي الذي يستخدم في توقيع معظم المستندات الإلكترونية من عقود واتفاقيات ومعاملات مع إمكانية تشفيرها. حيث يستخدم للتحقق من موثوقية صاحب المعلومة بالإضافة الى صحة المعلومة نفسها،

تتناول هذه الدراسة اقتراح طريقة لحل مشكلة تزوير الشهادات الجامعية وذلك باستخدام تقنية التوقيع الرقمي على الشهادة اعتماداً على خوارزمية التوقيع الرقمي DSA إحدى أهم خوارزميات التشفير الغير متماثل. الفكرة الأساسية تقوم على إعطاء الموقع على الشهادة مفتاحين اثنين تربط بينهما علاقة، ويُدعى هذان المفتاحان بالمفتاح العام (public key)، والمفتاح الخاص (private key). يستخدم المفتاح الخاص لتوقيع الشهادة والمفتاح العام يستخدم من قبل اي شخص للتحقق من صحة التوقيع بالإضافة لذلك تم الاستفادة من تقنية رموز الاستجابة السريعة (QR) لحفظ المحتويات النصية المشفرة لبيانات الوثيقة مهما كان حجمها بطريقة مختصرة ومناسبة للطباعة والقراءة. هذه الطريقة المقترحة ستكون حلاً عملياً في تأمين الوثائق الرسمية الورقية وحمايتها من التزوير وبذلك زيادة ثقة المؤسسات المحلية والعالمية بالوثائق الرسمية الموقعة رقمياً.

*عضو هيئة تدريسية في قسم تقنيات الحاسوب، الكلية التطبيقية، جامعة حماة.

Degree Certificate Authentication using Cryptography, Digital Signature and QR Code Techniques

***Dr. Ramez ALKHATIB**

(Received:14 August 2018, Accepted:7 January 2019)

Abstract:

The field of information security plays an important role in the protection and security of information. One of the most important areas of information security is cryptography, which occupies today a prominent place among the sciences. Its practical applications have varied to many fields. The scope of applications of cryptography has expanded greatly in modern times after the development of communications and the Internet. And the need to ensure that prevention of eavesdropping and Spyware, electronic piracy and securing e-commerce. Electronic voting techniques and digital criticism are practical cryptographic applications. The most important of these technologies is the digital signature, which is used to sign most electronic documents from contracts, agreements and transactions with the possibility of encryption. Where it is used to verify the reliability of the owner of the information in addition to the authenticity of the information itself.

This study propose a method to solve the problem of forging certificates using digital signature technology on the certificate based on the DSA algorithm one of the most important asymmetric encryption algorithms. The basic idea is to give the certificate site two related keys, called the public key, and the private key. Where the private key is used to sign the certificate and the public key is used by any person to verify the validity of the signature. In addition, the QR code was used to save the textual contents of the document, whatever its size, in a concise manner suitable for printing and reading. This proposed method will be a practical solution in securing official paper documents and protecting them from forgery, thereby increasing the confidence of local and international institutions in the official documents signed digitally.

*Dept. of Computer Techniques, Applied Faculty, University of Hama

1- مقدمة:

يتميز عصرنا الراهن بالسيول العظيم والانتشار الواسع للبيانات والمعلومات لذلك عملية التأكد من مصدر المعلومات وحمايتها من التزوير أضحت ضرورة ملحة ويعتبر التوقيع الرقمي آلية أساسية لحماية المعلومات وذلك بالتأكد من هوية مصدر المعلومات حيث انه يعتبر من أهم الطرق المستخدمة لضمان الوثائق وأصبح يوفر الضمانات الموجودة في التوقيع اليدوي بل تفوقها. كما أن التوقيع التقليدي عبارة عن علامة شخصية يقوم بها الشخص يمكن من خلالها تمييز هوية الموقع. وللتوقيع التقليدي مساوي كثيرة أهمها قابليته للتقليد بدقة عالية نتيجة لذلك تزوير الشهادات والوثائق الرسمية هي مشكلة حقيقية تعاني منها جميع المؤسسات خاصة التعليمية منها مثل الجامعات والمعاهد.

من ناحية نجد أن التوقيع الرقمي المتعارف عليه يستخدم في المعاملات الالكترونية أما في ضوء الواقع الحالي في مجتمعنا فإن معظم المعاملات والوثائق المتعامل بها تعتمد على المعاملات الورقية وأيضاً جميع التشريعات القانونية إلى الآن تدعم المعاملات الورقية الروتينية التي تعتمد على التوقيع الحي التقليدي لذلك كان لابد من مواكبة التطورات التكنولوجية في التوقيعات الرقمية التي أثبتت درجة عالية من الأمان ولكن بقيت موقع شك كبير في مجتمعاتنا، مما تسبب عدم العمل بها ومن هذا المنطلق اقترحنا في هذه الورقة البحثية استخدام تقنية التوقيع الرقمي على الشهادات الورقية والتحقق من مصدرها الكترونياً وذلك للاستفادة ولاكتساب الموثوقية العالية والأمان الموجودة في تقنيات التشفير والتوقيع الرقمي التي توفر الضمان وتؤكد بأنه لم يتم إجراء أي تعديل على الوثائق الموقعة وذلك بسبب صعوبة تزويرها والعبث بها والاستفادة من ثقة المتعاملين بالمعاملات التقليدية التي تعتمد على التوقيع اليدوي وأيضاً تم الاستفادة من تقنيات الرموز الضوئية لتصغير حجم وطول التوقيع المقترح.

مشكلة البحث:

إن ظاهرة التزوير هي قديمة بل ومتعددة لا تنحصر في تزوير الشهادات العلمية فقط ولكن ازدادت في الآونة الأخيرة عمليات تزوير الشهادات الجامعية، حيث تعد هذه القضية من أخطر القضايا التي بات يعاني منها سلك التعليم والعلم، خاصة أن تزوير الشهادات امتد إلى المهن الطبية التي لا يصح ولا يجوز مزاولتها بشهادة مزورة لما في الأمر من خطورة على أرواح الناس. وساعد في ذلك وجود أشخاص محترفين في التزوير وهناك عوامل ساعدت في انتشار التزوير مثل أجهزة الحواسيب والطابعات فائقة الدقة لذلك من الطبيعي أن تطلب الدول معايير جديدة للشهادة الجامعية كإجراء احترازي لحماية الشهادات الجامعة من التزوير [R. L. Renesse, 1997]. يتم ذلك من خلال بناء نظام أمن الشهادات الجامعية يسمح فقط للأشخاص المخولين بالوصول إلى البيانات مع إمكانية التحقق من هويتهم وسلامة البيانات عن طريق استخدام مفهوم التوقيع الرقمي والبصمة الرقمية لضمان تأمين بيانات الشهادات بوثوقية وسلامة عالية لمنع أي شخص غير شرعي من تعديل أي إجراء عليها.

2- الهدف من البحث

يهدف هذا البحث إلى:

- اقتراح طريقة فعالة لبناء نظام أمن الشهادات الجامعية وذلك باستخدام وتطبيق الطرق والاساليب العلمية الحديثة في علم التشفير وتطبيقاته.
- مواكبة التطور التقني بوساطة استخدام تقنيات رموز الاستجابة السريعة
- اعتمادية نظام الشهادات الالكترونية لتحسين إدارة نظام الشهادات التقليدية بشكل آمن
- إمكانية التأكد من صحة الشهادات بالإضافة إلى اتخاذ إجراءات دقيقة لمراقبة واكتشاف عملية التزوير في الشهادات الجامعية.
- تسجيل بيانات الشهادات الجامعية بصورة رقمية وحمايتها من وصول غير مخول به

■ زيادة ثقة مؤسسات العمل بشهادات الجامعة

3- مواد وطرق البحث:

أجريت هذه الدراسة بإتباع منهج علمي ووصفي تحليلي، تناول البحث العديد من المراجع والبحوث التي تضمنت مفاهيم تحليل وتصميم الانظمة المعلوماتية ومفاهيم أمن المعلومات والحماية والتشفير وتم استخدام عدة طرائق مرجعية منها الكتب والمراجع والاوراق العلمية وتحليل الوثائق والمقابلات الشخصية الملائمة للدراسة ومن الجانب التطبيقي تم استخدام لغات برمجية متطورة مثل الجافا وبيئات عمل متكاملة مثل بيئة Eclipse لتصميم وبرمجة وتنفيذ النظام الالكتروني.

a. علم التشفير:

يحظى هذا العلم اليوم بمكانة مرموقة بين العلوم ويعد علم التعمية أو علم التشفير أحد أهم الوسائل المستخدمة لتوفير بيئة آمنة لتبادل المعلومات وحمايتها وهو فرع من الرياضيات ولقد تنوعت تطبيقاته العملية لتشمل مجالات متعددة. التشفير هو ممارسة إخفاء البيانات أو هو عملية تغيير البيانات من شكلها الطبيعي المفهوم لأي شخص الى رموز وارقام يصعب فهمها على من لا يملك معرفة سرية محددة. استخدم الناس التشفير عبر التاريخ لتبادل رسائل ومعلومات لا يمكن قراءتها من قبل أي كان ما عدا الشخص المقصود لتلقي الرسالة وذلك لضمان الخصوصية وأن المعلومات يجب أن تصل إلى الشخص المقصود والمعني بالأمر. استعمل التشفير منذ القدم خاصة في المراسلات الحربية وكذلك في الدبلوماسية والتجسس. وقد ذكر أن أول من قام بعملية التشفير للتراسل بين قطاعات الجيش هم الفراعنة منذ عام 2000 قبل الميلاد، وكان القصد هو إخفاء الشكل الحقيقي للرسائل حتى لو سقطت في يد العدو. من أمثلة استخدام التشفير قديما هو استعمال يوليوس قيصر خوارزمية ROT13 لتشفير الرسائل المكتوبة باللاتينية التي يتبادلها مع قواده العسكريين، وهو أسلوب تشفير يُستبدل فيه كل حرف بالحرف الذي يليه بثلاثة عشر موقعا في ترتيب الأبجدية اللاتينية، مع افتراض أن آخر حرف في الأبجدية يسبق الأول في حلقة متصلة. ومن الأمثلة على استخدام التشفير في العصر الحديث استخدام الجيش الألماني في الحرب العالمية الثانية لآلة إنجما لتحقيق تفوق على العدو في مجال الاتصالات، وفي سبعينيات القرن العشرين قامت المؤسستين العسكريتين الأمريكية والبريطانية بأبحاث جرت بشكل منفصل في كل منهما لتفتح عصر جديدا في علم التشفير بإنتاج تقنيات التشفير القوية المعتمدة على الحوسبة، وارتبط التشفير بنظرية المعلومات ونظرية الأعداد ونظرية التعقيد وعلوم الجبر.

أما في عصرنا الحالي فقد باتت الحاجة ملحة لاستخدام هذه العلم " التشفير " وذلك لارتباط العالم مع بعضه عبر شبكات مفتوحة، حيث يتم استخدام هذه الشبكات في نقل المعلومات إلكترونياً سواءً بين الأشخاص العاديين أو بين المنظمات الخاصة والعامّة عسكريّة كانت أم مدنيّة، وعليه لا بد من طريقة تحفظ سرية هذه المعلومات ولا يزال العمل والبحث في مجال علم التشفير مستمراً وذلك بسبب التطور السريع للكمبيوتر والنمو الكبير للشبكات وبخاصة الشبكة العالمية الإنترنت.

تتم عملية التشفير باستخدام خوارزميات رياضية عديدة ومتنوعة، ولكن معظم هذه الخوارزميات بنيت على مبدئين رئيسين هما:

■ مبدأ الاستبدال: استبدال حرف من أبجدية النص المقروء بحرف أو أكثر من أبجدية النص المشفر حسب قاعدة استبدال محددة تعرف بمفتاح التشفير.

■ مبدأ الإبدال:

تغيير مواقع أو حروف النص المقروء حسب قاعدة استبدال محددة تعرف بمفتاح التشفير يعتبر نظام قيصر للتشفير الذي ذكرناه سابقا مبني على مبدأ الاستبدال ولكن نلاحظ أن هذا النظام يمكن كسره بسهولة بدون معرفة المفتاح وذلك عن طريق حساب تواتر الحروف في لغة النص الواضح، ثم حساب تواتر الحروف في النص المشفر، وبعد ذلك يمكن أن نخمن أكثر الحروف تواترا في النص الأصلي يقابله أكثرها تواترا في النص المشفر. كمثال

على مبدأ الإبدال نذكر نظام التشفير أحادي الأبجدية حيث يتم فيه تغيير مواقع الحروف في النص الأصلي ويتم هذا التغيير حسب قاعدة معينة يعبر عنها المفتاح [Christof Paar, 2010].

تطورت أساليب خوارزميات التشفير وأصبحت تعتمد على أسلوبين هما:

▪ التشفير المتناظر symmetric cryptography

هو أسلوب من أساليب التشفير ويعرف أيضا بتشفير المفتاح الخاص حيث يستخدم فيه مفتاح سري واحد لتشفير رسالة ما وفك تشفيرها، ويسمى بالتشفير بالمفتاح المتناظر لأن المفتاح الذي يستخدم لتشفير الرسالة هو نفسه المستخدم لفك تشفيرها وذلك باستخدام خوارزمية خاصة كما في الشكل. ويعتمد هذا النوع بالأخص على سرية المفتاح المستخدم، حيث أن الشخص الذي يملك المفتاح بإمكانه فك التشفير وقراءة المحتوى الأصلي للنص. لهذا توجب على مرسل الرسالة إيجاد طريقة آمنة لإيصال المفتاح إلى المتلقي. ومن عيوب هذه الطريقة أنه لا يمكن التأكد بان الرسالة المستقبلية فعلا تم ارسالها من قبل المرسل المفترض وليس من قبل شخص آخر تنكر بشخصية المرسل بهذا يمكن للمرسل أيضا أن ينكر إرساله للرسالة. ومن العيوب الأخرى لا يمكن استخدامها بين مجموعة كبيرة وإنما فقط بين طرفين لصعوبة توزيع مفتاح التشفير. ودائما يجب تجديد المفتاح بشكل دوري. من أشهر الخوارزميات هذا الأسلوب (DES-3DES-IDEA-AES)

▪ التشفير الغير المتناظر asymmetric cryptography

يعرف أيضا بتشفير المفتاح العام Public Key Encryption يعتمد هذا النوع على وجود مفتاحين أحدهما لتشفير الرسالة والآخر لفك التشفير يعرف الأول بالمفتاح العام (Public key) سمي بذلك لأنه يكون معروف للمستخدمين في البيئة المعنية ويستخدم لتشفير الرسائل أما الثاني فيعرف بالمفتاح الخاص (Private key) سمي بذلك لأنه معروف لمستخدم واحد فقط هو مالكة ويستخدم لفك الرسائل المشفرة بالمفتاح العام المقابل له. يعاب على هذه الطريقة كثرة المفاتيح المستخدمة في التشفير وفك التشفير. ولكن من فوائدها عند إضافة مستخدم جديد للنظام لا نحتاج الا الى توليد زوج من المفاتيح ويمكن حذف أي مستخدم ببساطة دون أن يؤثر على بقية النظام وأيضا لا نحتاج الى توليد مفتاح الا في حالة كشف المفتاح الخاص لاحد المستخدمين. وعلى عكس طريقة التشفير المتناظر يمكن التأكد بان الرسالة المستقبلية فعلا تم ارسالها من قبل المرسل المفترض وليس من قبل شخص آخر تنكر بشخصية المرسل بهذا يمكن للمرسل ألا يمكن أن ينكر إرساله للرسالة. وأخيرا عملية توزيع المفاتيح سهلة من أشهر الخوارزميات هذا الأسلوب (EIGamal-RSA- DSS)

b. دوال الاختزال Hash Functions

إحدى أولويات طرق التشفير الحديث هو استخدام دالة الاختزال التشفيرية التي تسمى عادة الدالة الهاشية ذات الاتجاه الواحد (One-way Hash Function) [M. Singh and D. Garg, 2009] عند استخدام دالة الاختزال في التشفير

يكون لها الخواص التالية

- الدخل يمكن أن يكون بأي طول
- الخرج يكون طوله ثابت
- $H(x)$ تكون سهله الحساب نسبيا لأي قيمة x .
- دالة الاختزال هي دالة ذات اتجاه واحد
- تكون خالية من التصادم (collision free)

القيمة الدالة تمثل اختصاراً للعبارات الطويلة او الوثائق [John Edward S., 2013] التي قد تم حسابها منها لذا أحيانا يطلق عليها مختصر العبارة (message digest)

1. طرق تصميم تابع الاختزال

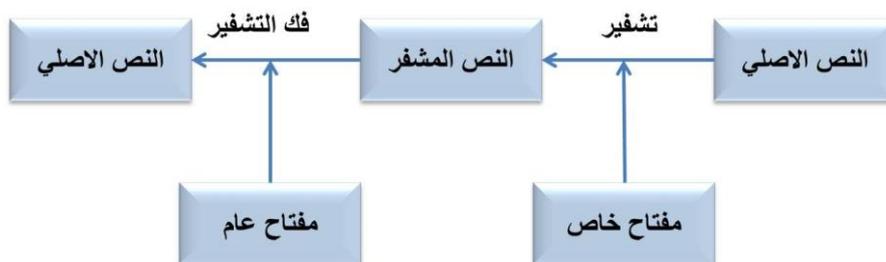
لتصميم تابع الاختزال مقاوم للتصادم يوجد طريقتين لتحقيق ذلك :

- الطريقة الأولى: تصميم تابع اختزال من الصفر مثل التابعين (MD) Message Digest و Secure Hash Algorithm (SHA)
- التابع (MD): Message Digest جرى تصميم هذا التابع من قبل Ron Rivest ويرمز له وفقا لأحد المسميات التالية: MD2 MD4 MD5: تتميز النسخة الأخيرة MD5 في كونها أقوى من سابقتها، فهي تقوم بتقسيم الرسالة إلى كتل بحجم مساوي ل 512 بت وتتشئ بصمة بحجم 128 بت. يعتبر حجم البصمة هذا صغير جدا ليقاوم التصادم
- التابع (SHA) Secure Hash Algorithm : وهو تابع معياري مصمم من قبل المعهد NIST يعتمد هذا المعيار على MD5 جرى تطويره عام 1995 تحت المسمى SHA-1 تمت مراجعته عدة مرات وأنتج ذلك النسخ التالية: SHA – 224; SHA – 256; SHA – 512 : 384: تتمتع كافة هذه النسخ بنفس البنية .
- الطريقة الثانية: استخدام طرائق تشفير كتلية يمكن استخدام مشفر كتلي بمفتاح متناظر كتاب ضغط تم التفكير بذلك لأنه يتوفر لدينا العديد من خوارزميات التشفير الكتلي بمفتاح متناظر مثل (AES , DES) ولا داع للتفكير في بناء تابع ضغط جديد.

c. التوقيع الرقمي

التوقيع عموماً هو علامة شخصية يمكن من خلالها تمييز هوية الموقع وتتكون هذه العلامة من أحد الخواص الاسمية للموقع وهي اسمه ولقبه فالاسم هو روح التوقيع، ووظيفته الأساسية هي التعبير عن رضا الموقع بما صدر منه ويجب ان يصدر من شخص كامل الاهلية. ويجب ان يكون التوقيع بخط يد الموقع، ولكن لاعتبارات معينه أجازت التشريعات التوقيع بالختم والبصمة اما التوقيع الرقمي فهو عبارة عن عملية تشفير مكون من بعض الحروف والرموز والأرقام الإلكترونية [POINTCHEVAL, D, 2000] ، تصدر عن إحدى الجهات المتخصصة والمعترف بها حكومياً ودولياً. تعمل على توثيق الملفات بشتى أنواعها والتي تتم عبر الإنترنت. فيتم من خلالها ربط هوية الموقع بالوثيقة، وبحيث يمكن لمستلم الوثيقة التحقق من صحة التوقيع، وأيضاً من السهل لكل شخص الحصول على هذا التوقيع من الجهات المختصة لإصدار الشهادات. ويستخدم هذا التوقيع لعدة أغراض منها أغراض شخصية او سياسية أو تجاربه، وغيرها من المجالات الأخرى، ويجب أن يحقق وظائف التوقيع حيث يحدد هوية الموقع والتعبير عن إرادته بالموافقة على مضمون رسالة البيانات.

الفرق بين التوقيع العادي والتوقيع الرقمي هو أن التوقيع العادي عبارة عن رسم يقوم به الشخص بمعنى انه فن وليس علم ومن هنا يسهل تزويره، أما التوقيع الرقمي فهو علم وليس فن ويصعب تزويره. نستخدم العديد من خوارزميات التوقيع الرقمي التي تعتبر وسيلة للتحقق من مصدر الرسالة المنقولة عبر وسائط إلكترونية كالبريد الإلكتروني فهو عبارة عن ختم رقمي مشفر يملك مفتاحه صاحب الختم [SCHNORR, C., 1995] ويعني تطابق المفتاح مع التوقيع الرقمي على الرسالة الإلكترونية أن مرسل الرسالة هو من أرسلها فعلاً وليس من قبل شخص آخر ويضمن التوقيع الرقمي عدم تعرض الرسالة لأي نوع من أنواع التزوير أو التعديل بمحتواها وفي التوقيع الرقمي يتم توقيع النص الأصلي بالمفتاح الخاص [ANSI X9, 1997] ويتحقق الطرف الآخر من هوية صاحب النص بمفتاحه العام كما في الشكل التالي:



الشكل رقم (1): آلية عمل التوقيع الرقمي

1. قانونية التوقيع الرقمي:

كانت بداية الاعتراف بالتوقيع الرقمي في عام 1989 في مجال البطاقات الائتمانية في محكمة النقض الفرنسية وأكدت المحكمة أن هذه الوسيلة تفوق الضمانات الموجودة في التوقيع اليدوي. وبعد ذلك في عام 1999 صدرت إرشادات وشروط التوقيع الرقمي من قبل الاتحاد الأوروبي وأهم هذه الشروط هي:

- ارتباط التوقيع الرقمي بالموقع فقط
- قدرة التوقيع الرقمي على تحديد شخصية الموقع
- أن ينشئ التوقيع الرقمي بوسائل تتم تحت سيطرة ورقابة الموقع
- يحتوي التوقيع الرقمي على معلومات يوثقها الموقع ولا يمكن للغير التعديل عليها أو التلاعب بها
- ولتحقيق وضمان هذه الشروط كان لابد من وضع خصائص محددة يحققها التوقيع الرقمي والتي تتلخص بالآتي:
 - **الخصوصية:** بحيث يمنع أي مستخدم غير مخوّل من تعديل أي إجراء على البيانات.
 - **التحقق:** يعني التحقق من هوية المرسل ومصادر البيانات عن طريق جهة الشهادات التصديق الإلكترونية المرخص لها دولياً.
 - **وحدة البيانات:** التأكد من تكاملية البيانات باستخدام تقنية تشفير البيانات ومقارنة بصمة الرسالة المرسله مع بصمة الرسالة المستقبلية.
 - **عدم الإنكار:** عدم قدرة المرسل من الإنكار لوجود الطرف الثالث "جهة تصديق معينه" وعدم قدرة المستقبل أيضاً بالإنكار من استقبال الرسالة. كلما أراد المرسل أن يرسل رسالة لابد أن تمر على هذه الجهة المختصة، وكذلك كلما استقبل المستقبل الرسالة.

d. الترميز الشريطي (Barcode)

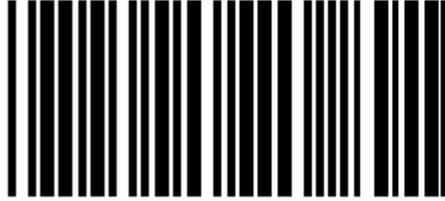
إن المعرف المؤتمت ومجمع البيانات (AIDC)، والمعروف أيضاً باسم معرف تلقائي أو إدخال البيانات بدون مفتاح ، هو المصطلح العام لعدد من التقنيات التي تساعد في القضاء على الأخطاء البشرية وتقليل الوقت والعمل عن طريق استبدال الأساليب اليدوية لإدخال البيانات وجمعها. يعد الترميز الشريطي (Barcode) واحداً من العديد من تقنيات AIDC التي تتضمن أيضاً الشرائط المغناطيسية والبطاقات الذكية ومعرف ترددات الراديو (RFID) والشبكات المحلية اللاسلكية (WLAN). يعد الترميز الشريطي مدخل بيانات سريع وسهل ودقيق فبمجرد جمع البيانات المرمزة عن طريق ماسحة الرمز الشريطي ، يمكن تتبع النشاط بكفاءة ودقة وبسرعة تفوق استخدام أنظمة إدخال البيانات والقراءة اليدوية.

ظهرت الرموز الشريطية ، مثل رمز شفرة المنتج العالمي المعروف (UPC) المستخدم على السلع المعبأة ، لأول مرة في المتاجر في أوائل السبعينيات. وبفضل التقنيات الجديدة مثل الطباعة المحمولة واللاسلكية، تطور الترميز الشريطي إلى أداة لتحسين الإنتاجية على نطاق واسع من قبل قطاع الأعمال والصناعة لجمع ومعالجة المعلومات. فعلى سبيل المثال ، تقدم شركة Zebra Technologies ترميزاً بارزاً لمجموعة متنوعة من الشركات في التصنيع والتوزيع والتنفيذ ، والضيافة ، والتعليم ، والسفر ، وتجارة التجزئة ، والأمن ، والرعاية الصحية.

تظهر أهمية استخدام الرموز الشريطية في سرعتها ودقتها مقارنة بالطرق التقليدية حيث تشير الدراسات إلى أن معدلات دخول وقراءة الخطأ عند استخدام تقنية الرمز الشريطي هي خطأ واحد تقريباً لكل مليون حرف ، مقابل خطأ واحد لكل 300 حرف باستخدام إدخال مفتاح يدوي. بالإضافة إلى أن الرموز الشريطية تسمح للشركات بتتبع المعلومات والنشاط عند حدوثه ، مما يؤدي إلى اتخاذ قرارات مستندة على معلومات محددة وحديثة ودقيقة.

الرموز الشريطية ترمز البيانات (مثل رقم المنتج أو الرقم التسلسلي أو رقم المورّد أو الكمية أو رقم المناقلة الخ...) على شكل خطوط سوداء وبيضاء أو "أشرطة". وقد تم تطوير عدد من المعايير لهذه الرموز على مر السنين لتصبح لغات مقبولة تسمى

"symbolologies". وهذه الرموز يمكن أن تكون رموز شريطية خطية أو ثنائية الأبعاد. يتكون الترميز الشريطي الخطي من صف واحد من الخطوط المظلمة والمساحات البيضاء ذات العرض والارتفاع المتفاوتين، كما هو موضح في المثال أدناه.



Linear bar code

أما الترميز الشريطي ثنائي الأبعاد عبارة عن مكس معلومات يسمح بتخزين المزيد من المعلومات. ويتم تكوينه إما كرموز شريطية خطية مكعبة أو على شكل مصفوفة تستخدم خلايا سوداء أو بيضاء بشكل منتظم لترميز البيانات. فيمكن لترميز مصفوفي بقياس بوصة واحدة أن يخزن دستور الولايات المتحدة كاملا



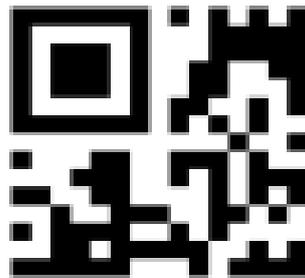
2-D symbology

1. رموز الاستجابة السريعة QR Code

هي نوع من أنواع الترميز المصفوفي له بعدين صمم في عام 1994 كتحسين للترميز مقارنة بسابقه في البداية صمم لصناعة السيارات في اليابان ولاحقا أصبح شائع خارج عالم السيارات بسبب سهولة قراءته وقدرته التخزينية الكبيرة مقارنة بالرموز القياسية. أصغر رموز QR لها الحجم $21*21$ والتي تدعى النسخة الأولى وأكبر نسخة تمتلك الحجم $177*177$ وتدعى النسخة أربعون وترميز QR تتضمن بعض معلومات تصحيح الأخطاء وهذه المعلومات الإضافية تساعد قارئ الرموز في دقة القراءة وتمكننا من قراءة الترميز حتى إذا كان جزء منها غير قابل للقراءة. هناك أربع مستويات من تصحيح الأخطاء L,M,Q,H أخفضها مستوى هو L الذي يسمح بقراءة الكود بنسبة تصحيح أخطاء 7% المستوى الثاني M الذي يزود بنسبة تصحيح أخطاء 50% والمستوى الثالث Q المزود بنسبة تصحيح أخطاء 25% والمستوى الرابع H المزود بنسبة تصحيح أخطاء 30%.

a. أنواع رمز الاستجابة السريع QR

- **Micro QR code**: وهو أصغر نسخة من رموز QR حجمه محدود ويوجد أربع أحجام منه أصغرهم $11*11$ وأكبرهم يحتوي على 35 رقم محرفي



الشكل رقم (2): micro qr code

- **IQR code**: نوع آخر من رموز QR طور بواسطة Denso wave ويمكن أن يكون بشكل مربع أو مستطيل حيث أنه يمكن أن يلائم نفس كمية المعلومات لكن بحجم أقل 30% هناك 61 نسخة من رموز QR على شكل مربع و15 نسخة من الترميز على شكل مستطيل بالنسبة للشكل المربع أصغره يكون بحجم 9*9 والمستطيل أصغره بحجم 9*15 ويحتوي على المستوى S من مصحح الأخطاء الذي يملك تصحيح أخطاء بنسبة 50%



الشكل رقم (2) : IQR

- **SQRC**: هو نوع من أنواع رموز QR الذي يستخدم لتخزين المعلومات الخاصة وإدارة المعلومات الداخلية للشركة [K. M. Revathi, 2013]



الشكل رقم (3) : SQRC

4- الطريقة المقترحة:

تم الاستفادة من تقنية التوقيع الرقمي من حيث الحماية والتشفير وطبقنا هذه التقنيات على التوقيع التقليدي لينتج معنا توقيع يتمتع بموثوقية وأمان عاليين وبنفس الوقت اكتساب ثقة المتعاملين بالمعاملات التقليدية التي تعتمد على التوقيع اليدوي وأيضا تم الاستفادة من تقنيات الرموز الضوئية لتصغير حجم وطول التوقيع المقترح.

a. إجراء التوقيع والتحقق منه

تتم خطوات توليد التوقيع المقترح وفق الخطوات الآتية:

- **الخطوة الأولى:** البيانات المدخلة هي بيانات الوثيقة (اسم المتعامل، عنوانه، مواليد، ...)
- **الخطوة الثانية:** يتم تشفير هذه البيانات بواسطة خوارزميات التشفير الغير متناظر باستخدام المفتاح الخاص حيث سيتم استخدام أحد أشهر هذا النوع من الخوارزميات وهي DSA
- **الخطوة الثالثة:** استخدام تقنية التقطيع (خوارزميات الاختزال) التي سينتج عنها شيفرة التوقيع الرقمي

▪ **الخطوة الرابعة:** نقوم بتحويل شيفرة التوقيع الى رمز QR وذلك للتقليل من حجمه وجعله بحجم ثابت قابل للطباعة على الوثيقة الورقية وقابل للقراءة بواسطة أداة قارئ الرموز أو الكاميرات الرقمية مما يتيح سهولة استخدامه وقراءته والتأكد منه لاحقاً

1. خوارزمية التوقيع الرقمي المستخدمة

خوارزمية التوقيع الرقمي صممها طاهر الجمل للمعهد الوطني للمقاييس والتكنولوجيا (NIST) في الولايات المتحدة الأمريكية وقد صدرت كمقياس للتوقيع الرقمي (DSS) وذلك عام 1994 DSA [FIPS, 2000]. تعرف كتقنية لتوليد والتحقق من التوقيع الإلكتروني وهذه التقنية طرحت لتزويدنا بتكاملية البيانات وعدم الإنكار بمحتويات ومنشأ الرسالة الالكترونية. وكان الإصدار الأول بمفتاح (512 بت) ونظرا لأهمية طول المفتاح في زيادة الأمان فقد أصدر منها إصدار ثاني بمفتاح (1024 بت)، ونلاحظ بان أحد عيوب هذا التوقيع إن أطول مفتاح له هو (1024 بت) وإذا كان المفتاح بهذا الطول فإنه يجعل البعض قد يشك في إمكانية كسره. إنها نوع فعال من خوارزمية الجمل حيث أن خوارزمية الجمل كان لها عدة مساوئ والتي قامت خوارزمية DSA بحلها. الخطوات التي تم اتباعها لخوارزمية DSA

▪ الخطوة الأولى: توليد المفاتيح

▪ الخطوة الثانية: توليد التوقيع

▪ الخطوة الثالثة: التحقق من صحة التوقيع.

تستخدم هذه الخوارزمية العديد من التقنيات حيث تستخدم مفتاح عام ومفتاح خاص وتستخدم الأعداد الأولية وتستخدم أعداد عشوائية وسيتم شرح كل منها بالتفصيل

a. توليد المفتاح

المفتاح العام للتوقيع (p; q; g; A) ولتوليد هذا المفتاح نقوم بالخطوات الآتية:

▪ العدد الأولي q يتم اختياره ضمن المجال $2^{159} < q < 2^{160}$ وحيث أن طول بتات q عند التخزين هو 160

▪ العدد الأولي p يتم اختياره ضمن المجال $2^{512+64j} < p < 2^{511+64j}$ حيث إن: $j \in \{0,1,2, \dots, 8\}$

العدد الأولي q يقسم على p-1 وطول بتات p يكون بين 512 و 1024 ومن مضاعفات 64

▪ يتم حساب g من القانون: $g = x^{(p-1)/q} \bmod p$ حيث $x \in \{1,2, \dots, p-1\}$

▪ يتم حساب A من القانون $A = g^a \bmod p$ وهو رقم عشوائي $A \in \{1,2, \dots, P-1\}$

b. توليد التوقيع

التوقيع عبارة عن الثنائية (r,s) على المستند x حيث الموقع سيوقع على المستند x ويستخدم تابع النقطيع SHA-1:

$SHA-1: \{0,1\}^* \rightarrow \{0,1\}^{160}$ و k عشوائي من $k \in \{1,2, \dots, q-1\}$ ومنه يتم حساب r حسب القانون $r =$

$g^k \bmod p \bmod q$ وأيضا يحسب $s = k^{-1} (SHA-1(x) + ar) \bmod q$ حيث k-1 هي عكس k mod q

c. التحقق من التوقيع:

عند قيام الشخص بالتحقق من التوقيع فعليا هو سيتحقق من أن (r,s) هو للمستند x وسيتم التحقق بواسطة المفتاح العام

(p; q; g; A) حيث سيتحقق من الشرط $1 \leq s \leq q-1$ وأيضا الشرط $1 \leq r \leq q-1$ وإذا لم يتحقق هذا الشرط

فالتوقيع غير صحيح أما في حال تحقق يتابع بالتالي:

$$r = ((g^{(s^{-1}h(x)) \bmod q} A^{(rs^{-1}) \bmod q}) \bmod p) \bmod q.$$

وإذا تحقق فالتوقيع صحيح

d. اختيار العدد الأولي q:

يتم اختيار العدد الأولي q كالتالي:

(1) نختار رقم بدائي Seed

$$\text{Seed} \in \{0, 1\}^*, g = |\text{Seed}| \geq 160.$$

(2) نحسب $U = \text{SHA-1}(\text{Seed} \oplus \text{SHA-1}(\text{Seed} + 1) \bmod 2^g$

(3) q يؤخذ من المجموعة التي تحقق أقل ومعظم البتات الموجودة من u إلى 1 وبالتالي $2^{159} < q < 2^{160}$ سنحصل

على مجموعة من الأرقام وسنأخذ الرقم المحقق لأقل ومعظم البتات الموجودة بين u إلى 1

(4) ثم نستخدم العدد الاحتمالي الأولي بحيث احتمال الخطأ فيه على الأكثر 2^{-80} أي صغير جدا ويحسب حسب قانون

Miller

(5) إذا كان q ليس أولي نعود للخطوة الأولى وغير ذلك ينتج معنا q

e. اختيار العدد الأولي p :

يتم اختيار العدد الأولي p كالتالي:

(1) نختار عدد $j \in \{0, 1, \dots, 8\}$ و $2^{b-1} < q < 2^b$ و

$$L = 512 + 64j$$

(2) نقسم $L-1$ مع الباقي على 160 $0 < b < 160$ و

$$L - 1 = 160n + b$$

(3) نضع عداد $0 =$ والإزاحة $\text{Offset} = 2$

(4) من أجل $k = 0, 1, \dots, n$ $V_k = \text{SHA-1}((\text{Seed} + \text{offset} + k) \bmod 2^g)$

(5) نضع $W = V_0 + V_1 * 2^{160} + \dots + V_{n-1} * 2^{160(n-1)} + (V_n \bmod 2^b) * 2^{160n}$

و $2^{L-1} < X < 2^L$ و $0 < W < 2^{L-1}$ عندئذ $X = W + 2^{L-1}$

(6) نضع $C = X \bmod 2q$ و $C = X - (c - 1)$ ثم $C \equiv 1 \bmod 2q$ ونقسم $2q$ على $p-1$

(7) إذا $p < 2^{L-1}$

(8) نحسب الاحتمال الأولي للخطأ الذي سيختبر P أولي أم لا حسب قانون Miller

(9) عند نجاح الاختبار يتم زيادة العداد بمقدار 1 والإزاحة $n+1$

(10) إذا كان العداد $4096 = 2^{12} > \text{counter}$ فولد رقم أولي جديد q وأعد الخطوات لتوليد P ثانية.

(11) تخزن قيمة العدد البدائي وقيمة العداد من أجل التأكد من التوليد المسبق لكل من p, q

f. توليد الأرقام العشوائية a, k :

DSA تختار المفاتيح السرية بحيث تنتمي للمجال $\{1, 2, \dots, q-1\}$ ولكل توقيع عدد اسي k ويتم اختيارهم وتوليدهم

كالتالي: $G: \{0, 1\}^{160} * \{0, 1\}^* \rightarrow \{0, 1\}^{160}$ حيث: $160 < b < 512$ وهذا التابع يتم انشاءه

بواسطة تابع التقطيع SHA-1 أو خوارزمية DES ففي الحالة الأولى يتم اختيار P حيث $P \in \{160, \dots, 512\}$

أما في الحالة الثانية يتم اختيار P من مجموعة تصل 160 نختار مفتاح سري a, j حيث $0 \leq j \leq m-1$

كالتالي:

(1) نختار مفتاح $XKEY \in \{0, 1\}^b$

(2) ليكن لدينا عدد T عبارة عن رقم هيكسا (سداسي عشر) $67452301 \text{ EFC DAB89 } 98\text{BADCFE } 10325476$

C3D2EIFO .

(3) حلقة لتكرار الخطوات السابقة $j = (0,1, \dots, m - 1)$

(4) نضع $XVAL = (XKEY + XSEEDj) \bmod 2^b$

(5) نضع $aj = G(t, XVAL) \bmod q$

(6) نضع $XKEY = (1 + XKEY + aj) \bmod 2^b$

ولتوليد العدد: K لكل m سنولد $(k, k - 1, r)$ كالتالي:

▪ يتم اختيار مفتاح سري KKEY ينتمي للمجال $b \in \{0,1\}$

▪ نختار عدد سداسي عشر T

▪ حلقة تكرار $j = (0,1, \dots, m - 1)$ تقوم بالخطوات التالية:

(1) نضع $k = G(t, KKEY) \bmod q$

(2) نضع $kj^{-1} = k^{-1} \bmod q$

(3) نضع $rj = (g^k \bmod p) \bmod q$

(4) نضع $KKEY = (1 + KKEY + K) \bmod 2^b$

وتحسب لكل مقطع ولكل رسالة حيث لكل رسالة m نحسب قيمة تابع التقطيع SHA-1 والذي فيه سنحسب لكل T قيمة

r,k

5- التطبيق العملي

تم استخدام حاسب محمول يعمل ضمن بيئة ويندوز 7 وذاكرة رئيسية 4 جيجا بايت والحاسب مزود بكاميرا رقمية تستخدم لقراءة الترميز QR وموصول بطابعة لطباعة الوثيقة . وتم استخدام لغة برمجة جافا لبرمجة التطبيق و لقد قمنا باستخدام منصة العمل Eclipse واخترنا النسخة Neon منه لاحتوائها على الكثير من الميزات والأدوات التي تساعدنا في تسهيل برمجة التطبيق . يتألف الكود البرمجي للتطبيق من ثلاث حزم برمجية (package) أساسية هي كالاتي:

▪ الحزمة الأولى تسمى QR package وتحتوي على ثلاث صفوف أساسية وهي مولد رمز QR وقارئ رمز QR بالإضافة الى صف لقراءة QR عبر كاميرة الويب

▪ الحزمة الثانية حزمة DSA تتضمن ثلاث صفوف رئيسية الأولى مسؤولة عن توليد المفاتيح العامة والخاصة والصف الثاني يولد التوقيع وضمنه يتم تشفير البيانات المدخلة بواسطة خوارزمية DSA والصف الثالث مسؤول عن التحقق من التوقيع متضمنا خوارزمية فك التشفير

▪ الحزمة الثالثة حزمة الواجهات وهي تتضمن واجهة توليد المفاتيح وصف ثاني لواجهة توليد التوقيع والصف الثالث للتحقق من صحة التوقيع بالإضافة الى صف رابع مسؤول عن طباعة الوثيقة وتم استخدام العديد من المكتبات وذلك لتسهيل العمل والاستفادة من قوة ومثانة التطبيق وقد تم استخدام مكتبات أهمها مكتبة AWT ومكتبة SWING ومكتبات Java security ومكتبات zxing ومكتبات web cam ومكتبة sarxos وتم تطوير التطبيق بحيث يتلاءم مع العديد من الاختيارات فعلى سبيل المثال يمكن استخدام التطبيق بواسطة أوامر console لكتابة وتنفيذ الأوامر يدويا أو بواسطة واجهات سهلة الاستخدام لاستدعاء المفاتيح العامة والخاصة وصورة QR code بالإضافة إلى إمكانية

الشكل رقم (5) : توليد المفاتيح الخاصة والعامة

الشكل رقم (6) : واجهة اصدار الشهادة مع التوقيع الالكتروني



الشكل رقم (7) : واجهة طباعة الشهادة متضمنة التوقيع بصيغة QR

الجمهورية العربية السورية
جامعة حماة

وثيقة تخرج

الرقم التسلسلي

استنادا الى قرار مجلس جامعة حماة رقم

منح السيد/ة

المولودة في

المتنوع بالجنسية

من مرتبة

وذلك نتيجة امتحانات العام الدراسي

الفصل الدراسي

نظمها

دققها

عميد الكلية

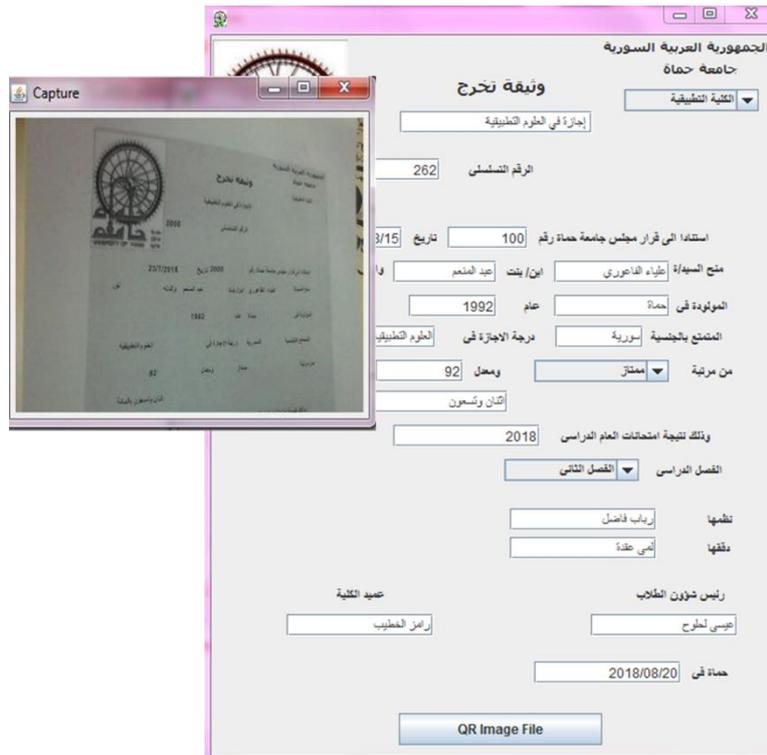
رئيس شؤون الطلاب

حماة في

QR Image File

Verifier

الشكل رقم (4): واجهة التحقق من الشهادة



الشكل رقم (9) : واجهة قراءة QR عبر كاميرا الويب



الشكل رقم (10) : واجهة رسالة التحقق من صحة الشهادة



الشكل رقم (5) : واجهة الرسالة للشهادة المزورة

6- الخاتمة:

قدم هذا البحث دراسة شاملة لإمكانية استخدام التوقيع الرقمي على المستندات الورقية وذلك من أجل الحد من التزوير وتعديل المستندات والوثائق الرسمية وتم بناء نظام شهادات إلكترونية لهذا الغرض معتمد على تقنيات التشفير والتوقيع الرقمي للحصول على موثوقية عالية حيث تم استبدال التوقيع التقليدي بتوقيع رقمي مطبوع على الشهادة ولكن بما أن التوقيع الرقمي يحتوي على بيانات مشفرة عن الموقع وخصوصيته بالآتي يمكن أن يكون حجمه كبير نسبياً وبالتالي عند استخدام عدة توقيعات على الوثيقة قد يصبح غير ملائم للاستخدام الورقي لذلك تم الاستفادة من تقنية الترميز الشريطي (Barcode) وبالتحديد تقنية رموز الاستجابة السريعة QR التي تمكننا من تخزين كثير من المعلومات بحيز صغير جداً. الطريقة المقترحة تسهل عملية التحقق من أصالة الشهادات والوثائق بطريقة مبتكرة ورخيصة وفعالة من حيث التكلفة وسريعة جداً وبالآتي تساعد المؤسسات الحكومية والخاصة على إصدار شهادة ووثائق بدرجة عالية من الأمان وضمان عدم التلاعب أو التزوير وبدون أي تكاليف أو أعباء إضافية فيكفي لتحقيق ذلك نشر المفتاح العام للمؤسسات المعنية وكميرا رقمية لقراءة رموز الاستجابة السريعة.

1-المراجع العلمية:

1. K.M. Revathi, P. Annapandi, P.K.Ramya “Enhancing Security in Identity Documents Using QR Code” in International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology, Volume 1, Issue 5, Oct–Nov, 2013.
2. R.L. Renesse, “Paper–based document security–A Review,” in European Conf. on Security and Detection, 1997.
3. M. Singh and D. Garg, “Choosing best hashing strategies and hash functions,” in International Advance Computing Conference, 2009, pp. 50 – 55.
4. QR Code Tutorial, <http://www.thonky.com/qr-codetutorial>
5. Digital <http://technet.microsoft.com/enus/library/cc962021.aspx>
6. Digital Signature, http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_signature
7. QR Codes, <http://www.qrcode.es>
8. QR Stuff, <http://www.qrstuff.com>
9. FIPS 186–2, Digital Signature Standard (DSS). Federal Information Processing Standards Publication 186–2, U.S. Department of Commerce/N.I.S.T., National Technical Information Service, Springfield, Virginia, 2000.
10. POINTCHEVAL, D. , AND STERN, J. Security arguments for digital signatures and blind signatures. J. Cryptology 13 (2000), 361—396.
11. SCHNORR, C. Efficient signature generation by smart cards. In Advances in Cryptology –CRYPTO 89 (1991), Lecture Notes in Computer Science, Springer – Verlag, pp. 161—174
12. STANDARD, S. H. National Institute of Standards and Technology (NIST), FIPS Publication 180–1, April 1995.
13. ANSI X9.30:1–1997, Public Key Cryptography for the Financial Services Industry: Part1: The Digital Signature Algorithm (DSA). Available from the ANSI X9 Catalog, 1997.
14. Christof Paar & Jan Pelzl: Understanding Cryptography _ Heidelberg, Dordrecht, London, New York 2010.
15. John Edward S.:An Overview of Cryptographic Hash Functions and Their Uses_SANS Institute,p.1_4, 2003
16. leslie I.: Constructing Digital Signatures From A One Way Function,Microsoft.P., 1979

دراسة ميدانية تحليلية لإعداد خريطة أنقاض لمدينة حلب تمهيدا لمرحلة إعادة الإعمار
*فاطمة الصالح
**عبد الحكيم بنود

(الإيداع: 27 تشرين الثاني 2018، القبول: 20 كانون الثاني 2019)

الملخص:

تمثل تداعيات قضية الأنقاض في مدينة حلب، مع ما يحيط بهذه القضية من ضبابية في الرؤية بشأن الكمية التقديرية للأنقاض هاجساً لدى جهات صنع القرار، لذلك كان لا بد من وضع السلطات المحلية والمركزية في صورة المشكلة التي تعانيها المدينة عن طريق إنجاز دراسة حقلية لتحديد نسب أولية للأضرار ومعرفة المكونات المختلفة لأنقاض الأبنية وكمياتها في مدينة حلب بغية تحديد إمكانية نشوء صناعة حقيقية لتدوير الأنقاض ومخلفات الهدم. لقد تم تحديد عدة مسارات داخل المدينة بالإضافة إلى عدد كبير من النقاط التي أخذ منها عينات لتحديد نسب المواد المختلفة المكونة لهذه الأنقاض من: بيتون وبلوك وحجر يمكن بعد عمليات التكسير والطحن أن تصبح مواداً حصوية قابلة للتدوير، ومواد معدنية مختلفة يشكل الحديد القسم الأكبر منها، ومواد أو نفايات صلبة مختلفة نسيجية، بلاستيكية، زجاجية، وغيرها. ومن بعد تجميع المعطيات النظرية والعملية وإجراء المقارنات والقيام ببعض التصحيحات والمعايرة تم رسم خارطة أنقاض يمكن الاستفادة منها في مرحلة إعادة الإعمار.

الكلمات المفتاحية: أنقاض المباني، خارطة أنقاض، مدينة حلب، الحصويات معادة التدوير.

*قسم هندسة المواصلات، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب

** قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب

An Analytical Field Study to Prepare a Rubble Map of the City of Aleppo as a Prelude to the Reconstruction Stage

*Fatima Alsaleh

**Abd Alhakim Bannoud

(Received: 27 November 2018, Accepted: 20 December 2019)

Abstract:

The rubble in the city of Aleppo is very important case and the estimated amount of rubble is of interest to decision-makers. Therefore, a field study was conducted to determine initial rates of damage and definition the components and quantities of building rubble in the city of Aleppo in order to determine the possibility of a real industry for the recycling of rubble and debris. Samples were taken from a large number of places in order to determine the proportions of the different materials forming the rubble like concrete, block and stone. These materials can become after cracking and grinding recyclable material, metal materials make up the bulk of iron and different solid waste (textile, plastic, glass, etc.). After collecting the theoretical and practical data, making comparisons and making some corrections and calibrations, a map of rubble that could be used in the reconstruction phase was charted.

Keywords: Rubble of buildings, map of rubbles, city of Aleppo, recycled rubble

*Dept. of Transport Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo

**Dept. of Environment Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo

1- مقدمة

تشكل كمية النفايات الناتجة عن أعمال الإنشاء والهدم في معظم دول العالم نسبة مهمة من إجمالي النفايات التي يتم ترحيلها إلى المطامر والمكببات في الأوضاع العادية بينما تزيد هذه الكميات بشكل ملحوظ في حالات الكوارث الطبيعية والحروب. وقد مرت الجمهورية العربية السورية منذ ما يزيد على سبع سنوات بأزمة كبيرة نتج عنها عدد كبير من المباني المتهمة أو المهتمة بشكل جزئي والتي سينتج عنها كميات هائلة من الأنقاض التي تشكل عملية التخلص منها عبئاً اقتصادياً وبيئياً وخدمياً كبيراً إضافة لكونها تشكل عائقاً كبيراً أمام عملية البدء بإعادة الإعمار. لذلك لابد من الاستفادة من هذه الأنقاض قدر الامكان من خلال عمليات التدوير.

2- الهدف من البحث

الهدف المحدد لهذا البحث هو تقدير نسبة الأضرار في مباني مدينة حلب ، وتقدير كمية الأنقاض ومخلفات الهدم الناتجة عن الحرب الظالمة التي وقع جزء مهم منها في مدينة حلب ، وبيان مكونات هذه الأنقاض وصولاً لإعداد خارطة أنقاض لمدينة حلب تكون دليلاً لمرحلة إعادة الإعمار.

مكونات مخلفات البناء والهدم وكمياتها

تعد مخلفات البناء والهدم من أهم القضايا التي أولتها دول العام اهتماماً خاصاً لما لها من تداعيات اقتصادية وبيئية. وإن تفاوتت شدة هذه التداعيات بمقدار الجهد المبذول والموارد المسخرة للتعاطي مع هذه القضية. وتختلف كمية ونوعية المواد المكونة للمخلفات الناتجة عن أعمال الهدم والإنشاء حسب نوع المشروع، وأنواع مواد البناء المستخدمة، وسياسة إدارة الأنقاض، ونظام البناء المستخدم، كما وتختلف من منطقة لأخرى ومن بلد لآخر تبعاً لظروف استثنائية كحدوث كوارث طبيعية أو حروب.

وللتعريف بحجم مشكلة مخلفات البناء والهدم أوضحت إحدى الدراسات التي أجريت في المملكة المتحدة بأن معدل مخلفات البناء والهدم وصل لدرجة لا يمكن احتمالها مقارنة بما ينتج من مخلفات عن أنشطة وفعاليات بشرية أخرى [1]. وأشارت إحدى الدراسات التي أنجزت في عام 1994 إلى أن حجم ماينتج عن صناعة البناء والتشييد من مخلفات سنوياً في أوروبا الغربية يبلغ ضعفي حجم المخلفات الصلبة الأخرى التي تنتج سنوياً [2]. وفي فرنسا بلغت كمية المخلفات في عام 2008 الناتجة عن المباني إضافة للأشغال العامة من طرق وجسور 254.5 مليون طن [3]. و ذكرت وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA-USA بأن مخلفات أعمال الإنشاء والأنقاض الناتجة عن المباني تقدر بـ 1.27 كغ/شخص×يوم، وتشكل نسبة 25% إلى 40% من إجمالي النفايات المتولدة في الولايات المتحدة الأمريكية [4]. وفي الدول العربية نلاحظ نقصاً واضحاً في تقدير حجم مخلفات البناء والهدم، سواء تلك الناتجة في مواقع المشاريع الإنشائية أو التي يتم التخلص منها في المطامر الرسمية أو المكبات العشوائية، فقد أشارت إحدى الدراسات إلى عدم وجود إحصاءات دقيقة توضح حجم مخلفات البناء والهدم في مصر [5]. كما أوضحت دراسة أخرى بأن الجهات الرسمية في المملكة المغربية لا يوجد لديها تصور دقيق أو مؤشرات حقيقية حول حجم مشكلة البناء والهدم في المملكة المغربية [6]. وبينت دراسة حديثة في المملكة العربية السعودية أن كمية مخلفات البناء والإنشاء تقترب من 40% من المجموع الكلي لجميع النفايات في السعودية [7]. بينما بينت دراسة أنجزت في سورية عام 2004 وقامت بها شركة تريغالور الفرنسية، أن إنتاج مخلفات البناء والهدم على مستوى سورية يقدر بحوالي 7900 طن في اليوم (ما يعادل 2.9 مليون طن/العام)، أي بمعدل 0.4 كغ/ شخص×اليوم كما يظهر في الجدول (1) ، وهي بذلك تمثل 36% من إجمالي كمية النفايات الناتجة [8].

الجدول رقم(1):كمية النفايات المتولدة يومياً و سنوياً في سورية [8]

نوع النفايات	كمية النفايات اليومية والسنوية			النسبة (%)
	طن/يوم	طن/سنة	كغ/ساكن/سنة	
1	12400	4584500	226	57
2	110	40000	20	1
3	1100	400000	20	5
4	230	85	4	0
5	2700	1000000	50	12
6	5200	1900000	95	24
مجموع نفايات الهدم والإنشاء	7900	2900000	145	36
الكمية الإجمالية	21800	8000000	400	100

وتختلف نوعية نفايات الهدم في سورية حسب خطورتها وفق ما جاء في دراسة تريغالور حيث تشكل النفايات الخاملة كالحجارة والبيتون العادي والبلوك ما نسبته 89% من إجمالي كمية النفايات والنفايات غير الخطرة كالحديد والالمنيوم والبلاستيك والخشب نسبة 10% أما نسبة 1% المتبقية فتكون خطرة كالدّهانات والاسبستوس [8].

إعادة استخدام وتدوير الأنقاض :

تحتوي الأنقاض الناتجة عن المباني بشكل أساسي على مخلفات خاملة كالبيتون، الحجارة، البلوك، ومخلفات عادية غير خطرة كالحديد والالمنيوم والنحاس، والخشب غير المعالج بمعادن ثقيلة، والزجاج و المواد البلاستيكية والمواد النسيجية، إضافة إلى المخلفات الخطرة.

يمكن إعادة استخدام المعادن المختلفة، ويعاد تصنيع المواد البلاستيكية الحرارية بعد صهرها. أما بالنسبة للزجاج فإنه يمكن أن يعاد صهره مع المكونات الأخرى في معمل صناعة الزجاج.

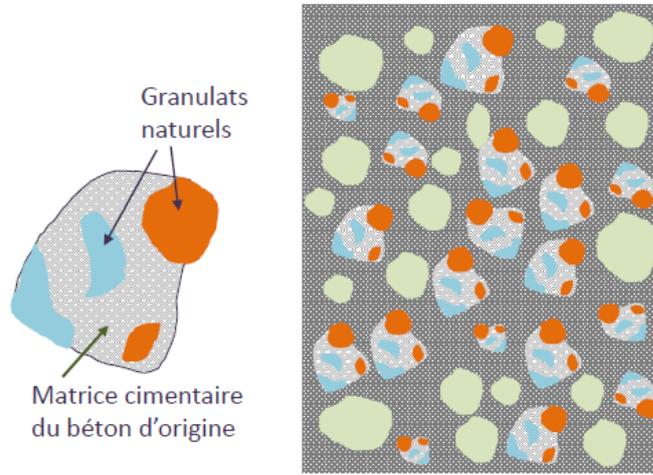
أما القسم الخامل من المخلفات والمكون من لقطع البيتونية والبلوك والحجارة والذي يشكل الجزء الأكبر من الأنقاض في سورية بما يعادل أكثر من 80% من حجم الأنقاض [9] فتعتبر عملية تدويره وتحويله إلى حصويات العملية الأهم في إدارة الأنقاض.

تناولت الكثير من المعايير العالمية موضوع إعادة تدوير الأنقاض وخاصة المواد الحصوية. ففي توصيات اللجنة التقنية RILEM تم تصنيف الحصويات المعاد تدويرها إلى ثلاث أنواع أساسية هي: النوع 1 وهو الحصويات المشتقة من بقايا حجرية (بلوك وقرميد)، والنوع 2 وهو الحصويات الناتجة عن الكتل البيتونية، والنوع 3 وهو مزيج <80% حصويات طبيعية ، >10% النوع الأول أو <20% النوع الثاني. ووضح التقرير أنه من الممكن استخدام حصويات النوع 1 في البيتون من أجل مقاومة ضغط عظمى من الصنف C37. أما حصويات النوع 2 فيمكن استخدامها في صناعة البيتون من أجل مقاومة

ضغط عظمى من الصنف C60 وان هناك حدود لكمية المواد الغريبة أو العضوية التي يمكن أن تتواجد في الحصويات المعاد تدويرها [10]

بينما كانت المعايير الألمانية أكثر تحديداً حيث اعتبرت أن الحصويات المعاد تدويرها لها كثافة أقل من 2100 kg/m^3 لذلك عند مزج 50% منها مع الحصويات الطبيعية يمكن استخدامها في صناعة البيتون أو البلوك وإلا فإن استخدامها يكون فقط في أعمال البلوك [10].

هذا وتختلف خواص البيتون المصنوع من الحصويات المعاد تدويرها عن البيتون المصنوع من الحصويات الطبيعية [11] بسبب احتواء الحصويات المعاد تدويرها على مونة اسمنتية، كما في الشكل (1)، وبالتالي تتصف الحصويات المعاد تدويرها بدرجة امتصاص كبيرة للماء وبكثافة منخفضة.



الشكل رقم(1) : مكونات المواد الحصوية المعاد تدويرها [11]

لقد أثبتت الدراسات المختلفة أنه يمكن استخدام الحصويات الخشنة معادة التدوير في مجالات متعددة كالخلطات الاسفلتية والخرسانية وغيرها [12-13]، بينما اقتصر استخدام الحصويات الناعمة منها على بعض التطبيقات المحدودة [14,15].

3 - طرائق ومواد البحث

تم في هذا البحث القيام بدراسة ميدانية تجريبية لتحديد أنواع الأنقاض الموجودة وأخذت عينات من كل حي من الأحياء الشرقية في حلب لتحديد نسب المواد المختلفة المكونة لهذه الأنقاض، وتم تكسير عينات من الأنقاض وطحنها لتحديد بعض خواصها الفيزيائية.

شملت الأنقاض وهي مادة البحث الأساسية المكونات التالية:

- كتل بيتون وبلوك وحجر وفي مراحل لاحقة تم تكسير وطحن هذه المواد وتحويلها لمواد حصوية قابلة للاستخدام في أغراض الانشاء المختلفة.
- مواد معدنية مختلفة يشكل الحديد القسم الأكبر منها.
- مواد أو نفايات صلبة مختلفة نسيجية، بلاستيكية، زجاجية، وغيرها.

ولإجراء الاختبارات اللازمة تم استخدام الاجهزة الموجودة في مخبر تجريب المواد في كلية الهندسة المدنية في جامعة حلب وهي: مناخل مختلفة، جهاز المكافئ الرملي، جهاز لوس أنجلس، ومجموعة موازين بدقة $10 \text{ gr} \pm$ وميزان بدقة $1 \text{ gr} \pm$.

وكذلك تم استخدام كسارة من القطاع الخاص وكسارة مؤسسة الاسكان العسكري الموجودة لدى الفرع 1070 في الحمداية في حلب للحصول على الحصويات من الأنقاض.

6- الدراسة الميدانية

يمكن تلخيص أعمال الدراسة الميدانية بالشكل التالي:

- الدراسة التمهيدية: (جولات اطلاعية أولية، دراسات نظرية)
- دراسة ميدانية تجريبية لتحديد انواع مواد البناء المكونة للأنقاض.
- تحديد أولي لنسب الأضرار
- تحديد نسب المواد المختلفة الموجودة في هذه الأنقاض.
- رسم خريطة الأنقاض

6-1 - الدراسة التمهيدية (جولات إطلاعية أولية ودراسات نظرية):

6-1-1- جولات اطلاعية لمواقع الأنقاض:

تم في هذه المرحلة القيام بعدة جولات ميدانية في مختلف أحياء مدينة حلب والتي تتواجد بها كميات كبيرة من الأنقاض وذلك بهدف الاطلاع على طبيعة وحجم هذه الأنقاض والمواد التي تتألف منها. تظهر الأشكال التالية بعضاً من الصور التي تم إلتقاطها أثناء هذه الجولات.



الشكل رقم (2): صور من الجولات الميدانية لتحديد نوعية الأنقاض من منطقتي صلاح

الدين (الصورتين العلويتين) وسيف الدولة (الصورتين السفليتين)

2-1-6- الدراسة الحقلية لمواقع الطمر والمكبات:

تم في هذه المرحلة القيام بعدة جولات وتقصيات ميدانية لبعض مواقع الطمر وأماكن المكبات والتباحث مع المؤسسات البلدية عن المواقع التي لا يمكن الوصول إليها والمواقع المحتملة وفيما إذا كان هناك أماكن مخصصة للتخلص من أنقاض الأبنية بشكل منفصل عن باقي النفايات.

3-1-6- الدراسة الحقلية لمواقع الكسارات وإنتاج الركام ومعامل البلوك:

تمت زيارة الكسارات الموجودة في مدينة حلب بهدف معرفة فيما إذا كان هناك أي نوع من أنواع صناعة التدوير وطبيعة ونوع التقنيات المستخدمة في أعمال المعالجة خاصة مع النقص الشديد في مواد البناء الطبيعية كما تم التعرف على الآليات والمعدات المستخدمة في ذلك. هذا وقد تم التواصل مع عدد من المؤسسات والشركات العامة في المحافظة حيث شملت الاتصالات كلاً من: بلدية حلب، مديرية الخدمات الفنية في حلب، مؤسسة تنفيذ الانشاءات العسكرية متاع 2، مؤسسة الإسكان العسكري فرع حلب وكذلك تمت زيارة المدينة الصناعية بغية معرفة فيما إذا كانت برامج هذه الجهات تتضمن تدوير وإعادة استخدام الأنقاض. وتمت زيارة بعض معامل البلوك الحديثة التي افتتحت مؤخراً في المدينة.

4-1-6- دراسة نظرية للنظام العمراني للمدينة:

تم القيام بزيارة مجلس المدينة ونقابة المهندسين وتم الاطلاع على التطور الزمني لضابطة البناء التي انعكست بشكل ملحوظ على أنواع مواد الأنقاض التي تمت ملاحظتها في الجولات الحقلية.

2-6- دراسة ميدانية تجريبية لتحديد أنواع مواد البناء المكونة للأنقاض:

يهدف تصنيف الأنقاض تبعاً للمادة السائدة فيها (بيتون، حجر، بلوك) تم القيام بجولات ميدانية على كامل مناطق المدينة وتم استطلاع نسب هذه المواد في الأنقاض. في البداية تم اعتماد تصنيف تفصيلي لكن بعد انتهاء الجولات والقراءات المتعددة لمختلف المناطق ولتسهيل العمل بالتصنيف وجد أنه من الأفضل أن تكون هناك ثلاث فئات رئيسية وهي: الأنقاض ذات الطابع الحجري، الأنقاض ذات الطابع البيتوني، والأنقاض ذات الطابع البلوكي. وفئة رابعة لمواد ذات النسب المتقاربة والتي لا يمكن تصنيفها أو التي تتألف من المواد الثلاث، هذا ويمكن إضافة فئة خامسة وهي الانقاض ذات الجودة السيئة وهي التي اختلطت بالترب الزراعية والمواد العضوية بشكل كبير مع نواتج ترحيل السواتر التي كانت تسد الطرقات وهذه المواد لم يتم تجريبها ويمكن استخدامها كرميات بعد انتهاء اجراء التجارب اللازمة عليها.

وقد تم أخذ عدد من العينات من هذه الفئات الخمس وتم إجراء التجارب اللازمة عليها لتحديد بعض خواصها الفيزيائية كما تم جمع البيانات من مخابر كلية الهندسة المدنية ونقابة المهندسين بحلب (الجدول 2). أظهرت النتائج تفاوتاً بين القيم المختلفة للاختبارات ومرد ذلك لاختلاف خواص مواد البناء الأم التي نشأت عنها، هذا بالإضافة إلى تأثير نسبة الملوثات المختلفة من مواد غضارية وعضوية وغيرها على النتائج.

الجدول رقم (2): تصنيف الأنقاض مع أهم مواصفات المواد الحصوية الناتجة عنها

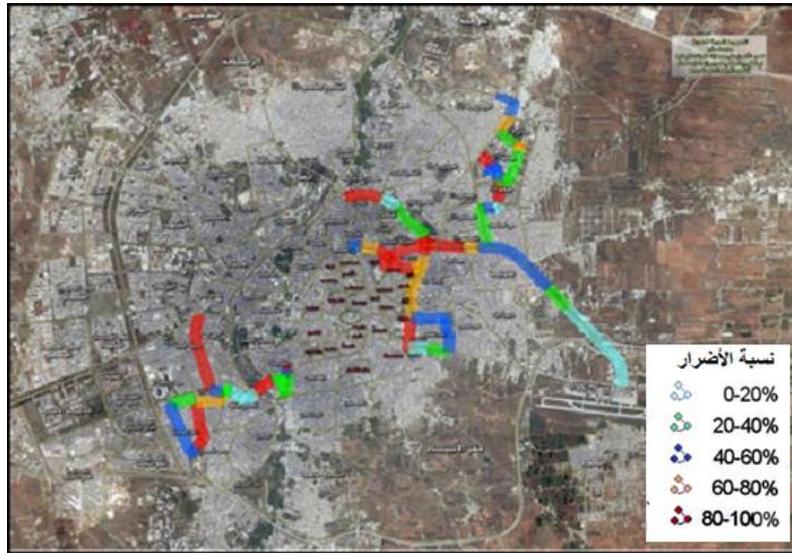
فئة الأنقاض	نوع ونسبة المادة الأساسية	نسب المواد الثانوية	الوزن النوعي	التشرب %	لوس انجلس %	المكافئ الرملي %
ذات الطابع الحجري	$50 \leq$ حجارة	$5 \geq$ بيتون $50 \geq$ $5 \geq$ بلوك $50 \geq$	- 2.6 2.72	3.1-2.3	-36.8 42.5	85-71
ذات الطابع البيتوني	$50 \leq$ بيتون	$5 \geq$ حجارة $50 \geq$ $5 \geq$ بلوك $50 \geq$	-2.28 2.42	6.9-6.6	-44.4 48.3	81-70
ذات الطابع البلوكي	$50 \leq$ بلوك	$5 \geq$ حجارة $50 \geq$ $5 \geq$ بيتون $50 \geq$	- 2.4 2.52	5.3-5.0	-51.0 60.8	77-63
الفئة المختلطة	$5 \geq$ حجارة $50 \geq$ $5 \geq$ بيتون $50 \geq$ $5 \geq$ بلوك $50 \geq$	$5 \geq$ حجارة $50 \geq$ $5 \geq$ بيتون $50 \geq$ $5 \geq$ بلوك $50 \geq$	-2.26 2.36	6.2-5.6	-53.2 61.2	75-60
الفئة المختلطة	$5 \geq$ حجارة $50 \geq$ $5 \geq$ بيتون $50 \geq$ $5 \geq$ بلوك $50 \geq$	تحتوي على نسبة هامة من الشوائب الغضارية والعضوية	-2.26 2.36	6.2-5.6	-53.2 61.2	66-46

2-6-1- تحديد أولي لنسب الأضرار:

يهدف تحديد نسب الأضرار التي تعرضت لها المدينة بشكل عام والمناطق الشرقية بشكل خاص تم تحديد أربع مسارات ضمن الأحياء الشرقية للمدينة (باستثناء مناطق المدينة القديمة) بالإضافة إلى عدد من النقاط في مختلف الأحياء وذلك بالاتفاق والتعاون مع مجلس المدينة وبإذن وموافقة رئيس اللجنة الأمنية في المدينة وفق مايلي:

- المسار الأول: سيف الدولة، المشهد، أنصاري شرقي، صلاح الدين، أرض الصباغ، أرض الناصر، الإذاعة، الزبدية، بستان القصر، التلة السوداء، الكلاسة، جسر الحج.
- المسار الثاني: الميدان، بستان الباشا، مؤسسة المياه، سليمان الحلبي، دوار الصاخور، كرم البيك طريق المطار، مساكن البحوث العلمية، الحديدية، الإنذارات، مساكن هنانو بأحيائها المختلفة.
- المسار الثالث: كرم الجبل: دوار الشعار، سد اللوز، تجمع مشافي طريق الباب، تجمع المدارس، الشعار، المواصلات، قسم شرطة الشعار، طلعة المعامل، السكن الشبابي، كرم الميسر، دوار باب النيرب، المرجة، الصالحين، دوار الحج.
- المسار الرابع: يشمل الأحياء الخاضعة لسيطرة الميليشيات الكردية.

- عدد من النقاط في الأحياء المختلفة التي لا تغطيها المسارات. حيث تم العمل وفق المراحل والمنهجية التالية:
 - تحديد شرائح نسب وتسمية الأضرار الممكنة
 - تنظيم استمارة نسب أضرار
 - تحديد آلية لتخفيض أخطاء الإنطباع الشخصي حيث تم اعطاء معاملات تتقيل حسب الاختصاص والخبرة.
 - تحديد المسارات والنقاط المختلفة للمدخلات
- من أهم العقبات التي واجهتها هذه المرحلة عدم اكمال جولة المسار الرابع بسبب مشكلة أمنية. تم حساب نسب الأضرار المختلفة على المسارات والنقاط المختارة وتحديد شرائح الأضرار. يظهر الشكل 3 المسارات الأولى والثاني والثالث مع نسب الأضرار موقعة عليها لونياً.



الشكل رقم (3) : مسارات الجولات التي تم تنفيذها الأولى والثاني والثالث مع نسب الأضرار

6-2-2-2-6 جولات وعمليات تحديد نسب المواد المختلفة الموجودة في هذه الأنقاض

بعد تحديد نوعية الركام الموجود في الأنقاض وتحديد نسب الأضرار للمناطق المختلفة وبهدف معرفة نسب المواد المختلفة الموجودة في الأنقاض تم القيام بجولات أخرى على معظم أحياء المدينة وتم جمع ثلاث عينات من ثلاث أبنية مختلفة من كل حي بحيث تكون هذه العينات ممثلة لأنقاض المباني في هذه الأحياء. يظهر الشكل (4) صوراً لبعض الجولات التي تم تنفيذها في هذه الأحياء وعمليات فرز ووزن المواد المختلفة الموجودة في أنقاضها.

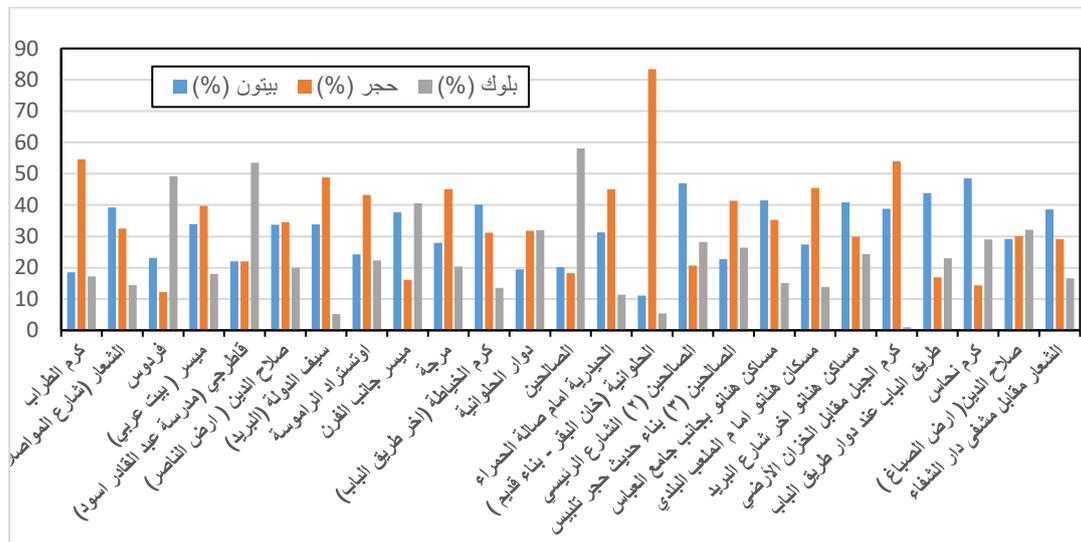


الشكل رقم (4) : جولات تحديد نسب المواد المختلفة الموجودة أنقاض مدينة حلب وعمليات الفرز والوزن

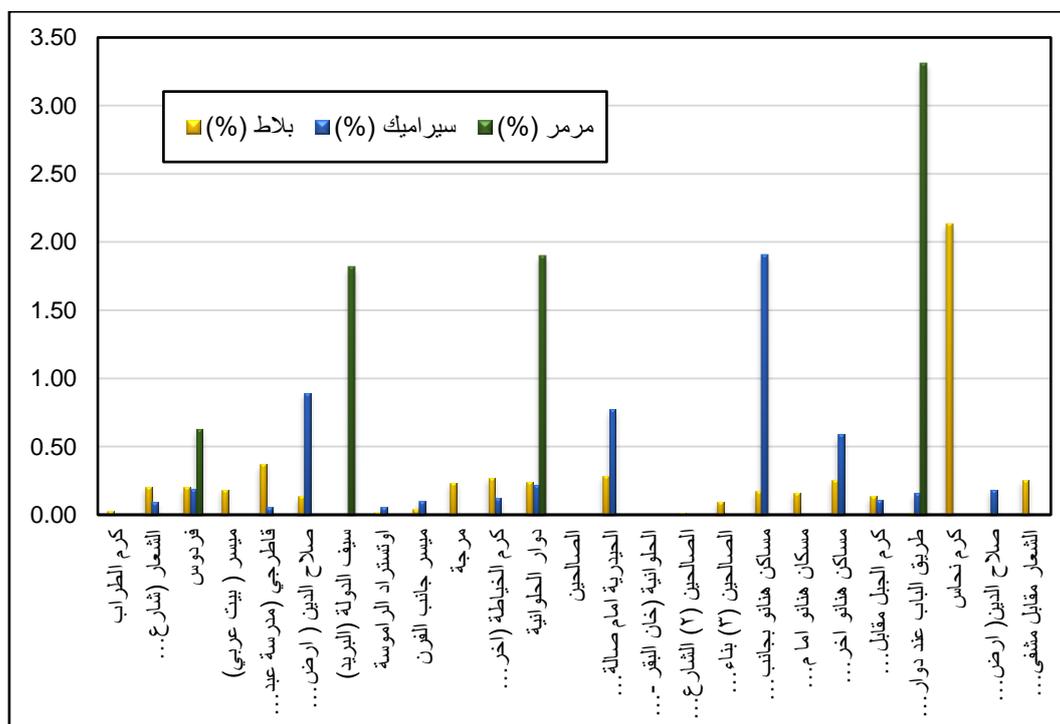
7- النتائج والمناقشة

7-1 - نسب المواد المكونة للأنقاض

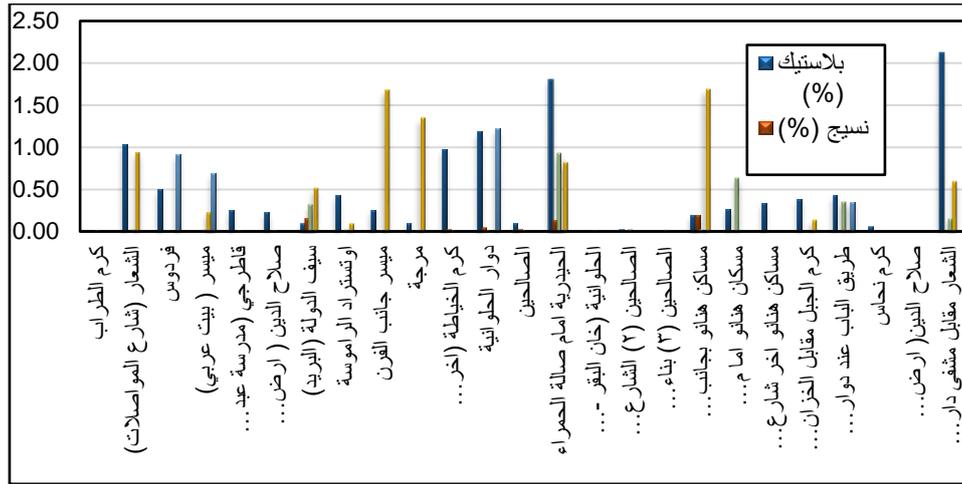
نتيجة قياس الأوزان لمكونات الأنقاض تم تحديد نسب المواد المختلفة في الأحياء المدروسة ورسم المخططات البيانية لها انظر الأشكال 5-8.



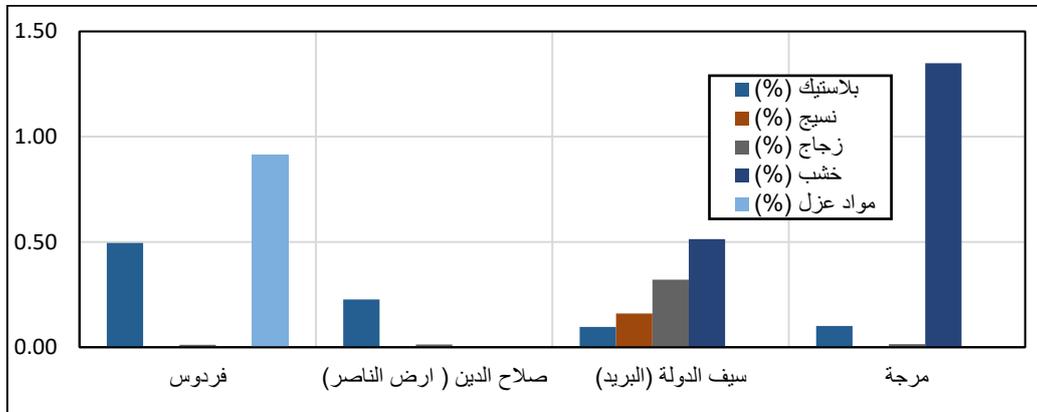
الشكل رقم (5) : نسبة كل من البيتون، الحجارة، والبلوك في أنقاض لأحياء مختلفة من مدينة حلب



الشكل رقم (6) : نسب بعض مواد الإكساء (بلاط وسيراميك ومرمر) لأحياء مختلفة من مدينة حلب



الشكل رقم (7) : نسب كل من البلاستيك، النسيج، الزجاج، الخشب، ومواد العزل لأحياء مختلفة من مدينة حلب



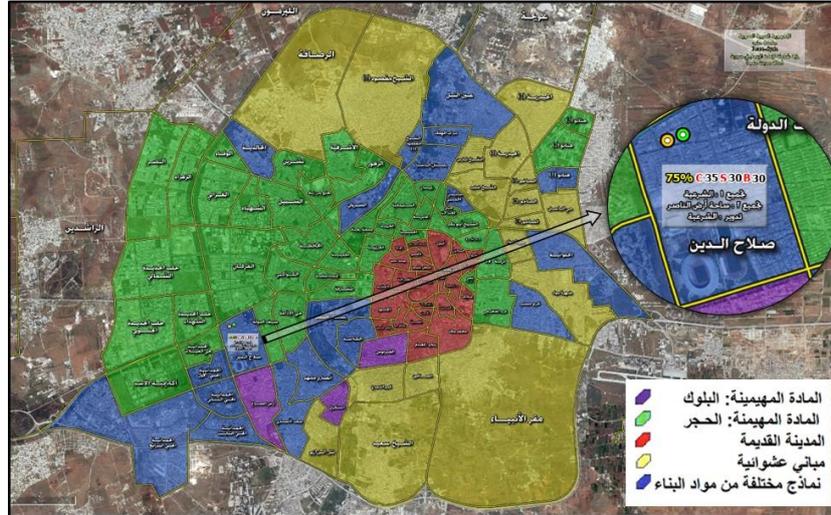
الشكل رقم (8) :نسب كل من البلاستيك، النسيج، الزجاج، الخشب، ومواد العزل في أنقاض أحياء الفردوس، صلاح الدين، سيف الدولة والمرجة

7-2- رسم خريطة الأنقاض

بعد الجولات وتجميع المعطيات النظرية والعملية وإجراء المقارنات والقيام ببعض التصحيحات والمعايرة للمعلومات المطلوبة، يتم ادخال المعطيات التالية إلى بيئة GIS ويتم إظهارها على خريطة المدينة وفق مايلي:

- النظام العمراني لمناطق المدينة المختلفة.
- نسب الأضرار لأحياء المتضررة وتحويلها لنسب أضرار في المناطق المختلفة.
- نسب المواد القابلة للتدوير وانتاج حصويات (البيتون والحجر والبلوك) في أنقاض الأحياء المتضررة وتحويلها لنسب أضرار في المناطق المختلفة.
- نسب المواد الأخرى في أنقاض الأحياء المتضررة وتحويلها لنسب أضرار في المناطق المختلفة.
- مراكز وساحات التجميع في مناطق المدينة المختلفة.
- مراكز معامل مواد ومستلزمات البناء المختلفة في مناطق المدينة.

يظهر الشكل (9) شكل توضيحي لخريطة الأنقاض المقترح اعدادها لمدينة حلب وتكون مرسومة بدقة عالية ويتم ادخال معطيات المناطق على خريطة المدينة الأساسية بعد إضافة المعلومات المذكورة أعلاه إليها.



الشكل رقم (9): نموذج خارطة الأنقاض المقترح

8-الاستنتاجات

1. يشكل البلوك والبيتون النسبة الأكبر من الأنقاض في أغلب مناطق مدينة حلب
2. يشكل الحجر النسبة الأكبر في المساكن ذات الطراز القديم
3. نسبة المعادن والبلاستيك والزجاج والخشب قليلة في أغلب الأنقاض.

9-التوصيات

1. تحديد نسب الأضرار في المساكن بشكل دقيق لجميع المساكن وفي كل طوابق المباني، وكل مسكن على حدا.
2. تحديد مكونات الأنقاض في جميع مناطق مدينة حلب ومنها المنطقة الشمالية التي لم نستطع إنجاز العمل فيها.
3. انشاء مركز ثابت يحتوي على محطة إدارة وفرز للأنقاض ومحطة لتدوير الأنقاض المفروزة، وتأمين محطات متنقلة لتدوير الأنقاض في بعض المناطق البعيدة عن المركز الثابت.

10- كلمة شكر

يتوجه الباحثون بالشكر لصندوق دعم البحث العلمي والتطوير التقني في وزارة التعليم العالي لتمويله لهذا البحث كما يتوجهون بالشكر لجامعة حلب ومخابر كلية الهندسة المدنية لتسهيلها الأعمال التجريبية الخاصة بالبحث. علما أن هذا البحث منفذ بإشراف وزارة التعليم العالي في سورية ضمن إطار " المشروع الوطني لتدوير وإعادة استخدام أنقاض الأبنية والبنى التحتية " الفائز بتمويل صندوق دعم البحث العلمي والتطوير التقني للتعليم العالي، بالقرار الوزاري /عقد/ رقم/7/

تاريخ 2016/1/20

11- المراجع

- 1 – Ferguson, J.; Kermode, N.; Nash, C.; Sketch, W. and Huxford, R. (1995). Managing and Minimizing Construction Waste: A practical guide. Institution of Civil Engineers (ICE). Thomas Telford, London, UK.
- 2 – Kibert, C. j. (1994) Sustainable construction: proceedings of the First International Conference of CIB TG 16, November 6–9, Tampa, Florida, U.S.A.
- 3 –BRGM (2010)" Caractérisation du gisement des déchets du BTP a l echelle du territoire francais, Rapport final, BRGM/RP– 59115,Fr ,novembre2010 .

- 4 -EPA (U.S. Environmental Protection Agency)(2003) EPA Constriction and Demolition (C&D)Debris, Basic Information. File://G.\ EPA Construction.
- 5- علي محمد السواط (2001) مخلفات المشاريع الانشائية، المشكلة والحلول . الملحق الاقتصادي ، العدد 10400 ، دار اليوم للصحافة والطباعة والنشر ، الدمام، السعودية.
- 6- محمد عبد السميع عيد (2001) التخلص من مخلفات البناء : مدخل وتطبيق قسجل أبحاث ندوة إدارة المخلفات الصلبة ، ص 233-243، المعهد العربي لإنماء المدن ، الرباط ، المغرب.
- 7- Al-Ghamdi, O.; Makhdum, B.; Al-Faraj, M. and Al-Akhras, N. (2017). Management and Recycling of Construction and Demolition Waste in Kingdom of Saudi Arabia. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 3, March 2017.
- 8 المخطط التوجيهي لإدارة النفايات الصلبة في الجمهورية العربية السورية المرحلة الثالثة. وزارة الإدارة المحلية و البيئة، 100صفحة.
- 9- الصالح فاطمة وزملائها، 2016، " المشروع الوطني لتدوير وإعادة استخدام أنقاض الأبنية والبنى التحتية"، التقرير الأول، صندوق دعم البحث العلمي والتطوير التقاني، وزارة التعليم العالي في الجمهورية العربية السورية.
- 10 – Jorge de Brito and Nabajyoti Saikia " Recycled Aggregate in Concrete ",Springer-Verlag London 2013 .
- 11 – M.S.Juan, P.A. Gutierrez " Study on the influence of attached mortar content on the properties of recycled cocrete aggregate" ,Construction and Buiding Materials,23 (2009),pp872-877.
- 12 – Goudappa Biradar"An Experimental Study on Recycled Coarse Aggregates", International Journal on Emerging Technologies (Special Issue on NCRIET-2015) 6(2): 174-177(2015).
- 13 – SUDHIR P.PATIL, GANESH S.SINGLE, PRASHANT D.SATHE "RECYCLED COARSE AGGREGATES", International Journal of Advanced Technology in Civil Engineering, ISSN: 2231 –5721, Volume-2, Issue-1, 2013.
- 14 – K Radhika, A Bramhini"CONSTRUCTION AND DEMOLISION WASTE AS A REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE IN CONCRETE",International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR) Volume 6, Issue 6, June 2017, ISSN: 2278 –7798.
- 15 – M. Saidi, F. Ait-Medjber, B. Safi, M. Samar", Recycling of Aggregates from Construction Demolition Wastes in Concrete: Study of Physical and Mechanical Properties",World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Civil and Environmental Engineering, Vol:8, No:12, 2014

الدراسة الميدانية والتجريبية لإصلاح البلاطات المعصبة المتضررة جزئياً بإحتوائها على فجوات

*.م.عمار طواشي * *.م.عبد الرزاق سالم * *.م.سليمان العامودي

(الإيداع: 23 كانون الأول 2018، القبول: 12 آذار 2019)

ملخص :

هناك عدد كبير من منشآت البيتون المسلح القائمة في سورية عانت من مشاكل التدهور والخراب والدمار الجزئي، مما أدى الى تقليل مدة العمر الافتراضي أو التشغيلي. ولما كانت مصادر التمويل غير متاحة عموماً للاستعاضة عن المنشآت المتدهورة بمنشآت جديدة، فإن هناك حاجة إلى إنشاء الصيانة والتدعيم الوقائي، والإجراءات الترميمية لإطالة العمر الافتراضي بطريقة فعالة من حيث التكلفة. إن التدابير اللازمة لإطالة العمر التشغيلي لعناصر البيتون المسلح يعتمد على ما اذا كان الهدف من الحماية هو السيطرة على نسبة الضرر الناتجة عن الخراب، أم رفع الكفاءة الإنشائية للمنشآت، أو كليهما في آن واحد. فالبيانات عن أداء المنشآت بعد الإصلاح خلال العمر التصميمي، بالإضافة للمعلومات عن الزيادة المفترضة للعمر التصميمي بحاجة، إلى تقييم مبدئي قبل القيام بعملية التدعيم اللازم للعنصر الإنشائي. إن من الأشياء الحديثة و الهامة إصلاح و تدعيم العناصر الإنشائية، ونظراً للتقدم الملحوظ في المواد التي تستخدم في عملية التدعيم، وكثرة أنواعها، واختلافها، والارتفاع الكبير في أسعار مواد البناء، نجد أن الكثير من البلدان أصبحت تعتمد على إصلاح العناصر الإنشائية، واعتمدت ذاتياً على إنتاج هذه المواد لإصلاح العيوب في المنشآت القديمة، أو المنشآت التي تأثرت بالزلازل أو العوامل الخارجية، كالصدمات والانفجارات. لذا يجب الاهتمام بهذا العلم الحديث والدراسة الجيدة والاهتمام باكتشاف مواد تنفيذ عملية التدعيم والإصلاح في المستقبل.

الكلمات المفتاحية:

بلاطة-هوردي- أعصاب- قضبان تسليح-زيارات ميدانية-بلاطة مخربة-فجوات-تخريب.

* ماجستير هندسة إنشائية-كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث.

** أستاذ في كلية الهندسة المدنية-جامعة حماة.

*** أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث

Field and Experimental Study for the Repair of Ribbed Slabs Partially Damaged by Containing Gaps

*Ammar Tawashi

** Dr. Abdulrazzaq Salem

***Dr. Soleman Al-Amoudi

(Received:23 December 2018,Accepted:12 March 2019)

Abstract:

A large number of existing concrete structures in Syria have suffered from problems of deterioration destruction and partial destruction, resulting in a reduction in the life span or operational life. As funding sources are generally unavailable to replace degraded facilities with new facilities, maintenance, preventive reinforcement, and corrective measures to extend useful life in a cost-effective manner.

Measures to extend the operational life of the concrete elements depend on whether the purpose of the protection is to control the damage caused by the destruction, or to increase the structural efficiency of the installations, or both at the same time.

Since the data on the performance of the installations after the reform during the design age, in addition to information on the supposed extension of the design age needs to be evaluated in advance before the necessary reinforcement of the structural component.

Modern and important things are the repair and reinforcement of the structural elements, Due to the remarkable progress in the materials used in the consolidation process, the many types, and differences, and the large increase in the prices of building materials, many countries have become dependent on repairing structural elements, and self-reliance on the production of these materials to repair defects In the old installations, or installations affected by earthquakes or external factors, such as shocks and explosions. so must be aware of this modern science and good study and interest in the discovery of materials to implement the process of consolidation and reform in the future.

Key Words:

(Slab-Hollow Block Slab-Ribbed-Reinforcing bars-Field visits-Damaged Slab-Gabs-subversion)

* – Master of Structural Engineering – Faculty of Civil Engineering – AL-Baath University

** – Professor at the Faculty of Civil Engineering – University of Hama

*** Assistant Professor at the Faculty of Civil Engineering – Al-Baath University

1- المقدمة Introduction:

إن إصلاح الأسطح الأفقية هو أمر شائع على البلاطات إما بوجودها فوق بعضها أو في نفس المستوى، فقد يكون التدهور ناتجاً عن حدوث انفجار خارجي وتخريب جزء من السطح، أو تآكل جزءاً من فولاذ التسليح الناتج في قطعة مخربة، كما تشمل الأسباب الأخرى الشائعة للتدهور التجميد والذوبان وهجوم كيميائي. وبعد تقييم المهندس للتدهور، ينبغي وضع خطة تشمل أهداف ومواصفات الإصلاح، والتي تشمل التخطيط، الإزالة، وإعداد الحواف، والخليط، والترابط، والصقل. سنتطرق في بحثنا هذا بالحديث عن بلاطات الهوردي والتي تعتبر الأكثر استخداماً في سوريا مقارنةً مع الأنواع الأخرى من الأسطح الأفقية. حيث أدى تعرضها للتخريب خلال سنوات الحرب إلى حدوث خلل في عمل الجملة الإنشائية فيما يخص توزع وانتقال الأحمال إلى باقي العناصر الإنشائية ناهيك عن حدوث أضرار في بقية العناصر المتصلة بها. وبالتالي لابد من إيجاد أسلوب لمعالجة التخريب الحاصل، وتقييم وضع البلاطة ككل فيما يساهم لوضع استراتيجية واضحة تحدد لنا إمكانية الإصلاح من عدمه، ويساهم بمعالجة الخلل الذي سببه الضرر في عمل العنصر الإنشائي، وإعادة العنصر للعمل بمقاومته التصميمية، أو بمقاومة أكبر من مقاومته التصميمية. وتحقيق كافة الشروط الواجب توفرها في العنصر المدعم حتى يعود ويعمل بشكل سليم وبكامل خواصه الإنشائية، وإعادة عمل العنصر بالشكل الصحيح وإعادتها تخدم المساحة التي تغطيها من المبنى. وبأقل كلفة ممكنة بحيث لا تتجاوز كلفة تدعيمه كلفة إنشاءه من جديد.

ولكي ننجز هذا البحث سنأخذ أمثلة ميدانية والقيام بعملية الإصلاح وفق خطوات تكنولوجية واضحة، بالإضافة إلى البحث التجريبي في مخبر البيتون المسلح.

2- هدف البحث Research Goal:

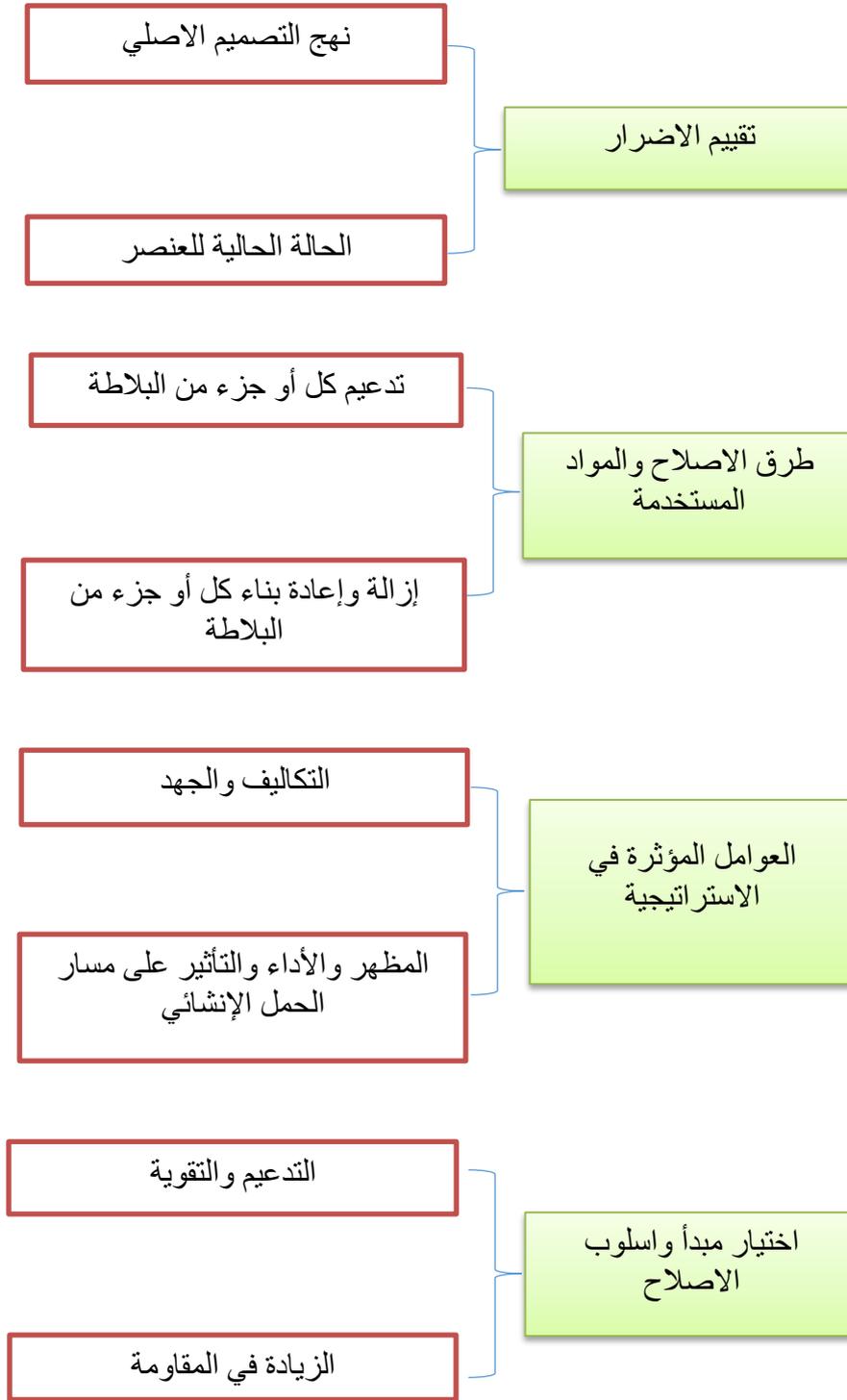
يهدف البحث إلى إجراء دراسة عملية تجريبية ومخبرية لإصلاح البلاطات الهوردي المحتوية على فجوات والمخرجة جزئياً من أجل إطالة العمر الافتراضي لها وإعادة الشكل الجمالي للعنصر والحفاظ على السعة التحملية على القص، و الإنعطاف والبحث في الطرق التكنولوجية اللازمة لإسقاط النموذج المخبري على أرض الواقع من خلال مناقشة بعض حالات الدراسة

▪ **وتتلخص أهداف البحث في:**

- أ- البحث في الطريقة التكنولوجية المتبعة لإصلاح التخريب الحاصل في الأسطح الأفقية، والتطبيق الميداني لها.
- ب- دراسة التغيير في سلوك بلاطة الهوردي نتيجة إصلاح الأجزاء المخربة فيها، وتقويتها على القص، والإنعطاف و التحقق من العمل المشترك بين البيتون القديم والجديد .

3- الدراسة المرجعية Reference Study:

إن تقييم وتصميم وتنفيذ إصلاح للبلاطة القائمة هو بالواقع أكثر تعقيداً مقارنة مع البلاطة الجديدة، بالإضافة إلى حالة المواد غير المعروفة للبلاطة القائمة، وبالتالي يمكن أن نضع استراتيجية للبحث يمكن اتباعها في الإصلاح و التدعيم الإنشائي كما هو موضح بالشكل رقم(1):



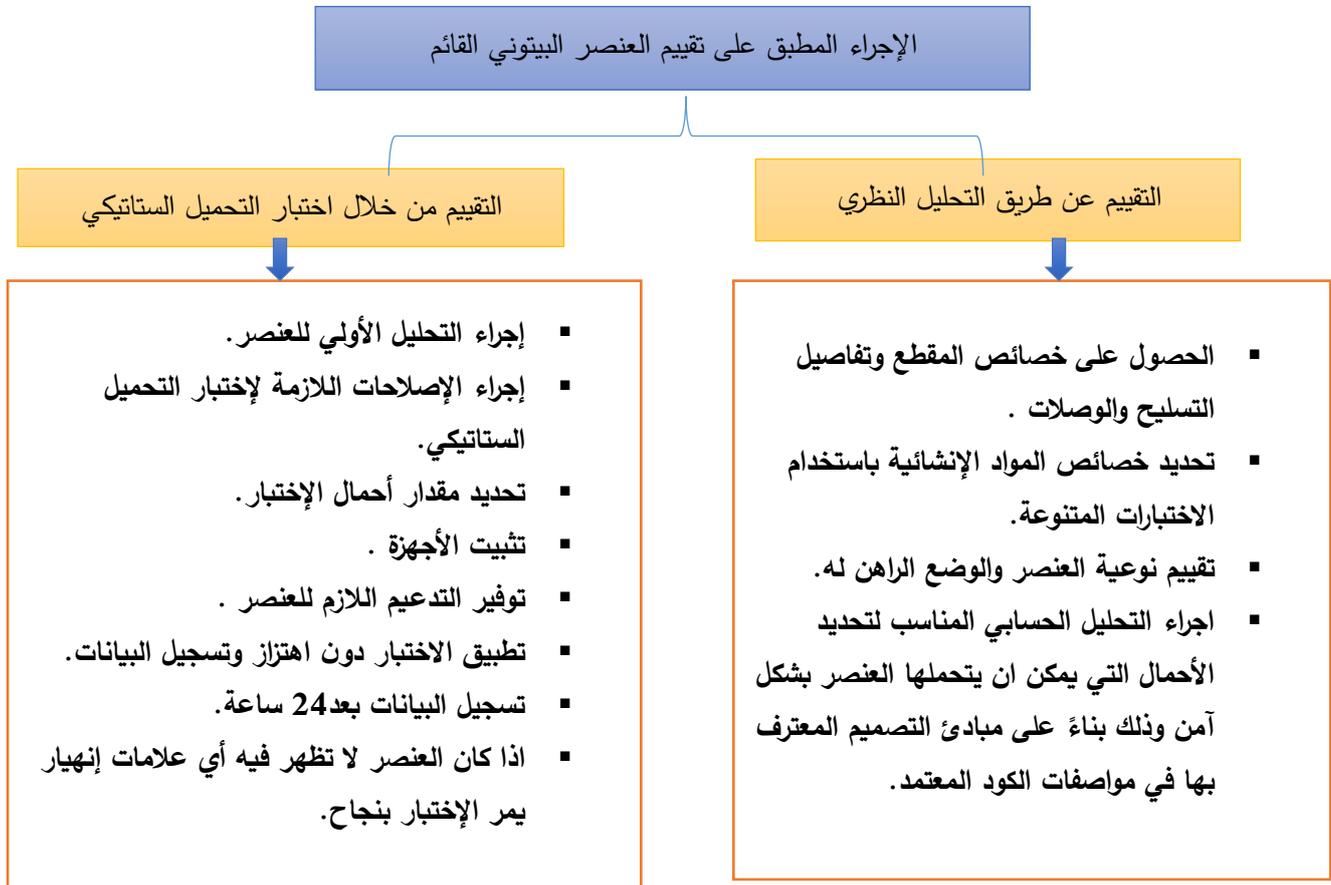
الشكل رقم (1): استراتيجية مراحل تدعيم البلاطة

عندما يتم التقييم الإنشائي لحالة معينة فإنه يجب تحديد العناصر الإنشائية الحرجة وفق الوضع الحالي، وذلك لكي يكون أساساً لتقدير الأداء في المستقبل أو الخدمة التشغيلية أو كليهما كجزء من عملية التقييم، ومن المهم ملاحظة عدم الإنتظام أو عدم الإتساق في خصائص المواد التصميمية وخصائص مواد التدعيم وتأثيرها على سلوك البناء، وكذلك وجود تأثير العوامل البيئية، ويتطلب التقييم الإنشائي حساب قدرة تحمل البلاطة كخطوة أولى ثم تتم معالجة متطلبات الأداء الأخرى من خلال اختبارات القدرة الإنشائية التكميلية للخصائص [6].

1-3 الآليات الموصي بها المعهد الأمريكي للبيتون ACI لتقييم قوة العناصر البيتونية القائمة:

Mechanisms Recommended By (ACI) To Assess the Strength of Existing Concrete Elements

تشمل طرق تقييم قدرة تحمل البلاطة البيتونية القائمة تقيماً تحليلياً أو إختبار التحميل كما هو موضح في الشكل رقم(2) التالي:



الشكل رقم (2): الإجراءات الموصي بها (ACI) لتقييم العناصر البيتونية

ينصح بالتقييم التحليلي عندما تتوفر معلومات أساسية كافية (على سبيل المثال ،خصائص القطاعات ،خصائص المواد وجودة البناء)، إن إختبار التحميل الستاتيكي غير عملي بسبب تعقيد الإختبار أو مقدار الحمولة المطلوبة أو حدوث الإنهييار المفاجئ أثناء إختبار التحميل الستاتيكي والذي يمكن أن يشكل خطراً على سلامة العنصر أو المنشأ بكامله. من المستحسن عند القيام بعملية التقييم أن تُجرى التحليلات النظرية، وفق مبادئ تصميم قدرة تحمل البلاطة ويمكن إعتبار العنصر محققاً إذا كانت قدرة التحمل و التشوه ومعايير أخرى للخدمة التشغيلية تلبى متطلبات الكود المعتمد [1] .

4- الطريقة التكنولوجية لمعالجة بلاطة الهوردي المخربة

Technological Method to Repair the Damaged Slab

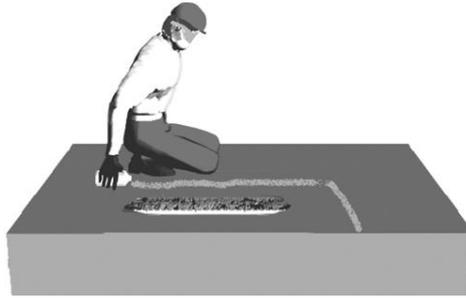
إن الغرض من إصلاح القطعة المخربة هو إصلاح البيتون المتدهور، إصلاح فولاذ التسليح التالف، واستبدال القسم المفقود من البيتون. ومن جهة أخرى فإن إعداد السطح هو في الأساس نفسه، حيث يتم تنفيذ تدعيم مؤقتة للبلاطة إذا كانت متشققة بشكل كبير، وذلك قبل المباشرة بإجراء الإصلاح وذلك لتجنب حصول هبوط كبير وسهم غير مقبول خصوصاً عند البدء بأعمال نشر محيط الإصلاح[2].

ويتم تنفيذ الإصلاح حسب الطريقة المعتمدة لتقوية البلاطة وبما يتوافق مع الأعمال المطلوب تنفيذها، وبحيث يتم تأمين أكبر عمل مشترك بين البلاطة القديمة وعناصر التدعيم الجديدة. على أن تتم إزالة البيتون غير السليم. وتقوض القضبان المكشوفة ويتم تنظيف السطح بضغط مائي عالي (1400 كغ على الأقل) أو بالجلخ ومن ثم بضغط هوائي عالي.

❖ مراحل تحضير السطح المتضرر[4]

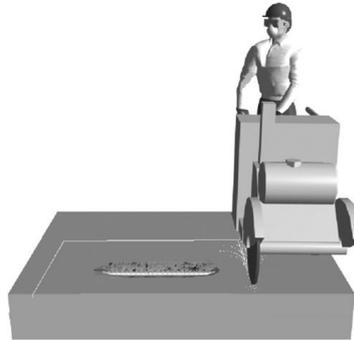
الخطوة 1- تنفيذ تدعيم مؤقتة للبلاطة اذا كانت متشققة بشكل كبير، ويمكن تحديد مناطق التخریب بشكل كامل من خلال الطرق على السطوح وسماع صوت الطبطة.

الخطوة 2- تحديد محيط منطقة الإصلاح، التخطيط الأفضل الذي يؤدي إلى أشكال هندسية بسيطة مع تقليل عدد الزوايا الداخلية كما هو موضح بالشكل رقم (3).



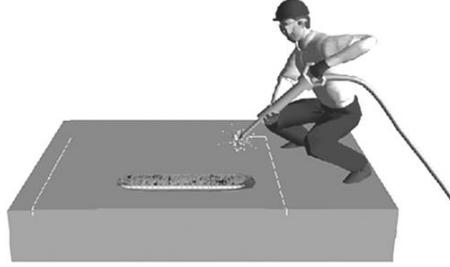
الشكل رقم(3): تحديد محيط منطقة الإصلاح

الخطوة 3- نشر محيط الإصلاح . لتحديد التسليح المتضرر ، لا ينبغي أن يكون النشر أعمق من طبقة التغطية إذا كان التخریب ناجماً عن التآكل، وفي حال كون التخریب حاصلاً على كامل ارتفاع البلاطة فإنه يزال بشكل كامل كما هو موضح بالشكل رقم(4).



الشكل رقم(4): نشر محيط الإصلاح

الخطوة 4- إجراء عملية إزالة البيتون الأولية إما بالكسارة 7 كغ أو 15 كغ. وهذه الأخيرة قد تسبب أضراراً لفولاذ التسليح ، والبيتون المتبقي. ويبين الشكل رقم (5) استخدام الكسارة 7 كغ لعملية الإزالة الأولية للبيتون.



الشكل رقم (5): إجراء عملية إزالة البيتون الأولية إما الكسارة 7 كغ أو 15 كغ

الخطوة 5- إذا تم تآكل القضبان المكشوفة، فإنه بغض النظر عن مقدار التآكل يجب إزالة البيتون المحيط بها بشكل كامل، مما يسمح بتمرير اليد بين البيتون السليم والقضيب المتآكل، أما التنظيف حول القضبان فإنه يجب أن يكون حوالي (20 مم)، ومن ثم يمكن طلاء القضبان القديمة والجديدة.

الخطوة 6- إذا تم العثور على القضبان الصدئة والقضبان المفقودة في المقطع العرضي أثناء عملية الإزالة، ينبغي استشارة مهندس إنشائي واقتراح الحلول حسب الحالة.

الخطوة 7- التنظيف النهائي للتسليح المكشوف و للبيتون. يتم بإستخدام ضاغط مائي شديد، أو الجلخ ثم إستخدام ضاغط هوائي عالي. كما في الشكل رقم(6).



الشكل رقم(6): تنظيف البيتون المكشوف وفولاذ التسليح بضاغط مائي شديد

❖ إجراءات الإصلاح وصيانة الفجوة

الخطوة 8- يجب تخليص سطوح البيتون من المياه السطحية الحرة والبرك الصغيرة والعمل على تجفيف هذه السطوح لإن إمتلاء مسامات السطح بالماء يؤدي إلى إضعاف التماسك بين مواد الإصلاح و سطوح البيتون.

الخطوة 9- يمكن استخدام المواد الرابطة، وأكثرها شيوعاً الملاط الإسمنتي (المكون من الإسمنت والماء فقط)، وهنا من الواجب الحذر حتى لا يجف الملاط الإسمنتي قبل وضع مواد الإصلاح، كما يمكن إستخدام مواد رابطة إصطناعية أخرى حسب تعليمات الشركة الصانعة، علماً أن خلط مواد الإصلاح بنسب معينة وشروط الموقع قد لا تتطلب مواد رابطة منفصلة.

الخطوة 10- خلط مواد الإصلاح وفقاً لتعليمات الشركة الصانعة، أما في حالة استخدام البيتون الجاهز ، فتتم مراعاة متطلبات الخلط والنقل وفق مواصفات المشروع.

الخطوة 11- وضع مواد الإصلاح في التجويف باستخدام عربات، أو طريقة أخرى مقبولة كما هو موضح بالشكل رقم (7).



الشكل رقم(7): وضع مواد الإصلاح في التجويف باستخدام عربات

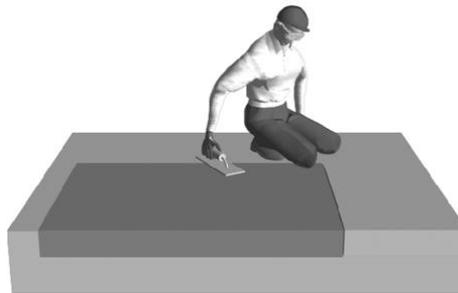
الخطوة 12- دمج مواد الإصلاح في التجويف باستخدام هزاز داخلي. الإهتزاز يسمح لمواد الإصلاح بالتدفق حول فولاذ التسليح وأيضاً يسبب إتصلاً وثيقاً مع سطح البيتون. ويساعد في إزالة الهواء المحبوس.

الخطوة 13- مسح وتسوية السطح الذي تم إصلاحه كما هو موضح بالشكل رقم(8).



الشكل رقم(8): المسح، ثم تسوية السطح الذي تم إصلاحه

الخطوة 14- صقل مواد الإصلاح أو تكنيس السطح بشكل أملس. كما موضح بالشكل رقم(9).



الشكل رقم(9): صقل السطح

الخطوة 15- عملية الإصلاح تتم وفقاً لتوصيات الشركة الصانعة في حال استخدام البيتون الجاهز، أو المصبوب بالموقع للإصلاح، وضع الخيش الرطب و ورقة البولي ايثيلين خلال الإصلاح لمدة لا تقل عن (7) أيام. كما هو موضح بالشكل رقم (10).



الشكل رقم(10): عملية الإصلاح مع أغطية للترطيب

4-1 تحديد المواد المناسبة لأعمال الصيانة

إذا تم استخدام البيتون الجاهز للإصلاح، نسبة المياه على الإسمنت (W/C) يجب أن تستخدم بحيث لا تزيد عن 0.40 كما أن المقاومة الإسطوانية يفضل أن تكون أكبر مما هي عليه في البيتون الأصلي ويجب ألا تقل عن (18Mpa). كما أن الإنكماش الأولي لمواد الإصلاح غير مرغوب به، ولذلك يمكن أيضاً استخدام المواد الجاهزة المصممة خصيصاً لإصلاح الأسطح البيتونية.[3]

5- تطبيق ميداني لإصلاح بلاطة هوردي في محافظة حمص السورية:

Field Implementation for the Repair of Hollow Slab in Syrian Governorate of Homs:

بلاطة هوردي معصبة في محافظة حمص السورية وهي بلاطة سقف أخير لمدرسة سعيد العاص تعرضت لصدم خارجي ناجم عن قذائف انفجارية مما سبب ضرراً للبلاطة في منطقتين مختلفتين على شكل فجوات حيث أن إحدى القذائف سببت تخريباً بعصب التقوية، والأخرى سببت تخريباً للأعصاب والجائز الطرفي الحامل بجانب فاصل التمدد، كما هو موضح بالشكل رقم (11).



الشكل رقم (11): الفجوة في السطح الاخير لمدرسة سعيد العاص

الجدول رقم (1): التقييم المبدئي النظري للبلابة المخربة في مدرسة سعيد العاص بمحافظة حمص	
البلاطة هوردي بقوالب دائمة	نوع البلاطة
$[7 \times 5m = 35 m^2]$	أبعاد البلاطة ومساحتها
24 cm	ارتفاع المقطع
15 cm	عرض العصب
2T12 Cφ6 / 20cm	التسليح الطولي والأساور للأعصاب
البلاطة تعرضت لصدم قذائف خارجية مما أدى لضرر على شكل فجوتين، في الأولى حصل تخريب في البلوك والأعصاب وعصب التقوية وانقطاع بفولاذ التسليح، أما الثانية فهي فجوة طرفية بجانب فاصل التمدد سببت ضرراً في الأعصاب والجائز الحامل الرئيسي و تغطية فاصل التمدد البيتوني.	

مراحل الإصلاح:

- القيام بالتدعيم المؤقت، وينفذ باستخدام مورين خشبي على تماس مباشر مع الأسقف الحالية على شكل شبكة متصالية وفي نقاط تقاطع الشبكة يتم وضع دعائم معدنية تسكوبيه كما هو موضح بالشكل رقم(12).



الشكل رقم (12): وضع الدعائم المؤقتة

- تحديد مناطق التخريب بشكلٍ كامل بجوار منطقة الفجوة مع تنظيف كافة الأنقاض الناتجة عن الانفجار .
- تكسير البيتون الواقع بجوار الفتحة باستخدام الكسارة وعلى كامل طول الأعصاب بين الجائزين الرئيسيين وبعرض يشمل كافة الأعصاب المتضررة للفجوة الأولى، أما الفجوة الثانية فالتكسير كان للأعصاب المتضررة من الجائز الطرفي المتضرر حتى عصب التقوية، مع قص الفولاذ بعد التكسير ويترك منه طول 30cm على شكل وصلات كما هو موضح بالشكل رقم (13).



الشكل رقم (13): تكسير البيتون المتضرر

- وضع كوفراج خشبي على كامل مساحة جزء البلاطة المحصور بين أربعة أعمدة في منطقة الفجوة الأولى، أما الفجوة الثانية فقد تم أولاً صب جزء العמוד المخرب بجوار الفجوة ومن ثم وضع كوفراج الفجوة، والجائز الحامل بآن واحد، ومن ثم ترطيب الأسطح البيتونية قبل وضع المواد اللازمة للإصلاح وإزالة بقايا البيتون المتبقية والانتظار حتى جفاف القالب الخشبي كما موضح بالشكل رقم (14) والشكل رقم (15).



الشكل رقم (14): وضع الكوفراج الخشبي للفجوة الأولى



الشكل رقم (15): وضع الكوفراج الخشبي للفجوة الثانية مع الجائز الحامل

- تفرش بلوكات الهوردي وينفذ تسليح العصب بشكل مماثل (من حيث القطر والعدد) للقضبان التي تم قصها، ثم تلحم القضبان الجديدة مع الوصلات المتروكة بياص لحام مزدوج من الجانبين وبطول لحام لا يقل عن 15 مرة من قطر القضبان الملحومة. وتوضع أساور مناسبة بقطر 8mm وبخطوة 20cm وتكثف في مناطق الوصل لتصبح بخطوة 10cm كما هو موضح بالشكل رقم (16). [6]



الشكل رقم (16): فرش الهوردي وتنفيذ تسليح الأعصاب وشبكات التسليح وأعمال اللحام الكهربائي

- توضع شبكة من التسليح بقطر 6mm فوق الهوردي وبتباعد 20cm بالإتجاهين .
- يُصب البيتون مباشرةً بعد إنتهاء أعمال التسليح ثم تنفذ عملية التسوية والصلل كما هو موضح بالأشكال رقم (17,18).



الشكل رقم (17): عملية صب البيتون في الفجوة

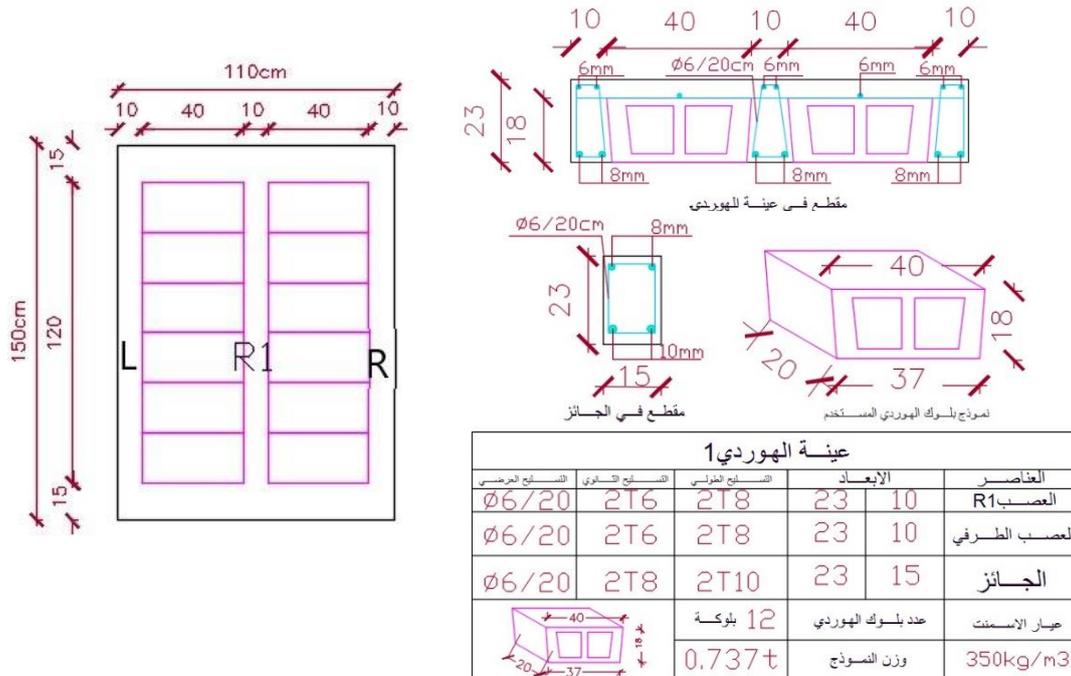


الشكل رقم (18): البلاطة بعد الاصلاح

6- الدراسة التجريبية في مخبر البيتون المسلح

Experimental Study in the Reinforced Concrete Laboratory

تم وضع نموذج للقيام بتجارب مخبرية على عينة افتراضية من بلاطة الهوردي المخربة والمدعمة وفق الإسلوب المتبع في سوريا ووفقاً للإمكانيات المحلية والمتاحة وذلك للحكم على صلاحية هذا الإسلوب بما يضمن العمل الصحيح لبلاطة الهوردي مما يجعلها صالحة للإستثمار وفق اشتراطات الكود العربي السوري، الشكل رقم (19) يوضح العينة المخبرية.



الشكل رقم (19): نموذج العينة المخبرية

1-6 صب العينة المخبرية

تم تحضير مواد البناء اللازمة والقيام بأعمال الكوفرانج وتصميم فولاذ التسليح وفرش الهوردي، ومن ثم خلط مواد البناء بنسب محددة بما يحقق قابلية تشغيل جيدة للبيتون كما هو موضح بالشكل رقم (20).



الشكل رقم (20): عملية صب العينة

2-6 إختبار الكسر للعينات الإسطوانية

قمنا بصب ثلاث عينات إسطوانية غُمرت بالماء وتم إخراجها قبل 24 ساعة من كسرها في عمر 28 يوم و كانت النتائج وفق الجدول التالي و كما هو موضح بالشكل رقم (21): [5]



الشكل رقم (21): إختبار العينات للإسطوانية

جدول رقم (2): خواص العينات الإسطوانية وقيم المقاومة

الخواص	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة
الحجم (cm ³)	5301	5301	5301
الوزن (kg)	12.036	12.756	12.561
الوزن الحجمي (t/m ³)	2.27	2.40	2.37
قوة الكسر (kN)	530	450	440
المقاومة الإسطوانية في عمر 28 (Mpa)	29.9	25.4	24.8

-وسطي نتائج الإختبارات:

$$\bar{f}' = \frac{\sum f_i'}{n} = \frac{(29.9 + 25.4 + 24.8)}{3} = 26.7 \text{ Mpa}$$

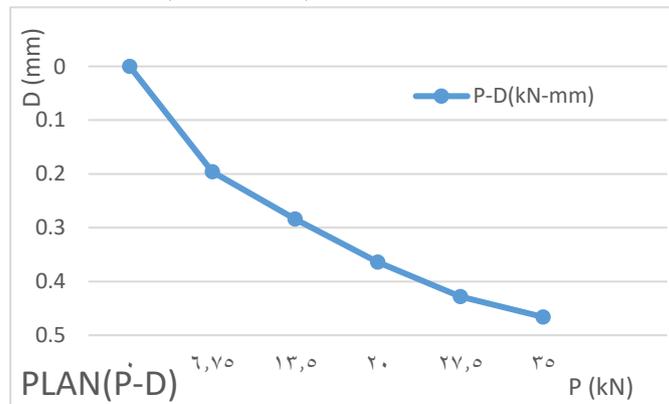
6-3 إختبار سلوك البلاطة قبل إجراء التخریب الافتراضي

نقوم بوضع العينة المخبرية للبلاطة المعصبة (الهوردي) على المساند البيتونية المتوفرة في مخبر البيتون المسلح، حيث يتم رفع العينة عن أرضية المخبر قدر الإمكان، مما يسمح لنا بوضع الحساسات وتثبيتها ويتيح إمكانية رؤية سلوك البلاطة مع تطبيق التحميل الستاتيكي، حيث قمنا بالإستعانة بجوائز مستعملة متوفرة في المخبر، واعتمادها كنقاط ثابتة تستند البلاطة عليها من جهة الجوائز المخفية، ومن ثم قمنا بتطبيق الحمولة الساكنة الناتجة عن حمل الجوائز البيتونية على الأعصاب الثلاثة من البلاطة، مع مراعاة توفير جميع اشتراطات المعهد الأميركي للبيتون ACI عند إجراء هذا النوع من التجارب والتي قمنا بذكرها سابقاً، الشكل رقم (22) يوضح لنا وضع العينة وتثبيت الحساسات:

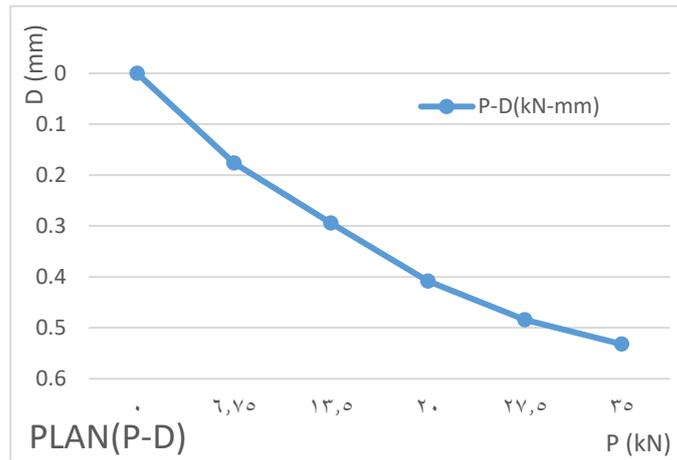


الشكل رقم (22): وضع العينة على الجهاز وتثبيت الحساسات

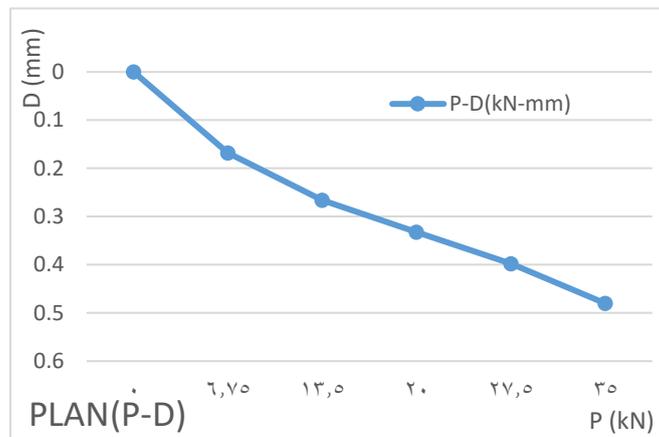
ندرج مخطط (القوة - الانتقال P-D) الذي أعطته الحساسات، التي تم تثبيتها في نقاط محددة على العينة وفق التالي:



الشكل رقم (23): مخطط (P-D) في منتصف العصب الواسطي R1

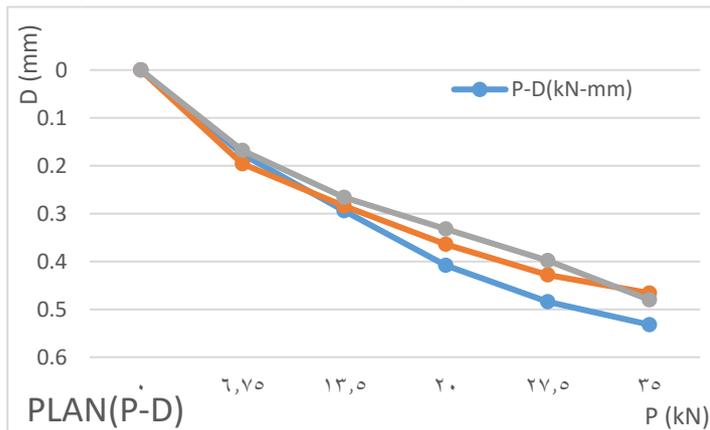


الشكل رقم (24): مخطط (P-D) في منتصف العصب اليساري L



الشكل رقم (25): مخطط (P-D) في منتصف العصب اليميني R

يمكن توضيح سلوك منتصف الأعصاب الثلاثة في منطقة الانعطاف وفق المخطط التالي:



الشكل رقم (26): مخطط (P-D) في منتصف الأعصاب الثلاثة

4-6 إجراء التخریب الافتراضي للبلاطة:

إن القيام بالتخریب الافتراضي يجب أن يحقق عدة شروط، أهمها محاكاة التخریب الحاصل للبلاطة وذلك بأن تكون البلاطة قابلة للإصلاح بتخریب جزئي و بحاجة لتعويض المادة، وكذلك مساحة التخریب في البلاطة المخربة على أن تحقق شرط الجدوى الاقتصادية، حيث قمنا بإجراء التخریب الافتراضي كما هو موضح بالشكل رقم (27) التالي:



الشكل رقم (27) إجراء التخریب الافتراضي للبلاطة

5-6 إجراء عملية الإصلاح للبلاطة المخربة:

لقد تمت عملية الإصلاح بمراحل متتابعة مما يتيح إمكانية تحقيق جميع الشروط اللازمة لإجراء إصلاح مناسب وصحيح وبشكل يراعي تكنولوجيا الإصلاح التي تم ذكرها سابقاً، ويمكن إدراج هذه المراحل وفق التالي:

- 1) تحديد محيط منطقة الإصلاح بتحويلها إلى شكل هندسي بسيط وإزالة كافة بقايا البيتون المتضرر.
- 2) إصلاح القضبان الفولاذية المتضررة بتسويتها وإضافة قضبان وصل للقضبان المتقطعة على أن يتم الوصل باستخدام اللحام الكهربائي كما هو موضح بالشكل رقم (28).
- 3) التنظيف قبل القيام بعملية الصب ووضع الكوفراج وترطيب المنطقة المتضررة.
- 4) دمج مواد الإصلاح: الخلطة البيتونية تم صبها في المخبر مع إضافة مادة تزيده من قابلية تشغيل البيتون Flocrete SP90S للتقليل من إمكانية حدوث تشققات غير مرغوب بها.
- 5) إجراء التجارب اللازمة على الخلطة البيتونية مثل تجربة مخروط إبرامز و أخذ عينات أسطوانية لإختبارها على الضغط من عمر 28 يوماً.
- 6) القيام بعملية الصب والرج اليدوي للبيتون عند منطقة الإصلاح ومن ثم تسوية السطح والصل الجيد و السقاية لمدة سبعة أيام كما هو موضح بالشكل رقم (29).



الشكل رقم (28): إصلاح القضبان الفولاذية المتضررة



الشكل رقم (29): عملية الكوفراج والصب والصقل

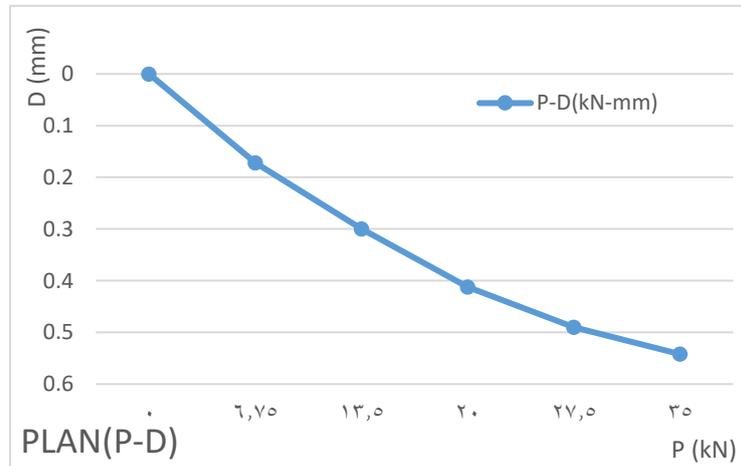
6-6 إختبار سلوك البلاطة بعد إجراء التخریب الإفتراضي والإصلاح:

وينفس أسلوب التحميل الستاتيكي الذي قمنا باستخدامه قبل إجراء التخریب الإفتراضي للبلاطة تم إختبار البلاطة بعد القيام بالإصلاح لمقارنة النتائج في كلتا الحالتين كما هو موضح بالشكل رقم (30):

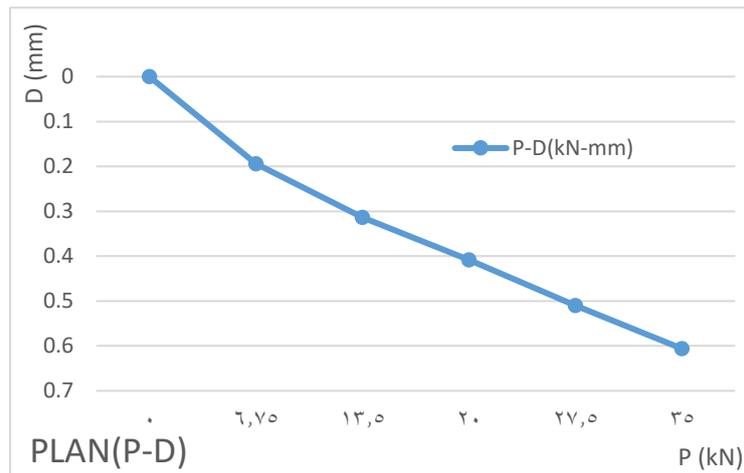


الشكل رقم (30): وضع العينة على الجهاز وتثبيت الحساسات بعد الإصلاح

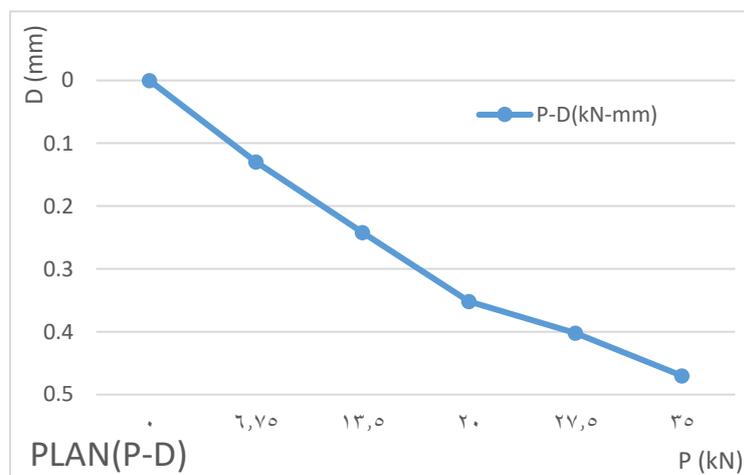
ندرج مخطط (القوة - الانتقال P-D) الذي أعطته الحساسات، التي تم تثبيتها في نقاط محددة على العينة وفق التالي:



الشكل رقم (31): مخطط (P-D) في منتصف العصب الوسطي R1 بعد الإصلاح

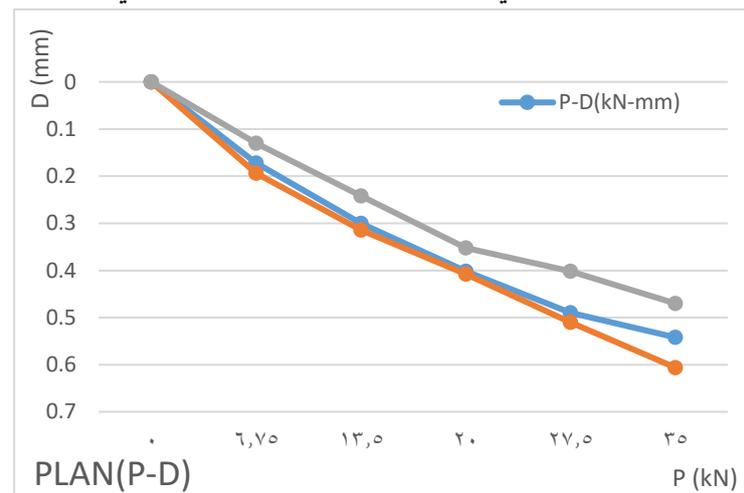


الشكل رقم (32): مخطط (P-D) في منتصف العصب اليساري L بعد الإصلاح



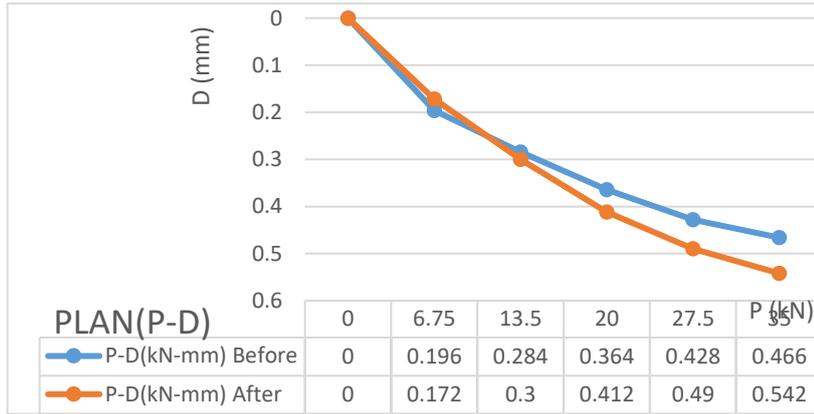
الشكل رقم (33): مخطط (P-D) في منتصف العصب اليميني R بعد الإصلاح

يمكن توضيح سلوك منتصف الأعصاب الثلاثة في منطقة الانعطاف وفق المخطط التالي:

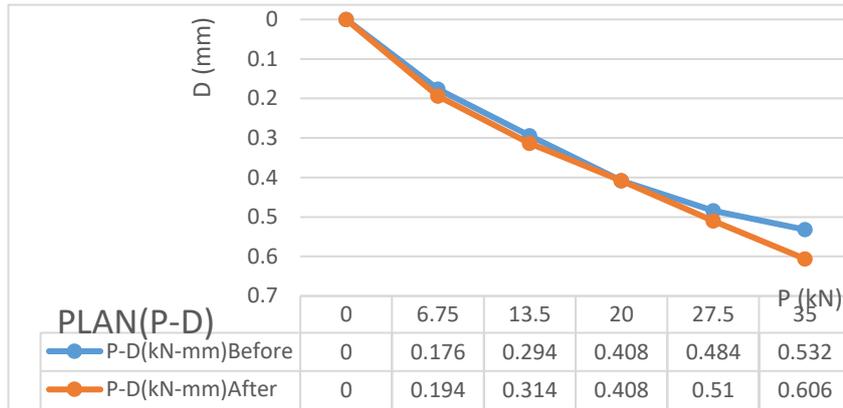


الشكل رقم (34): مخطط (P-D) في منتصف الأعصاب الثلاثة بعد الإصلاح

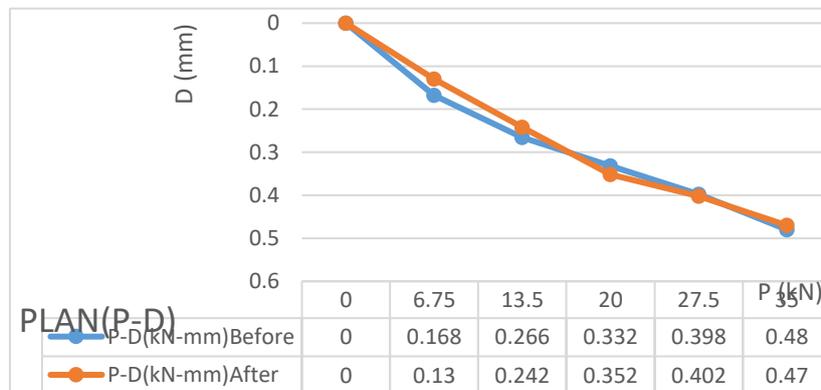
يمكننا توضيح سلوك عمل الأعصاب قبل وبعد الإصلاح وفق المخططات التالية:



الشكل رقم (35): مخطط (P-D) عند منطقة الانعطاف في العصب الوسطي [R1] قبل وبعد الاصلاح



الشكل رقم (36): مخطط (P-D) عند منطقة الانعطاف في العصب الطرفي [L] قبل وبعد الاصلاح



الشكل رقم (37): مخطط (P-D) عند منطقة الانعطاف في العصب الطرفي [R] قبل وبعد الاصلاح

ونلاحظ من المخططات التوافق الكبير بين سلوك البلاطة بعد الإصلاح وسلوكها قبل التخریب. وعلى العموم تعتبر عملية الإصلاح ناجحة إذا استعاد العنصر 90% على الأقل من خصائصه الأصلية.

5- النتائج Results:

1- الإقتصادية العالية الناتجة عن بساطة أسلوب التنفيذ، وإجراء إصلاح جزئي بإزالة الجزء المتضرر حول الفجوة دون الحاجة للإزالة الكاملة للبلاطة بين الأعمدة الأربعة.

2- بمقارنة التشققات الإنعطافية والقصية والانتقالات في مواقع الإنعطاف الأعظمي، يتبين وجو توافق كبير بين سلوك البلاطة بعد الإصلاح وسلوكها قبل التخریب.

3- عدم ظهور أي تشققات في مناطق التماسك بين البيتون القديم والجديد، يدل على أن التماسك الناظمي والمماسي بينهما مؤمن بدرجة جيدة.

4- مدة تنفيذ إصلاح الفجوة قصير لا تتجاوز أسبوعاً واحداً، مما يسمح بالإسراع في وضع المنشأ قيد الإستثمار من جديد.

6-التوصيات Recommendations:

1- يوصى بتمييز نوع الضرر الجزئي الذي لحق بالبلاطة وأدى لخلل فيها (هدم جزئي - حرق. الخ...)، ومن ثم وضع منهجية الإصلاح لكل حالة بشكل مستقل.

2- يوصى بوصل قضبان التسليح باللحام وبحيث لا يتم بالوصل المباشر بين التسليحين القديم والجديد بل باستخدام قطع وصل مكونة من قضبان لها نفس القطر مع مراعاة أطوال اللحام المناسبة، وعدم السماح بإعادة استخدام التسليح القديم في عملية الإصلاح.

3- جميع أعمال الإصلاح يجب أن تتم بدرجة عالية جداً من الدقة والإنقار في التنفيذ، مما تضمن نجاح عملية الإصلاح التي تعتبر ناجحة إذا إستعاد العنصر %90 على الأقل من خصائصه الأصلية.

7-المراجع العلمية References:

1. ACI Committee 201,(2008).Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service. ACI 201.1R-08.American Concrete Institute, Farmington Hills,MI, American,pp:15.
- 2- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, (2010). Field Guide to Concrete Repair Application Procedures Spall Repair of Horizontal Concrete Surfaces. ACI Committee Repair Application Procedure Bulletin 7, E706, American, pp: 7.
- 3- INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE, 1997- Selecting and Specifying Concrete Surface Preparation for Coatings Sealers and Polymer Overlays. ICRI Technical Guideline No. 310.2-1997, American, pp: 41.
- 4- INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE, 2008- Guide for Surface Preparation for the Repair of Deteriorated Concrete Resulting from Reinforcing Steel Corrosion. ICRI Technical Guideline No. 310.1R-2008, American, pp:12.
- 5-الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة. الطبعة الرابعة، دمشق
- 6- الملحق(4) للكود العربي السوري لتصميم المنشآت وتنفيذها بالخرسانة المسلحة، الدليل الإرشادي لتدعيم المباني والمنشآت القائمة وتأهيلها لمقاومة الزلازل، الطبعة الأولى، دمشق 2016

تصميم خوارزمية تحكم لقيادة محرك ذي ممانعة متغيرة باستخدام المتحكم البطائي

*د. أحمد كردي

(الإيداع: 20 كانون الثاني 2019 ، القبول: 1 نيسان 2019)

الملخص:

يعد المحرك ذو الممانعة المغناطيسية المتغيرة مناسباً للعديد من تطبيقات الجر الكهربائي بسبب بساطة بنيته عديمة المسفرات وقلة كلفة تصنيعه مما يجعله حلاً اقتصادياً للعمل بمجال السرعات العالية والمتغيرة. وقد زاد الاهتمام بهذا النوع من المحركات بعد بروز الدارات القابلة للبرمجة العاملة بالزمن الحقيقي ومنها شرائح FPGA. في هذا البحث نقدم خوارزمية لقيادة لمحرك ذي ممانعة مغناطيسية متغيرة متضمنة خوارزمية التبديل وعمل المبدلة الالكترونية. من أجل ذلك تم بداية بناء نموذج رياضي تحليلي للمحرك يأخذ بالاعتبار السلوك المغناطيسي للمحرك وأن والمحاكاة المتبادلة بين الأطوار مهمة أما مقاومة ملف الثابت فأخذت بالاعتبار. إن قيادة هذا المحرك تتطلب معرفة دقيقة لموضع الدوار في كل لحظة، لهذا تم استخدام حساس موضع من أجل الحصول على زاوية الموضع بهدف الحصول على ثلاث إشارات مرجعية. تُقارن هذه الإشارات مع الإشارات الفعلية الواردة من حساسات التيار، وبذلك يتم تشكيل نبضات القدر التي تُطبق على قواعد ترانزيستورات المبدلة. يُعتبر تنظيم التيار، وبالتالي العزم، الأساس في التحكم أنظمة القيادة لهذا النوع من المحركات وذلك بهدف الحصول على الاستجابة المطلوبة لكل من العزم والسرعة. من أجل ذلك تم استخدام تقنية المتحكم البطائي في خوارزمية التحكم بالتيار للحصول على التيار المطلوب ضمن مجال محدد وبالتالي الحصول على العزم المطلوب. إن التمرجات المتأصلة في منحنى العزم لهذا المحرك يُعتبر مشكلة رئيسية، ولهذا تم في هذا البحث اقتراح طريقة التحكم البطائي Hysteresis control بهدف تنظيم التيار وعدم السماح له بالتغير ضمن مجال واسع، الأمر الذي يؤدي إلى موثوقية عالية في أنظمة القيادة الحديثة بسبب تخفيض تمرجات العزم والضجيج المسموع.

*عضو هيئة فنية في قسم تقنيات الحاسوب، الكلية التطبيقية، جامعة حماة.

Design of a control algorithm for driving a Switched reluctance Motor Using Hysteresis Controller

*Dr. Ahmad Kurdi

(Received: 20 January 2019, Accepted: 1 April 2019)

Abstract:

The switched reluctance motor is suitable for many electric traction applications due to its simple low-cost structure, making it an economical solution for high and variable speeds. Nowadays, the interesting of this type of motor has increased thanks to emergence of real-time programmable circuits, including FPGAs.

In this article, we present a control algorithm for driving switched reluctance motor including the switch algorithm and the electronic switch function. For this reason, we build an analytical model of the motor which takes account the magnetic behavior of the motor and Suppose that the Mutual inductance between the phases is neglected, but the resistance of the phase file has been taken account.

The driving of this motor requires precise position of the rotor at each moment of operation, so a position sensor was used to obtain the position angle to obtain three currents reference. These signals are compared with the actual signals from the current sensors, Based on, the driving pulses are applied to the bases of transistors. Current regulation, and therefore torque, is the basis of driving systems of this type of motor, in order to obtain the required response to both torque and speed. For this reason, the current control technique was used for control algorithm which permits to obtaining the required current for a wide range of speed.

The inherited ripples of the motor torque is a main problem, so the hysteresis current control is proposed in this paper which doesn't allow the current to vary within a wide range, that results in high reliability in the modern drive systems where the ripples are minimum and the acoustic noise is reduced .

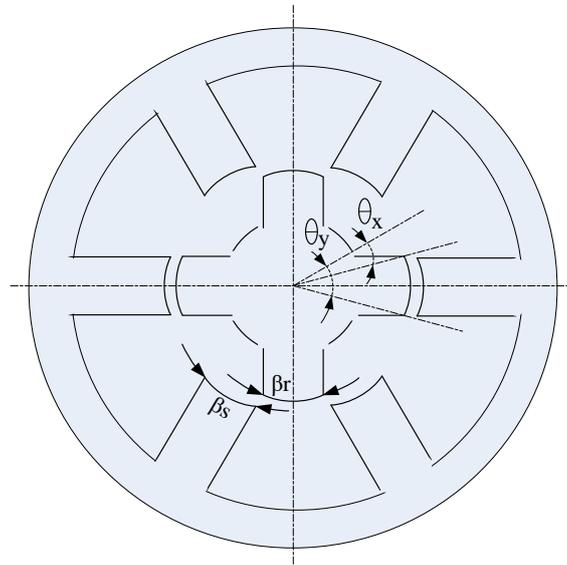
Keywords: Modeling & simulation SRM, Hysteresis Controller, Driving SRM.

*Dept. of Computer Technicals, Applied Faculty, University of Hama.

1- المقدمة:

بشكل عام، تتألف بنية الآلة ذات الممانعة المغناطيسية المتغيرة من ملفات كهربائية موجودة على الثابت في حين أن الدوار مكون من صفائح فولاذية بدون نواقل كهربائية أو مغناط دائمة [A]. بمقارنة المحركات ذات الممانعة المتغيرة مع محركات التيار المستمر ومحركات التيار المتناوب نجد أنها تمتاز ببنية بسيطة وقوية وموثوقية عالية بسبب أن كل طور مستقل يمكن أن يكون فيزيائياً وكهربائياً ومغناطيسياً عن بقية أطوار الآلة، وإمكانية الحصول على سرعات عالية (20,000 – 50,000 r.p.m) وذلك بسبب عدم وجود نواقل كهربائية أو مغناط في دوار الآلة. إلا أنه يوجد بعض المشاكل التي تعترض هذه الآلة ومنها عملية التبديل بين أطوار الآلة يجب أن تتم دائماً بشكل كهربائي، إضافة إلى ذلك العزم الذي ينتجه المحرك SRM ذو طبيعة نبضية يحوي اهتزازات غير مرغوب بها. والشكل الهندسي لأقطاب الدوار البارزة يسبب دخول الآلة في الحالة اللاخطية، الأمر الذي يعقد التحليل الرياضي للمحرك وعملية التحكم به [B].

يتم توليد الدوران في الآلة SR بسبب تغيير الممانعة المغناطيسية في الثغرة الهوائية الموجودة بين ثابت ودوار الآلة. وعند تغذية أحد ملفات الآلة ينشأ حقل مغناطيسي ويتولد عزم رد فعلي يجبر الدوار ليتحرك إلى الموضع الذي تكون فيه ممانعة مسار الفيض المغناطيسي صغرى بحيث يكون محور قطب الدوار متطابق مع محور قطب الثابت. وبالتالي تكون محارضة الطور عظمى. وبالتالي إذا تم تهييج مجموعات أقطاب الثابت لجذب أقطاب الدوار على التوالي فإنه يمكن الحصول على حركة مستمرة وعزم دائم.



الشكل رقم (1): بنية المحرك SRM ذي النمط 6/4

2- الهدف من البحث:

في هذا البحث نقترح خوارزمية تحكم بمحرك ذي ممانعة متغيرة وفق تقنية المتحكم البطائي بالتيار hysteresis current control بغية ضبط تيارات الأطوار للمحرك والعزم الذي يولده المحرك ضمن مجال محدد خلال مجال واسع للسرعة، مما

سيقلل من الضجيج الصادر عن المحرك بشكل كبير ويحسن أداء المحرك. في إطار هذه الدراسة يتم نمذجة المحرك ومحاكاته مع نظام القيادة في بيئة Matlab/Simulink.

4- النموذج الرياضي التحليلي للمحرك:

بداية نقوم بإيجاد علاقتي الجهد الكهربائي والعزم الكهرومغناطيسي، وسنفرض هنا أن المحارضة المتبادلة Mutual Inductance مهملة وذلك من أجل سهولة التحليل. تعطى علاقة الجهد المطبق على طور واحد كما يلي [C]:

$$U = Ri + \frac{d}{dt} \Phi(\theta) \quad (1)$$

حيث أن:

R : تمثل المقاومة الأومية لطور واحد من أطوار الثابت.

Φ : يمثل هو الفيض المتشابك، ويتعلق بزاوية الدوار.

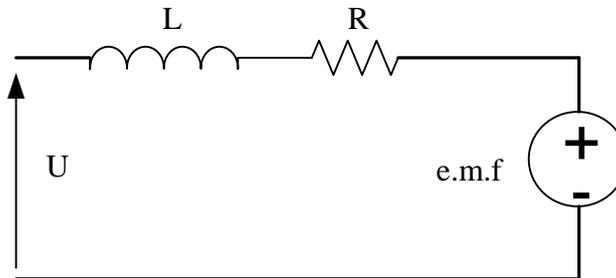
ولكن:

$$\Phi(\theta) = L(\theta)i \quad (2)$$

ومنه:

$$U = Ri + L(\theta) \frac{di}{dt} + i\omega \frac{dL}{d\theta} \quad (3)$$

الحدود الثلاثة في العلاقة الأخيرة تعبر عن هبوط الجهد الأومي وهبوط الجهد التحريضي والقوة المحركة الكهربائية العكسية (Back - emf) على الترتيب، وهذه الأخيرة مرتبطة بموضع الدوار وسرعة الدوران الميكانيكية وقيمة التيار، ولهذا يصعب حساب قيمتها إلى حد ما. يبين الشكل (2) الدارة المكافئة لطور واحد من الآلة SRM وذلك اعتماداً على المعادلة (3):



الشكل رقم (2): الدارة المكافئة لطور واحد من الآلة SRM

إن اختيار زاوية قطب الثابت وزاوية قطب الدوار يعتبر أحد الخطوات الهامة في عملية تصميم الآلة SRM، فالتصميم الأمثل يتطلب عادة عدداً من الشروط النظامية التي يتوجب اتباعها أثناء عملية الاختيار. في التصميم الأمثل تكون زاوية قوس قطب الثابت β_s أصغر من زاوية قوس قطب الدوار β_r ، وهناك بعض الاعتبارات التي ترتبط بقيم هذه الزوايا نوردتها فيما يلي:

- 1- زاوية قوس قطب الثابت β_s أصغر من زاوية قوس قطب الدوار β_r ، أي $\beta_s < \beta_r$.
- 2- إن منطقة العزم الفعالة هي عادة أكبر من قيمة معينة ε ، من أجل الآلة SRM ذات النمط 6/4، فإن قيمة الزاوية ε هي:

$$\varepsilon = \frac{2\pi}{\frac{N_s}{2} \cdot N_r} = \frac{2\pi}{6 \cdot 4} = 0.523 \text{ rad} = 30^\circ \quad (4)$$

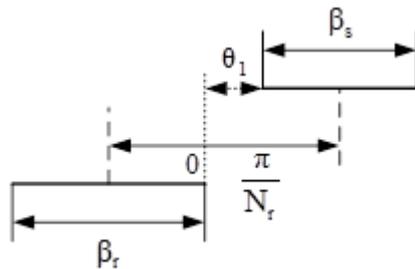
حيث أن:

N_r ، N_s هي عدد أقطاب الثابت وعدد أقطاب الدوار بالترتيب.

- 3- إن الزاوية بين أقطاب الدوار المتجاورة يجب أن تكون أكبر من قوس قطب الثابت β_s وإلا فسوف يحدث تطابق بين أقطاب الثابت وأقطاب الدوار في موضع عدم التطابق، وبالتالي قد يكون هناك مواضع لاتقلع الآلة فيها، ويمكننا التعبير عن هذه الحالة بالعلاقة التالية:

$$\frac{2\pi}{N_r} - \beta_r > \beta_s \quad (5)$$

تتغير المحارضة مع زاوية الدوار، ولهذا يجب معرفة قيمة المحارضة في كل موضع أثناء دوران الجزء الدائر من الآلة [D]. تختلف قيمة المحارضة في هذه الآلة مع اختلاف موضع محاور أقطاب الدوار بالنسبة لمحاور أقطاب الثابت، ولذلك يجب تقسيم دورة العمل الميكانيكية إلى مجالات تتعلق بالزوايا التي ينتج عنها تغير قيمة المحارضة. تبقى قيمة المحارضة ثابتة ضمن المجال من الصفر وحتى θ_1 وذلك بسبب عدم تطابق محور قطب الثابت مع محور قطب الدوار كما هو مبين في الشكل (3):

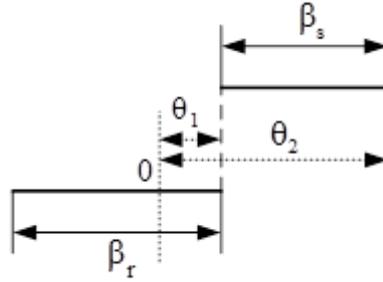


الشكل رقم (3): موضع الدوار في حالة عدم التطابق (مجال الزاوية 0 إلى θ_1)

إن الدوار يجب أن يقطع مسافة تساوي θ_1 ابتداءً من موضع عدم التطابق والتي تعطى كما يلي:

$$\theta_1 = \frac{\pi}{N_r} - \frac{\beta_s}{2} - \frac{\beta_r}{2} \quad (6)$$

وذلك حتى يتم وصول حافة قطب الدوار إلى حافة قطب الثابت. من أجل المجال الممتد من الموضع θ_1 إلى θ_2 ، فإن محور قطب الدوار يبدأ بالتطابق مع محور قطب الثابت كما هو في الشكل (4):

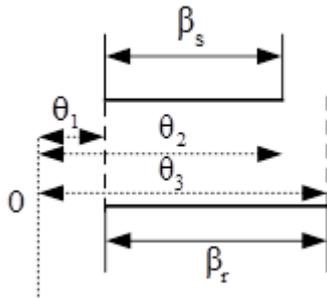


الشكل رقم (4): موضع الدوار من θ_1 إلى θ_2

وبما أنه يزداد تطابق محور قطب الدوار مع محور قطب الثابت ضمن هذا المجال، فإن قيمة المحارضة تزداد حتى الوصول إلى القيمة الأعظمية، ويمكننا حساب قيمة الزاوية θ_2 من بالعلاقة التالية:

$$\theta_2 - \theta_1 = \beta_s \quad (7)$$

حالما يصل قطب الدوار إلى الموضع θ_2 فإن التطابق بين محور قطب الدوار و محور قطب الثابت يكون كاملاً، وبذلك تكون قيمة المحارضة عند هذا الموضع أعظمية وتساوي L_{max} . أما ضمن المجال الواقع بين θ_2 و θ_3 يحصل تطابق كامل بين محور قطب الثابت ومحور قطب الدوار كما هو مبين في الشكل (5):



الشكل رقم (5): موضع الدوار من θ_2 إلى الموضع θ_3

وضمن هذا المجال (أي بين θ_2 و θ_3)، تبقى المحارضة محافظة على قيمتها الأعظمية L_{max} ، أما قيمة الزاوية θ_3

$$\theta_3 - \theta_2 = \beta_r - \beta_s \quad \text{فيمكن حسابها من العلاقة التالية:}$$

حالما يصل قطب الدوار إلى الموضع θ_4 ، فإن الأقطاب تصبح في حالة عدم التطابق (Unaligen Position)، وبالتالي قيمة المحارضة عند ذلك تساوي إلى القيمة الدنيا L_{min} . وبالتالي يمكننا حساب قيمة المحارضة في كل لحظة خلال الدورة الميكانيكية الواحدة لعمل المحرك كما يلي:

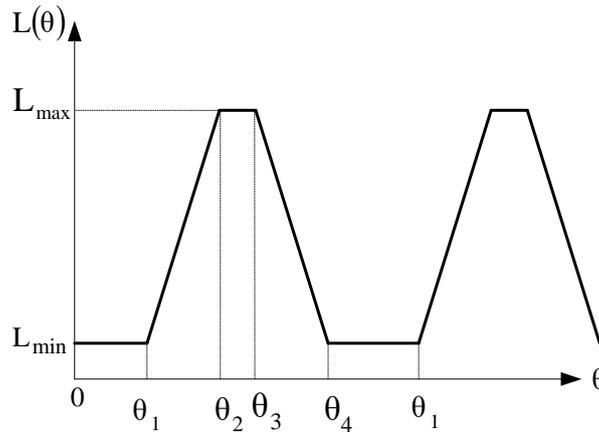
الجدول رقم (1): معادلات المحارضة حسب مجالات موضع قطب الدوار

Angle Range	$\theta < \theta_1$	$\theta_1 \leq \theta < \theta_2$	$\theta = \theta_2$	$\theta_2 < \theta < \theta_3$
Inductance Equation	$L(\theta) = L_{min}$	$L(\theta) = L_{max} - K(\theta_2 - \theta)$	$L(\theta) = L_{max}$	$L(\theta) = L_{max} - K(\theta - \theta_3)$

حيث أن الثابت K في الجدول السابق يعبر عن ميل منحنى المحارضة، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$K = \frac{L_{max} - L_{min}}{\theta_2 - \theta_1} \quad (8)$$

أما الدورة الميكانيكية الواحدة فهي 90° ، وهي تكافئ 360° كهربائية. بناء عليه يمكننا رسم منحنى المحارضة لطور واحد:



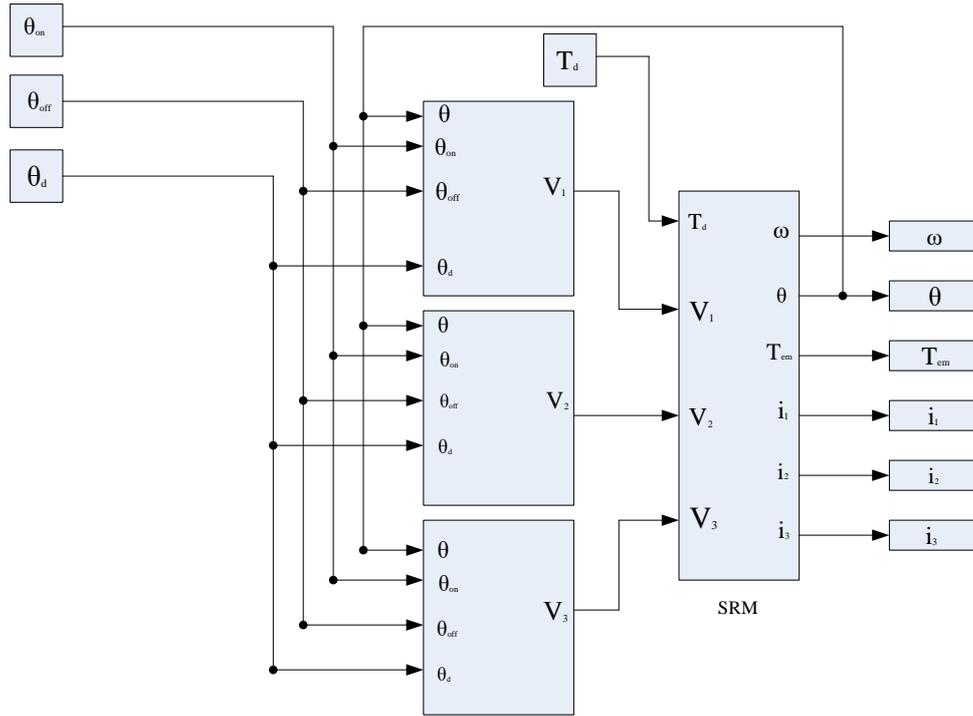
الشكل رقم (6): منحنى المحارضة مع تغير موضع الدوار

إن هذا المنحنى يتكرر كل فترة $\frac{2\pi}{N_r}$ راديان، كما أن منحنيات المحارضة للأطوار الثلاثة من الآلة SRM مزاحة عن بعضها

$$\theta_s = 2\pi \left(\frac{1}{N_r} - \frac{1}{N_s} \right) = 2\pi \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{6} \right) = \frac{\pi}{6} = 30^\circ$$

بزوايا θ_s تُحسب قيمتها من العلاقة التالية:

يمكننا الآن أن نقوم ببناء المخطط الصندوقى للمحرك SRM في الحلقة المفتوحة كما هو مبين في الشكل (7):

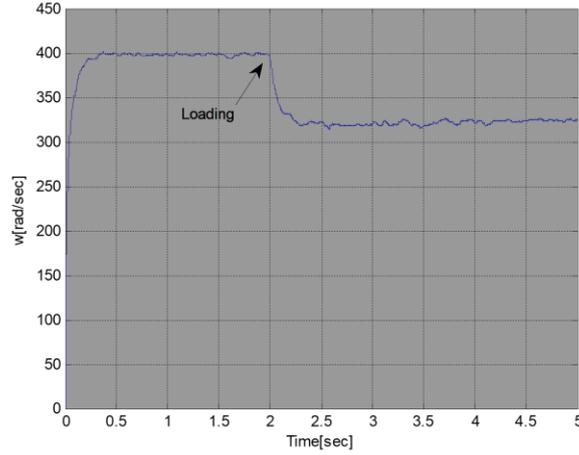


الشكل رقم (7): المخطط الصندوقي للمحرك SRM عند تغذيته في الحلقة المفتوحة في برنامج Matlab/simulink

في الشكل (7) قمنا بتطبيق جهود الأطوار الثلاثة V_1, V_2, V_3 للمحرك SRM انطلاقاً من معرفة موضع الدوار في كل لحظة من لحظات دورانه، وكذلك حساب زوايا الفتح والإغلاق لكل طور من الأطوار، وبالتالي التغذية المتتابعة بالجهد لأطوار المحرك SRM. يمكّننا هذا المخطط من دراسة أداء المحرك SRM في الحلقة المفتوحة، أي أنه لا يوجد ضبط لبارامترات المحرك الكهربائية أو الميكانيكية، بسبب عدم وجود منظم في هذا المخطط. تم أخذ إشارة الموضع كتغذية عكسية من أجل توليد الجهد اللازم لفتح الأطوار في فترة تزايد المحارضة. في الحقيقة يتميز نظام الحلقة المفتوحة المصمم لدينا بإمكانية تغيير زوايا الفتح والإغلاق لكل طور من أطوار الآلة SRM، وبالتالي يمكننا اختيار الزوايا الأمثلية في عملية قرح الأطوار وذلك تبعاً لقيمة الجهد والحمل المطبق على محور المحرك، ولهذا أمكننا أن نستخدم الزوايا $\{\theta_{on}, \theta_{off}, \theta_d\}$ كإشارات دخل لنظام الحلقة المفتوحة. بهذا يمكننا دراسة أثر تغيير زوايا التبديل على القيم الكهرومغناطيسية للمحرك SRM بشكل دقيق [F].

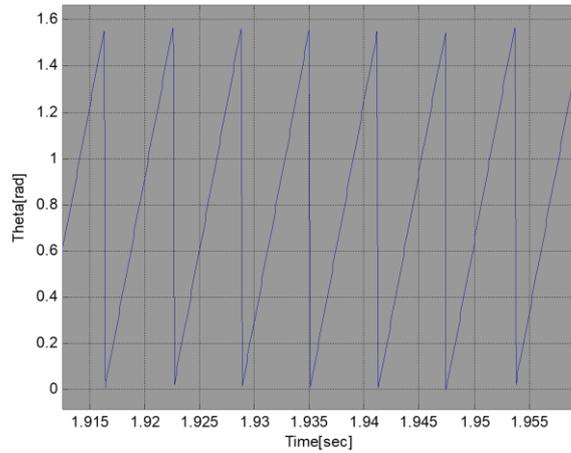
4- نتائج المحاكاة للمحرك SRM ذي النمط 6/4 عند عمله في نظام الحلقة المفتوحة:

لقد تمت عملية تشغيل نظام الحلقة المفتوحة للمحرك SRM المبين في الشكل (7) في برنامج Matlab/simulink، وتم الحصول على مختلف الإشارات المطلوبة من المحرك من أجل قيم مختلفة لزوايا القرح، وفيما يلي أهم النتائج التي تم الحصول عليها:



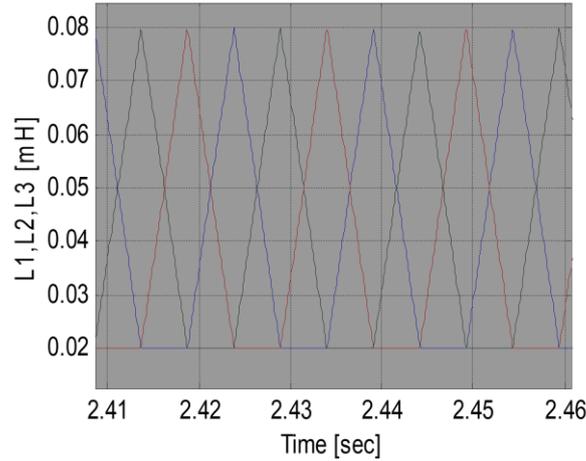
الشكل رقم (8): إشارة سرعة المحرك SRM

يظهر الشكل (8) لنا بأن المحرك قد تسارع عند تغذيته بالجهد حتى وصلت سرعته إلى $400[\text{rad}/\text{sec}]$ والتي تساوي تقريباً إلى $3822[\text{rpm}]$ من أجل قيمة $150[\text{v}]$ لجهد الطور، وعند اللحظة $2[\text{sec}]$ تم تحميل المحرك بحمولة قدرها $0.5 [\text{N.m}]$ ، أما قيم زوايا القدح التي تم اختيارها عند تشغيل المحرك فهي: $\theta_{\text{on}} = 75^\circ$ ، $\theta_{\text{off}} = 14^\circ$ ، $\theta_{\text{d}} = 40^\circ$.



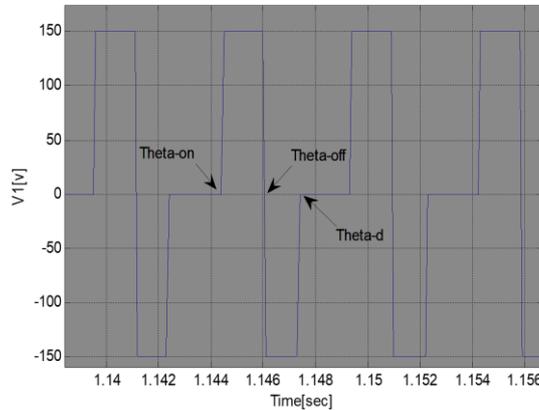
الشكل رقم (9): إشارة تغير الموضع مع الزمن

يبين الشكل (9) لنا تغير الزاوية θ مع الزمن، حيث نلاحظ أن الزاوية تتغير بشكل خطي مع الزمن وذلك من أجل فترة قدح كل طور والتي تمثل فترة 30° ، دور المنحني السابق هو في الحقيقة 90° والتي تمثل فترة قدح الأطوار الثلاثة من الآلة SRM.



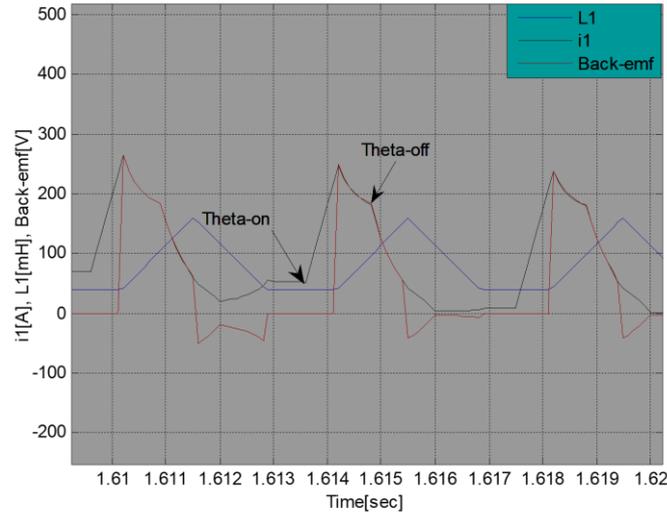
الشكل رقم (10): إشارة المحارضة للأطوار الثلاثة من المحرك SRM

بما أن منحنى تغير المحارضة يلعب دوراً مهماً في تحديد عمل المحرك فإننا قمنا بالحصول على منحنياتها ويمثل الشكل (10) إشارات المحارضة للأطوار الثلاثة من المحرك، على الترتيب، حيث أن المحارضة تتغير بين قيمتين حديتين هما $L_{\max} = 0.08H$ ، $L_{\min} = 0.02H$ ، علماً أن منحنيات المحارضة للأطوار الثلاثة هي مزاحة عن بعضها بزاوية θ_s



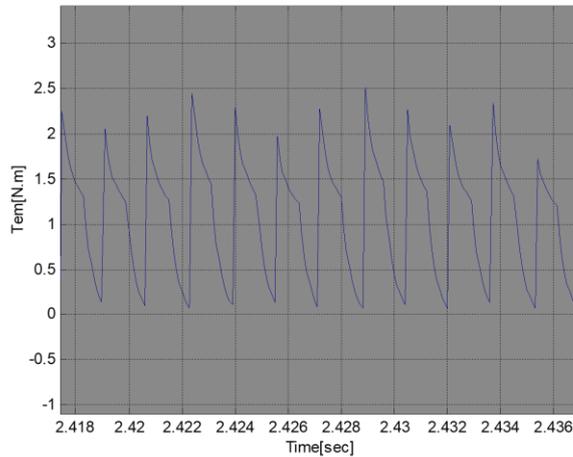
الشكل رقم (11): إشارة الجهد المطبق على طور المحرك

يظهر الشكل (11) بأننا طبقنا الجهد الموجب على طور من المحرك SRM خلال منطقة تزايد المحارضة، حيث أن قيمة الجهد المطبق هي $150[V]$ ، ثم نقوم بإغلاق الطور بتطبيق جهد عكسي من أجل إجبار التيار أن يهبط إلى الصفر والإسراع بإجراء عملية التبديل مع الأطوار الأخرى، كما يوضح لنا هذا الشكل مواقع الزوايا θ_{on} ، θ_{off} ، θ_d .



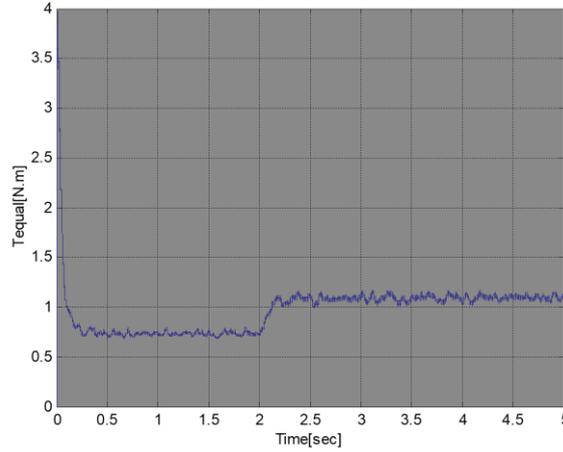
الشكل رقم (12): القوة المحركة الكهربائية العكسية مع تيار و محارضة طور واحد من SRM

في الشكل (12) قمنا باظهار تيار الطور مع القوة المحركة الكهربائية العكسية ومحارضة الطور وذلك بهدف إبراز أثر القوة المحركة الكهربائية العكسية Back-emf على التيار، حيث نلاحظ أنه قمنا بإمرار تيار الطور في اللحظة التي تكون فيها المحارضة والقوة المحركة بقيمتها الدنيا، وهي توافق هنا $\frac{dL}{d\theta} = 0$ ، وعند ازدياد المحارضة تظهر الـ Back-emf وتزداد حتى تتجاوز قيمتها قيمة الجهد المغذي للطور، عندها يتناقص التيار حتى زاوية الإغلاق θ_{off} ، ثم تتناقص القوة المحركة الكهربائية وتعود للظهور من جديد نتيجة مرور الجهد من القيمة الموجبة إلى السالبة، ولهذا يزداد التيار من جديد.



الشكل رقم (13): إشارة العزم اللحظي الكلي في المحرك SRM

يظهر لنا الشكل (13) منحنى العزم الكهرومغناطيسي اللحظي الذي يطوره المحرك SRM من أجل نفس قيم زوايا القذح التي ذكرنا أعلاه. نلاحظ أن هذا العزم يحتوي على نبضات شوكية حادة عائدة إلى طبيعة التسنن المضاعف للمحرك، إضافة إلى التغذية النبضية التي يمتاز بها هذا المحرك، وهذه النبضات الشوكية أو التموجات تؤدي إلى ضجيج مسموع في المحرك SRM.

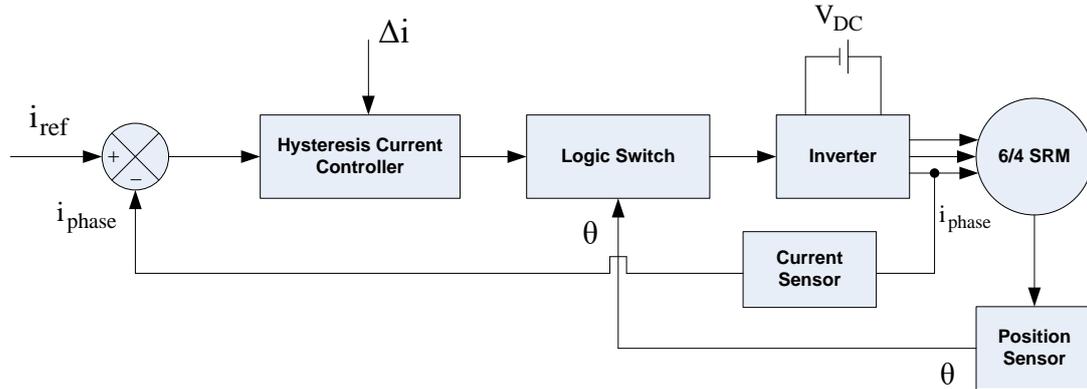


الشكل رقم (14): إشارة العزم الوسطي في المحرك SRM

أما الشكل (14) فيبين لنا القيمة الوسطية للعزم الذي يطوره المحرك، حيث نلاحظ أن عزمه الوسطي على فراغ يساوي تقريباً $0.75[\text{N.m}]$ ، وعند التحميل بجمولة قدرها $0.5[\text{N.m}]$ فإن قيمة العزم الوسطي للمحرك تساوي تقريباً $1.2[\text{N.m}]$. يمكن الآن أن نختار قيم جديدة للزوايا بحيث تكون زاوية الفتح $\theta_{on} = 80^\circ$ وزاوية الإغلاق $\theta_{off} = 13^\circ$ وزاوية إزالة المغنطة $\theta_d = 35^\circ$ ، ونقوم بتشغيل نظام الحلقة المفتوحة للمحرك SRM، فنحصل على قيم جديدة للسرعة والعزم.

5- المخطط الصندوقي للمحرك SRM ذي النمط 6/4 في برنامج Matlab/simulink في نظام الحلقة المغلقة بوجود منظم التيار Hysteresis controller:

بالاعتماد على المراجع العلمية تبين لنا ضرورة عمل نظام يعمل بالحلقة المغلقة لملاحقة تتابع تغذية الأطوار في المحرك للحصول على استجابة أفضل مايمكن وخصوصاً أثناء تحميل المحرك [H]. على الشكل (15) المخطط الصندوقي للمحرك SRM مع نظام التحكم بالتيار Hysteresis controller:



الشكل رقم (15): المخطط الصندوقي لقيادة المحرك SRM باستخدام نظرية التحكم بالتيار Hysteresis Controller

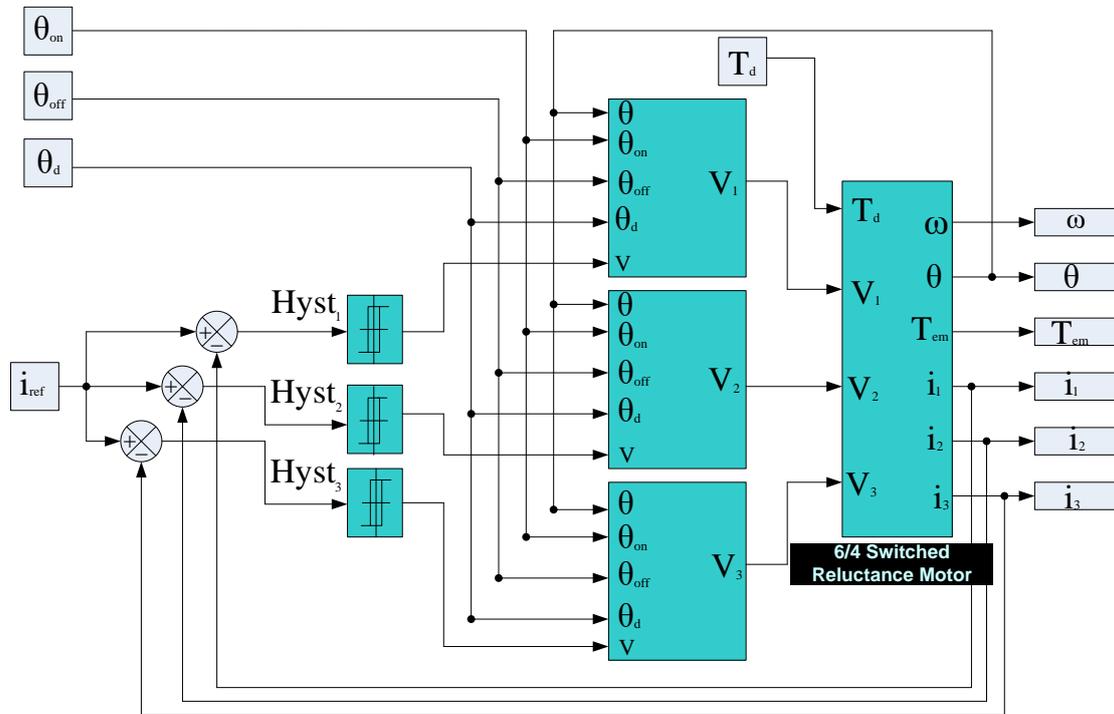
هذا المخطط يوضح لنا المبدأ العام لقيادة المحرك SRM باستخدام طريقة التحكم بالتيار اعتماداً على مبدأ Hysteresis controller، حيث تؤخذ إشارة تغذية لتيار الطور الفعلي i_{actual} عن طريق حساس تيار، ويقارن مع إشارة التيار المرجعية i_{ref} بحيث يتم توليد إشارة الخطأ والتي يتم معالجتها في منظم Hysteresis controller، وبناء على ذلك يتم توليد نبضات

الفتح التي تطبق على قواعد الترانزيستورات العائدة لطور معين حسب وضعية الدوار والذي يمكن تحديده وضعيته عن طريق إشارة حساس الموضع θ ، وبناء عليه يتم قيادة المحرك عن طريق المبدلة الموصولة معه. بالنسبة للبلوك Logic Switch فهو يأخذ بعين الاعتبار ضرورة مراعاة التتابع المنطقي في عملية قرح الأطوار، بمعنى آخر علينا معرفة الطور الواجب قرحه حتى يدور المحرك بالاتجاه المطلوب.

فيما يتعلق بزوايا الفتح في نظام الحلقة المغلقة فإن زاوية الفتح θ_{on} تختلف باختلاف كلاً من السرعة والقيمة المرجعية للتيار، وكذلك قيمة الجهد المغذي، أما زاوية الإغلاق θ_{off} فهي تزيد عن زاوية الفتح بمقدار لا يتجاوز 30° ، ولهذا يمكن كتابة علاقة زاوية الفتح في حال وجود منظم تيار من خلال العلاقة التالية:

$$\theta_{on} = \theta_1 - \frac{L_{min} \omega i_{ref}}{V_{dc}} \quad (9)$$

بناء على هذا المخطط قمنا ببناء المخطط الصندوقي لقيادة المحرك SRM ذي التشكيل 6/4 في برنامج Matlab/simulink مستخدمين تقنية التحكم بالتيار Hysteresis controller كما هو مبين في الشكل (16):



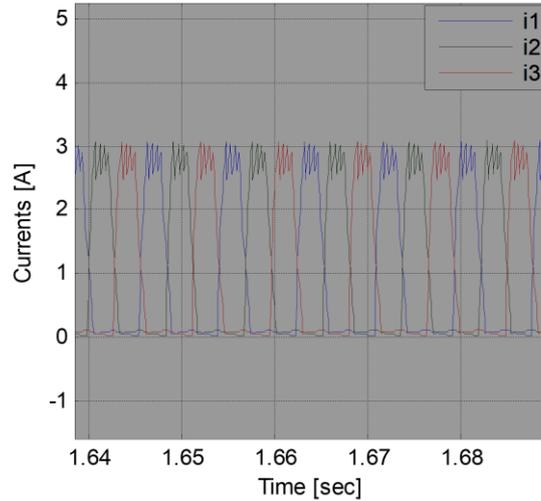
الشكل رقم (16): المخطط الصندوقي لقيادة المحرك SRM ذي النمط 6/4 في نظام الحلقة المغلقة باستخدام

Matlab/simulink في برنامج Hysteresis Controller

في هذا الشكل تم تطوير نظام الحلقة المفتوحة للمحرك SRM الذي وضحناه في الشكل (16) والذي تمت محاكاته، حيث تم الحصول على عدد من الإشارات التي تم مناقشتها وأثبتت صحة نظام الحلقة المفتوحة المصمم. في هذا النظام قمنا بإضافة حلقة تنظيم للتيار بهدف ضبط قيمة التيار حول قيم مرجعية معينة عن طريق مقارنة إشارات التغذية العكسية للتيار مع القيمة المرجعية بحيث يتم توليد إشارة خطأ يتم إدخالها إلى منظم Hysteresis controller، وبناء على ذلك يتم قرح الأطوار بالإشارات المناسبة. لقد قمنا بمحاكاة هذا النظام في برنامج Matlab/simulink فحصلنا على مختلف الإشارات الكهروميكانيكية وذلك من أجل قيم مختلفة لقيمة التيار المرجعي i_{ref} .

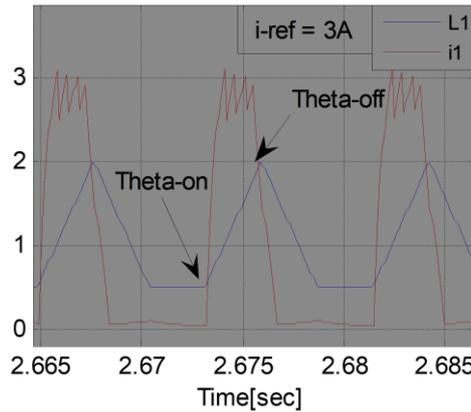
6- نتائج عملية التمثيل للمحرك SRM ذو النمط 6/4 في برنامج Matlab/simulink عند العمل في نظام الحلقة المغلقة (بوجود منظم التيار Hysteresis Controller):

لقد قمنا باختبار النظام المصمم لقيادة المحرك ذي الممانعة المغناطيسية المتغيرة في برنامج matlab/simulink وذلك من أجل قيم مختلفة للتيار، وذلك للتأكد من صحة التمثيل، وقد تم تشغيل المحرك من أجل قيم مختلفة للتيار المرجعي وبحمولات مختلفة:



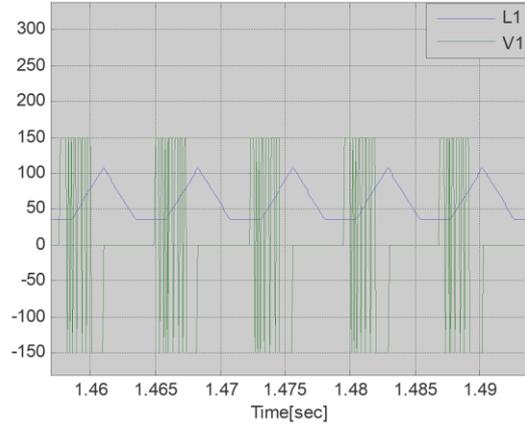
الشكل رقم (17): تيارات الأطوار الثلاثة للمحرك من أجل $i_{ref} = 3A$

يبين الشكل (17) تيارات الأطوار الثلاثة من المحرك SRM، حيث نلاحظ القرح المتتالي للأطوار الثلاثة مع تداخل بسيط بين التيارات وذلك لأن عملية قرح الطور التالي تبدأ قبل إغلاق الطور الحالي بفترة صغيرة جداً.



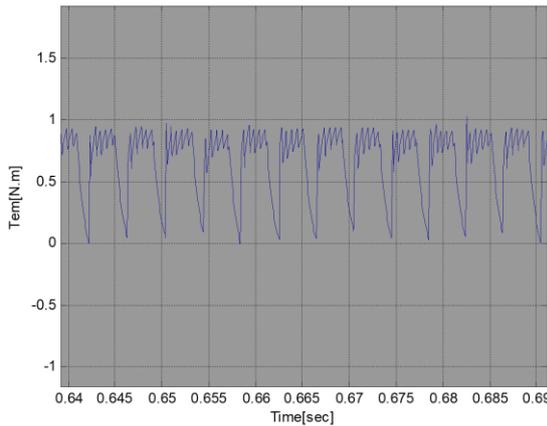
الشكل رقم (18): تيار الطور الأول مع محارضة الطور ذاته من أجل $i_{ref} = 3A$

يبين الشكل (18) تيار الطور الأول من المحرك SRM وذلك بوجود منظم التيار، مع محارضة هذا الطور، وذلك من أجل $i_{ref} = 3A$ ، حيث يتضح لنا زوايا الفتح والإغلاق.

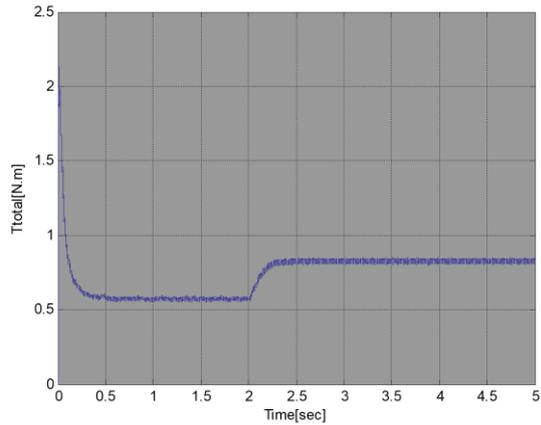


الشكل رقم (19): الجهد المطبق على الطور الواحد من SRM والنتائج عن منظم Hysteresis controller

في الشكل (19) نبين إشارة الجهد المطبق على طور واحد من أطوار المحرك SRM، حيث أن منظم التيار Hysteresis controller يقوم بالتحكم بفتح وإغلاق الترانزستورات وذلك من أجل تطبيق خوارزمية التحكم بالتيار بحيث يتغير حول القيمة المرجعية، ولهذا نجد أن المنظم يسمح بتطبيق جهد موجب قدره 150v وذلك خلال فترة تزايد المحارضة أو جهد سالب - 150v خلال فترة تناقص المحارضة بهدف تحقيق هذه الغاية.



(a) إشارة العزم اللحظي للمحرك SRM



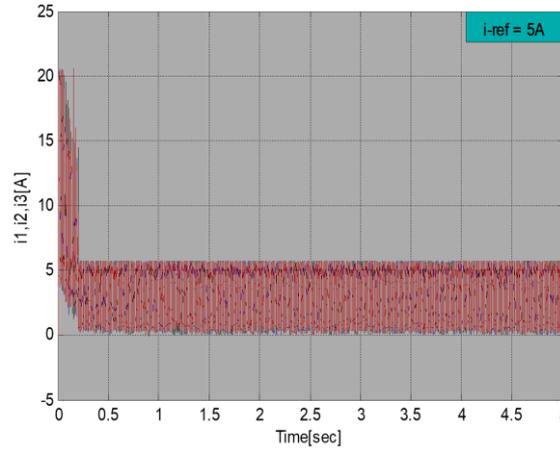
(b) إشارة العزم الوسطي للمحرك تم تحميله في

اللحظة 2sec

الشكل رقم (20): إشارة العزم للمحرك SRM بوجود Hysteresis controller من أجل $i_{ref} = 4A$

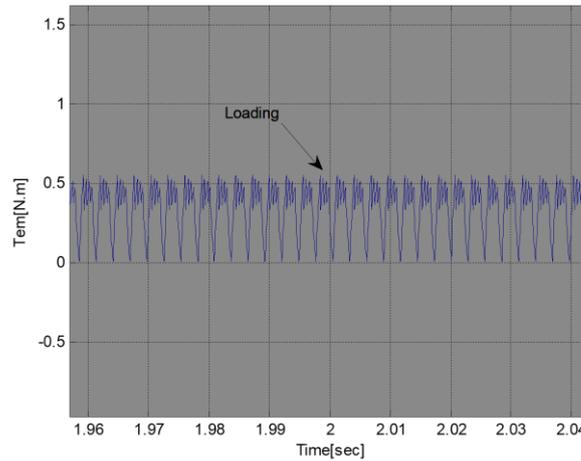
يبين لنا الشكل (20) العزم اللحظي الكلي الناتج عن أطوار المحرك SRM، حيث قمنا بتطبيق قيمة مرجعية للتيار تساوي $i_{ref} = 4A$ ، فصلنا على إشارة العزم السابقة والتي هي في الحقيقة مشابهة لإشارة التيار، وذلك لارتباط العزم مع التيار. نلاحظ أنه بتطبيق نظرية التحكم بالتيار استطعنا إجبار المحرك أن يعمل على عزم معين وذلك حسب القيمة المرجعية للتيار، كما استطعنا تحسين شكل العزم بحيث تم التخلص من النبضات الشوكية الموضحة في الشكل (13)، وهذا الأمر بالطبع يؤدي لتخفيض الضجيج المسموع في المحرك .

من أجل اختبار فعالية نظام القيادة بالتيار بوجود منظم Hysteresis controller قمنا باختبار أداء المحرك بوجود قيم مختلفة للحمل، حيث قمنا بتطبيق حمولات مختلفة على محور المحرك ومراقبة التيارات المستجرة من الأطوار ومدى انحراف قيمتها عن القيمة المرجعية المحددة على دخل النظام. في البداية قمنا بتطبيق قيمة مرجعية للتيار تساوي $i_{ref} = 5A$ وبدون حمل فحصلنا على الشكل (21) والذي يمثل تيارات الأطوار الثلاثة للمحرك SRM:



الشكل رقم (21): تيارات الأطوار الثلاثة للمحرك من أجل $i_{ref} = 5A$ بدون حمل

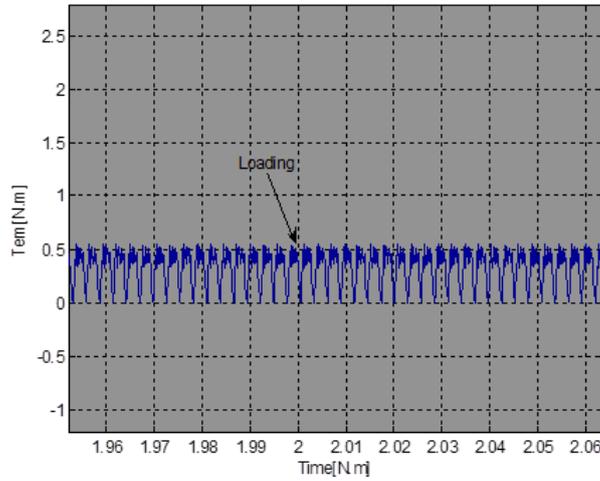
بهدف التأكد من ثبات قيمة العزم المقدم من قبل المحرك عند تغيير الحمل، قمنا بتطبيق قيمة مرجعية للتيار تساوي $i_{ref} = 3A$ ، وقمنا بتطبيق حمولات مختلفة على محور المحرك لاختبار أداء المحرك بوجود منظم التيار Hysteresis controller. يبين الشكل (22) إشارة العزم للمحرك SRM بوجود منظم التيار Hysteresis controller وذلك عند تطبيق حمل على محوره بقيمة $T_d=0.1[N.m]$:



الشكل (22): إشارة العزم اللحظي بوجود منظم التيار Hysteresis controller من أجل حمل قدره $T_d=0.1[N.m]$ نلاحظ بأنه في اللحظة $2[sec]$ عند تطبيق الحمل على محور المحرك، ورغم ذلك بقي المحرك يقدم نفس قيمة العزم $T_d=0.1[N.m]$ ، وذلك نتيجة ضبط قيمة التيار وعدم السماح له بالتغيير، ولهذا نجد أن هذا المقدار من الحمل لم يؤد إلى إحداث أي تغيير يُذكر على قيمة عزم المحرك.

أما على الشكل (23) فنظهر إشارة العزم للمحرك SRM بوجود منظم التيار Hysteresis controller وذلك عند تطبيق حمل على محوره بقيمة $T_d=0.2[N.m]$ ، ورغم ذلك بقي المحرك يقدم نفس قيمة العزم، وذلك نتيجة ضبط قيمة

التيار وعدم السماح له بالتغير، ولهذا نجد أن هذا المقدار من الحمل لم يؤدِّ إلى إحداث أي تغيير يُذكر على قيمة عزم المحرك.



الشكل رقم (23): إشارة العزم اللحظي للمحرك SRM بوجود منظم التيار Hysteresis controller من أجل حمل

قدره $T_d=0.2[N.m]$

لهذا يمكننا أن نقول وبشكل أثبتته نتيجة المحاكاة أن نظام القيادة بالتيار Hysteresis controller قد أبدى فعالية جيدة جداً في قيادة SRM بتيارات ثابتة من أجل حمولات مختلفة وبالتالي عزم ثابت من أجل قيم مختلفة للحمل.

7- النتائج:

في هذا المقال تم تصميم خوارزمية تحكم لقيادة لمحرك ذي ممانعة مغناطيسية متغيرة تعتمد تقنية المتحكم البطائي في ضبط التيار وبالتالي العزم المتولد عن المحرك ضمن مجال مرغوب به. من أجل تحقيق ذلك فقد تم إنجاز دراسة تحليلية ورياضية للمحرك SRM، حيث استُنتج النموذج الرياضي الخطي للمحرك، وأُجريت عملية تمثيل ومحاكاة للنموذج المدروس في برنامج Matlab/Simulink. تم بشكل مفصل شرح كيفية تغذية هذه الآلة بالجهد وذلك باختيار اللحظات المناسبة للفتح والإغلاق. في سياق هذا المقال تم دراسة أداء المحرك SRM في نظام الحلقة المفتوحة عند عملها كمحرك، حيث تم تحليل النتائج بالكامل من قيم ميكانيكية وكهربائية وأثر تغير زوايا الفتح والإغلاق على أداء الآلة وأهمية اختيار الزوايا الأمثلية بهدف تحقيق أعلى مروود ممكن للآلة مع ضجيج أقل للعزم، كما تم مناقشة أثر القوة المحركة الكهربائية العكسية على التيارات وضرورة القدر في اللحظة المناسبة لتقليل هذا الأثر قدر الإمكان.

تم تطوير نظام الحلقة المفتوحة للآلة SRM بإضافة حلقة مغلقة لتنظيم التيار باستخدام منظم التيار Hysteresis Controller، على اعتبار أن نظام الحلقة المفتوحة لا يضمن العمل الأمثل للمحرك SRM، حيث تم اختبار فعالية نظام القيادة بالتيار المصمم لدينا وذلك بتطبيق قيم مرجعية مختلفة للتيارات على دخل النظام، حيث تبين بالدراسة والتحليل أن هذا النظام قادر على قيادة الآلة بشكل جيد من أجل تيارات مختلفة، وكذلك إمكانية ضبط قيم تيارات الأطوار عند قيمة ثابتة حول القيمة المرجعية وذلك من أجل قيم مختلفة للحمولات المطبقة على محور المحرك. كما تم دراسة إشارة العزم المطور من قبل المحرك وتبين لنا من خلال نتائج المحاكاة قدرة المحرك على العمل بعزم ثابت من أجل قيم مختلفة للحمولات المطبقة

وذلك نتيجة ضبط قيم التيار، أضيف إلى ذلك حذف النبضات الشوكية التي ظهرت في إشارة العزم عند العمل بنظام الحلقة المفتوحة، وبالتالي تخفيف الضجيج المسموع الموجود في هذه الآلة. بناء عليه، أظهرت النتائج فعالية خوارزمية التحكم بالتيار وفق تقنية المتحكم البطائي في ضبط تيارات وعزم المحرك مما يحقق استقراراً في عمل المحرك.

References:

- 1- Krishnan R, .(2001) – **Switched Reluctance Motor Drives: modeling, simulation, analysis, design, and applications**, p. cm. (Industrial electronics series.; Tech Virginia).
- 2- Hafis Mohamad Bin Mohamad A., (2005) – **Modeling Linear 6/4 Switched Reluctance Motor Using Matlab Simulink**, Fakultas Kejuruteraan Elektrik.
- 3- Miller T.J.E.,(1993) “**Switched Reluctance Motors and Their Control**”, New York, Oxford University Press.
- 4- Soares F., Costa Branco P.J., (2001)– **Simulation of a 6/4 Switched Reluctance Motor Based on Matlab/Simulink Environment**, Laboratório de Mecatrónica, Instituto Superior Técnico.
- 5- Dursun M., Koc F., Ozbay H.,(2010.) “**Determination of geometric dimensions of a double sided linear switched reluctance motor**”, World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 6, pp. 32–38.
- 6- Moustaf A. raport of Ph.D, 2014 , **Structure Development of a Linear Switched Reluctance Motor and Building an Optimal Drive System**, faculty of Electric & Electronic engineering , Aleppo university.
- 7- DARABI S., ARDEBILI M., (2011) –“**Optimization of Driving Force of Linear Switched Reluctance Motor**,” 2nd Power Electronics, Drive Systems and Technologies Conference, IEEE.
- 8- YAICH M., GHARIANI M., (2018)– “**Control Strategy for Switched Reluctance Motor Based on Embedded System**”, J. Electrical Systems 14-1 (2018): 156–173.

أثر المعالجات الحرارية على الخواص الميكانيكية لقطع من حديد الصب المرن ملحومة بالكترودات لحام نوع (Inconel 625)

*أ. د. د. نوفل يوسف الاحمد

*م. باسم محسن عمار

(الإيداع: 11 حزيران 2019 ، القبول: 14 تموز 2019)

ملخص:

يتضمن هذا البحث دراسة عينات من حديد الصب المرن تم تحليلها كيميائياً وتحديد خواصها الميكانيكية، ثم إجراء عملية اللحام بالقوس الكهربائية باستخدام إلكترودات لحام نوع (Inconel 625) ولحالتين: الأولى تم إجراء التسخين السابق للعينات إلى درجة حرارة 500 C والثانية تم لحامها مباشرة، ثم اجري معالجة حرارية لجميع العينات (مراجعة على درجة حرارة 400 C لعدد من العينات وتخميم التخلص من الاجهادات على درجة حرارة 650 C لباقي العينات) وتمت دراسة تأثير التسخين المسبق والمعالجة الحرارية اللاحقة على الخواص الميكانيكية للوصلة اللحامية وقد اظهرت النتائج انخفاض في القساوة ومقاومة الشد بشكل ملحوظ عند التسخين السابق و المعالجات الحرارية اللاحقة، وكذلك ارتفاع في مقاومة الصدم والسبب في ذلك انه في أثناء المراجعة يتم تخفيض قساوة المارتزيت فترجع البنية البلورية الغير مستقرة (المارتزيت) التي تشكلت بعد عملية التبريد إلى وضع أكثر إستقراراً، فيتفكك المارتزيت بوساطة الإنتشار إلى فيريت وكربيدات (السمنتيت). وتكون سرعة التحول صغيرة في درجات الحرارة المنخفضة لأن تحرك الكربون داخل المارتزيت يتطلب درجة حرارة وزمناً. اما تخميم التخلص من الإجهادات فتسمح بإعادة ذوبان السميتيت و خروج الكربون من حبيبات الفيريت، وبالتالي إعادة انتشار الكربون ضمن البنية ، ونتيجة عملية التخميم هذه تحدث إعادة تبلور للحبيبات و بالتالي نحصل على بنية برليتيية متجانسة ذات حبيبات ناعمة و هذا يفسر انخفاض قيم القساوة ومقاومة الشد وارتفاع مقاومة الصدم.

الكلمات المفتاحية: حديد الصب المرن – خواص ميكانيكية – لحام – الكترودات لحام – تسخين سابق – اختبار الشد

*طالب دراسات عليا في قسم هندسة المواد التطبيقية في كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس

**أستاذ في قسم هندسة المعدات والاليات في كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس

The effect of heat treatment on mechanical properties for ductile cast iron parts welded by (Inconel 625) electrodes

*Eng. basem muhsen ammar

**prof.nawfal yousef alahmad

(Received: 11 June 2019, Accepted: 14 July 2019)

Abstract :

This research includes the study of samples of ductile cast iron, they were analyzed chemically and determine their mechanical properties, and then weld it by arc electric welding using (Inconel 625) welding electrodes type. In two cases, the first one is pre-heating of the samples was carried out to a temperature of 500 c and the second was weld directly, and then we made heat treatment on all samples (tempering at 400 c for a number of samples and annealing at 650 c for the other samples). The effect of preheating and subsequent heat treatment on the mechanical properties of the welded parts was studied. The results showed a decrease in hardness and The tensile strength of pre-preheating and subsequent heat treatments samples, as well as the rise in impact resistance, that is because during the tempering, the hardness of the martensite is reduced as the unstable crystalline structures (martensite) formed after the cooling process returned to a more stable position, where the martensite breaks down into ferrites and carbides. The transformation speed is small at low temperatures because the movement of carbon inside martensite requires temperature and time. The annealing process, allowing the carbon to be redistributed within the structure. As a result of the annealing process, crystallization of the granules takes place, thus obtaining a homogeneous pearlite structure with soft granules. This is the main reason for the low hardness and tensile strength and high toughness.

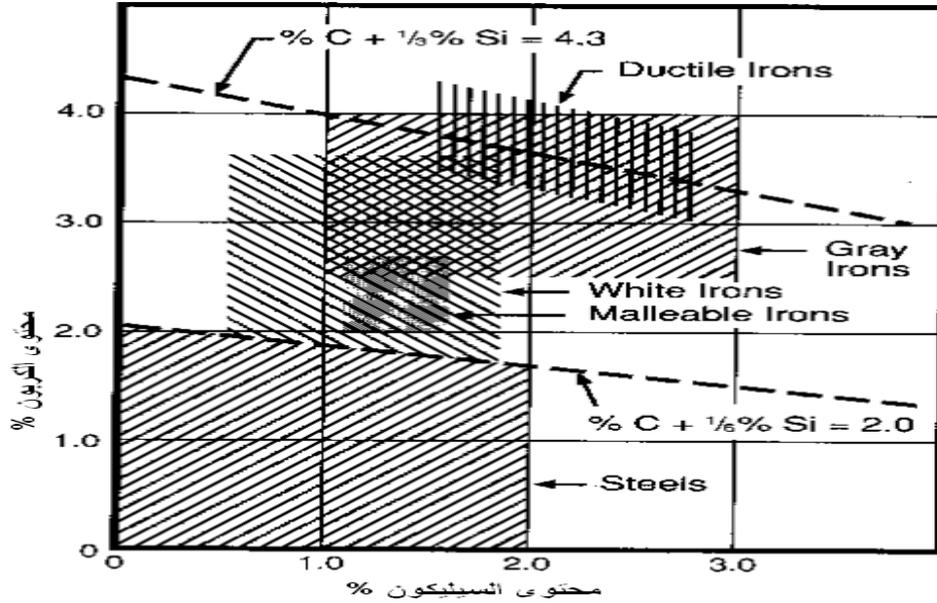
key words: Ductile casting iron – Mechanical properties – Welding – Welding electrodes – Preheating – Tensile test

*master student in Applied Materials Engineering Department, Faculty of Technical engineering, Tartous University

**professor at equipments and machinery department, faculty of technical engineering

1- المقدمة:

لا تشير عبارة حديد الصب إلى مادة واحدة بل إلى ثلثة من المواد والتي يكون الحديد الجزء الأكبر من تركيبها، وكميات معينة من الكربون والسيليكون (خلائط حديدية تحتوي على أكثر من 2% كربون، و 3% سيليكون وحتى 1% من المنغنيز)[1].



الشكل رقم (1): يبين عائلة حديد الصب[1]

كما يرى من الشكل فإن عائلة حديد الصب هي خلائط طبيعية تتحدد خواصها من خلال بنيتها البلورية – الأطوار المتوازنة وغير المتوازنة المتشكلة من خلال التجمد أو المعالجات الحرارية اللاحقة[1]، كما ان هناك طرق عدة لتغيير البنية البلورية لحديد الصب للحصول على الخواص الميكانيكية المرغوب بها، وقد يتم ذلك بإضافة العناصر الخلائطية، أو بتعديل سلوك التجمد، أو عن طريق المعالجة الحرارية بعد التجمد وفيما يأتي الأنواع الأكثر استخداماً لحديد الصب:

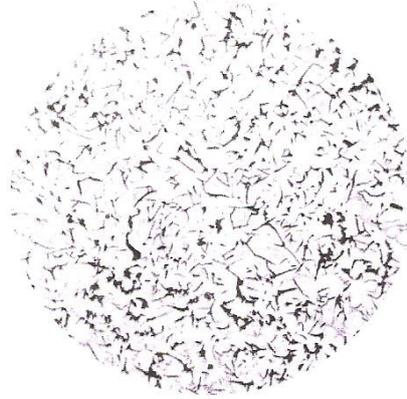
1-1- حديد الصب الأبيض:

حديد الصب الأبيض في شكله النهائي ممتلئ بالكراييد الناتجة عن العناصر الخلائطية مما يجعله قاسياً جداً ومقاوماً للاهتراء بالإحتكاك ولكنه قصيف. نظراً لارتفاع نسبة السمنتيت في حديد الصب الأبيض المعروف بقساوته، فإن قساوته وهشاشيته واضحة ومقطعه يميل إلى البياض وهو مقاوم للتآكل الميكانيكي ولكنه يصعب تشغيله أو تشكيله ميكانيكياً لذا يأخذ شكله بالسباكة. ويستعمل في اسطوانات الطحن ورؤوس السحب وغير ذلك[2].

1-2- حديد الصب الرمادي:

يعد حديد الصب الرمادي الشرائحي أقدم أنواع حديد الصب وأكثرها شيوعاً، لذا فإن عبارة حديد الصب وحديد الصب الرمادي قابلتان للتبادل. سمي حديد الصب الرمادي بهذا الإسم لأن مكسره ذو لون رمادي، وتتألف بنيته من شرائح الغرافيت الموزعة على الأرضية المؤلفة من الفيريت أو البرليت أو مزيج من كليهما، وإن سيولة حديد الصب الرمادي العالية تجعل هذا المعدن مثالياً للإنتاج في عملية السباكة، ولا سيما المسبوكات معقدة الشكل. إن شكل الغرافيت الشرائحي في حديد الصب الرمادي

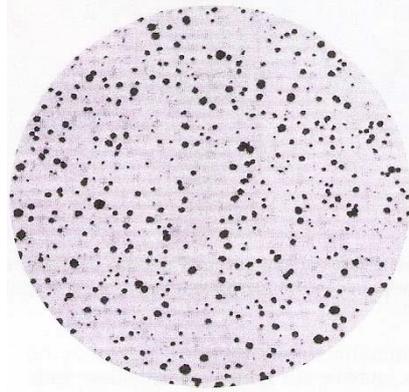
الشكل له تأثير كبير على خواصه الميكانيكية حيث تسبب شرائح الغرافيت تشكل إجهادات تسبب أحياناً تمزقات. يبدي حديد الصب الرمادي سلوكاً قصفاً، وينهار عند الشد من دون تشوه ملحوظ[2].



الشكل رقم (2): حديد الصب الرمادي

1-3- حديد الصب المرن :

هو عبارة عن حديد صب رمادي، يتم تحويل الغرافيت فيه إلى شكل كروي وذلك بإضافة نسبة معينة من المغنسيوم أو السيريوم في أثناء السكب ومن ثم تتحسن خواصه الميكانيكية بشكل كبير حيث أنه يسلك سلوكاً قريباً من الفولاذ[1,2].



الشكل رقم (3): حديد الصب المرن

1-4- قابلية حديد الصب المرن للحام:

تتوقف قابلية اللحام على البنية المجهرية والخواص الميكانيكية، فعلى سبيل المثال حديد الصب الرمادي هو قصف، ولا يتحمل في الغالب الضغط الناتج عن عملية اللحام والتبريد اللاحق، أما حديد الصب المرن له قابلية لحام اكبر[3].

ففي أثناء لحام حديد الصلب تصبح منطقة اللحام ساخنة إلى درجة الانصهار، وبعد عملية اللحام تبرد كامل المنطقة التي تأثرت بالحرارة بسرعة كبيرة جداً، وفي أثناء عمليتي التسخين والتبريد فإن بعض الكربون ينحل وينتشر في الأرضية المعدنية، ونتيجة لذلك فإن الكرييدات تميل إلى تشكيل حافة لمنطقة الإلتحام، و المارتزيت يميل إلى تشكيل ما تبقى من المنطقة المتأثرة بالحرارة، وإن تشكيل هذه الأجزاء الدقيقة القاسية الهشة يزيد من العرضة للتصدع، وكذلك نتيجة طبيعته الموضعية، فإن اللحام يؤدي إلى إجهادات حرارية في منطقة اللحام[4].

لذا فإن اللحام الناجح يمكن أن يتم من خلال تقليل الإجهادات الحرارية إلى الحد الأدنى عند تقلص المعدن الملحوم في أثناء التبريد، والنقاط الكربون من قبل المعدن الملحوم، وذلك من خلال التحكم بمعدل التبريد، وإجراء معالجة حرارية لاحقة.

2- أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث وأهدافه في دراسة قابلية اللحام لحديد الصلب المرن وتأثير التسخين المسبق و المعالجة الحرارية اللاحقة على الخواص الميكانيكية لمحمومات حديد الصلب المرن.

3- طرائق البحث ومواده :

تم في هذا البحث جمع اجزاء من حديد الصلب المرن من المنطقة الصناعية ثم اجري التحليل الكيميائي للمعدن لتحديد تركيبه الكيميائي بدقة باستخدام جهاز التحليل الطيفي الموجود في مخبر مقاومة المواد في كلية الهندسة التقنية وهو جهاز الماني الصنع من نوع OES موديل FOUNDRY- MASTER UV آلية عمل الجهاز تتلخص فيما يلي (يعتمد على حرق العينة بواسطة شرارة كهربائية فتتشرد الكترولونات مكتسبة طاقة و عند عودة تلك الالكترولونات تخسر طاقة تطلقها بشكل فوتونات فتندمج عبر ألياف ضوئية و تمر عبر المرايا ثم تذهب إلى الكاشف (الحساسات) التي تتحسس اطوال موجات الفوتونات) و بالتالي و بالاعتماد على أطوال هذه الموجات يتم تحديد نسب العناصر الموجودة في العينة المختبرة. والجدول (1) يبين التركيب الكيميائي للمعدن:

الجدول رقم (1): يوضح نتائج التحليل الطيفي للعينة

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
%	%	%	%	%	%	%	%	%
3.41	2.54	0.15	0.02	0.0287	0.0357	0.0213	0.0093	0.0133

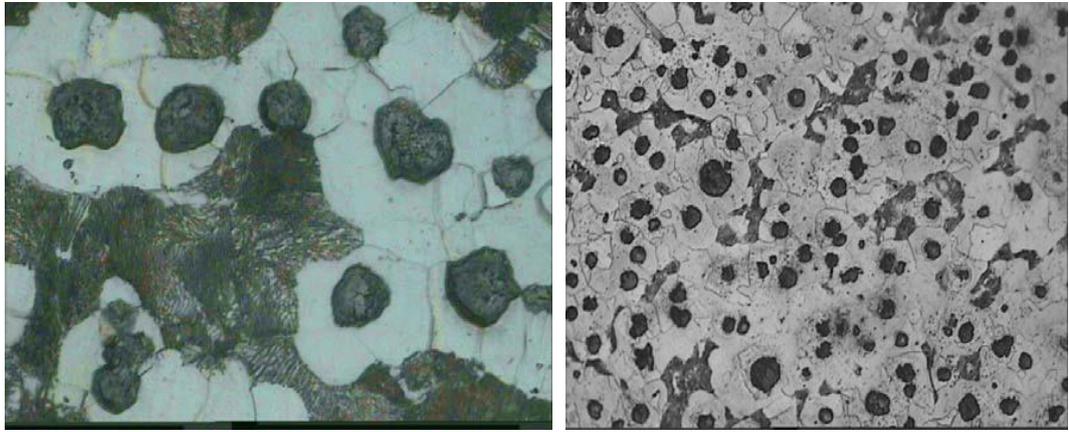
Co	Cu	Nb	Ti	Pb	Mg	As
%	%	%	%	%	%	%
0.0026	0.05466	0.0076	0.0154	0.0032	0.0475	0.111

Zr	Bi	Ca	Ce	Zn	Fe
%	%	%	%	%	%
<0.00050	0.256	>0.0048	<0.00050	0.0018	Reem

كما يلاحظ من نتائج التحليل الطيفي بأن التركيب الكيميائي هو التركيب المميز لحديد الصب المرن من حيث نسبة الكربون والسيلكون وجود نسبة منخفضة من المغنيزيوم (0.0475%) مما يدل على أنه قد تم استخدام المغنيزيوم في عملية التكرور.

4- الإختبارات المجهرية للعينات:

قمنا بتحضير العينات لوضعها تحت المجهر الضوئي وتصوير بنيتها المجهرية للتأكد من ان العينات هي من حديد الصب المرن حيث تم صقل العينات حتى اصبح سطحها لامعاً ثم تمت معالجتها بحمض الازوت الممدد ووضعها تحت المجهر الضوئي الموجود في مخبر المعادن في مرفأ طرطوس والتقاط صور للبنية المجهرية بنسب تكبير مختلفة. تبيين الصور المجهرية في الشكل(4) التي أخذت بنسب تكبير (200x) و(500x) للبنية المجهرية بعد المعالجة الكيميائية توزع الغرافيت وشكله في داخل المعدن، يلاحظ بأن الأرضية المعدنية (matrix) للمعدن المختبر تتألف من الفيريت والبرليت وزعت عليها كريات من الغرافيت. ان الشكل الكروي للغرافيت هو ما يميز حديد الصب المرن عن باقي انواع حديد الصب.



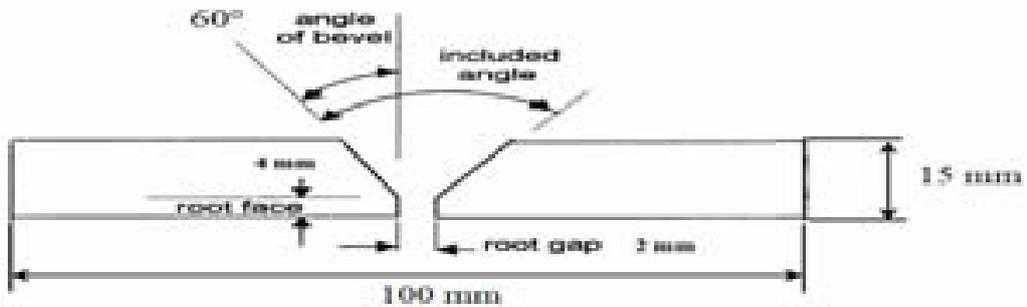
500x

200x

الشكل رقم (4) يبين البنية المجهرية للعينات المدروسة بعد المعالجة بحمض الازوت الممدد

5- تحضير العينات:

تم تحضير العينات بواسطة المنشار القرصي بالأبعاد (15*50*100) بعدها تم قص العينة من المنتصف والتشطيب بزواية (60) درجة للتحضير لعملية اللحام وفق الشكل(5)[3]:



الشكل رقم (5): يوضح طريقة لحام العينات

5-1- عملية اللحام:

تمت عملية اللحام لنموذجين من العينات: الأولى لحمت بشكل مباشر، والثانية اجري لها تسخين مسبق لدرجة حرارة (500C). وجميع العينات لحمت بماكينه القوس الكهربائي وباستخدام تيار لحام مقداره (70A) وباستخدام الكترود لحام نوع (INCONEL 625) ذو التركيب الكيميائي المبين بالجدول (2) [3]. وقد تمت عملية اللحام على طبقتين خلال شوطين وتسمى الطبقة الأولى بالجزر، وتسمى الطبقة الثانية (العليا) طبقة الملء [5].

الجدول (2) يبين تركيب إلكترود اللحام المستخدم

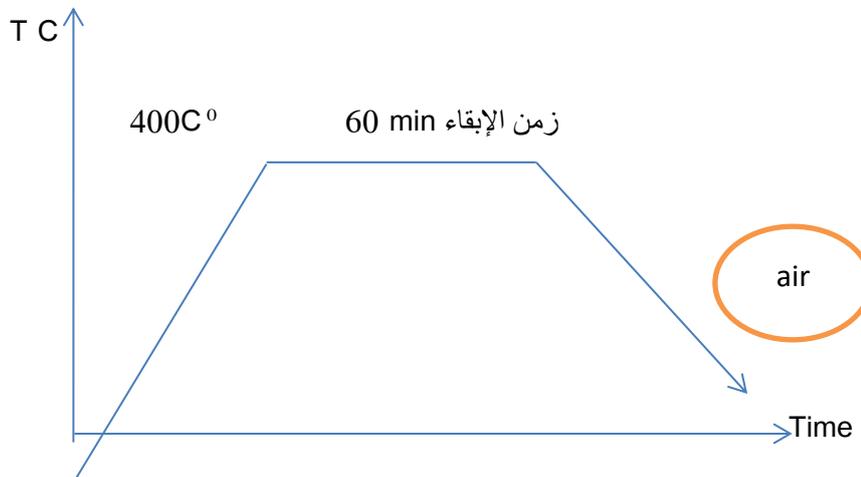
Fe	Mo	Ta	Nb	Cr	Ni	Mn	Si	Inconel 625
Other	8-10	4.5	3.5	25-20	58	0.5	0.5	

5-2- عملية المعالجة الحرارية اللاحقة:

تمت عملية المعالجة الحرارية بعد اللحام للعينات في فرن كهربائي خاص موجود في المعهد الصناعي في طرطوس مزود بغاز واقٍ (غاز الأزوت) لمنع حدوث ظاهرة انخفاض نسبة الكربون على السطح decarburization يحتوي هذا الفرن على اربع وشائع كهربائية من كل جهة مرفق به جهاز تحكم يتحكم بدرجة الحرارة وسرعة التسخين ويسخن حتى 1200 c في بحثنا هذا تم اختيار نوعين من المعالجة الحرارية هما: (المراجعة - تخمير التخلص من الإجهادات) لكل نموذج بعد عملية اللحام، وقد تضمنت عملية المعالجة الحرارية /24/ عينة وفق العمليات التالية:

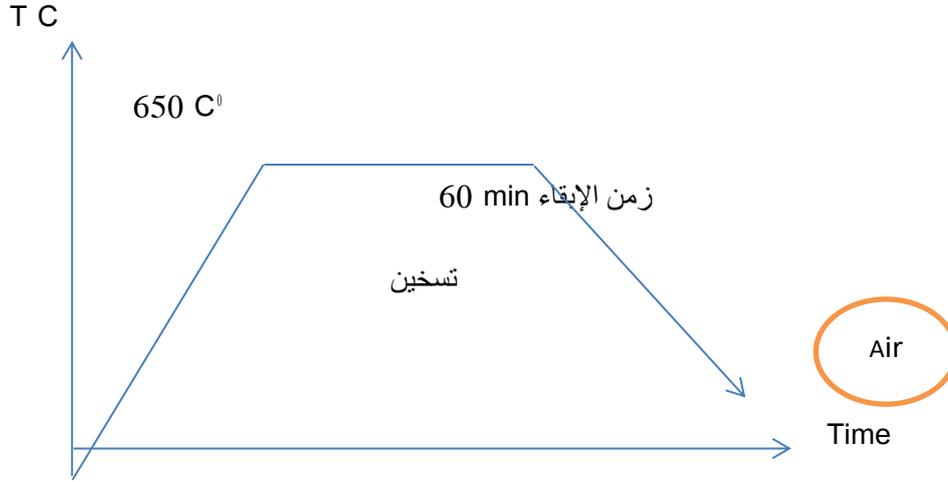
5-3- عملية المراجعة:

تمت على /12/ عينة عند درجة حرارة (400C⁰) [2]، زمن الإبقاء ساعة واحدة وتمت عملية التبريد بالهواء.

**الشكل رقم (6) : يبين المخطط البياني لعملية المراجعة على درجة حرارة 400**

4-5- عملية تخمير التخلص من الإجهادات:

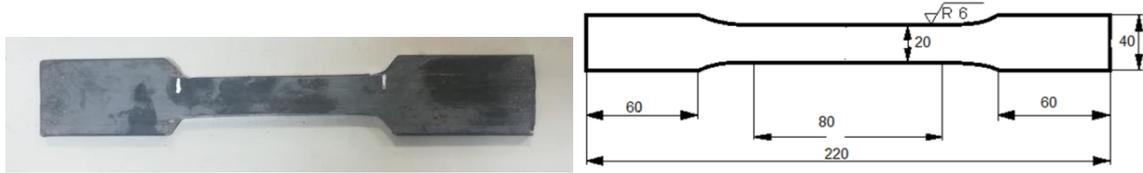
تمت على 12/ عينة عند درجة حرارة (650C°) [2]، زمن الإبقاء ساعة واحدة وتمت عملية التبريد بالهواء.



الشكل رقم (7): يبين المخطط البياني لعملية تخمير التخلص من الاجهادات على درجة حرارة 650

5-5- اختبار الشد:

تم تحضير عينات الشد وفق المواصفات القياسية DIN 17600 [4,5,6] ثم اجري الاختبار على العينات باستخدام جهاز الشد الموجود في كلية الهندسة التقنية ماركة ZWICK/ROELL.



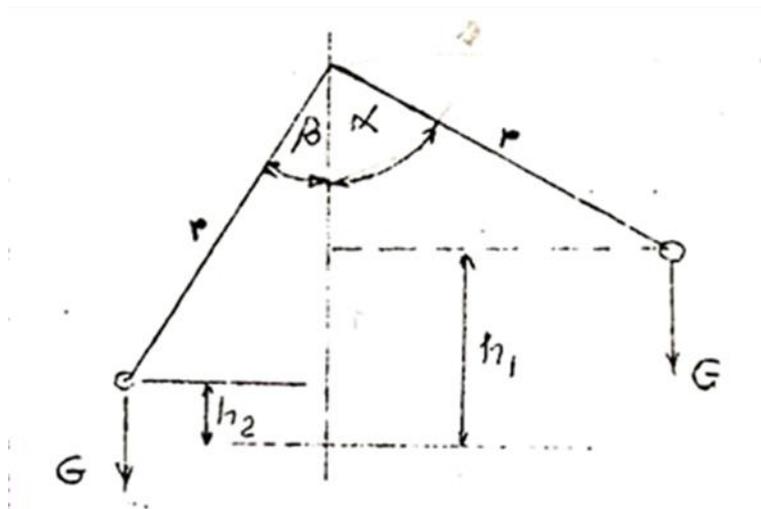
الشكل رقم (7) : ابعاد عينة الشد



الشكل رقم (8): جهاز اختبار الشد المستخدم

5-6- اختبار الصدم:

تم استخدام جهاز شاربي الموجود في مختبر مقاومة المواد في كلية الهندسة التقنية لقياس مقاومة الصدم للعينات المختبرة، حيث تم استخدام عينات صدم نظامية بأبعاد (10*55*10) مم وحز في منتصف العينة على شكل حرف V وبعمق 2 مم [6]. ان عملية القياس تتم كما يلي:



ترفع المطرقة بزاوية (α) فيكون ارتفاعها عن النقطة المختبرة (h_1) وتكون الطاقة المخزنة فيها ($G \cdot h$). حيث ان G وزن المطرقة . عندما تترك المطرقة تصدم بالقطعة وتكسر ها مرتفعة بمقدار الارتفاع (h_2) بسبب عدم امتصاص إجمالي الطاقة

المختزقة من قبل القطعة .إي ان الطاقة المستخدمة للكسر هي مقدار الفرق بين الطاقة الكامنة التي خزنت بالمطرقة عند رفعها بمقدار (h1) وبين الطاقة المتبقية في المطرقة والتي أدت الى رفعها بمقدار (h2) ، الشكل (12-28) يبين زاوية الرفع والسقوط:

$$W = G(h_1 - h_2)$$

ومن الشكل نستطيع حساب الارتفاعات (h2.h1) كما يلي:

$$h_1 = r + r.\sin(\alpha - 90^\circ)$$

$$h_2 = r - r.\cos\beta$$

$$W = G.r(\cos\beta - \cos\alpha) \quad \text{وبالتعويض ينتج :}$$

حيث ان :

w : العمل المبذول في قطعة الاختبار ، ويقاس N.m

R : طول ذراع المطرقة، ويقاس بـ m .

β : الزاوية التي صعدت بها المطرقة بعد الاصطدام (زاوية الصعود) .

α : الزاوية التي رفعت بها المطرقة في البداية (زاوية السقوط) .

$$\alpha_k = \frac{W}{A_o} \quad \text{وبعد ذلك يمكن تعيين متانة الصدم (α_k) من العلاقة [7] :}$$



الشكل رقم (9) : يبين جهاز الصدم المستخدم

5-7- اختبار القساوة:

في هذا الاختبار تم استخدام جهاز قساوة من نوع SADT وهو جهاز رقمي يدوي الموجود في مخبر مقاومة المواد في كلية الهندسة التقنية يستطيع قياس قساوة برينل. ولقد تم قياس قساوة العينات قبل اللحام وبعد اللحام وبعد المعالجة الحرارية. حيث تم اجراء اختبار القساوة بعد صقل سطح العينات بواسطة الة الجليخ الموجودة في مخبر مقاومة المواد ثم اخذ القيمة المتوسطة لثلاث قراءات لكل منطقة (منطقة المعدن الاساس - منطقة اللحام - منطقة التأثير الحراري)



الشكل رقم (10): يبين جهاز القساوة المستخدم

6- النتائج والمناقشة:

6-1- نتائج الاختبارات الاولية:

اجريت اختبارات الشد والصدم والقساوة لعينات حديد الصب المرن قبل البدء بعمليات اللحام والمعالجة الحرارية (الجدول 3) يبين نتائج اختبار الخواص الميكانيكية لعينات حديد الصب المرن قبل اللحام.

الجدول رقم (3): يبين نتائج الشد والصدم والقساوة للعينات قبل اللحام

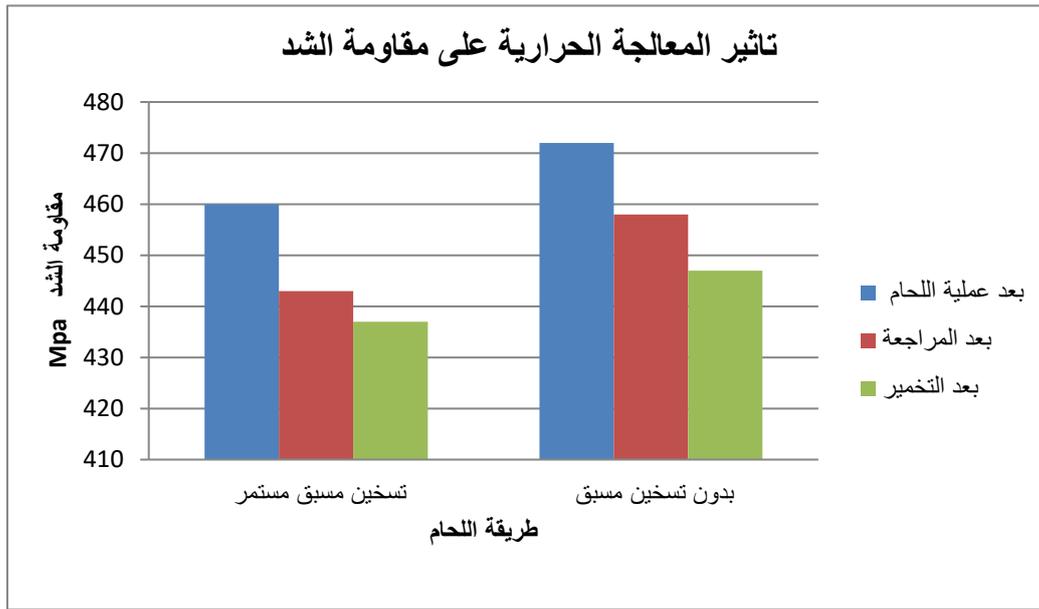
مقاومة الصدم (J/mm^2)	مقاومة الشد الأعظمية (Mpa)	القساوة (HB)
21	415	192

6-2- نتائج اختبار الشد:

تم اختبار الشد على العينات بعد اللحام وبعد المعالجات الحرارية ولكلا النموذجين من العينات وتوصلنا الى النتائج المبينة في الجدول (4) والممثلة بيانيا في الشكل (11).

الجدول رقم (4): يبين قيم مقاومة الشد بعد اللحام وبعد المعالجة الحرارية

النموذج	بعد اللحام	بعد عملية المراجعة	بعد تخمير التخلص من الاجهادات
	مقاومة الشد (Mpa)	مقاومة الشد (Mpa)	مقاومة الشد (Mpa)
تسخين مسبق لدرجة حرارة 500c	460	443	437
بدون تسخين مسبق	472	458	447



الشكل رقم (11): يبين تأثير المعالجة الحرارية على مقاومة الشد

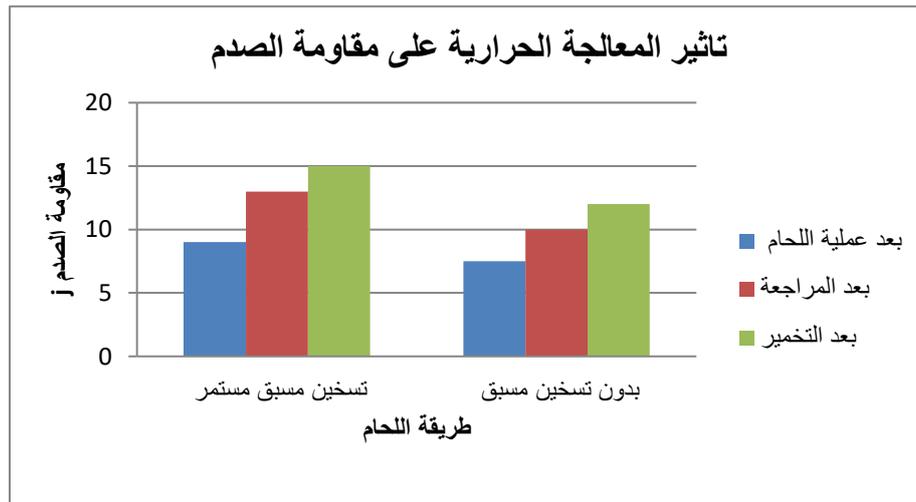
نلاحظ من دراسة المخطط والجدول ان مقاومة الشد للعينات الملحومة مع تسخين مسبق اقل بشكل ملحوظ من مقاومة الشد للعينات الملحومة بدون تسخين مسبق والسبب في ذلك ان التسخين المسبق يؤدي الى انخفاض سرعة التبريد اللاحقة التي تؤمن ارتفاعاً في لدونة الوصل اللحامية نتيجة الانخفاض في مقدار الأطوار القصفة المتشكلة نسبياً يتزامن مع انخفاض مقاومة الشد . كما اننا نلاحظ ان عملية المراجعة للعينات على درجة حرارة 400C ادت الى انخفاض في مقاومة الشد لكلا النموذجين ويعود ذلك الى ان تخمير المراجعة على درجة حرارة 400C⁰ لمدة ساعة هو تخمير انتشاري يؤدي إلى تعديل طفيف في البنية البلورية للوصلة اللحامية [7,8]، ولكن يحدث تحسن في اللدونة على حساب القساوة مما يؤدي إلى انخفاض في قيم مقاومة الشد . ايضا تبين النتائج ان تخمير التخلص من الاجهادات يخفض ايضا من مقاومة الشد لكلا النموذجين ويكون الانخفاض اكبر من حالته بعد عملية المراجعة والسبب في ذلك ان التخمير يؤدي إلى تخفيض الإجهادات التي تنشأ أثناء عملية التبريد اللاحقة، وذلك بعد عملية اللحام مما يؤدي إلى التقليل من قسافة الوصلة اللحامية، وكذلك فإن كمية كريات الغرافيت التي تتشكل في الوصلة اللحامية تعد كافية لتجنب تشكيل الكرييدات الإضافية أو المارتزيت، لذا فإن تخمير تخفيض الإجهادات سيزيل الإجهادات التي تتشكل في أثناء عملية التبريد للمنطقة الملحومة من المعدن ومن ثم نحصل على بنية لدنة نوعا ما ذات مقاومة شد منخفضة [8,9,10].

3-6- نتائج اختبار الصدم:

من خلال دراسة المخطط في الشكل (12) وقيم مقاومة الصدم في الجدول (5) نلاحظ ان التسخين المسبق المستمر الى درجة حرارة 500c يزيد من مقاومة الصدم لمخومات حديد الصب المرن ويعود ذلك الى ان عملية التسخين المسبق يؤدي إلى تخفيض سرعة التبريد لمنطقة اللحام وللمعدن الأساس مما يؤدي إلى تشكل بنية ميتالورجية لدنة ذات مقاومة أكبر للتمزق [7,8]، مما يقلل كذلك من إمكانية حدوث التمزقات، وكذلك يخفض التسخين المسبق الإجهادات التي تتشكل نتيجة حدوث التقلص بين منطقة اللحام والمعدن الأساس مما يؤدي إلى تحسين خواص ميكانيكية معينة من مثل مقاومة الصدم. كما اننا نلاحظ ان عملية المراجعة للعينات على درجة حرارة 400c ادت الى زيادة في مقاومة الصدم لجميع العينات وذلك لان تخمير المراجعة يؤدي إلى مراجعة المارتنيزيت الذي يتشكل في الوصلة اللحامية ومن ثم تتخفف القساوة ومقاومة الشد وتزداد مقاومة الصدم كذلك تبين النتائج ان عملية تخمير التخلص من الاجهادات تزيد بشكل ملحوظ من مقاومة الصدم لجميع العينات ويعود السبب في ذلك بأن عملية التخمير هذه تساهم بالدرجة الأولى بإزالة الاجهادات المتراكمة في منطقة التأثير الحراري والتي تعد السبب الرئيسي في انخفاض المتانة للوصلة اللحامية وان عملية التسخين الى درجة حرارة اقل من AC1 والابقاء عند هذه الدرجة فترة من الزمن يسمح بإعادة ذوبان السمنتيت وخروج ذرات الكربون من الفريت المتواجد في منطقة حوض اللحام وبالتالي يساهم في اعادة انتظام شكل الحبيبات وانتظام الهياكل الشبكية للبلورات وهذا ما ينتج عنه تحسن في المتانة ومقاومة الصدم [9,12].

الجدول رقم (5): يبين نتائج اختبار الصدم

النموذج	بعد اللحام مقاومة الصدم (J/mm ²)	بعد عملية المراجعة مقاومة الصدم (J/mm ²)	بعد تخمير التخلص من الاجهادات مقاومة الصدم (J/mm ²)
تسخين مسبق لدرجة حرارة 500c	9	13	15
بدون تسخين مسبق	7.5	10	12



الشكل رقم (12): يبين تأثير المعالجة الحرارية على مقاومة الصدم

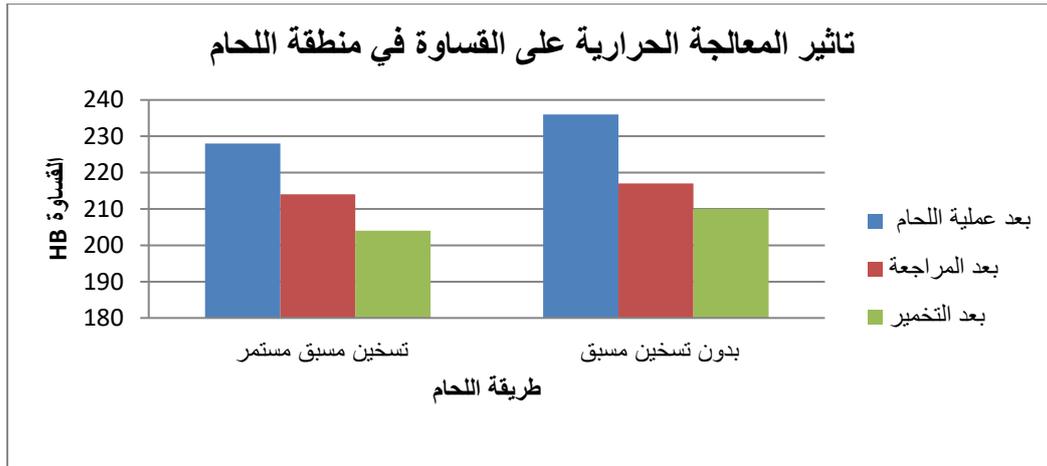
6-4- نتائج اختبار القساوة:

تبين نتائج اختبار برينل للقساوة الموضحة في الجدول (6) والممثلة بيانياً في الأشكال (13) و (14) ان القساوة انخفضت في منطقة اللحم وفي منطقة التأثير الحراري في العينات التي لحمت في حالة التسخين المسبق الى درجة حرارة 500 c عن العينات التي لحمت بشكل مباشر حيث يكمن الدور الذي يلعبه التسخين المسبق في تخفيض سرعة التبريد بمقدار كافٍ عبر مجال درجات حرارة MS-Mf مما يؤدي إلى التخفيض من تشكل المارتزيت مع المحافظة على درجة حرارة التسخين في أثناء عملية اللحم وتعد عملية التسخين المسبق أكثر ضرورة عندما يكون الجو بارداً. كذلك نلاحظ ان عملية المراجعة تخفض القساوة لجميع العينات والسبب في ذلك انه في أثناء المراجعة يتم تخفيض قساوة المارتزيت حيث ترجع البنية البلورية الغير مستقرة (المارتزيت) التي تشكلت بعد عملية التبريد إلى وضع أكثر استقراراً، حيث يتفكك المارتزيت بوساطة الانتشار إلى فيريت وكربيدات (السمنتيت). وتكون سرعة التحول صغيرة على درجات الحرارة المنخفضة لأن تحرك الكربون داخل المارتزيت يتطلب درجة حرارة وزمن [9,8]، والبنية الناتجة تصبح مارتزيت مراجع. اما بعد عملية تخمير التخلص من الاجهاد فان القساوة تنخفض اكثر لجميع العينات ويعود السبب في ذلك ان عملية تخمير التخلص من الاجهاد تسمح بإعادة ذوبان السمنتيت و خروج الكربون من حبيبات الفيريت تسمح بإعادة انتشار الكربون ضمن البنية، ونتيجة عملية التخمير هذه تحدث إعادة تبلور للحبيبات و بالتالي نحصل على بنية برليتيية متجانسة ذات حبيبات ناعمة هذا هو السبب الرئيسي في انخفاض قيم القساوة.

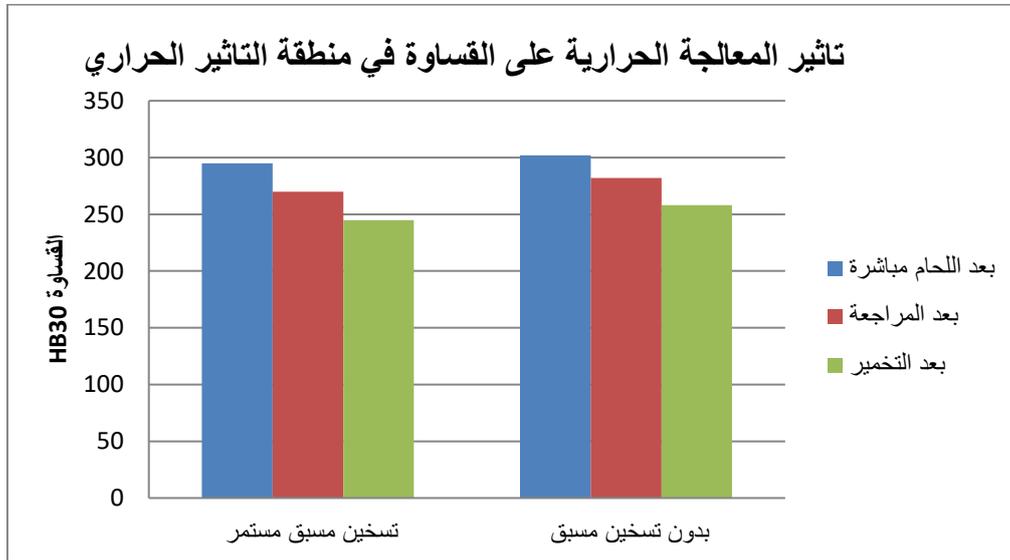
لكن من خلال مقارنة نتائج القساوة في منطقة اللحم ونتائج القساوة في منطقة التأثير الحراري نلاحظ ان الانخفاض في القساوة في منطقة اللحم اكبر منه في منطقة التأثير الحراري والسبب يعود في ذلك الى ذلك إلى انحلال النيكل الموجود في قضبان الحام في منطقة الإنصهار، والذي يؤدي إلى تخفيض إمكانية تشكل الأطوار القاسية (كربيدات أو مارتزيت) حيث ان معدن النيكل الذي يمتص الكربون محلاً إياه في أرضيته المعدنية [12,11,10].

الجدول رقم (6): يبين نتائج اختبار القساوة بعد اللحم وبعد المعالجة الحرارية في منطقتي اللحم والتأثير الحراري

قيمة القساوة HB			النماذج
منطقة التأثير الحراري	منطقة اللحم	الحالات	
295	228	بعد عملية اللحم	تسخين مسبق
270	214	بعد تخمير المراجعة	لدرجة حرارة
245	204	بعد تخمير التخلص من الإجهادات	500c
302	236	بعد عملية اللحم	بدون تسخين
282	217	بعد تخمير المراجعة	مسبق
258	210	بعد تخمير التخلص من الإجهادات	



الشكل رقم (13): يبين تأثير المعالجة الحرارية على القساوة في منطقة اللحم



الشكل رقم (14): يبين تأثير المعالجة الحرارية على القساوة في منطقة التأثير الحراري

7- الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تزداد القساوة ومقاومة الشد وتنخفض مقاومة الصدم عند لحم حديد الصب المرن بدون تسخين مسبق.
- 2- اجراء عملية التسخين المسبق الى درجة حرارة 500 C اثناء عملية اللحم يخفض القساوة ومقاومة الشد ويزيد من مقاومة الصدم عن حالة اللحم بدون تسخين مسبق.
- 3- تخفض المراجعة على درجة حرارة 400 C القساوة ومقاومة الشد وتزيد من مقاومة الصدم لمحمومات حديد الصب المرن.
- 4- تنخفض القساوة ومقاومة الشد وتزداد مقاومة الصدم عند اجراء تخمير التخلص من الاجهادات على درجة حرارة 650 C.
- 5- قبل المعالجة الحرارية اللاحقة تشكلت بنية مارتنزيت، إن تشكل هذه البنية يمكن أن يخفض مقاومة الصدم في الوصلة اللحامية، وأعطت المعالجة الحرارية اللاحقة نتائج جيدة في التخلص من تأثير المارتنزيت في منطقة التأثير الحراري مما انعكس على القساوة والخواص الميكانيكية وخصوصاً مقاومة الشد ومقاومة الصدم.

6- نوصى بدراسة اثر المعالجات الحرارية على الوصلات اللحامية لحديد الصب المرن ولكن باستخدام انواع اخرى من الإلكترودات.

7- نوصى بإجراء دراسة تأثير انواع اخرى من المعالجة الحرارية على الوصلات اللحامية لحديد الصب المرن.

8- نوصى بإجراء دراسة اثر نسبة النيكل في الكترودات اللحام على الخواص الميكانيكية لمعلومات حديد الصب المرن.

المراجع:

- 1- د. الاحمد، نوفل : "تكنولوجيا المعادن" .كتاب جامعي من مؤلفات جامعة تشرين 2012
- 2 - د. هترة علي ، "المعالجات الحرارية للمعادن " منشورات جامعة تشرين 1999-2000
- 3- J.Francisco " An Analysis of Weld ability of Ductile Cast Iron using Inconel 625 for the Root Weld and Electrodes Coated in 97,6% Nickel for the Filler Welds" ,ITM , Universitat politecnica de Valencia Carcel-Carrasco (2016)
- 4- Malej, S.; Medved, J.; Batič, B.Š.; Tehovnik, F.; Godec, M. Microstructural evolution of Inconel 625 during thermal aging. *Metalurgija* 2017
- 5- M. Pouranvari, On the weldability of grey cast iron using nickel based filler metal, *Mater. Des.*, 31(2010),
- 6- M. Pascual, C. Ferrer, and E. Rayón, Weld ability of spheroidal graphite ductile cast iron using Ni/Ni-Fe electrodes, *Rev. Metal.*, (2009),
- 7- S. Panneerselvam, C.J. Martis, S.K. Putatunda, and J.M. Boileau, An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI), *Mater. Sci. Eng. A*, 626(2015),
- 8- Pouranvari, M. On the Weldability of Grey Cast Iron Using Nickel Based Filler Metal. *Mater. Des.* 2010,
- 9- S. D. Kaiser, P. E. Faws and M. Northey, "Welding Cast Iron, Canadian Welding Journal" ,Fall (2017),
- 10- R. Kumar, R.K. Behera, S. Sen Effect of tempering temperature and time on strength and hardness of ductile cast iron *Conf Ser Mater Sci Eng*, 75 (2015)
- 11- B. Wang, G. Barber, M. He, X. Sun, M. Shaw, B. Slattery, et al Study of ausferrite transformation kinetics for austempered ductile irons with and without Ni SAE Tech Pap Ser 2016
- 12- R.M.; Silva, F.J.; Paiva, O.C.; de Fátima Andrade, M.; Pereira, L.A.; Moselli, P.C.; Papis, K.J." Comparing the Structure and Mechanical Properties of Welds on Ductile Cast Iron (700 MPa) under Different Heat Treatment Conditions". *Metals* 2018

دراسة تحليلية ورقمية لرنانات عازلة كهربائياً بهدف تصميم و تنفيذ دارات متكاملة ميكروية لاستخدامها في أجهزة الاتصالات

*د. نائل داؤد

(الإيداع: 13 آيار 2019 القبول: 4 آب 2019)

الملخص:

ضمن حزمة الترددات العالية (الميكروية و البصرية) ، فإن الرنانات العازلة كهربائياً التي تعمل بالأنماط التقليدية مثل $TE_{01\delta}$ تكون أبعادها صغيرة نسبياً، و بالتالي يكون استخدامها بدقة معينة في الدارات صعباً للغاية ولا يسمح لها بالاندماج السهل في هذه الدارات.

لذلك تم التوجه لاستخدام هذه الرنانات بحيث تعمل بأنماط جديدة التي تسمى أنماط طرفية أو أنماط هامسة Whispiring Modes WM لأنها تسمح بزيادة قطر الرنان من أجل نفس الترددات السابقة.

يتركز البحث هنا على دراسة تمهيدية تفصيلية كهرومغناطيسية (تحليلية و رقمية) لبنى رنانات عازلة كهربائياً اسطوانية تعمل بهذه الأنماط بهدف استخدامها لاحقاً في تصميم الدارات المتكاملة الغير فعالة الميكروية مثل: موزعات الاستطاعة Combinor of puissance، المرشحات filters، الهزازات Oscillators،

إن انجاز هذه الدراسة استلزم منا أولاً تطوير طريقة تحليلية حسابية سمحت لنا بتحديد علاقات التشتت لعناصر الحقل الكهرومغناطيسي التي تسمح لنا بتحديد تقريبي للترددات الطنينية لمختلف الأنماط. و ثانياً استخدام طريقة رقمية حسابية ارتكزت على مكتبة برامج MODULEF و ذلك بعد كتابة كافة الكودات اللازمة و الملائمة لكل بنية مدروسة. من خلال هذه المرحلة سيتم التحديد الدقيق لكافة البارامترات الكهرومغناطيسية (الترددات الطنينية، توزع الحقل الكهرومغناطيسي، معامل النوعية بالفراغ،...) و أخيراً سنقوم بدراسة تغيرات معامل النوعية بالفراغ كتابع لأبعاد البنية المختلفة.

إن هذه الدراسة ستضع بين أيدينا كل قيم البارامترات الكهرومغناطيسية كتابع للخواص الهندسية و الفيزيائية للبنية المدروسة، و من خلال ذلك يمكننا اختيار الأنسب لتصميم و تنفيذ الدارات العملية لاستخدامها في التطبيقات المناسبة. و سنستخدم هذه النتائج في تصميم مرشحات تمرير حزمة ميكروية بضياعات منخفضة و حزمة ضيقة و انتقائية ممتازة

الكلمات المفتاحية: رنان عازل كهربائياً، الأنماط الهامسة ، مكتبة برامج MODULEF ، دارات متكاملة غير فعالة.

**Analytic And Numeric Study for Dielectric Resonators for design and execute
microwaves integrated circuits for use them in communication devices**

*Dr. Eng. Thaer DAOUD

(Received: 13 May 2019, Accepted: 4 August 2019)

Abstract:

The dimensions of the dielectric resonators which works in conventional modes through the beam of high frequencies (microwave and optic) like $TE_{01\delta}$ are very tiny absolutely. So the use of them is very difficult in the specific accuracy into the circuits and they are not allowed an easy merging in these circuits. So the use of these resonators which called either edging modes or whispering modes (WM), are worked in new modes, because they allow to increase the resonator diameter for the same previous frequencies.

The study we are advancing here focuses on a detailed preliminary electromagnetic (Analytic And Numeric) for structures in cylindrical dielectric resonators operating in these modes, for use them later in designing the microwaves passive integrated circuits such as : Combinor of puissance, Filters, Oscillators,....

The achievement of this study requires from us, at first developing calculative analytic study which allows us to identify the dispersion equations for the elements of electromagnetic field that permit to identify approximately the resonance frequencies for different modes . Secondly, the use of numeric calculative method is based on library Modulef programme. That can be done after writing all the necessary and proper codes for each studied structure. Through this phase, it will define accurately for all electromagnetic parameters (resonance frequencies, distribution of electromagnetic field, vide quality factor), Finally, we will study the evolution of vide quality factor as a follower to various structure dimensions.

This study will put in front of us all the value of the electromagnetic parameters as a follower to physical and geometrical materials for the studied structures. Through that, we can chose the best to design and execute the practicality circuits for use them in suitable applications, and for us, we will use these results in designing microwave band pass filters in very low loss, narrow band and excellent selectivity

Key words: Dilectric Resonators, Whispering Modes, library Modulef Programme, Passive Integrated Circuits.

*University of Aleppo – Faculty of Electrical & Electronic Engineering - Dep. of Telecommunications .

1-مقدمة:

أيًا يكن الاستخدام في أنظمة الاستقبال أو الإرسال أو معالجة الإشارة ، فإن المرشحات الغير فعالة و الفعالة تلعب دوراً هاماً في الأجهزة التي تعمل بالترددات الميكروية. خواصها الكهربائية (تردد مركزي - حزمة تمرير - ...) تكون محددة تبعاً لتطبيقاتها، وخواصها الميكانيكية و الحرارية و كذلك أبعاد الأجهزة تأخذ حيزاً مهماً من الاهتمام يتوجب التقيد بها عند تصميم الدارات.

و بتطور الاتصالات في السنوات الأخيرة فقد تم تصميم و تنفيذ العديد من المرشحات و كل واحدة منها تكون مميزة بحسناات و سيئات.

المرشحات الغير فعالة كانت الأقدم، و العديد منها رأيت النور في التطبيقات وأول التصميمات كانت انطلاقاً من الأجواف المعدنية أو أدلة الموجة. هذه الأجهزة تقدم مميزات كهربائية ممتازة ضمن عرض حزمة كبير، ولكن استخدامها في العديد من التطبيقات كان محدوداً بسبب المشاكل الحجم و الاستقرار الحراري و غيرها.

ويهدف تصغير أبعاد المرشحات فقد تم الاستخدام الكبير للتقنيات المسطحة (المستوية) و التي منه الرنانات المستوية في العديد من الأنظمة، و لكن خواصها الكهربائية كانت متوسطة بسبب الضياعات الكبيرة للرنانات المستوية.

ومع تقدم آليات التنفيذ، فإن استخدام المواد العازلة كهربائياً و المستقرة حرارياً قادنا لاستخدام الرنانات العازلة كهربائياً في تصميم و تنفيذ المرشحات و غيرها بمميزات مشابهه للميزات التي تم الحصول عليها في الأجواف و أدلة الموجة و لكن مع تصغير الحجم نسبياً و سلوك جيد مع الحرارة.

إلا أن الرنانات العازلة كهربائياً و المحرصة بأنماطها الأساسية لا تكون ملائمة إلا للتطبيقات ذات الترددات المنخفضة نسبياً، و بالتالي يكون صعباً استخدامها في الترددات العالية نسبياً (الأبعاد المليمترية). و بالتالي كان ضرورياً البحث عن استخدام أنماط جديدة مثل الأنماط الهامسة Whispiring Modes WM التي تسمح بزيادة أبعاد الرنان مع المحافظة على الخواص الكهربائية و بالترددات المقابلة لطول الموجة المليمترية . وبالأخص سنرى بأن هذه الأنماط ضمن هذه الرنانات ستقدم معامل نوعية بالفراغ عالي جداً، و هذا ما يزيد إيجابية الخواص الكهربائية للمرشح الذي سيعمل على هذه الأنماط.

لذلك ستركز العمل هنا على دراسة بنية تعمل على هذه الأنماط. هذه الدراسة ستستند على تطوير طريقة تحليلية حسابية و من ثم استخدام طريقة رقمية دقيقة بهدف تحديد المميزات الأساسية للبنية، و ذلك بغية استخدامها في تطبيقات الأمواج الميكروية كالمرشحات و غيرها.

2- أهمية البحث و أهدافه

مما تقدم فإن الهدف و الأهمية الأساسية لهذا البحث ستركز على دراسة كهرومغناطيسية دقيقة و مفصلة لبنية تحتوي على رنان عازل كهربائياً يعمل على هذه الأنماط و ذلك ضمن مجال الترددات الميكروية (أبعاد مليمترية)، من أجل استخدامها في تشكيل عناصر و دارات غير فعالة كمرشحات تمرير حزمة و غيرها، و ذلك باستخدام مواد عازلة كهربائياً مناسبة ضمن هذا النطاق من الترددات، و ذلك بهدف استخدامها في منظومات الاتصالات.

طريقة البحث

لانجاز هذه الدراسة فإنها ستكون ممنهجة وفق الخطوات التالية:

1- في البداية سنقوم بتقديم دراسة موجزة للرنانات العازلة كهربائياً و العاملة على الأنماط الهامسة Whispiring Modes WM

2- في الخطوة الثانية سنقوم بتقديم طريقة تحليلية (تقريبية)، التي تشمل على إعطاء علاقات التشتت لعناصر الحقل الكهرومغناطيسي بواسطة توصيل الحقول عند أسطح الفصل بين الأوساط العازلة كهربائياً للبنية المدروسة.

3- الخطوة الثالثة تركز على الدراسة الكهرومغناطيسية الرقمية الدقيقة للبنى المدروسة و ذلك بمساعدة مكتبة برنامج Modulf ، و ذلك بهدف التحديد الدقيق للبارامترات الكهرومغناطيسية للأنماط WM : التردد الطنيني – توزع الحقول الكهرومغناطيسية- معامل النوعية بالفراغ - ...

4- في هذه المرحلة سنقوم بتحديد تأثير مختلف أبعاد البنية المدروسة على معامل النوعية بالفراغ.

5- و في الختام سنقوم بتحليل و مناقشة النتائج و طرح الخطوات المستقبلية.

1 - دراسة موجزة للرنانات العازلة كهربائياً و العاملة على الأنماط الهامسة Whispiring Modes WM

1-1- تمهيد مبسط

بالتعريف الجوف الكهرومغناطيسي هو عبارة عن حجم فارغ أو مليء بعازل كهربائي، وهو إما أن يكون محدود بجدران معدنية أو يكون محدود بجدران ذات طبيعة مغناطيسية وبالتالي السطح الفاصل عبارة عن عازل كهربائي، بالحالة الأولى نتكلم عن جوف معدني و بالحالة الثانية نتكلم عن رنان عازل كهربائياً. وهذا الرنان العازل كهربائياً يجب أن يتميز بسماحية عالية وبضباغات صغيرة جداً أو بعامل نوعية عالي جداً، وكذلك يجب أن يتميز باستقرار حراري حول تردد الطنين.

في هذه الرنانات فإن الشروط الحدية تكون تلك المفروضة بالسطح الفاصل هواء-عازل كهربائياً بسماحية عالية، هذا السطح الفاصل يشكل حائط مغناطيسي بينما في الأجواف المعدنية فإن السطح الفاصل هواء-معدن يشكل حائط كهربائي[1][2]. و بشكل عام، هذه الرنانات لها شكل اسطواني بمقطع دائري على شكل أقراص رنانة مصممة أو مفرغة. عادةً هذه الرنانات تستخدم لتشكيل المرشحات و موزعات الاستطاعة و الهزازات ذات استقرار ترددي عالي. إن استخدامها كمرشحات يكون لانقضاء حزمة من الترددات أو تردد معين، ويمكن أن تستخدم في مضاعفات طول الموجة في المحطات الراديو-تلفونية أو فصل مسارات الإرسال والاستقبال للهواتف النقالة و كذلك يمكن أن تساعد في تشكيل دارات القارنات الإتجاهية. هذه الأجهزة يمكن أن تستخدم في تطبيقات: GSM Mobil Global System Position GPS- Universal Global System Module Telecommunication System UMTS.

ضمن المجالات الترددية المذكورة فإن الرنانات العازلة كهربائياً المحرّضة لتعمل بأنماطها الكلاسيكية يكون من الصعب استخدامها بسهولة بسبب أبعادها الصغيرة جداً. لذلك للحفاظ على مختلف خواص الرنانات ضمن هذه المجالات الترددية، فإنه من الضروري استخدام هندسيات جديدة تسمح بنشر أنماط جديدة بجوار الجدار الداخلي للرنان والتي تسمح بزيادة أبعاد الرنان من أجل نفس الترددات وهذا ما يسمح بتشكيل الدارات السابقة بسهولة. مع الملاحظة أن المواد العازلة كهربائياً الممكن استخدامها لتصنيع هذه الرنانات تكون تبعاً للمجال الترددي المستخدم[3][4][5][6].

1-2- الرنانات العازلة كهربائياً بالأنماط الهامسة WM [7][8][9][10][11][12]

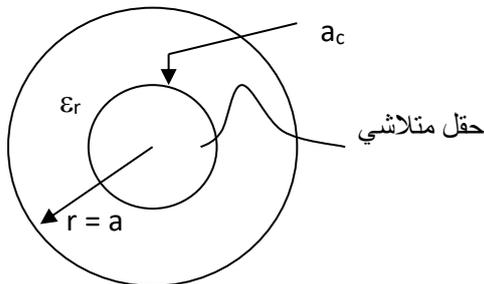
بالترددات العالية (5GHz→100GHz)، فإن الرنانات العازلة كهربائياً العاملة بالأنماط الكلاسيكية مثل النمط TE_{018} تكون أبعادها صغيرة جداً، فمثلاً من أجل سماحية $\epsilon_r = 36$ و تردد $f=94\text{GHz}$ فإن قطر رنان عازل كهربائياً يكون مساوياً لارتفاعه وهو حوالي $500\mu\text{m}$. وبالتالي في هذه الحالة فإن استخدام هذه العناصر بدقة كافية يكون صعب جداً، ومن ناحية ثانية فإن توضع الرنان بالقرب من خط تحريض يكون حساس للغاية (يلزمه دقة عالية). الأنماط الجديدة المسماة بالأنماط الطرفية أو الهامسة يمكن أن تسمح باستخدام الرنانات العازلة كهربائياً بترددات عالية جداً (طول موجة ميكروية (مليمترية)) بأبعاد أكبر مما لو كانت تعمل بالأنماط التقليدية، فمثلاً من أجل المثال السابق فإن الرنان سيكون بقطر حوالي 2mm و ارتفاع 0.5mm

1-2-1- توصيف عام للأنماط الهامسة

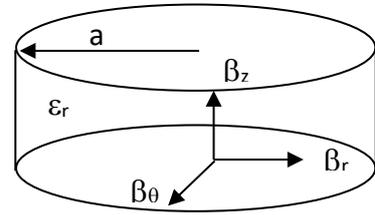
ضمن بنية اسطوانية ذات مقطع دائري عازلة كهربائياً بسماحية ϵ_r و نصف قطر $r = a$ توجد مختلف الأنماط الرنانة: الكلاسيكية TE و TM والهجينه والأنماط الطرفية أو الهامسة WM. من وجهة النظر الكهرومغناطيسية، فإن واحدة من أهم الخواص الأساسية للأنماط الطرفية الهامسة هي توزع القدرة (Energy) ضمن الرنان.

نفترض أنه لدينا رنان عازل كهربائي Dielectric Resonator DR بسماحية ϵ_r و نصف قطر $r = a$ كما هو مبين بالشكل 1

بالتعريف هذه الأنماط هي أنماط طرفية تدور حول السطح المقعر الداخلي للرنان، وهذه الأنماط تنتقل في مقطع دائري والحقل الكهرطيسي يتوضع في منطقة محدودة بالسطح الداخلي للرنان $r = a$ و سطح داخلي وهمي $r = a_c$ خارج هذه المنطقة ($a < r < a_c$) الحقل الكهرطيسي يكون متلاشي كما هو مبين بالشكل 2



الشكل رقم (2): توزع الحقل الكهرطيسي للأنماط الهامسة في رنان DR



الشكل رقم (1): رنان عازل كهربائياً بسماحية ϵ_r و نصف قطر a

وبالتالي في المستوي الراديالي للرنان، فإن الحقول الكهرطيسية لهذه الأنماط تتواجد بشكل مركّز كما هو مبين بالشكل أعلاه بالقرب من السطح المقعر الداخلي للرنان. أما في المستوي المحوري للرنان فإن الحقول الكهرطيسية تنتقل بثابت انتشار ضعيف، و بالتالي يمكن إهماله أما ثابت الانتشار الزاوي Azimutal ، وبالتالي الترددات الطنينية ستكون متعلقة بشكل مباشر بنصف قطر الرنان $r = a$. و من الشكل أعلاه يمكن أن نكتب:

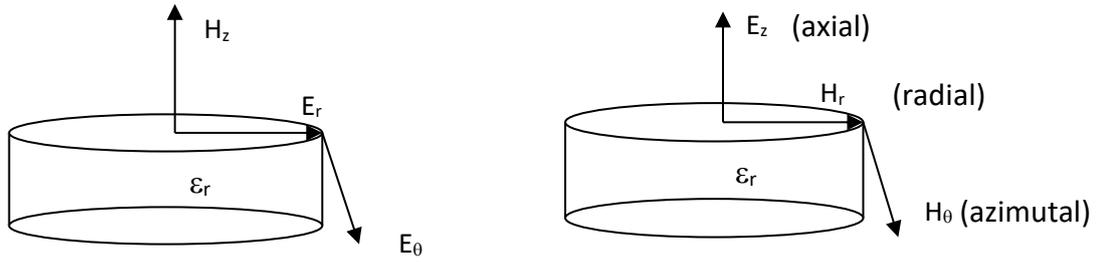
$$k^2 = \beta_\theta^2 + \beta_r^2 + \beta_z^2 \quad (1)$$

$$k^2 = \epsilon_r \frac{\omega^2}{c^2} \quad (2)$$

حيث: K هو عامل الموجة ضمن الرنان

β_r , β_θ , β_z هي عبارة عن ثوابت الانتشار على التوالي: المحوري Axial ، الراديالي Radial، الزاوي Azimutal ، C هي سرعة الضوء في الخلاء

في هذه الرنانات يمكن أن نميز نوعين من الأنماط WE و WH مزودة بثلاثة معاملات: n العدد الزاوي، m العدد الراديالي، l العدد المحوري، وبالتالي يمكن أن نكتب $WE_{n,m,l}$ و $WH_{n,m,l}$. ففي حالة WE فإن الحقل الكهربائي يكون بشكل أساسي بمركبات معترضة والحقل المغناطيسي يكون بشكل أساسي طولاني (E_θ, E_r, H_z) كما هو موضح بالشكل 3. أما في حالة WH فإن الحقل المغناطيسي يكون بشكل أساسي معترض والحقل الكهربائي طولاني أي (H_θ, H_r, E_z) كما هو موضح بالشكل 4



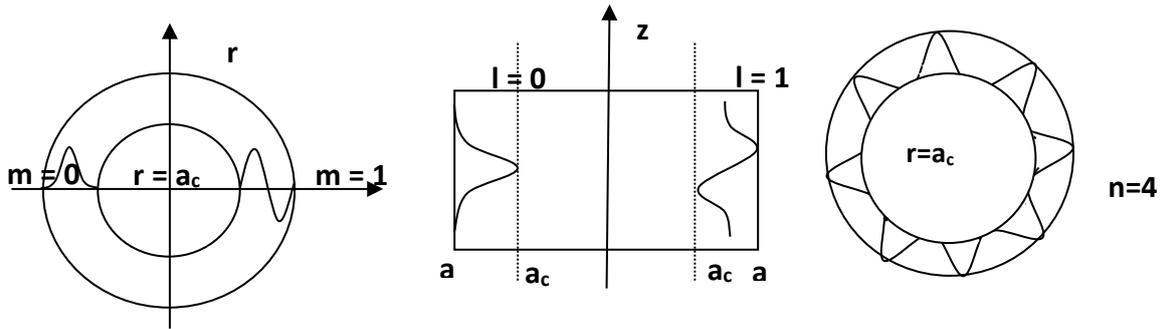
الشكل رقم (3): الحقل الكهرومغناطيسي لأنماط WE

الشكل رقم (4): الحقل الكهرومغناطيسي لأنماط WH

حيث n : هو عبارة عن عدد التغيرات الزاوية للحقل، (التغيرات تبعاً لـ θ) وكذلك يمثل مرتبة تابع ببسيل، و يجدر الذكر أنه كلما زادت قيمته فإن القدرة ستتركز قرب السطح المقعر الداخلي للرنان.

m : هو عبارة عن عدد التغيرات الراديالية للحقل أو عدد الأصفر تبعاً لقطر الرنان

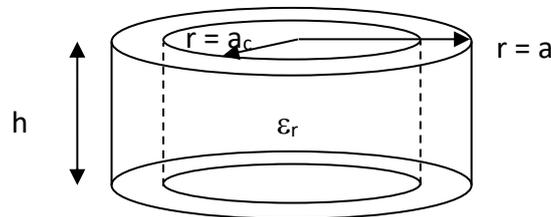
أ: هو عبارة عن عدد التغيرات وفق المحور Z أو عدد الأصفر بالاتجاه المحوري. الشكل 5 يوضح ذلك



الشكل رقم (5): التغيرات الزاوية، الراديالية، المحورية للحقل الكهرومغناطيسي

1-2-2- نصف القطر الوهمي a_c

بالتعريف نصف القطر الوهمي هو عبارة عن سطح وهمي داخل الرنان العازل كهربائياً كما هو موضح بالشكل 6، و هو الذي يحدد المنطقة التي يحصل فيها اهتزاز و المناطق التي يحصل فيها تخميد للموجة الكهرومغناطيسية.

الشكل رقم (6) : نصف القطر الوهمي a_c للرنان

إن a_c تحدد انطلاقاً من علاقة الحقول الكهرومغناطيسية للعناصر الطولية E_z و H_z داخل الرنان، و التي لها الشكل التالي:

$$\psi = A J_n(k_c r) e^{-j\beta z} e^{-jn\theta} e^{j\omega t}; 0 < r < a, \quad k_c = (k_1^2 - \beta^2)^{1/2} \quad (3)$$

إن هذه العلاقة هي حل للمعادلة التفاضلية:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{\partial J_n}{\partial r} \right) + \left(k_c^2 - \frac{n^2}{r^2} \right) J_n = 0 \quad (4)$$

حيث سيكون لدينا اهتزاز عندما: $r > \frac{n}{k_c}$ وسيكون لدينا تخميد عندما: $r < \frac{n}{k_c}$

و من ناحية ثانية فإنه عندما يكون العدد الزاوي n ثابتاً فإن نصف القطر الوهمي a_c سينخفض عند زيادة التردد، وعند تثبيت k_c فإن a_c يزداد عند زيادة n ، و بالتالي من أجل قيمة كبيرة نسبياً للعدد الزاوي n فإن الحقل الكهرومغناطيسي سيكون محصوراً في المنطقة الطرفية للرنان ($m=0$).

2 - حساب البارامترات الترددية للأنماط الهامسة ضمن الرنانات العازلة كهربائياً بطريقة تحليلية

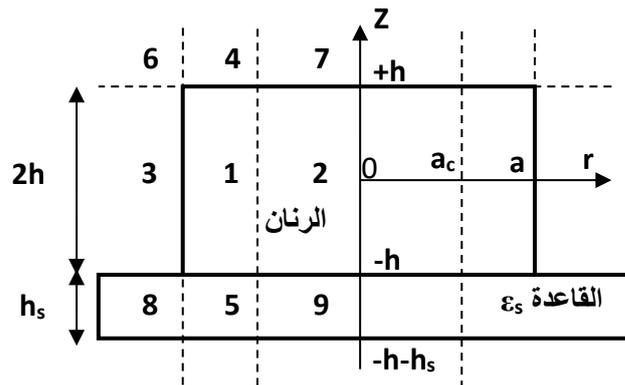
في هذه الفقرة سنقوم بتطوير و ملائمة طريقة تحليلية تسمح لنا بحساب الترددات الطنينية للأنماط الهامسة الممكن انتشارها ضمن رنان عازل كهربائياً، حيث أن الأبحاث السابقة قامت بدراسة مماثلة و لكن لرنان لوحده كاسطوانة عازلة كهربائياً، أما في هذه الدراسة فإننا سنأخذ بعين الاعتبار تأثير وجود القاعدة العازلة كهربائياً التي سيتوضع عليها الرنان على الترددات الطنينية لهذه الأنماط.

هذه الطريقة تقترض أن الرنان المحرّض بالأنماط الهامسة يمكن أن يشبه حلقة رنانة عازلة كهربائياً ، لذلك سنسمي هذه الطريقة أحياناً بطريقة الحلقة.

2-1- الدراسة بالطريقة التحليلية

2-1-1- استنتاج علاقات الحفول الكهرومغناطيسية للبنية المدروسة

أن البنية المدروسة مكونة من رنان عازل كهربائياً بسماحية ϵ_r و نصف قطر $r = a$ متوضع على قاعدة عازلة كهربائياً ذات سماحية ϵ_s ، ولنفرض أن الرنان محرّض بطريقة لينشر الأنماط WM ، وبالتالي وبالأخذ بعين الاعتبار تمركز القدرة بين نصف القطر الخارجي للرنان $r = a$ و نصف القطر الوهمي $r = a_c$ فإن البنية ستكون مقسمة إلى 9 مناطق كما هو مبين بالشكل 7



الشكل رقم 7: تقسيم البنية إلى 9 مناطق

بما أنه في المناطق 6,7,8,9 الحفول صغيرة جداً، فإنه يمكن إهمالها، وبالتالي لا ندخلها بالدراسة، والمناطق من 1 إلى 5 تكون مميزة بالشكل التالي:

$$\begin{aligned}
1: a_c < r < a \quad |z| < h & \quad \epsilon_{r1} = \epsilon_r \\
2: r < a_c \quad |z| < h & \quad \epsilon_{r2} = \epsilon_r \\
3: a < r \quad |z| < h & \quad \epsilon_{r3} = 1 \\
4: a_c < r < a \quad z > h & \quad \epsilon_{r4} = 1 \\
5: a_c < r < a \quad -h > z > -h - h_s & \quad \epsilon_{r5} = \epsilon_s
\end{aligned} \quad (5)$$

في كل منطقة من هذه المناطق يجب أن يحقق الحقل الكهرومغناطيسي معادلات ماكسويل ومعادلة هيلمهولتز:

$$\nabla^2 \psi + k_i^2 \psi = 0 \quad (6)$$

$$k_i^2 = \omega^2 \epsilon_i \mu_i = \epsilon_{ri} \frac{\omega^2}{c^2} \quad \text{حيث:}$$

$$\text{و } \psi = E(t) = E_z e^{j\omega t} \quad \text{للنمط WH} \quad \psi = H(t) = H_z e^{j\omega t} \quad \text{للنمط WE}$$

إن حل هذه العلاقات يسمح لنا بالحصول على معادلات المركبات الطولية للحقول الكهرومغناطيسية وذلك في كل منطقة من مناطق البنية المدروسة. فمن أجل الأنماط WE لدينا لدينا ال:

الأنماط WE

الأنماط WH

$$\begin{aligned}
E_z &= 0 \\
H_{z1} &= \left\{ \begin{aligned} &[A J_n(k_1 r) + B Y_n(k_1 r)] \\ &[M \cos(\beta z) + N \sin(\beta z)] e^{jn\theta} \end{aligned} \right\} \\
H_{z2} &= C I_n(k_2 r) [M \cos(\beta z) + N \sin(\beta z)] e^{jn\theta} \\
H_{z3} &= D K_n(k_2 r) [M \cos(\beta z) + N \sin(\beta z)] e^{jn\theta} \quad (8) \\
H_{z4} &= R [A J_n(k_1 r) + B Y_n(k_1 r)] e^{-\alpha_1(z-h)} e^{jn\theta} \\
H_{z5} &= \left\{ \begin{aligned} &[A J_n(k_1 r) + B Y_n(k_1 r)] \\ &[S e^{\alpha_2(z+h+h_s)} + T e^{-\alpha_2(z+h+h_s)}] e^{jn\theta} \end{aligned} \right\}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_z &= 0 \\
E_{z1} &= \left\{ \begin{aligned} &[A' J_n(k_1 r) + B' Y_n(k_1 r)] \\ &[M' \cos(\beta z) + N' \sin(\beta z)] e^{jn\theta} \end{aligned} \right\} \\
E_{z2} &= C' I_n(k_2 r) [M' \cos(\beta z) + N' \sin(\beta z)] e^{jn\theta} \\
E_{z3} &= D' K_n(k_2 r) [M' \cos(\beta z) + N' \sin(\beta z)] e^{jn\theta} \\
E_{z4} &= R [A' J_n(k_1 r) + B' Y_n(k_1 r)] e^{-\alpha_1(z-h)} e^{jn\theta} \\
E_{z5} &= \left\{ \begin{aligned} &[A' J_n(k_1 r) + B' Y_n(k_1 r)] \\ &[S' e^{\alpha_2(z+h+h_s)} + T' e^{-\alpha_2(z+h+h_s)}] e^{jn\theta} \end{aligned} \right\}
\end{aligned} \quad (7)$$

حيث:

$$\begin{aligned}
k_1^2 &= k_0^2 \epsilon_{r1} - \beta^2 = k_0^2 \epsilon_r - \beta^2 & k_2^2 &= k_0^2 \epsilon_{r2} - \beta^2 = k_0^2 \epsilon_r - \beta^2 & k_3^2 &= \beta^2 - k_0^2 \epsilon_{r3} = \beta^2 - k_0^2 \\
\alpha_1^2 &= k_1^2 - k_0^2 \epsilon_{r4} = k_1^2 - k_0^2 & \alpha_2^2 &= k_1^2 - k_0^2 \epsilon_{r5} = k_1^2 - k_0^2 \epsilon_s & k_0 &= \frac{\omega}{c}
\end{aligned}$$

β : ثابت الانتشار الطولي ω : التردد الزاوي c : سرعة الضوء بالخلاء J_n : تابع بيسيل من الدرجة الأولى والمرتبة n
 Y_n : تابع بيسيل من الدرجة الثانية والمرتبة n I_n : تابع بيسيل المعدل من الدرجة الأولى والمرتبة n K_n : تابع بيسيل المعدل من الدرجة الثانية والمرتبة n $A, A', B, B', C, C', D, D', M, M', N, N', S, S', T, T'$: ثوابت للتحديد.
أما بالنسبة للعناصر المعترضة للحقول الكهرومغناطيسية ($E_{ri}, E_{\theta i}, H_{ri}, H_{\theta i}$) فإنه يمكن أن تستنتج بسهولة وذلك بالاعتماد على المركبات (E_z, H_z) وبمساعدة معادلات ماكسويل:

$$\begin{cases} E_{ri} = \frac{1}{k_i^2} \left[-j\omega\mu \frac{1}{r} \frac{\partial H_z}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 E_z}{\partial z \partial r} \right] \\ E_{\theta i} = \frac{1}{k_i^2} \left[j\omega\mu \frac{\partial H_z}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 E_z}{\partial z \partial \theta} \right] \end{cases} \quad \begin{cases} H_{ri} = \frac{1}{k_i^2} \left[j\omega\epsilon \frac{1}{r} \frac{\partial E_z}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 H_z}{\partial z \partial r} \right] \\ H_{\theta i} = \frac{1}{k_i^2} \left[-j\omega\epsilon \frac{\partial E_z}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 H_z}{\partial z \partial \theta} \right] \end{cases} \quad (9)$$

2-1-2- استنتاج معادلات التشتت: يتم الحصول على معادلات التشتت بكتابة شروط الاستمرارية للمركبات المماسية للحقول الكهرومغناطيسية عند السطح الفاصل بين الأوساط العازلة كهربائياً $1 \leftrightarrow 2$ و $1 \leftrightarrow 3$ أي عندما $r = a$ و $r = a_c$ من أجل $|z| < h$. وبالتالي من أجل

$$\begin{array}{l} \text{الأنماط WE} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{عندما } r = a_c \\ \text{عندما } r = a \end{array} \right. \begin{array}{l} H_{\theta 1} = H_{\theta 2} \\ H_{\theta 1} = H_{\theta 3} \end{array} \quad \begin{array}{l} E_{z1} = E_{z2} \\ E_{z1} = E_{z3} \end{array} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{الأنماط WH} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{عندما } r = a_c \\ \text{عندما } r = a \end{array} \right. \begin{array}{l} E_{\theta 1} = E_{\theta 2} \\ E_{\theta 1} = E_{\theta 3} \end{array} \quad \begin{array}{l} H_{z1} = H_{z2} \\ H_{z1} = H_{z3} \end{array} \end{array}$$

في الختام سنحصل على المعادلات النهائية للتشتت من أجل الأنماط WE :

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[J_n(k_1 a_c) I_n'(k_1 a_c) - J_n'(k_1 a_c) I_n(k_1 a_c) \right] \bullet \\ \left[k_1 Y_n(k_1 a) K_n'(k_3 a) - k_3 Y_n'(k_1 a) K_n(k_3 a) \right] \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \left[Y_n(k_1 a_c) I_n'(k_1 a_c) - Y_n'(k_1 a_c) I_n(k_1 a_c) \right] \bullet \\ \left[k_1 J_n(k_1 a) K_n'(k_3 a) - k_3 J_n'(k_1 a) K_n(k_3 a) \right] \end{array} \right\} = 0 \quad (10)$$

ومن أجل الأنماط WH :

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[J_n(k_1 a_c) I_n'(k_1 a_c) - J_n'(k_1 a_c) I_n(k_1 a_c) \right] \bullet \\ \left[k_1 \epsilon_{r3} Y_n(k_1 a) K_n'(k_3 a) - k_3 \epsilon_{r1} Y_n'(k_1 a) K_n(k_3 a) \right] \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \left[Y_n(k_1 a_c) I_n'(k_1 a_c) - Y_n'(k_1 a_c) I_n(k_1 a_c) \right] \bullet \\ \left[k_1 \epsilon_{r3} J_n(k_1 a) K_n'(k_3 a) - k_3 \epsilon_{r1} J_n'(k_1 a) K_n(k_3 a) \right] \end{array} \right\} = 0 \quad (11)$$

هذه العلاقات مشابهة من حيث الشكل لتي تم الحصول عليها من أجل الرنانات بالفراغ الحر (بدون قاعدة)

2-1-3- تحديد ثابت الانتشار المحوري β والتردد f

من أجل تحديد ثابت الانتشار β ، فإنه من الضروري توصيل العناصر المماسية في $z = h$ و $z = -h$ وتحقيق الشروط الحدية عند $z = -h - h_s$ ، و بالتالي يمكن في النهاية الحصول على العلاقات التالية:
من أجل الأنماط WE :

$$\sin(2h\beta) \left[\beta^2 \operatorname{tgh}(\alpha_2 h_s) - \alpha_1 \alpha_2 \right] - \cos(2h\beta) \left[\beta \alpha_1 \operatorname{tgh}(\alpha_2 h_s) + \alpha_1 \beta \right] = 0 \quad (12)$$

ومن أجل الأنماط WH :

$$\sin(2h\beta) \left[\beta^2 \operatorname{cotgh}(\alpha_2 h_s) - \alpha_1 \alpha_2 \right] - \cos(2h\beta) \left[\beta \alpha_1 \operatorname{cotgh}(\alpha_2 h_s) + \alpha_1 \beta \right] = 0 \quad (13)$$

وبالتالي في حالة الرنان بالفراغ الحر سيكون لدينا $\epsilon_s = 1$ و $h_s \rightarrow \infty$.

2-1-4- حساب الترددات الطنينية

من أجل رنان عازل كهربائياً ومن أجل كل نمط WM سنقوم بالتحديد التقريبي للتردد الطنيني وذلك بالحل الآني للمعادلتين 10 و 12 أو 11 و 13 وذلك بمساعدة برنامج تم كتابته بلغة فورتران. هذا البرنامج يعتمد الخطوات التالية:
- الخطوة الأولى تكون بالبحث عن قيمة β التي من أجلها ستعدم المعادلات 12 أو 13 من أجل تردد معطى
- الخطوة الثانية تكون بالتحقق من أن قيم β و f ستعدم العلاقات 10 أو 11

ويجب التحقق أيضاً من أن قيمة نصف القطر a_c المحسوب أن يكون أقل من نصف القطر الخارجي للرنان a .
إذا سجد التردد الطنيني للأنماط WE عندما تكون العلاقتان 10 و 12 معدومتان، وسجد التردد الطنيني للأنماط WH عندما تكون العلاقتان 11 و 13 معدومتان. الآن سنقوم بتطبيق كل ما سبق على الحالتين:

- بنية مكونة من رنان عازل كهربائياً بسماحية ϵ_r متوضع على قاعدة ذات سماحية ϵ_s

- بنية مكونة من رنان عازل كهربائياً بالفراغ الحر (بدون وجود قاعدة)

الجدول التالي يبين المميزات الهندسية و الفيزيائية للبنى المدروسة.

ولنفرض أن الرنان محرّض بطريقة تسمح له بنشر الأنماط الهامسة، ولنفرض أن طريقة التحريض لا تؤثر على الترددات الطنينية للأنماط.

ϵ_r	ϵ_s	h_s (mm)	$2h$ (mm)	$2a$ mm	
9.87	9.6	0.635	7.64	30.24	وجود قاعدة
9.87	-	-	7.64	30.24	بدون قاعدة
9.87	9.6	0.635	1	8	وجود قاعدة
9.87	-	-	1	8	بدون قاعدة
9.87	9.6	0.25	0.635	5	وجود قاعدة
9.87	-	-	0.635	5	بدون قاعدة

الجدول 1 و 2 و 3 التالية تعرض النتائج التي تم الحصول عليها من أجل عدة قيم للعدد الزاوي n ، و ذلك لحالتي الرنان.

الجدول رقم (1): الترددات الطنينية للأنماط $WE_{n,0,0}$ و $WH_{n,0,0}$

$2a=30.24$ mm $2h=7.64$ mm $h_s=0.635$ mm $\epsilon_r=9.87$ $\epsilon_s=9.6$						
n	النمط	f(GHz) بدون قاعدة	f(GHz) مع قاعدة	النمط	f(GHz) بدون قاعدة	f(GHz) مع قاعدة
4	WH _{4,0,0}	9.177	8.27	WE _{4,0,0}	8.299	11.27
5	WH _{5,0,0}	10.369	9.17	WE _{5,0,0}	9.426	12.41
6	WH _{6,0,0}	11.546	10.17	WE _{6,0,0}	10.577	13.55
7	WH _{7,0,0}	12.711	11.21	WE _{7,0,0}	11.727	14.67
8	WH _{8,0,0}	13.865	12.35	WE _{8,0,0}	12.863	15.798
9	WH _{9,0,0}	15.007	13.44	WE _{9,0,0}	13.998	16.917
10	WH _{10,0,0}	16.149	14.75	WE _{10,0,0}	15.120	17.048

انطلاقاً من هذه النتائج في كلتا الحالتين (وجود قاعدة أو عدم وجودها)

ومن أجل أي نمط من

الأنماط فإنه يمكننا التحقق أن:

- التردد الطنيني لهذا النمط

يزداد بزيادة العدد الزاوي n .

- الترددات الطنينية للأنماط

تتصف بالدورية تبعاً للعدد

الزاوي، ونلاحظ أن قيمة الدور

يرتبط بشكل مباشر بنصف قطر

الرنان الخارجي a ، حيث أنه

من أجل الرنانات ذات أنصاف

الأقطار الكبيرة فإن المسافة بين

ترددين طنينيين متتاليين تكون

صغيرة نسبياً، أما في الرنانات

ذات أنصاف الأقطار الصغيرة

فإن المسافة الترددية بين

النمطين

المتتاليين تكون كبيرة نسبياً.

وختاماً و من أجل التحقق و

الحكم أي النمطين نتأجه أكثر

دقة فإنه يتوجب خطوة عملية

الجدول رقم (2): الترددات الطنينية للأنماط $WE_{n,0,0}$ و $WH_{n,0,0}$

$2a=8$ mm $2h=1$ mm $h_s=0.635$ mm $\epsilon_r=9.87$ $\epsilon_s=9.6$						
n	النمط	f(GHz) بدون قاعدة	f(GHz) مع قاعدة	النمط	f(GHz) بدون قاعدة	f(GHz) مع قاعدة
16	WH _{16,0,0}	89.317	88.396	WE _{16,0,0}	85.333	88.213
17	WH _{17,0,0}	93.505	92.312	WE _{17,0,0}	89.463	92.417
18	WH _{18,0,0}	97.684	96.309	WE _{18,0,0}	93.592	96.498
19	WH _{19,0,0}	101.851	100.401	WE _{19,0,0}	97.722	100.697
20	WH _{20,0,0}	105.991	104.546	WE _{20,0,0}	101.842	104.815

الجدول رقم (3) : الترددات الطنينية للأنماط $WE_{n,0,0}$ و $WH_{n,0,0}$

2a=5 mm 2h=0.635 mm h _s =0.25 mm ε _r =9.87 ε _s =9.6						
n	النمط	f(GHz) بدون قاعدة	f(GHz) مع قاعدة	النمط	f(GHz) بدون قاعدة	f(GHz) مع قاعدة
7	WH _{7,0,0}	81.445	80.146	WE _{7,0,0}	75.499	78.719
8	WH _{8,0,0}	88.396	87.096	WE _{8,0,0}	82.600	85.637
9	WH _{9,0,0}	95.312	94.012	WE _{9,0,0}	89.642	92.798
10	WH _{10,0,0}	102.171	101.001	WE _{10,0,0}	96.443	99.663
11	WH _{11,0,0}	109.131	107.696	WE _{11,0,0}	103.120	106.615

لقياس الترددات الطنينية لمختلف

الأنماط. و لكن منطقياً

من المتوقع أن تكون النتائج

للأنماط $WE_{n,0,0}$ أكثر دقة مننتائج الأنماط $WH_{n,0,0}$ لأنمركبته E_z لن تكون

مستمرة على سطوح

الفصل للرنان، أما الأنماط

 $WE_{n,0,0}$ فإن مركباتها $E_r, E_\theta,$ H_z فهي مستمرة.

3 - الدراسة بالطريقة الرقمية

3-1 - شرح مبسط [13][14][15]

لإنجاز الدراسة الرقمية للبنية المدروسة (و بالتحديد دراسة الأنماط WM الممكن انتشارها في الرنان العازل كهربائياً)، فإنه سيتم استخدام مكتبة برنامج الحساب Modulef الذي يستخدم بيئة العناصر المنتهية، وذلك بعد ملاءمة هذه الطريقة على البنية المدروسة. هذه الطريقة يمكن تطبيقها على بنيات ذات أبعاد وأشكال لا على التعيين، تكون مكونة من حجوم محددة إما بجدران كهربائية (CCE) أو مغناطيسية (CCM) التي عليها يتم تطبيق الشروط الحدية المناسبة.

إن استخدام هذه الطريقة يبدأ بإدخال البنية هندسياً (أبعاد البنية) وتشكيل ما يعرف بالشبكة العنكبوتية للبنية وذلك بتقسيم البنية على شكل مثلثات في حالة الدراسة ببعدين، و على شكل مجسمات في حالة الدراسة بثلاثة أبعاد، مع الملاحظة أنه في المنطقة المتوقع انتشار الأمواج الكهرومغناطيسية يجب أن يزيد عدد نقاط التقطيع (في حالتنا منطقة الرنان)، لأن ذلك يضمن الحصول على نتائج أكثر دقة ولكن بالمقابل فإن الزمن اللازم للحساب سيكون كبيراً نسبياً، في دراستنا تم استخدام 623 نقطة و 1187 عنصر وبالتالي 1187 مثلث. بعد ذلك يتم كتابة شيفرتين (كودين) خاصتين بهذه البنية:

- الأولى هي عبارة عن برنامج تهيئة للحساب ويتضمن إدخال الثوابت الفيزيائية للبنية المدروسة التي تم إدخالها هندسياً تحت اسم معين (سماحيات الأوساط، الشروط الحدية للبنية (جدران معدنية CCE أو عازلة كهربائياً CCM)، نوع الاهتزاز (حر أم قسري (في حالتنا اهتزاز حر)).

- الثانية هي عبارة عن برنامج الحساب الذي من خلاله يمكن تحديد مختلف الأمواج المنتشرة في هذه البنية حتى التي تسمى بالأمواج الطفيلية غير المفيدة وذلك تبعاً للبارامترات لفيزيائية والهندسية للبنية المدروسة.

إن جوهر المسألة يكون بحساب الأمواج الكهرومغناطيسية بكل ما يتعلق بها (مركبات الحقول الكهرومغناطيسية- ثابت الانتشار الطولاني- السماحية الفعالة- التردد الطيني-...)، و ذلك للبنية التي يمكن أن تحتوي على العديد من الأوساط بسماحيات مختلفة وبنفوذية مغناطيسية متماثلة. وتكون البنية محددة بسطوح فصل إما CCE أو CCM، والتي عليها ستوزع الشحن والتيارات السطحية. ومن ناحية ثانية، فإننا نتوضع دائماً بحالة أن مركبات الحقول الكهرومغناطيسية هي دورية بالنسبة للزمن $\exp(-j\omega t)$ ، بالإضافة أن الأوساط هي متجانسة ومتماثلة، ضمن هذه الشروط فإن معادلات ماكسويل يمكن أن تكتب بالصيغة النهائية التالية:

$$\iiint_V \left(\frac{1}{\epsilon_r} \text{rot} \vec{H} \right) (\text{rot} \vec{\phi}_m) dV - k_0^2 \iiint_V \mu_r \vec{H} \cdot \vec{\phi}_m dV = -j\omega \epsilon_0 \sum_{i=1}^n \iint_{S_{pi}} \vec{j}_{mpi} \cdot \vec{\phi}_m dS_{pi} \quad (14)$$

$$\iiint_V \frac{1}{\mu_r} (\text{rot} \vec{E}) (\text{rot} \vec{\varphi}_e) dV - k_0^2 \iiint_V \epsilon_r \vec{E} \cdot \vec{\varphi}_e dV = -j\omega\mu_0 \sum_{i=1}^n \iint_{S_{pi}} \vec{j}_{epi} \cdot \vec{\varphi}_e dS_{pi} \quad (15)$$

حيث: n : عدد المنافذ للبنية $i=1 \rightarrow n$: رقم المنفذ p_i : مستوى المنفذ S_{p_i} : سطح المستوي V : حجم البنية φ_m و φ_e : تمثل على التوالي تابع الفحص القياسي بجائط مغناطيسي وكهربائي.

\vec{j}_{epi} ، \vec{j}_{mpi} : هي على التوالي التيارات السطحية المغناطيسية و الكهربائية للمستوي P_i

وهنا لدينا صيغتان مكنتان للاستخدام: إما الصيغة E التي من خلالها يتم حساب الحقل الكهربائي \vec{E} ، أو الصيغة H : التي من خلالها يتم حساب الحقل الكهربائي \vec{H} ، و من خلال أحدهما يمكن حساب الآخر بواسطة معادلات ماكسويل.

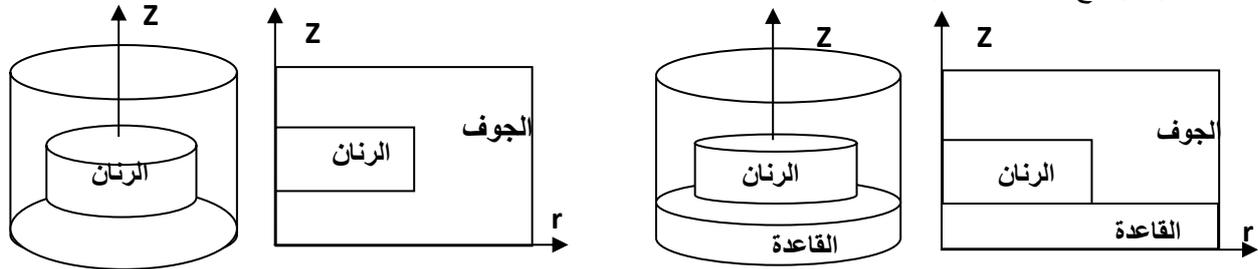
في البنية التي تم تشكيل شبكتها العنكبوتية فإنه يتم تطبيق العلاقة 14 أو العلاقة 15 على كل عنصر من عناصر الشبكة مع ضمان شروط الاستمرارية بين كل عنصرين متجاورين، علماً أنه لدينا نمطان من الحلول:

- الحل بالاهتزازات الحرة الذي يسمح بالبحث عن الأنماط المتشرة- ثابت الانتشار- السماحية الفعالة- التردد الطيني للنمط المنتشر-.... هنا الحد الثاني من العلاقتين 14 و 15 يكون مساوياً للصفر.

- الحل بالاهتزازات القسرية الذي يتم فيه فرض التردد ومن ثم يتم البحث عن معاملات النقل و الانعكاس للبنية المدروسة.

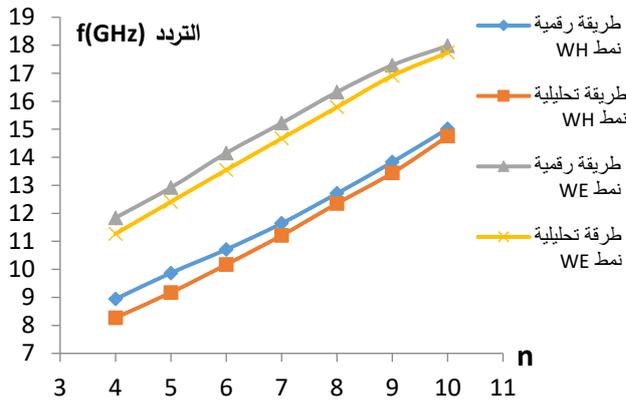
3-2- نتائج الدراسة الرقمية

إن استخدام هذه الطريقة الرقمية يتطلب أن يكون الرنان العازل كهربائياً متوضعاً ضمن جوف معدني، وسيتم دراسة الرنان بجالتين: وجود قاعدة وعدم وجودها. مع الأخذ بعين الاعتبار التناظر المحوري للبنية الذي يسمح بتخفيض البنية للنصف كما هو موضح بالأشكال 8 و 9.

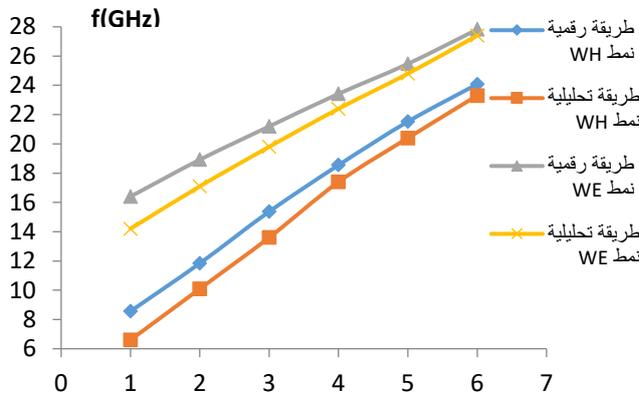


الشكل رقم (8): الرنان العازل كهربائياً متوضع على قاعدة الشكل رقم (9): الرنان العازل كهربائياً بدون قاعدة

كما ذكرنا سابقاً، يتوجب أن تكون الشبكة العنكبوتية أكثر كثافة في المناطق المتوقع أن يكون فيها الحقل الكهربائي قوياً أو أنه يخضع لتغيرات قوية (في حالتنا الحقل يكون مركزاً بين الجدار الداخلي للرنان $r = a$ ونصف القطر الوهمي $r = a_c$ ، فإن عدد العقد يجب أن يكون كبيراً).



شكل رقم (10): تغيرات الترددات الطنينية للأنماط $WH_{n,0,0}$ و $WE_{n,0,0}$ كتابع للمعد الزاوي n بوجود قاعدة



شكل رقم (11): تغيرات الترددات الطنينية للأنماط $WH_{n,0,0}$ و $WE_{n,0,0}$ كتابع للمعد الزاوي n بوجود قاعدة

بعضها و لكنها غير متطابقة تماماً، وهذا الاختلاف ناتج عن أنه في الطريقة التحليلية لا يؤخذ بعين الاعتبار تأثير الجوف المعدني المحيط بالرنان كما هو بالطريقة الرقمية. ومن ناحية ثانية و بالنسبة للطريقتين فإنه كلما زدنا العدد الزاوي n فإن قيم الترددات الطنينية تتقارب لكلا الطريقتين، و ذلك بسبب تمركز القدرة بالقرب من الجدار الداخلي للرنان.

3- 2- 2 رنان عازل كهربائياً بدون قاعدة 3- 2- 1 الحالة الأولى

كذلك هنا سنقوم بتطبيق هذه الطريقة على الرنان الذي تم دراسته سابقاً، والذي يتميز بالموصفات التالية: $\epsilon_r=9.87$ $2a=30.24mm$ $2h=7.64mm$ الجوف المعدني الاسطواني المحيط بالرنان له قطر $60mm$ وارتفاع $30mm$. و كالسابق فإن الشكل 12 يبين تغيرات الترددات الطنينية للأنماط $WH_{n,0,0}$ و $WE_{n,0,0}$ كتابع للمعد الزاوي n و التي تم الحصول عليها بالطريقتين التحليلية و الرقمية. و من خلال النتائج التي تم الحصول عليها، و من أجل نمط محدد فإننا نلاحظ أيضاً أن التردد الطنيني يزداد طردياً بزيادة العدد الزاوي n . وضمن هذه الشروط و خصوصاً الأبعاد الكبيرة نسبياً للرنان، و من أجل عدد زاوي n ثابت، فقد لاحظنا أنه لدينا عدد كبير من الأنماط ذات المراتب الأعلى من الأنماط $WE_{n,0,0}$ و $WH_{n,0,0}$ والجدول 6 يبين ذلك. و من ناحية ثانية، فإن أبعاد الجوف تلعب دوراً مهماً على ترددات الأنماط التي لها تغيرات كبيرة على البعد المحوري و الراديالي.

3- 2- 1 رنان عازل كهربائياً بوجود قاعدة 3- 2- 1 الحالة الأولى

في البداية سنقوم بتطبيق هذه الطريقة على الرنان الذي تم دراسته سابقاً، والذي يتميز بالموصفات التالية:

$$\epsilon_r=9.87 \quad 2a=30.24mm$$

$$2h=7.64mm \quad h_s=0.635mm \quad \epsilon_s=9.6$$

. و الشكل 10 يبين تغيرات الترددات الطنينية للأنماط $WH_{n,0,0}$ و $WE_{n,0,0}$ كتابع للمعد الزاوي n و التي تم الحصول عليها بالطريقتين التحليلية و الرقمية.

3- 2- 1 الحالة الثانية

الآن سنقوم بدراسة البنية ذات الموصفات التالية

$$\epsilon_r=9.6 \quad 2a=14mm$$

$\epsilon_s=2.2$ الجوف المعدني $2h=2mm$ $h_s=0.25mm$

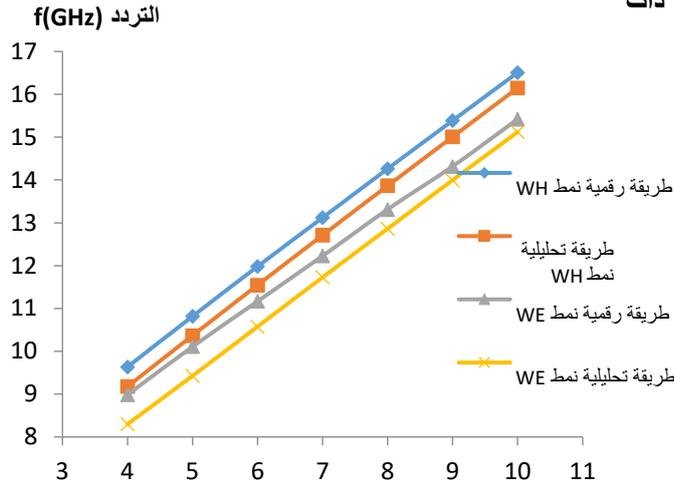
الذي يحيط بالرنان له قطر $30mm$ وارتفاع $7mm$. و الشكل 11 يبين تغيرات الترددات الطنينية للأنماط $WH_{n,0,0}$ و $WE_{n,0,0}$ كتابع للمعد الزاوي n و التي تم الحصول عليها بالطريقتين التحليلية و الرقمية.

من هذه النتائج نلاحظ أن قيم الترددات الطنينية قريبة من

الجدول رقم (4) : الترددات الطنينية لمختلف الأنماط ذات

المرتبة الأعلى من $WH_{n,0,0}$ و $WE_{n,0,0}$ بدون

قاعدة



n	النمط	f(GHz) طريقة تحليلية	f(GHz) طريقة رقمية
8	$WE_{8,0,1}$	13.125	14.543
8	$WE_{8,1,0}$	16.167	16.921
8	$WE_{8,1,1}$	16.813	17.767
8	$WE_{8,2,0}$	19.633	20.387
8	$WH_{8,1,0}$	15.725	16.163
8	$WH_{8,0,1}$	17.800	18.103
8	$WH_{8,2,0}$	19.089	19.275
8	$WH_{8,1,1}$	19.839	20.229

الشكل رقم 12: تغيرات الترددات الطنينية للأنماط $WH_{n,0,0}$ و $WE_{n,0,0}$

كتابع للعدد الزاوي n بدون قاعدة

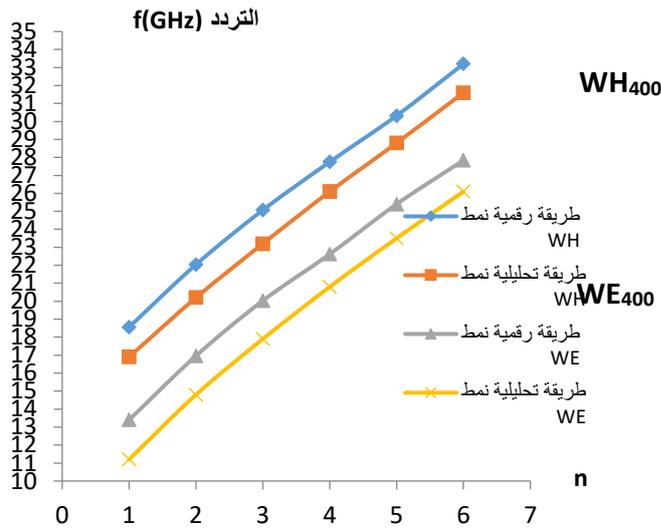
3-2-2- الحالة الثانية

الآن سنقوم بدراسة البنية ذات المواصفات التالية: $\epsilon_r=9.6$ $2a=14mm$ $2h=2mm$ والجوف المعدني الذي يحيط بالرنان

له قطر 30mm وارتفاع 7mm، النتائج التي تم الحصول عليها بمختلف الطرق موضحة بالجدول 5 و الشكل 13

الجدول رقم (5): الترددات الطنينية للأنماط $WH_{n,0,0}$ و $WE_{n,0,0}$

n	النمط	f(GHz) تحليلية	f(GHz) رقمية	النمط	f(GHz) تحليلية	f(GHz) رقمية
1	$WH_{1,0,0}$	16.9	18.56	$WE_{4,0,0}$	11.2	13.40
2	$WH_{2,0,0}$	20.2	22.04	$WE_{2,0,0}$	14.8	16.96
3	$WH_{3,0,0}$	23.2	25.07	$WE_{3,0,0}$	17.9	20.03
4	$WH_{4,0,0}$	26.1	27.75	$WE_{4,0,0}$	20.8	22.62
5	$WH_{5,0,0}$	28.8	30.32	$WE_{5,0,0}$	23.5	25.40
6	$WH_{6,0,0}$	31.6	33.20	$WE_{6,0,0}$	26.1	27.84

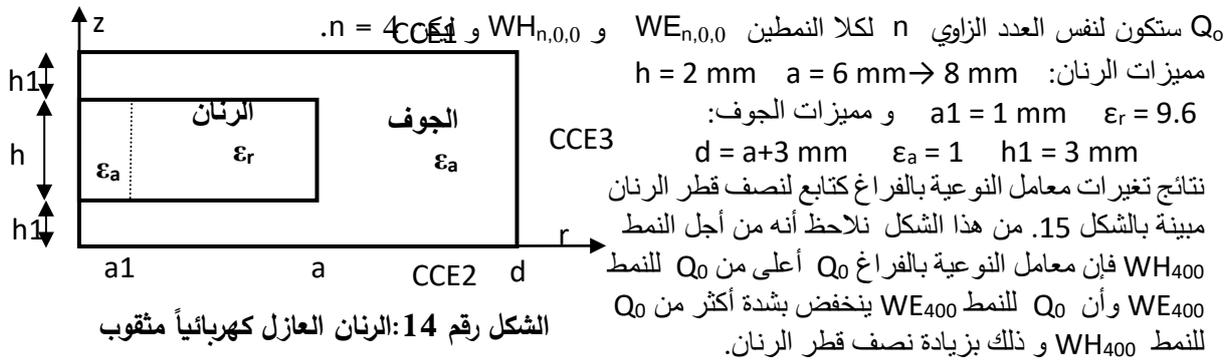


شكل 13: تغيرات الترددات الطنينية للأنماط $WH_{n,0,0}$ و $WE_{n,0,0}$

كتابع للعدد الزاوي n بدون قاعدة

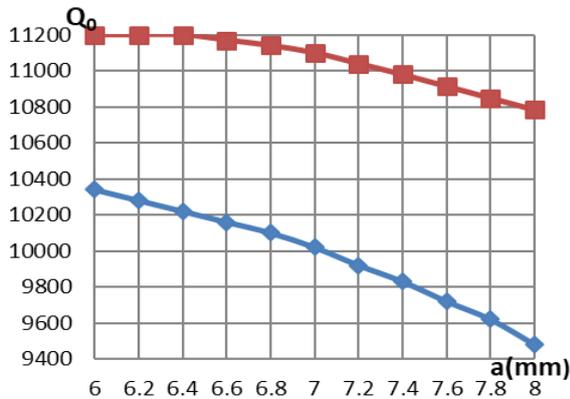
4-دراسة تغيرات معامل النوعية بالفراغ كتابع لأبعاد البنية

سندرس في هذه المرحلة تغيرات معامل النوعية بالفراغ لبنية برنان عازل كهربائياً كتابع لأبعاد الرنان و الجوف المعدني المحيط به. هذه الدراسة ستسمح لنا بمعرفة البارامترات التي لها تأثير كبير على هذا المعامل. إن برامج Modulef ستتمكننا من حساب ضياعات العزل الكهربائي و المعدني و بالتالي حساب معامل النوعية بالفراغ Q_0 . علماً أن دراسة التغيرات ل



الشكل رقم 14: الرنان العازل كهربائياً مثقوب

و متوضع في جوف معدني



الشكل رقم 15 : تغيرات المعامل Q_0 كتابع

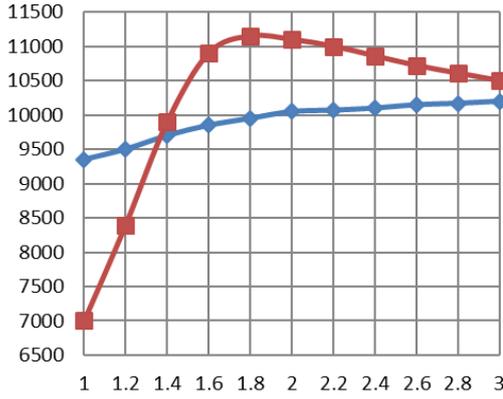
لنصف قطر الرنان

4-1-دراسة تغير معامل النوعية بالفراغ كتابع لأبعاد الرنان

4-1-1-دراسة التغيرات كتابع لنصف قطر الرنان

إن البنية المدروسة متناظرة حول محورها، و بالتالي سيتم تنفيذ الحسابات بواسطة برامج Modulef ببعدين على نصف البنية كما هو موضح بالشكل 14. و الرنان العازل كهربائياً مثقوب في مركزه للتمكن من تثبيته بواسطة قضيب معدني. و من ناحية ثانية فقد ثبتنا الناقلية الكهربائية للجدران الثلاثة على $\sigma = 10^7$ و ضياعات الميل للمادة المكونة للرنان $\text{tg } \delta = 10^{-4}$

10^{-4}

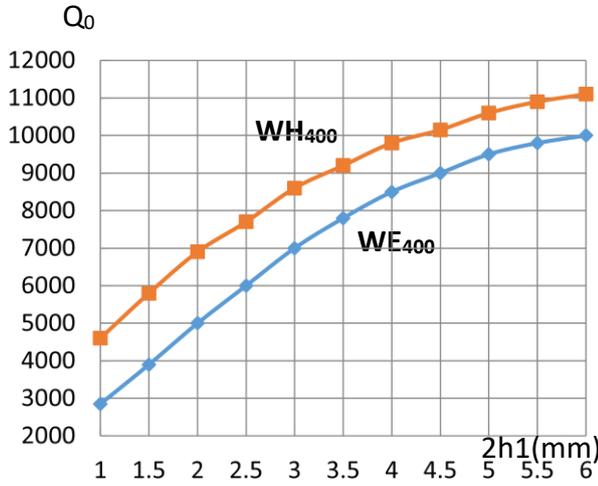


4-1-2- دراسة التغيرات كتابع لارتفاع الرنان

مميزات الرنان: $a = 7 \text{ mm}$ $h = 1 \text{ mm} \rightarrow 3 \text{ mm}$
 $a_1 = 1 \text{ mm}$ $\epsilon_r = 9.6$ و مميزات الجوف:
 $d = 10 \text{ mm}$ $\epsilon_a = 1$ $h_1 = 3 \text{ mm}$
 نتائج تغيرات معامل النوعية بالفراغ كتابع لارتفاع الرنان مبينة بالشكل 16. من هذا الشكل نلاحظ أنه بالنسبة للنمط WE400 فإن Q_0 يتغير بشكل طفيف مع زيادة ارتفاع الرنان، أما للنمط WH400 فإنه يتغير بشكل كبير و يمر بقيمة أعظمية ثم ينخفض مع زيادة الارتفاع.

للنمط WH400 و ذلك بزيادة نصف قطر الرنان. الشكل رقم (16) : تغيرات معامل النوعية بالفراغ Q_0 كتابع لارتفاع الرنان

من هذه الدراسة لمعامل النوعية بالفراغ و من أجل الحالتين فإنه يمكن أن نلاحظ أن النمط WE400 أقل حساسية لتغيرات أبعاد الرنان من النمط WH400.



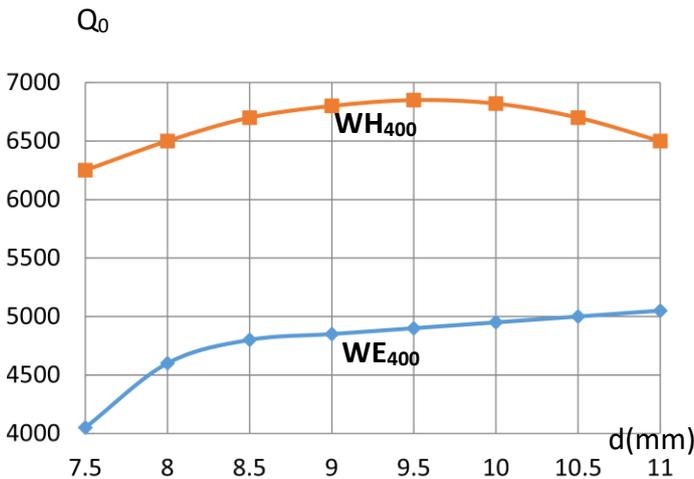
4-2-2- دراسة تغير معامل النوعية بالفراغ كتابع لأبعاد الجوف

4-2-1- دراسة التغيرات كتابع لارتفاع الجوف

مميزات الرنان: $a = 7 \text{ mm}$ $h = 2 \text{ mm}$
 $a_1 = 1 \text{ mm}$ $\epsilon_r = 9.6$ و مميزات الجوف:
 $d = 10 \text{ mm}$ $\epsilon_a = 1$ $h_1 = 1 \rightarrow 6 \text{ mm}$
 نتائج تغيرات معامل النوعية بالفراغ كتابع لارتفاع الجوف مبينة بالشكل 17. من هذا الشكل نلاحظ أن Q_0 يتغير بنفس الطريقة للنمطين WH400 و WE400 وأن Q_0 للنمط WH400 يبقى دوماً أعلى من Q_0 للنمط WE400. مع زيادة ارتفاع الرنان، أما للنمط WH400 فإنه يتغير بشكل كبير و يمر بقيمة أعظمية ثم ينخفض مع زيادة الارتفاع.

شكل رقم (17) : تغيرات معامل النوعية بالفراغ Q_0

كتابع لارتفاع الجوف



شكل رقم (18) : تغيرات معامل النوعية بالفراغ

Q_0 كتابع لنصف قطر الجوف

4-2-2- دراسة التغيرات كتابع لنصف قطر الجوف

مميزات الرنان: $a = 7 \text{ mm}$ $h = 2 \text{ mm}$

$a_1 = 1 \text{ mm}$ $\epsilon_r = 9.6$

مميزات الجوف: $d = 7.5 \rightarrow 11 \text{ mm}$

$\epsilon_a = 1$ $h_1 = 1 \text{ mm}$

نتائج تغيرات معامل النوعية بالفراغ كتابع لنصف قطر الجوف مبينة بالشكل 18. من هذا الشكل نلاحظ أن Q_0 بالنسبة للنمط WH400 يتجه لقيمة أعظمية ثم يتناقص مع زيادة نصف قطر الجوف، أما Q_0 بالنسبة للنمط WE400 فإن زيادته تكون باتجاه قيمة الثبات.

5 - مناقشة النتائج و التوصيات:

من خلال القسم الأول لهذه الدراسة، فإن استخدام الطريقة التحليلية المطورة في هذا البحث مكنتنا من التحديد التقريبي للخواص الترددية للرنانات العازلة كهربائياً العاملة على الأنماط WM. هذه النتائج ساعدتنا كثيراً في تخفيض زمن الحساب بالطريقة الرقمية في القسم الثاني من هذه الدراسة. حيث أن هذه الأخيرة سمحت لنا أن نحدد بدقة الاستجابة الكهرطيسية لكل بنية مدروسة: الترددات الطنينية- مركبات الحقول الكهرطيسية- توزع القدرة الكهرطيسية في البنية المدروسة- معامل النوعية بالفراغ و بالتالي من خلال هاتين الطريقتين فقد تمكنا في المرحلة الأولى من دراسة تأثير الخواص الهندسية (الأبعاد) و الفيزيائية للبنية على البارامترات الكهرطيسية للأنماط WM. و من خلال ذلك درسنا تأثير العدد الزاوي على البارامترات الكهرطيسية للأنماط الممكن انتشارها في الرنان على شكل قرص مصمت (disc) ، فقد تبين لنا من أجل كل نمط أنه مع زيادة العدد الزاوي n فإن قدرته تنتقل لتتمركز بجوار السطح الداخلي لجدار الرنان و تردده يزداد طردياً. لذلك من أجل استبعاد الأنماط ذات العدد الزاوي المنخفض في التطبيقات العملية التي تستلزم الأنماط ذات العدد الزاوي المرتفع نسبياً فإنه نقترح استخدام رنان عازل كهربائياً على شكل حلقة سطحها الداخلي بقطر مساوي للقطر الوهمي $r = a_c$ و سطحها الخارجي مساوي لقطر الرنان الخارجي $r = a$. و في المرحلة الثانية و اعتماداً على الطريقة الرقمية فقد درسنا تغيرات معامل النوعية بالفراغ كتابع لأبعاد البنية (الرنان و الجوف) . ختاماً، إن هذه الدراسة مهمة لأنها تسمح لنا بتحديد أبعاد البنية الملائمة من أجل نمط معين لاستخدامها في مجال الترددات العالية، و ذلك في تشكيل الدارات الفعالة والغير فعالة مثل: المرشحات Filters كحالتنا- القارنات الاتجاهية Directing Couplers - ... الممكن استخدامها في حقل الاتصالات الحديثة.

المراجع العلمية

- 1- Combes P.F. , 1996– Microondes : Lignes, Guides et Cavites. Dunod,ISBN 210002840 5 Paris
- 2- Combes P.F. , 1998– Circuits Passifs, Propgion, Antennes. Dunod,ISBN Paris
- 3- Badev A., Nov. 2008, Matériaux diélectriques à faibles Pertes utilisés comme résonateurs et filtres dans les circuits micro–ondes, Thèse de doctorat université Toulouse (France).
- 4- Kajfez D.and Guillon P., 1986, Cds. Dielectric Resonators, Artech House Books
- 5- Binsangou,V., 1999– These n°6–99 Limoges, France
- 6- Zuhair A. Tayyeb, 2011, Use of Cr-39 Polymer for Radiation Dosimetry – JKAU: Eng. Sci., Vol. 22 No.1, pp: 79–96 (2011 A.D. / 1432A.H.) Doi: 10.4197 / Eng. 22–1.5
- 7- Auxemery P., 2006– Contribution a l'étude des paramètres Electriques et Magnetiques des Résonateurs Diélectriques, Thèse de doctorat no d'ordre 34–06, France
- 8- Pozar D. M., 2005– Micowave Engineering 3rd ed. John Wiley
- 9- Deych L., Rubin J., 2008– Single–particle Rayleigh scattering of whispering modes: split or not to split?, Queens College–CUNY, NEMSS– Middletown
- 10- Michael L. Gorodetsky, Aleksey E. Fomin, 2005– Geometrical theory of whispering modes, Arxiv: physics/0509226v1 Sep. 2005
- 11- Wei Hong, Xiaohan Sun, 2010– Micro–disks embedded microring for optical filter, JiangsuProvincial Center for Optical Sensors and Optical Communications Network Technology, Lab of Photonics and Optical Communications, Southeast University, #2 SiPaiLou, Nanjing 210096, China Article history: Received 4 July 2010 Accepted 15 December 2010 Available onlinexxx
- 12- Cros D. 1990– Oscillateurs et Combineurs de Puissance Millimétriques, Thèse de doctorat no d'ordre 44–1990, France.
- 13- SCHILDERS,W.H.A,TER MATEN, E.J.W., 2005– Special Volume: Numerical Methods in Electromagnetics , London, UK.
- 14- MATTHEW, N.O., 2000 – Numerical Techniques In Electromagnetics. ISBN, Second Edition–New York, 750p
- 15- MATTHEW, N.O., 2001– Elements Of Electromagnetic, ISBN, Third Edition–New York, 765p.

بين الطرائق العددية والطرق التقليدية في حساب عامل الأمان لسد الحويز

** د. نوار كعدان

* م محمود تلج

(الإيداع: 28 شباط 2019، القبول: 5 آب 2019)

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى المقارنة بين الطرائق العددية والطرق التقليدية في حساب عوامل الأمان للسدود الترابية. وتم اختيار طريقة العناصر المحدودة لكونها إحدى الطرق العددية وتم اختيار طريقة سبنسر باعتبارها إحدى الطرق التقليدية التي تستخدم معادلات التوازن الحدي. تم تطبيق هذه الدراسة على سد الحويز درسنا توازن كل من وجهي السد باستخدام برامج (GEO-STUDIO) وبحالتي تحميل مختلفين بكل من طريقتي سبنسر والعناصر المحدودة وحساب عامل الأمان للسد. وبينت النتائج التي حصلنا عليها وجود توافق في قيم عوامل الأمان المحسوبة بكلتا الطريقتين وتم اقتراح ما يلي:

1. تتطابق نتائج طريقة العناصر المحدودة وطريقة سبنسر بسبب تتطابق توزع الإجهاد الناظمي.
2. في طريقة العناصر المحدودة يوجد لكل شريحة عامل أمان خاص بها وعامل أمان كلي للمنحدر أما في طريقة سبنسر فعامل الأمان له قيمة واحدة.
3. في طريقة العناصر المحدودة نستطيع معرفة سلوك مواد المنحدر وتأثيرها على آلية وشكل انهيار المنحدر أما طرق التوازن الحدي فلا تأخذ بعين الاعتبار سلوك المادة وتقتصر شكل انهيار للمنحدر بعيداً عن طبيعة التربة المكونة له وعن ظروف وسرعة التصريف.

الكلمات المفتاحية: طريقة العناصر المحدودة – طريقة سبنسر – عامل الأمان في السدود الترابية

* طالب دكتوراه في كلية الهندسة المدنية في جامعة حلب.

** أستاذ في قسم الهندسة الجيوتكنيكية في جامعة حلب.

Comparison of numerical methods and traditional ways of calculating safety factor for Al–Hawiz Dam

* Mahmoud Toloj

**DR.Nawar kadan

(Received:28 February 2019, Accepted:5 August 2019)

Abstract:

The aim of this study is to compare numerical methods and traditional ways of calculating safety factors for earth dam.

The finite element method was chosen as one of the numerical methods and the Spencer method was chosen as a traditional way using the critical equations.

This study was conducted on Al–Hawiz Dam and we studied the balance of both sides of the dam using the GEO–STUDIO software and two loading modes in both Spencer and the limited elements.

The results obtained in each of the two methods having a consensus between safety factors in spencer method and finite element method because normal stress distribution The finite element method each slide exists own safety factor and total safety factor for the slope while spencer method the safety factor has one value, and a number of suggestions and recommendations were proposed.

Keyword: finite elements method' Spencer's method, dam safety factors.

* PHD Student in civil engineering in Aleppo University

** Prof in civil engineering in Aleppo Universit

1- مقدمة:

إن انهيار أي منحدر يكون نتيجة لعدم قدرة مقاومة القص للكتلة المنزلقة على التغلب على اجهادات القص الفعلية، فعامل الأمان هو القيمة التي يتم من خلالها فحص حالة الاستقرار للمنحدرات [2] فعندما :

(عامل الأمان) فالمنحدر مستقر $FOS > 1$

فالمنحدر غير مستقر $FOS < 1$

كما يلي: FOS يتم حساب

$$FOS = \frac{\tau}{\tau_f}$$

هي مقاومة القص لتربة المنحدر ويتم حسابها من معيار مور - كولومب هي كالتالي: حيث:

$$\tau = C + \sigma_n \tan \varphi$$

اجهادات القص لسطح الانزلاق ويتم حسابها: τ_f

$$\tau_f = C_f + \sigma_n \tan \varphi_f$$

حيث:

$$\frac{C}{SRF} = C_f$$

$$\varphi_f = \frac{\varphi}{SRF}$$

حيث أن SRF هي عامل تخفيض مقاومة القص، ومن الضروري أن يتم تتبع قيمة عامل الأمان التي تسبب الإنهيار وذلك للوصول إلى قيمة عامل تخفيض مقاومة القص الصحيحة.

2- هدف البحث:

هو المقارنة بين طريقة العناصر المحدودة التي تعتمد على سلوك مواد المنحدر وتأثيرها على آلية وشكل انهيار المنحدر وطريقة سبنسر التي تفترض شكلاً لانهيار المنحدر بعيداً عن طبيعية التربة المكونة له وعن ظروف التصريف او حتى عن تشديد التربة و مدى تأثير سرعة التصريف على انهيار المنحدر.

3. لمحة نظرية:

استخدام طريقة العناصر المحدودة في دراسة السدود الترابية:

1- عامل الأمان (Factory of safety):

تعتمد قيمة عامل الأمان على العوامل التالية:

شروط التصميم، قيم مقاومة القص التصميمية ، ارتفاع السد ، مواصفات (الإجهاد - التشوه) لكل من تربة أساسات السدود المواد المستخدمة في إنشائه وجود طبقات مختلفة ضمن جسم السد ، نوعية المراقبة والتحكم المتبعة ، وفي النهاية فإن دراسة نتائج الانهيار على الحياة البشرية والأضرار على الملكيات هي من العوامل المهمة في اختيار عوامل أمان مقبولة . وتعتمد طريقة العناصر المحدودة على خواص التربة لكل من حالات السلوك (الخطي ، اللاخطي ، المرن اللدن) في تحديد مستوى الإنزلاق الحرج وعامل الأمان له .

- الخواص الخطية للترب المستخدمة في طريقة العناصر المحدودة يلائم العديد من الحالات للحصول على صورة ملائمة لتوزيع الإجهادات أكثر من التي نحصل عليها باستخدام طريقة التوازن الحدية.
 - الخواص اللاخطية للترب يستخدم عند الاهتمام بالتشوهات أكثر من الاهتمام بتوزيع الإجهادات ولكن ذلك يعقد المسألة.
 - خواص التربة المرنة – اللدنة هي مناسبة للحصول على توزيع مناسب للإجهادات إن التحليل باستخدام الخواص الخطية يعطي في بعض الحالات عامل أمان أقل من الواحد لبعض الشرائح المتجاورة (الإجهادات المطبقة أكبر من المقاومة) وهنا يجب استخدام الخواص اللاخطية من أجل توزيع الإجهادات المطبقة والتي تزيد عن المقاومة. إلا أن استخدام الخواص اللاخطية يعقد الحسابات. وبشكل عام يوجد طريقتين لتحليل استقرار المنحدرات باستخدام العناصر المحدودة.
 - الطريقة الأولى: يتم بزيادة حمولة الجاذبية الأرضية.
 - الطريقة الثانية: يعتمد على تخفيض خصائص ومقاومة كتلة التربة.
- ولإيجاد عامل الأمان بطريقة العناصر المحدودة يتم حساب الإجهادات $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ داخل كل عنصر ، ومن هذه الإجهادات يمكن حساب إجهادات القص المحركة والقوة الناظمية عند منتصف قاعدة كل شريحة باتباع الخطوات التالية:
- حساب الإجهادات $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ عند كل عقده من أجل الشريحة الأولى نوجد احداثي نقطة منتصف قاعدة الشريحة حساب الإجهادات $(\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy})$ عند نقطة وسط قاعدة كل شريحة تحديد زاوية ميل قاعدة الشريحة حساب الإجهاد الناظمي وإجهاد القص عند قاعدة الشريحة تحديد مقاومة القص حسب الإجهاد الناظمي عند قاعدة كل شريحة تعاد المراحل السابقة من أجل الشريحة التالية وصولاً للشريحة الأخيرة. [3]
- المتولدة على كامل سطح الانزلاق يتم حساب S_r ومقاومة القص الكلية S_m ويعد حساب قوة القص المحركة عامل الأمان بتطبيق العلاقة:

$$F_s = \frac{\sum S_r}{\sum S_m}$$

ولإيجاد عامل الأمان في التحليل الستاتيكي - حيث يعتمد هذا التحليل على نظرية الكتلة المنزلقة و المقسمة إلى شرائح و هذه الكتلة سوف تنزلق على سطح انزلاق افتراضي حيث يتم دراسة تحديد سطح الانزلاق الحرج- يتم تجميع القوى والعزوم في الاتجاهين على طول دائرة الانهيار وهذه المعادلة غير كافية لجعل المشكلة مقررة ستاتيكيًا ويلزمنا مزيد من المعلومات عن توزيع القوى الخارجية المطبقة أو عن توزيع القوى الداخلية في الشريحة ولدنيا المعادلات الستاتيكية التالية لتحديد عامل الأمان

1- المجموع الجبري لمساقط القوى المؤثرة على كل شريحة على المحور الشاقولي لتحديد القوى الناظمية N المؤثرة على مركز قاعدة كل شريحة.

2- المجموع الجبري لمساقط القوى المؤثرة على كل شريحة على المحور الأفقي لتحديد القوى الناظمية الداخلية E المؤثرة على جانب كل شريحة.

3- المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة على جميع الشرائح حول مركز العزم الموحد لجميع الشرائح تعطي معادلة توازن العزم لحساب عامل الأمان F_m .

4- المجموع الجبري لمساقط القوى المؤثرة على جميع الشرائح على المحور الأفقي تعطي معادلة توازن القوى لحساب عامل الأمان F_f .

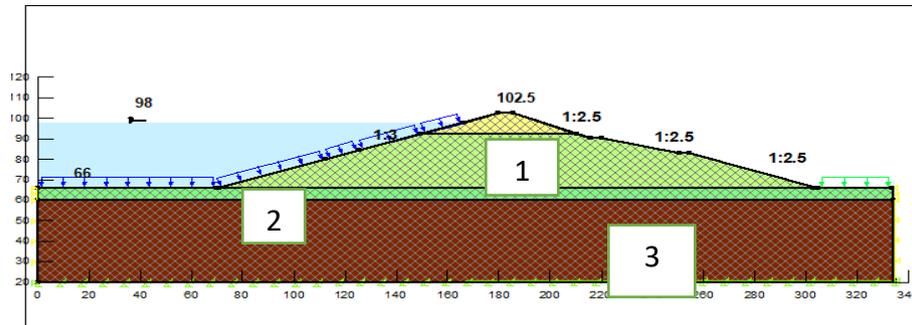
حيث أن عامل الأمان هو أحد النوعين و ذلك حسب المعادلة المحددة له، إما من معادلة توازن العزم F_m أو من معادلة توازن القوى F_f .

ومن الطرق الأكثر استخداما في التحليل الستاتيكي

- 1- الطريقة العادية (Ordinary Method)
- 2- طريقة بيشوب المبسطة Simplified Bishop method .
- 3- طريقة سبينسر Spencer's method .
- 4- طريقة جانبو المبسطة Janbu's Simplefied method .
- 5- طريقة جانبو المعقدة Jambu's Rigorou

الدراسة العملية: حالة سد الحويز:

تم اختيار سد الحويز لإجراء الدراسة وهو عبارة عن سد ركامي متجانس يقع في ريف جبلة (جنوب شرق مدينة اللاذقية) ويبلغ ارتفاع السد 37m وميل الوجه الأمامي 1:3 وميل الوجه الخلفي 1:2.5 ومنسوب قمة السد 102.5m عن سطح البحر وعرض قمة السد 6m وبالاعتماد على تجارب النفاذية المنفذة على السير رقم 2 الواقع على محور السد عند الارتفاع الأعظمي للمقطع العرضي، وجد أن عامل النفاذية للعشرة الأمتار العلوية من جسم السد $k=0.34m/day$ ولبقية الارتفاع $k=0.015m/day$ وتبين وجود رشح عبر جسم السد ظهر عند المنسوب 78 لذلك تم اتخاذ قرار من قبل الجهة الدارسة بإعادة تأهيله وذلك عن طريق بناء جدار كتامة مركزي وتعلية السد بمقدار 5m بنفس الوقت. [1]



وبين الشكل رقم (1): مقطع عرضي في سد الحويز قبل التأهيل

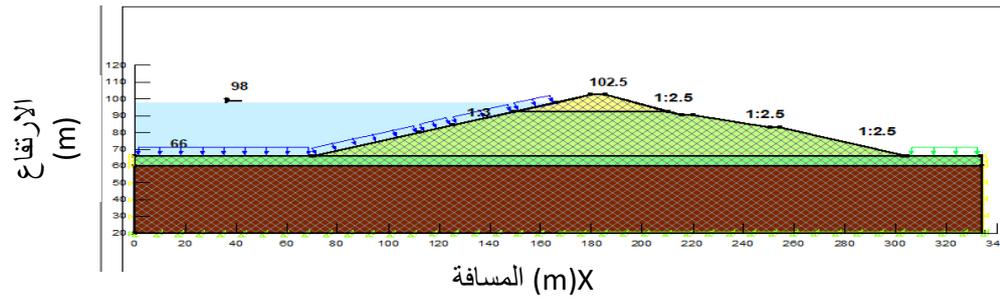
ويبين الجدول رقم (1): مواصفات الطبقات المشكله للسد وأساسه قبل التأهيل حسب المواصفات التصميمية

رقم الطبقة	وزن وحدة الحجم (KN/m ²)	زاوية الاحتكاك الداخلي (5)	التماسك (KPa)
1	21.5	26.5	200
2	20.3	14	40
3	20.3	28.8	30

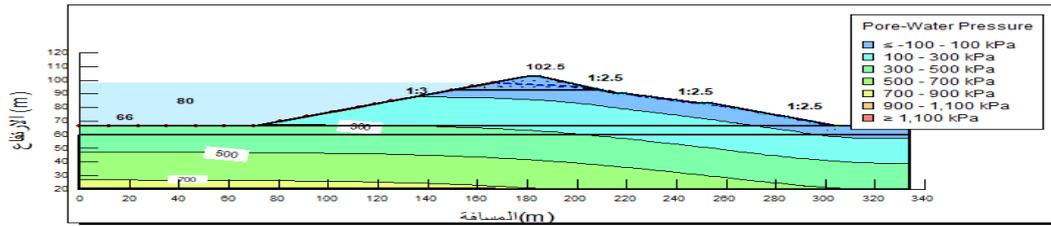
حالة التخزين الأعظمي:

1- تم نمذجة السد وشبكة العناصر المحدودة على واجهة البرنامج GEO-STUDIO وتم رسم نموذج السد وتحديد مواصفات مواد بناء جسم السد بالإضافة إلى تحديد الشروط الطرفية للأساس بعدم الحركة الأفقية والشاقولية، أما الشروط الطرفية لحواف الشاقولية فهي ممنوعة من الحركة الأفقية وسمح لها بالحركة الشاقولية فقط

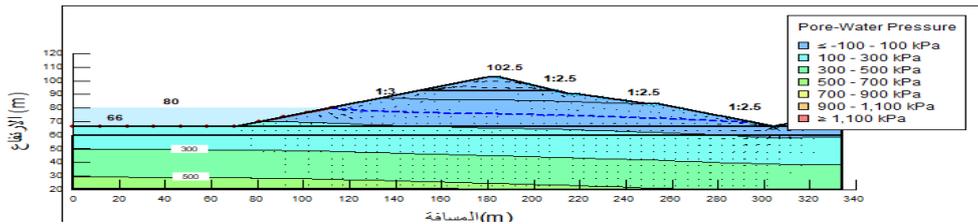
ويبين الشكل (2) شبكة العناصر المحدودة لسد الحويز قبل التأهيل وتم اعتماد الخواص الخطية ومن ثم توليد شبكة العناصر المحدودة



الشكل رقم (2): شبكة العناصر المحدودة لسد الحويز وقد بلغت / 788 / عنصر محدد



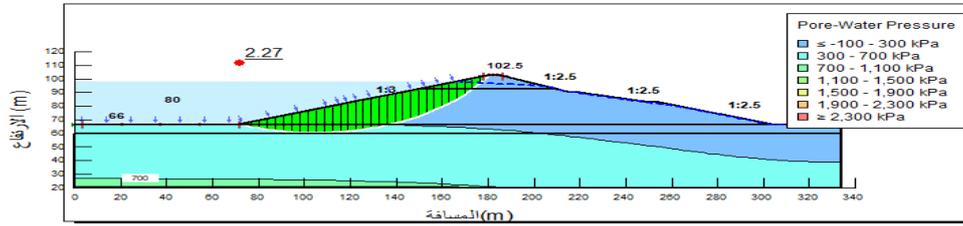
الشكل رقم (3): قيم ضغط ماء المسام في كل نقطة من السد عند التخزين حتى المنسوب 98 باستخدام البرنامج الفرعي seep/w حالة التخزين الأصغري:



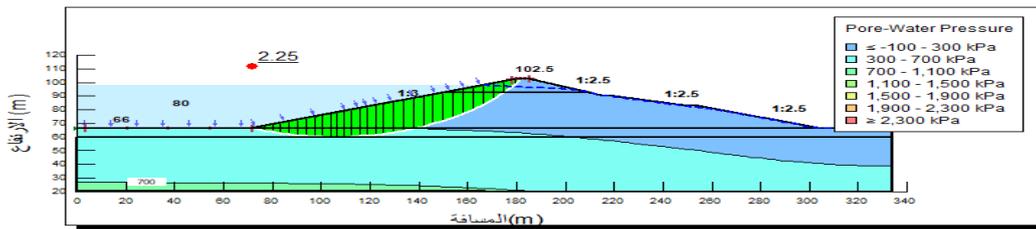
الشكل رقم (4): قيم ضغط ماء المسام في كل نقطة من السد عند التخزين حتى المنسوب 80 باستخدام البرنامج الفرعي seep/w

2- حساب عامل الأمان بطريقة العناصر المحدودة:

1- لقد تم حساب عامل الأمان تحت حمولات الاستنثار (وزن السد + حمل الماء) حيث يكون مستوى الماء عند المنسوب 98m في بحيرة السد والترتبة مغمورة في جسم السد ويؤثر وزن الماء عمودياً على وجه السد.

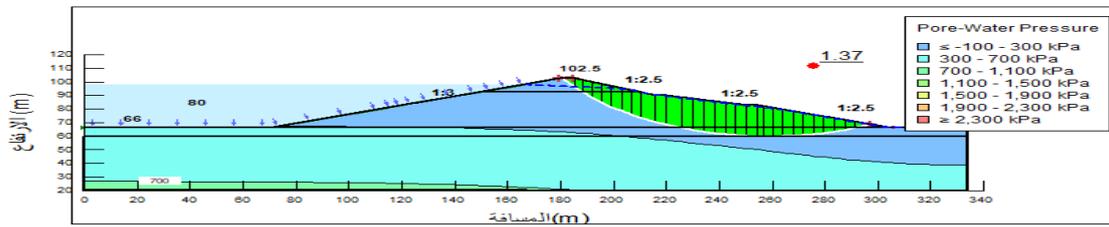


الشكل رقم (5): عامل الأمان الأصغري للوجه الأمامي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة (FEM)



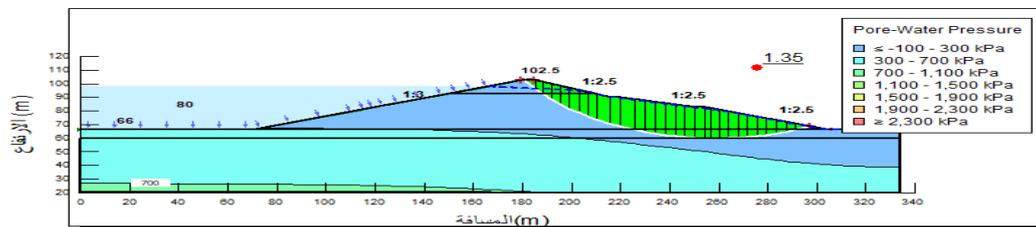
يبين الشكل رقم (6): عامل الأمان الأصغري للوجه الأمامي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة سبنسر وباستخدام عوامل الأمان الكلية.

وكذلك يبين الشكل رقم (7) عامل الأمان الأصغري للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة (FEM)



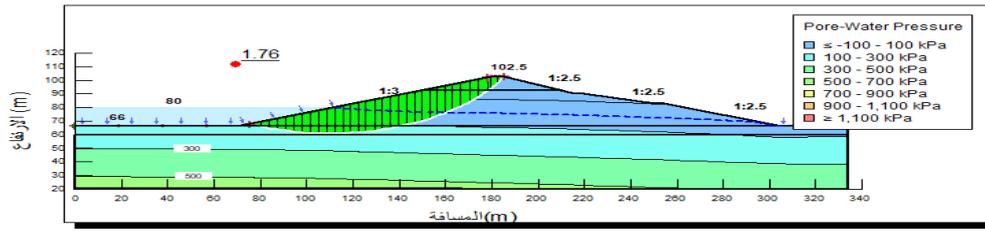
الشكل رقم (7): عامل الأمان الأصغري للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة (FEM)

كذلك يبين الشكل (8) عامل الأمان الأصغري للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة سبنسر وباستخدام عوامل الأمان الكلية.

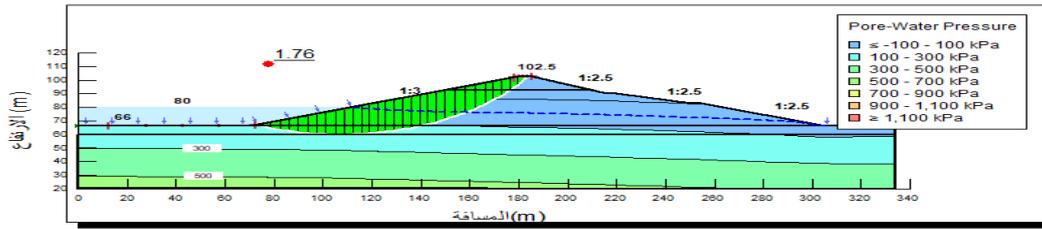


الشكل (8): عامل الأمان الأصغري للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة سبنسر وباستخدام عوامل الأمان الكلية

ويبين الشكل (9) عامل الأمان الأصغري للوجه الأمامي عند التخزين الأصغري وفق طريقة العناصر المحدودة

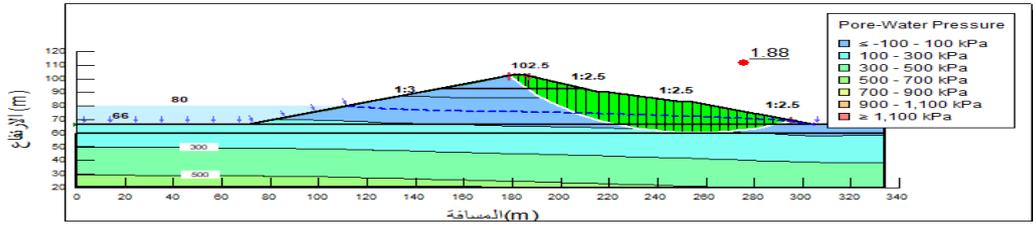


الشكل رقم (9): عامل الأمان الأصغري للوجه الأمامي عند التخزين الأصغري وفق طريقة العناصر المحدودة
وبين الشكل (10) عامل الأمان للوجه الأمامي عند التخزين الأصغري وفق طريقة سبنسر وباستخدام عوامل الأمان الكلية

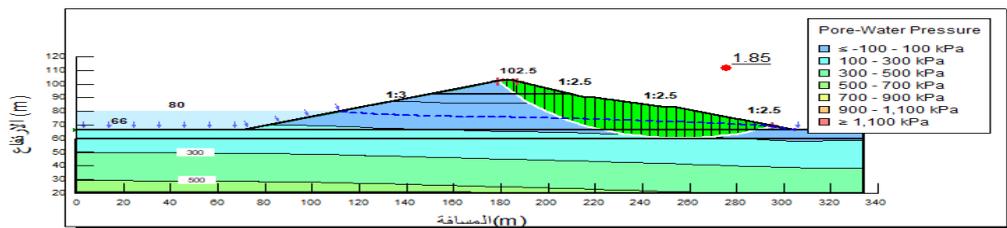


الشكل رقم (10): عامل الأمان للوجه الأمامي عند التخزين الأصغري وفق طريقة سبنسر وباستخدام عوامل الأمان الكلية

وبين الشكل (11) عامل الأمان الأصغري للوجه الخلفي عند التخزين الأصغري وفق طريقة (FEM)



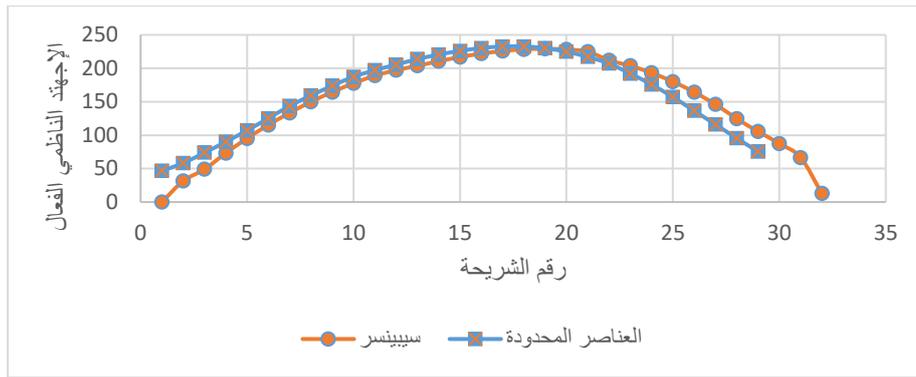
الشكل رقم (11): عامل الأمان الأصغري للوجه الخلفي عند التخزين الأصغري وفق طريقة (FEM)



وبين الشكل رقم (12): عامل الأمان الأصغري للوجه الخلفي عند التخزين الأصغري وفق طريقة سبنسر وباستخدام عوامل الأمان الكلية

ونبين بالشكل تغيير الإجهاد الناظمي الكلي مع رقم الشريحة

ونبين بالشكل (13) تغير الإجهاد الناظمي الفعال للوجه الأمامي عند التخزين الأعظمي مع رقم الشريحة

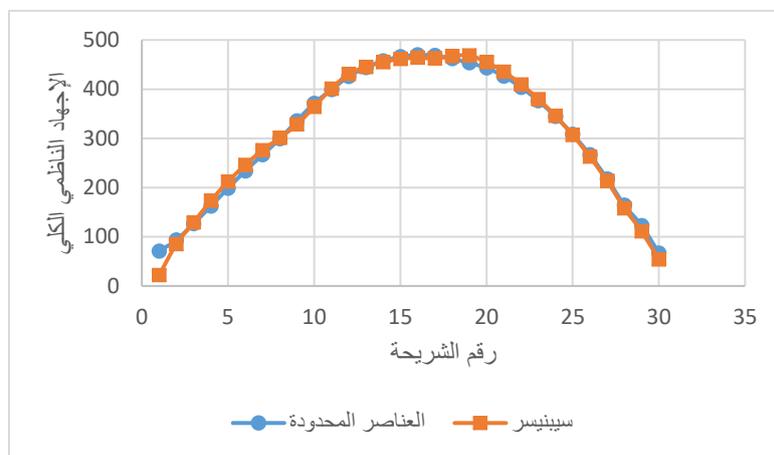


ونبين بالشكل رقم (13): تغير الإجهاد الناظمي الفعال للوجه الأمامي عند التخزين الأعظمي مع رقم الشريعة وفق

طريقتي العناصر المحدودة وطريقة سبنسر

ونبين بالشكل (14) تغير الأجهاد الناظمي الكلي للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي مع رقم الشريعة وفق طريقتي العناصر

المحدودة وطريقة سبنسر

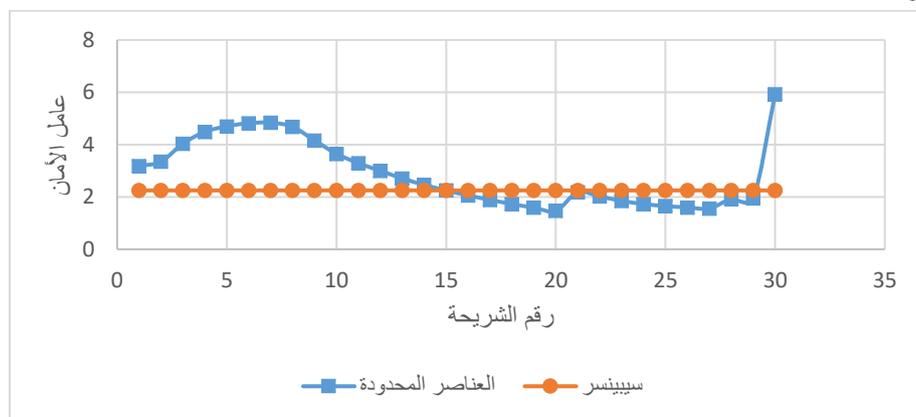


بالشكل رقم (14): تغير الإجهاد الناظمي الكلي للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي مع رقم الشريعة وفق طريقتي

العناصر المحدودة وطريقة سبنسر

ونبين بالشكل (15) تغير عامل الأمان مع رقم الشريعة للوجه الأمامي عند التخزين الأعظمي وفق طريقتي العناصر

المحدودة وسبنسر



الشكل رقم (15): مقارنة بين طريقتي العناصر المحدودة وطريقة سبنسر للوجه الأمامي عند التخزين الأعظمي لسد

الحويز

الجدول رقم (2) ملخص النتائج بين الطريقتين

قيمة عامل الأمان بطريقة سينسر	قيمة عامل الأمان بطريقة العناصر المحدودة	الحالة المدروسة	
2.25	2.27	التخزين الأعظمي حتى المنسوب +98	الوجه الأمامي
1.76	1.76	التخزين الأصغري حتى المنسوب +80	
1.35	71.3	التخزين الأعظمي حتى المنسوب +98	الوجه الخلفي
1.85	1.88	التخزين الأصغري حتى المنسوب +80	

تحليل النتائج

الاستنتاجات الرئيسية والتوصيات:

1. تتطابق نتائج طريقة العناصر المحدودة وطريقة سينسر بسبب تتطابق توزيع الإجهاد الناظمي.
 2. في طريقة العناصر المحدودة يوجد لكل شريحة عامل أمان خاص بها وعامل أمان كلي للمنحدر أما في طريقة سينسر فعامل الأمان له قيمة واحدة.
 3. في طريقة العناصر المحدودة نستطيع معرفة سلوك مواد المنحدر وتأثيرها على آلية وشكل انهيار المنحدر بينما طرق التوازن الحدي لا تأخذ بعين الاعتبار سلوك المادة وتفترض شكل انهيار للمنحدر بعيداً عن طبيعة التربة المكونة له وعن ظروف وسرعة التصريف.
- وأخيراً يتبين لنا أن طريقة العناصر المحدودة تعتمد على خواص التربة بكافة حالات السلوك (الخطي . اللاخطي المرن اللدن) ويتم من خلالها إيجاد سطح الانهيار الحرج بشكل آلي، وهي لا تحتاج إلى تحديد توزيع قوى القص بين الشرائح وبالإضافة لكونها تعطي معلومات هامة عن الإجهادات . العزوم . وضغط ماء المسام.

المراجع الأجنبية:

1. AL-sinn Project, Final Detailed Desijn Report. Second Phase. 13/95-05-09 Moscow.1997.
2. Application of the finite Element method to slope stability, (2001-2004) article preperd for reconws.
3. Finite Element Analysis of Splitgrouting on Earth-rock Dam Shandong vocational water Polytechnic collage of resources Rizhao city, shandog province 276826,P,R of china.2010
4. John Karhan ,Stress and Deformation With Sigma/w, User Manuels,2004

تحسين أداء القاعدة الترابية للرصف الإسفلتي باستخدام غبار مطحنة المواد الخام لمصانع الإسمنت
*م. أحمد أبو حسين ** أ. د. مروان عاصي

(الإيداع: 15 نيسان 2019 ، القبول: 7 آب 2019)

الملخص:

إنّ خصائص القاعدة الترابية (تربة الاستناد) التي يصادفها مهندس الطرق _خاصة قدرة تحملها_ تحدد سماكات طبقات الرصف التي تحملها، وتؤمن أساساً متيناً للطريق. جرى في هذا البحث دراسة إمكانية تحسين الأداء للقاعدة الترابية من خلال تحسين خصائصها الفيزيائية والميكانيكية باستعمال الغبار الذي يتم التقاطه بواسطة فلاتر خاصة خلال صناعة الإسمنت. تم إضافة راجع فلتر مطحنة المواد الخام الكهربائي (REMF) _مصنع الإسمنت في حماة_ إلى عينات من القاعدة الترابية وفق ثلاث نسب % (5-10-15) من الوزن الجاف للينة، وأجريت التجارب المخبرية اللازمة على العينات المعالجة براجع الفلتر (REMF) لتحديد هذه الخصائص، ومقارنة النتائج بما أظهرته التجارب ذاتها على العينات المرجعية من القاعدة الترابية (تربة الاستناد). خلص البحث إلى أن إضافة راجع الفلتر (REMF) إلى القاعدة الترابية (تربة الاستناد) قد حسن من أدائها، انخفض دليل اللدونة بنسبة %14، كما أن قدرة التحمل زادت بمعدلات جيدة تبعاً لإضافة (REMF) التي تدل عليها قيم (CBR) والمسجلة على مرحلتين: الأولى حتى ثبات الانتفاخ (من 8.3 إلى 10.8)، والثانية بالغمر لمدة 7 أيام (من 6.7 إلى 10.5) وبذلك وصلت نسبة الزيادة إلى %55. وتم التوصل إلى أن إضافة (REMF) بنسبة %15 من الوزن الجاف لعينات تربة الاستناد هي النسبة المثلى للإضافة.

الكلمات المفتاحية: غبار الإسمنت، القاعدة الترابية، تربة الاستناد، تحسين التربة، الاستفادة من المخلفات الصناعية، اختبارات الطرق.

*طالب دراسات عليا (ماجستير)، قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب.

**أستاذ في قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب.

Improving the Performance of Sub-grade of Asphalt Pavements Using Raw Materials Mill Dust of Cement Factories

*Eng. Ahmad Alabo Hussien

Prof.Dr. Marwan Assi

(Received:15 April 2019, Accepted:7 August 2019)

Abstract:

The Properties of Sub-grade (Support Soil) which road engineer faces_ especially its endurance capacity _ determines thicknesses of pavement layers which carry them, and provide a consistent foundation for the Road.

In this research, we studied the potentiality of improving the performance of Sub-grade by improving its physical and mechanical features using the dust caught by means of special filters during cement manufacturing process.

A return of electrostatic raw materials mill filter (REMF) _at Hama cement factory_ was added to samples of Sub-grade by three rates (5, 10, 15)% from dry sample weight. And Laboratory experiments were performed to determine these characteristics on the treated samples using return of filter (REMF), and to compare the results of the same experiments on the reference samples from Sub-grade (Support soil).

The research concluded that adding the return of filter to Sub-grade (Support soil) improved its performance and Plasticity index decreased by 14%. Furthermore, endurance capacity also increased at good rates depending on adding (REMF) indicated by the (CBR) values recorded in two stages: the first is till the stability of swelling is proved(from 8.3 to 10.8), and the second is immersion for 7 days (from 6.7 to 10.5). So that, the value of (CBR) increased up to 55%. It was found that the addition of (REMF) at 15% of the dry weight of the Support soil samples were optimal ratios for improved performance.

Keywords: Cement dust, Sub-grade, Support soil, Soil improvement and stabilization, Utilization of industrial waste, Road tests.

*Postgraduate Student (MSc.), Dept. of Transport Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo.

**Prof.Dr. Dept. of Transport Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo.

1- مقدمة:

يعتبر الطريق منشأة هندسية تتألف من قاعدة ترابية (تربة استناد) ومنشأ فوقي (طبقتي الأساس وما تحت الأساس والطبقة السطحية الاسفلتية)، ويقصد بمصطلح تحسين أداء تربة الاستناد هو الوصول بها إلى خصائص فيزيائية وميكانيكية أفضل (اللدونة - الرص - قدرة التحمل). وإن المواصفات والخصائص المحسنة لها توصلنا إلى سماكات اقتصادية للرصف، كما ونقل من احتمالية تشوهات الرصف مما يعني أعمال صيانة مستقبلية محدودة.

إن أحد المشاكل التي تواجه المهندس في موقع المشروع هي أن تؤدي خصائص تربة الموقع (تربة الاستناد) في بعض المواضع إلى سماكات كبيرة لطبقات الرصف التي تعلوها، وعند عدم وجود بدائل مجدية لتجنب تلك التربة، فلا بد من إيجاد حلول ناجعة ومجدية من الناحية الاقتصادية لمعالجة المشكلة.

ويتم تحسين الأداء باستخدام مواد مضافة كروابط هيدروكربونية أو فحمائية أو مواد صناعية منها (الإسمنت - الكلس - البيتومين - الجيوغريد). ويمكن أن يشكل البحث عن مخلفات صناعية تقترب في خواصها الكيميائية والفيزيائية من هذه المثبتات والمحسنات إنتاجاً علمياً له أهميته في الحفاظ على المواد الخام و مقدرات الطبيعة.

يعتبر الغبار المتطاير من معمل صناعة الإسمنت مادة ذات أهمية كبيرة لإجراء العديد من الدراسات والأبحاث في كثير من المجالات قديماً وحديثاً، نظراً لأثره الضار على البيئة المحيطة به، لذلك فإن استعماله كمادة مثبتة ومحسنة لتربة الاستناد يعتبر أمراً هاماً لما له من أهمية في الحفاظ على الموارد الطبيعية من النضوب وتحقيق الوفرة الاقتصادي، إضافة إلى حماية الإنسان والبيئة من هذه المخلفات.

توجد مصانع الإسمنت في مناطق متعددة من القطر العربي السوري، وتنتج كميات ضخمة من الإسمنت، ومن أشهر مخلفات هذه المصانع وأكبرها حجماً وأكثرها ضرراً هو الغبار الناتج عن كل من طحن وتداول المواد الخام، ومن تشغيل الأفران وتبريد الكنكر، وطحن وتداول وتعبئة المنتجات.

ولقد شاع استخدام غبار الاسمنت المتطاير خلف الفرن والمبرد كمثبت ومحسن للتربة، بعد أن أكدت أهميته أبحاث عديدة، لكن ما يزال الغبار المتطاير من مطحنة المواد الخام _الملتقط من خلال الفلاتر الكهربائية_ كمحسن لأداء تربة الاستناد موضوع دراسة إلى الآن.

2- هدف وأهمية البحث:

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية تحسين الأداء لتربة الاستناد باستخدام غبار مصانع الإسمنت (راجع الفلتر الكهربائي لمطحنة المواد الخام) كمادة مضافة لبنيتها، وذلك من خلال دراسة أثره على خصائصها الفيزيائية والميكانيكية من خلال الاختبارات المناسبة. وإيجاد معادلات خاصة تربط بين نسب الإضافة لراجع الفلتر (الغبار) ودلائل الاختبارات للوصول إلى النسبة الأمثل للإضافة.

وتتمثل أهمية البحث بثلاثة أبعاد:

أهمية علمية تتمثل بتحسين أداء القاعدة الترابية بمواد مضافة جديدة، وأخرى اقتصادية تتمثل في تحقيق سماكات اقتصادية للرصف والإقلال من الهدر في مقدرات الطبيعة، وكذلك أهمية بيئية من خلال تحسين الأثر البيئي الناتج عن الاستخدام الأمثل لمخلفات صناعة الإسمنت.

3- المراجعة البحثية والدراسات السابقة:

يشير مصطلح (Modification) أي التعديل إلى تحسين في مواصفات التربة يحدث خلال فترة قصيرة. وهذا التعديل يقلل اللدونة ويحسن الكثافة إلى الدرجة المطلوبة كما أنه يحسن المقاومة ضمن الشروط قصيرة الأمد (شروط قصيرة تعرف كالمقاومة التي نحصل عليها خلال أيام)، رغم عدم حصول تمييه أو ترابط هام، لكن تغيرات النسج التي ترافق تحسن الكثافة

تؤدي إلى تحسن واضح في المقاومة أي أنه يشير إلى تغير ثانوي غير خطير في خواص التربة AASHTO (2009)، و karol (2003).

وبحسب الكود الأمريكي (ASTM D653) يعرف تحسين التربة (Improvement) بأنه معالجة ميكانيكية صممت لزيادة ثبات كتلة التربة أو المحافظة عليها من أجل تحسين مواصفاتها الهندسية ASTM (1995). وتتم هذه المعالجة عن طريق إدخال مكون جديد إلى البنية الهندسية للتربة بهدف تحسين خصائصها الفيزيائية (اللدونة والرص) وخصائصها الميكانيكية (قدرة التحمل) وبالتالي الزيادة في مقاومة التربة الإنشائية. ومن العوامل المؤثرة على مقاومة التربة المحسنة:

❖ الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

❖ الشروط الجيولوجية و الهيدروجيولوجية في المنطقة.

❖ خواص وجودة الرابط.

❖ طريقة التثبيت.

❖ شروط الحفظ.

كما ويهدف تحسين الترب والذي عمل به منذ العصور الرومانية والإغريقية إلى تلبية احتياجات الحركة المرورية المتزايدة المذيب (2015)، كما وتتوعد أساليبه ونوعية المواد المضافة ابتداءً من خلط الترب الرملية والغضارية إلى إدخال الرابط البوزولاني وحتى ادخال الإسمنت في تحسين تربة الاستناد أثناء إنشاء العديد من المطارات من قبل الألمان وحلفائهم خلال الحرب العالمية الثانية. ومع تطور الصناعات ولحظ الكميات الهائلة والمتزايدة من المخلفات الصناعية، عمد الباحثون ولقترات متلاحقة على دراسة كيفية الاستخدام الأمثل لهذه المخلفات. وكان للباحثين المتخصصين في الأعمال الطرقية نصيبهم من هذه الدراسات، وكذلك فإن الغبار المتطاير من مصانع الإسمنت كان له أهميته في هذه الأبحاث لدراسة تأثيره على أداء ترب الاستناد ومقارنة ذلك بالمحسنات الشهيرة سابقة الذكر.

ومن الأبحاث والدراسات السابقة والتي تناولت فكرة البحث:

3-1 (تحسين التربة الغضارية باستخدام غبار أفران الإسمنت)

عمل الباحثون (كيرثي وزملاؤه عام 2013) في دولة الهند على دراسة إمكانية الاستفادة من غبار أفران الإسمنت (CKD) في تحسين أداء التربة، وكانت العينات المدروسة عبارة عن تربة غضارية أحضرت من ولاية اندرا براديش، وتمت المقارنة بين العينات غير المعالجة والمعالجة بنسبة إضافة 50% من (CKD) إلى الوزن الجاف من العينات. وتتلخص نتائجها بتشكيل روابط كيميائية بين مكونات غبار أفران الإسمنت ومكونات التربة مما يضيفي تحسناً على الخصائص الميكانيكية لها وزيادة قدرة تحملها keerthy وزملاؤه (2013).

3-2 (البنية والسلوك الهندسي للتربة المحسنة بغبار أفران الإسمنت)

تم إجراء الدراسة المخبرية (من قبل سولانكي ورفاقه عام 2011) لعينات مختلفة من التربة الطبيعية المحضرة من ولاية أوكلاهوما في الولايات المتحدة الأمريكية بعد إضافة غبار الإسمنت (CKD) بنسب مختلفة (5%, 10%, 15%) إلى الوزن الجاف من العينة، وتتلخص نتائجها بازدياد قيم معامل المرونة MR ومعامل اللدونة ME ومقاومة الضغط غير المحصور UCS للعينات المحسنة بغبار أفران الإسمنت solanki وزملاؤه (2011).

3-3 (تحسين التربة الرملية باستخدام غبار أفران الإسمنت)

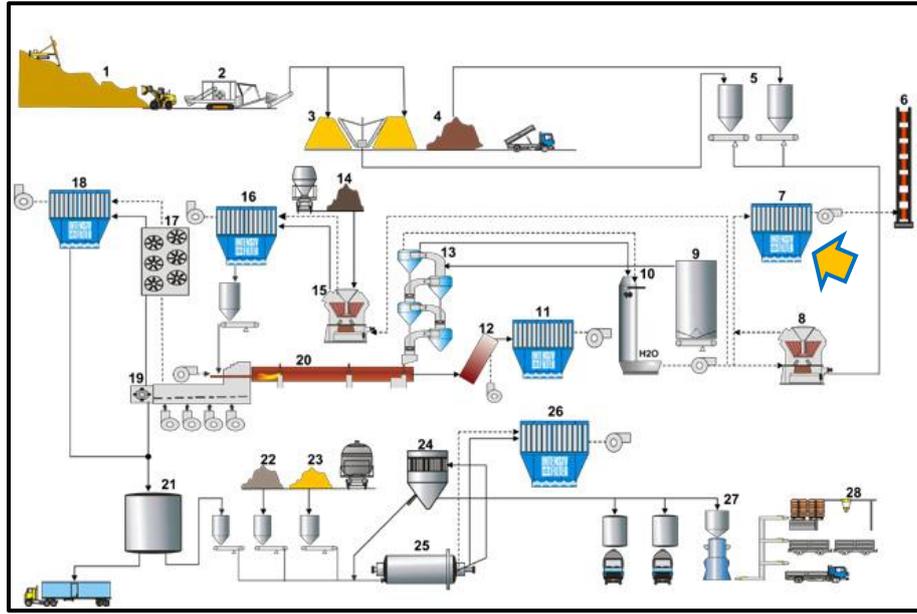
تمت هذه الدراسة في دولة العراق (من قبل الدكتور ليث جواد عزيز عام 2010) على تربة رملية من منطقة النجف بإضافة غبار أفران الإسمنت إلى العينات وتتلخص نتائج هذه الدراسة بازدياد ثبات التربة الرملية بإضافة غبار أفران الإسمنت لها حتى نسبة إضافة 8% عزيز (2010).

4- المواد والعمل المخبري:

4-1 المواد المستخدمة:

4-1-1 راجع فلتر مطحنة المواد الخام لدى مصنع الإسمنت في حماة:

يتم التقاط وتجميع الغبار المتطاير من مطحنة المواد الخام لمصنع الإسمنت في حماة من خلال نوعين من الفلاتر (كهربائية Electrostatic Filters وقماشية Baghouse Filters) وكذلك الأمر بالنسبة للغبار المتطاير على كامل مراحل التصنيع. وكما مر سابقاً فقد اختيرت رواجع فلاتر مطحنة المواد الخام لدراسة أثرها على تحسين الأداء للتربة لعدة أسباب أهمها كمياتها الكبيرة وعدم التطرق إلى دراستها سابقاً في موضوع تحسين ترب الاستناد في أعمال الطرق. و يبين الشكل (1) أجزاء مصنع الاسمنت وتوزع الفلاتر بنوعها على كامل مراحل التصنيع كما ويظهر موقع الفلتر الكهربائي لمطحنة المواد الخام الذي استخرجت منه مادة البحث:



الشكل رقم(1): أجزاء مصنع الإسمنت مع الفلاتر الكهربائية والقماشية

1- المقالع، 2- الكسارات، 3- عملية المجانسة، 4- عملية التجميع، 5- صوامع (خزانات) تغذية مطحنة المواد الخام، 6- المدخنة الرئيسية، 7- فلاتر كهربائية وقماشية، 8- مطحنة المواد الخام، 9- صوامع تغذية المواد الخام، 10- برج تعديل حرارة الغازات، 11- فلاتر، 12- غرف الخلط والمزج، 13- برج التسخين الأولي (الكلزوني)، 14- فحم خام، 15- مطحنة الفحم، 16- فلاتر، 17- مبرد أنبوبي، 18- فلاتر كهربائية وقماشية، 19- مبرد كلنكر، 20- الفرن الدوار، 21- صوامع الكلنكر، 22- جبس/جص، 23- معادن متنوعة، 24- فارزة، 25- مطحنة الإسمنت (الإنهاء)، 26- فلاتر، 27- التعبئة والتغليف، 28- منصة التحميل والنقل.

ونظراً لأن الطاقة التجميعية للفلتر الكهربائي لمطحنة المواد الخام كبيرة إذا ما قورنت بطاقة الفلتر القماشي، فقد اهتم البحث بدراسة أثرها على الأداء، علماً أنّ الخصائص الفيزيائية والكيميائية للغبار الناتج عنهما متشابهة.

- الخصائص الفيزيائية والكيميائية لراجع فلتر مطحنة المواد الخام:

يظهر الجدولان (1) و(2) الخواص الفيزيائية والكيميائية لراجع الفلتر من خلال الدراسة المخبرية على عينات أحضرت من الموقع والذي رمز إليه بـ (Return of Electrostatic Mill Filter, REMF) كما ويظهر الجدول (2) الخصائص الفيزيائية له:

الجدول رقم (1): الخصائص الكيميائية لـ (REMF)

REMF	المكون النسبة	PF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Total	L.S.F	S.M	A.M
		38.47	7.47	2.65	1.42	48.30	1.48	99.79	193.51	1.84	1.86

الجدول رقم (2): الخصائص الفيزيائية لـ (REMF)

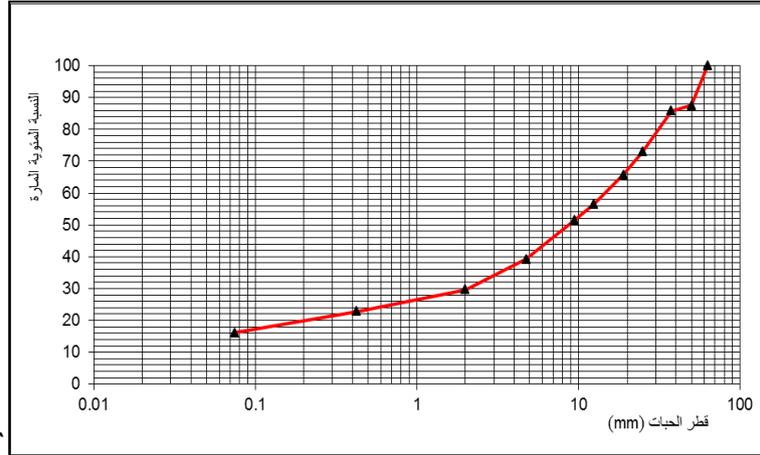
2.69	الوزن النوعي
7812	السطح النوعي cm ² /gr
0.7	الرطوبة %

4-1-2 القاعدة الترابية:

أحضرت عينات من تربة الاستناد كحالة دراسية من أرض الموقع إلى المختبر معبئة بأكياس بلاستيكية ليسهل حملها، وذلك على طريق حلب - تل الضمان، حيث أخذت الكمية المطلوبة بعد أعمال تسوية السطح و تنظيفه من بقايا الأغصان والأوساخ. ويظهر الجدول (3) خصائص تربة الاستناد المحضرة من الموقع.

الجدول رقم (3): خصائص تربة الاستناد

القيمة (value)	الخاصية (property)	
45	حد السيولة LL%(Liquid Limit)	حدود أتبرغ (Atterberg Limit)
26	حد اللدونة pL%(Plastic Limit)	
18	دليل اللدونة pl%(Plasticity Index)	
16	المواد الناعمة (Clay and silt) %	التحليل الحبي (التدرج) (Grain Size Analysis)
23	الرمل (Sand) %	
61	الحصى (Gravel) %	
الشكل (2)	المنحني الحبي	
1.893	الكثافة الجافة الأعظمية MDD (gr/cm ³)	الرص بروكتور المعدلة (Modified Proctor)
11.8	محتوى الرطوبة الأمثل OMC (%)	
A-2-7	نظام الجمعية الأمريكية للطرق AASHTO	تصنيف التربة (Soil Classification)
8.3	نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio , CBR	



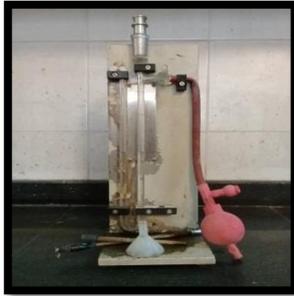
الشكل رقم (2): المنحني الحبي الخاص بتربة الاستناد

وعينات هذه الحالة الدراسية بحسب تصنيف **AASHTO** عبارة عن مزيج حصوي رملي غضاري.

2-4 العمل المخبري:

توزع العمل المخبري والتجارب المجرأة على عينات البحث المرجعية (REMF0)، والمعالجة بإضافة راجع الفلتر بنسب (5%, 10%, 15%) والتي رمز لها على الترتيب (REMF5, REMF10, REMF15) على مخابر الشركة السورية لصناعة الإسمنت ومواد البناء في حماة وعلى مخبر الطرق في كلية الهندسة المدنية بحلب.

1-2-4 الاختبارات والأجهزة المستخدمة في مخابر مصنع الإسمنت:



جهاز PLAINE لقياس السطح النوعي (النعمومة)



جهاز X-RAY للتحليل الكيميائي



جهاز MOISTURE ANALYZER لقياس رطوبة المواد الناعمة



زجاجة لوشاتولبييه لقياس الوزن النوعي

4-2-2 الاختبارات والأجهزة المستخدمة في مخبر كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب:



حدود أتبرغ (Atterberg limits)

التدرج الحبي للتربة
(Particle size distribution of soil)

تجربة بروكتور المعدلة (Modified Proctor Test)



نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio, CBR)

5- تحليل النتائج والمناقشة:

سُجّلت قراءات الاختبارات المتعلقة بالخصائص الفيزيائية والميكانيكية لتربة الاستناد المجراة على العينات المدروسة والتي رمز لها تبعاً لنسبة الإضافة بـ (REMF0, REMF5, REMF10, REMF15) ضمن جداول برنامج EXCEL. وحُللت النتائج ومُنلت بخطوط بيانية لتربة الاستناد المعالجة براجع الفلتر (REMF) وذلك وفق المراحل التالية:

المرحلة الأولى: خصائص اللدونة (دلالتها): حد السيولة LL وحد اللدونة PL ودليل اللدونة (PI).

المرحلة الثانية: خصائص الرص (بروكتور المعدلة ودلالتها): الكثافة الجافة الأعظمية MDD ومحتوى الرطوبة الأمثل (OMC).

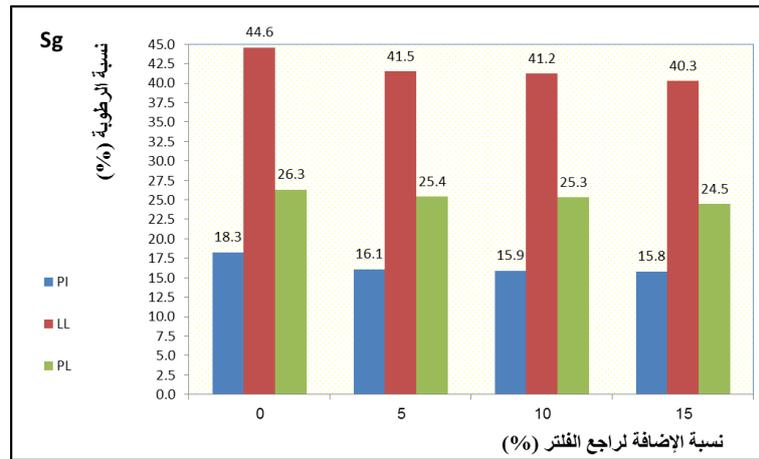
المرحلة الثالثة: خصائص ميكانيكية (نسبة تحمل كاليفورنيا ودليلها CBR).

1-5 خصائص اللدونة:

يظهر الجدول (5) تغيرات خصائص اللدونة لتربة الاستناد تبعاً لتغيرات نسبة الإضافة لراجع الفلتر (REMF) كما يوضح مخطط الأعمدة الشكل (4) ذلك:

الجدول رقم (5): تغيرات قيم LL و PL و PI تبعاً لـ REMF

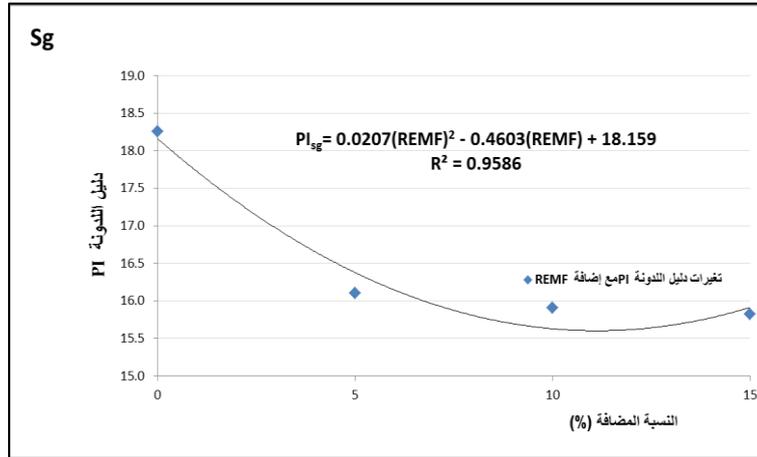
رقم العينة	العينة	حد السيولة LL	حد اللدونة PL	دليل اللدونة PI
1	REMF0	44.6	26.3	18.3
2	REMF5	41.5	25.4	16.1
3	REMF10	41.2	25.3	15.9
4	REMF15	40.3	24.5	15.8



الشكل رقم (4): تغيرات قيم LL و PL و PI تبعاً لـ REMF

لوحظ أن قيمة دليل اللدونة للعينات نقصت من قيمة 18.3 للعينة المرجعية إلى 15.8 عند نسبة إضافة 15% من (REMF) _ وتوافق هذه النتائج ما توصلت إليه الدراسات السابقة المشابهة لموضوع البحث والمتعلقة بإضافة المادة الناعمة المتطايرة خلف الأفران في مصانع الإسمنت إلى القاعدة الترابية للطريق_ من حيث تكتل حبات راجع الفلتر الناعمة وتلاصقها مع حبات التربة مما يخفض من السطح النوعي للحبات وتقليل كمية المياه الملتصقة بها وكذلك ملء حبات المادة المضافة (REMF) لفراغات التربة.

ويظهر الشكل (5) العلاقة بين دليل اللدونة (PI) ونسبة الإضافة من (REMF) لتربة الاستناد والمعادلة التحليلية الخاصة التي تربط بينهما:



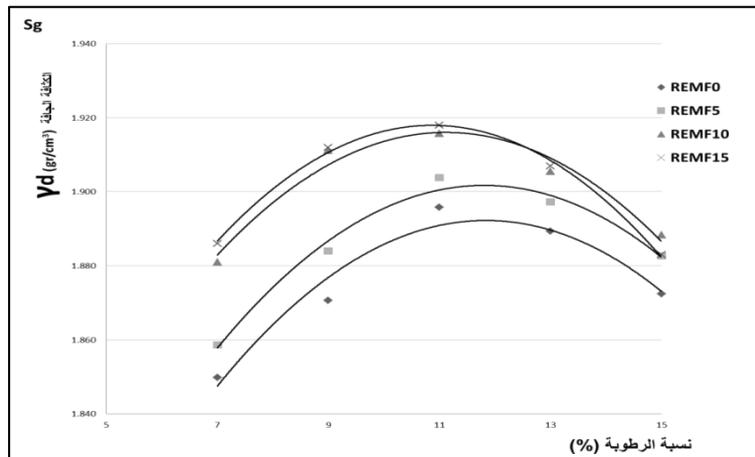
الشكل رقم (5): العلاقة بين دليل اللدونة ونسبة الإضافة من REMF لتربة الاستناد

2-5 خصائص الرص:

يظهر الجدول (6) تغيرات قيم الكثافة الجافة للعينات المرجعية والمعالجة من تربة الاستناد تبعاً لمحتوى الرطوبة المقدم للعينات وذلك وفق كل نسبة من نسب إضافة (REMF)، كما ويظهر في الشكل (6) تغيرات منحنيات الرص (منحنيات بروكتور) المستنتجة والمقابلة لكل نسبة إضافة من (REMF):

الجدول رقم (6): تغيرات قيم الكثافة الجافة تبعاً لمحتوى الرطوبة للعينات المرجعية والمعالجة لتربة الاستناد

الرطوبة (%)	الكثافة الجافة (gr/cm ³)			
	REMF0	REMF5	REMF10	REMF15
7	1.850	1.859	1.881	1.886
9	1.871	1.884	1.911	1.912
11	1.896	1.904	1.916	1.918
13	1.889	1.897	1.906	1.907
15	1.872	1.883	1.888	1.883



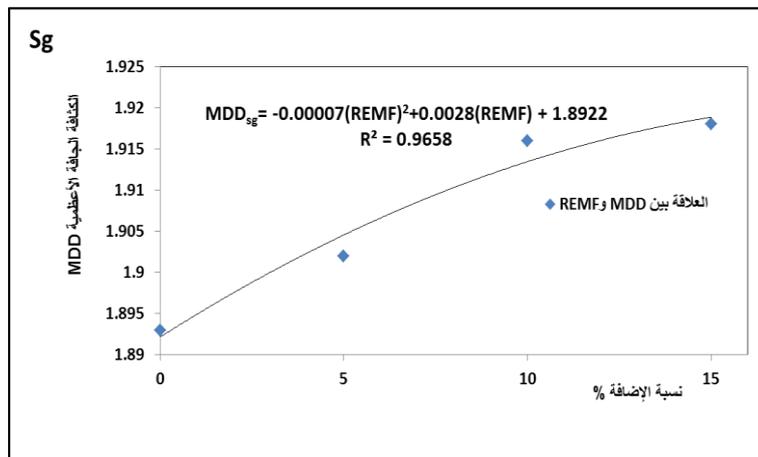
الشكل رقم (6): تغيرات منحنى الرص لتربة الاستناد تبعاً لنسب الإضافة من REMF

ويظهر الجدول (7) تغيرات قيم الكثافة الجافة الأعظمية MDD ومحتوى الرطوبة الأمثل OMC تبعاً لنسبة الإضافة من (REMF):

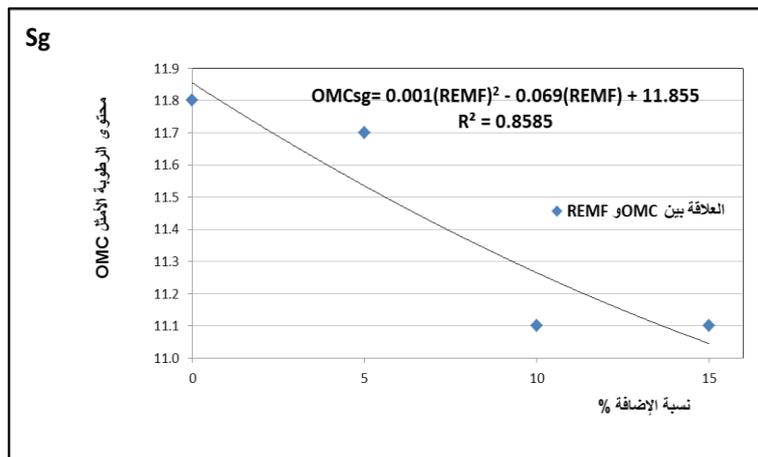
الجدول رقم (7): تغيرات قيم MDD و OMC الموافقة لنسبة الإضافة من REMF لتربة الاستناد

رقم العينة	العينة	نسبة الإضافة (%)	OMC	MDD
1	REMF0	0	11.8	1.893
2	REMF5	5	11.7	1.902
3	REMF10	10	11.1	1.916
4	REMF15	15	11.1	1.918

ويبين الشكل (7) العلاقة بين MDD ونسبة الإضافة من (REMF) لتربة الاستناد والمعادلة التحليلية الخاصة التي تربط بينهما. أما الشكل (8) فيبين العلاقة بين OMC ونسبة الإضافة من (REMF) لتربة الاستناد والمعادلة التحليلية الخاصة التي تربط بينهما:



الشكل رقم (7): العلاقة بين MDD ونسبة REMF لتربة الاستناد



الشكل رقم (8): العلاقة بين OMC ونسبة REMF لتربة الاستناد بعد الغمر

لوحظت الزيادة في قيمة الكثافة الجافة الأعظمية (MDD) ونقصان محتوى الرطوبة الأمثل (OMC) وذلك مع ازدياد نسبة الإضافة من راجع الفلتر، مما يؤدي إلى الزيادة في الاكتناز (ملاءة المادة للفراغات) مما يعني زيادة في المقاومة الميكانيكية للتربة. وتوقفت عملية الإضافة لـ راجع الفلتر (REMF) للتقارب الحاصل في قيم التغيرات المقابلة لنسبتي الإضافة -10-15%.

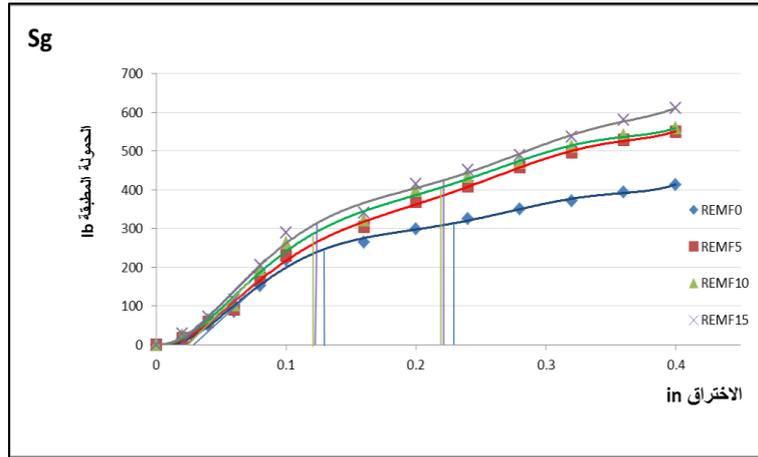
5-3 الخصائص الميكانيكية:

أجريت تجربة الـ CBR على العينات على مرحلتين وذلك بعد رصها في قالب الـ CBR مع الأخذ بعين الاعتبار الرطوبة المثالية الموافقة للكثافة الجافة الأعظمية لكل من العينات (كلٌّ على حده).

5-3-1 المرحلة الأولى: غمرت العينات ضمن الماء وذلك حتى ثبات الانتفاخ وصادف ذلك مدة 48 ساعة _عادةً ما تستمر حتى 96 ساعة_ المذيب (2015). ويظهر الجدول (8) قيم الأحمال المطبقة والموافقة لمقدار الاختراق، كما ويظهر في الشكل (9) تغيرات منحنى (CBR) وفق نسب الإضافة (REMF) لتربة الاستناد وذلك بعد غمر العينات لمدة 48 ساعة حتى ثبات الانتفاخ:

الجدول رقم (8): قيم الأحمال المطبقة وفقاً لمقدار الاختراق بعد غمر 48 ساعة تربة الاستناد

الاختراق (inch)	الحمولة (lb)			
	REMF0	REMF5	REMF10	REMF15
0	0	0	0	0
0.02	15	17	24	29
0.04	50	59	65	72
0.06	85	91	102	117
0.08	152	173	194	206
0.1	218	231	263	289
0.16	265	304	321	341
0.2	298	369	398	415
0.24	326	410	435	452
0.28	351	458	470	490
0.32	372	497	512	537
0.36	395	529	540	581
0.4	414	551	559	611

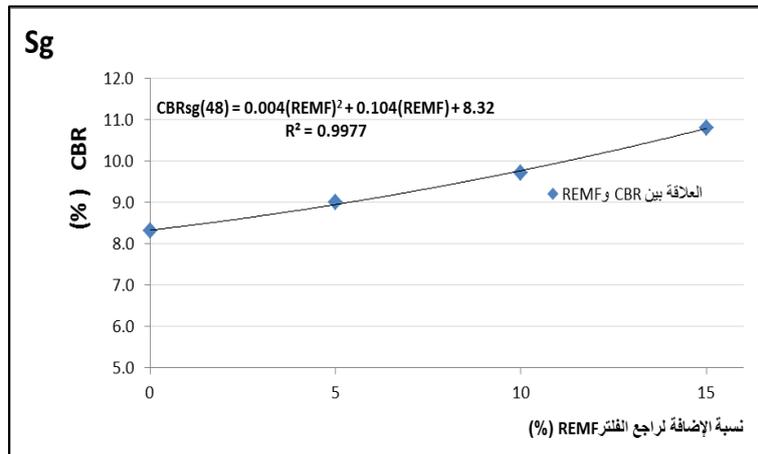


الشكل رقم (9): تغيرات منحنى CBR بعد عمر 48 ساعة لتربة الاستناد

كما يظهر الجدول (9) تغيرات قيم CBR المصححة لتربة الاستناد، تبعاً لنسبة الإضافة من (REMF)، ويبين الشكل (10) العلاقة بينهما والمعادلة التحليلية الخاصة التي تربط بينهما:

الجدول رقم (9): قيم الحمولة المصححة لـ CBR لتربة الاستناد

P1 (lb)	250.0	270.0	290.0	325.0
P2(lb)	315.0	390.0	410.0	425.0
CBR0.1 (%)	8.3	9.0	9.7	10.8
CBR0.2 (%)	7.0	8.7	9.1	9.4
CBR (%)	8.3	9.0	9.7	10.8

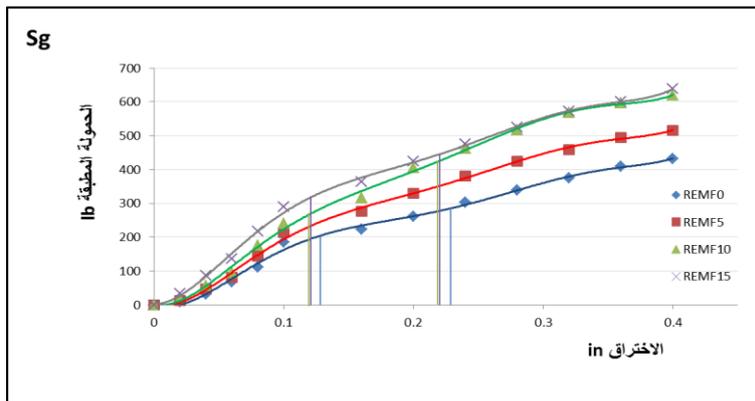


الشكل رقم (10): العلاقة بين CBR ونسب الإضافة من REMF لتربة الاستناد 48 ساعة

5-3-2 المرحلة الثانية: غمرت عينات أخرى شبيهة بالأولى وذلك بعد إعادة رصها ضمن القوالب ومن ثم تم غمرها بالماء لمدة 7 أيام، وذلك من أجل محاكاة الحالة الأكثر خطورة. ويظهر الجدول (10) قيم الأحمال المطبقة والموافقة لمقدار الاختراق، كما يظهر في الشكل (11) تغيرات منحنى (CBR) وفق نسب الإضافة (REMF) لتربة الاستناد:

الجدول رقم (10): قيم الأحمال المطبقة وفقاً لمقدار الاختراق بعد غمر 7 أيام لتربة الاستناد

الاختراق (inch)	الحمولة (lb)			
	REMF0	REMF5	REMF10	REMF15
0	0	0	0	0
0.02	8	13	17	34
0.04	31	46	57	86
0.06	67	81	95	135
0.08	112	143	176	217
0.1	185	213	241	289
0.16	224	276	316	364
0.2	261	329	405	425
0.24	302	381	462	475
0.28	338	425	517	525
0.32	375	459	568	573
0.36	409	495	596	601
0.4	432	516	620	638

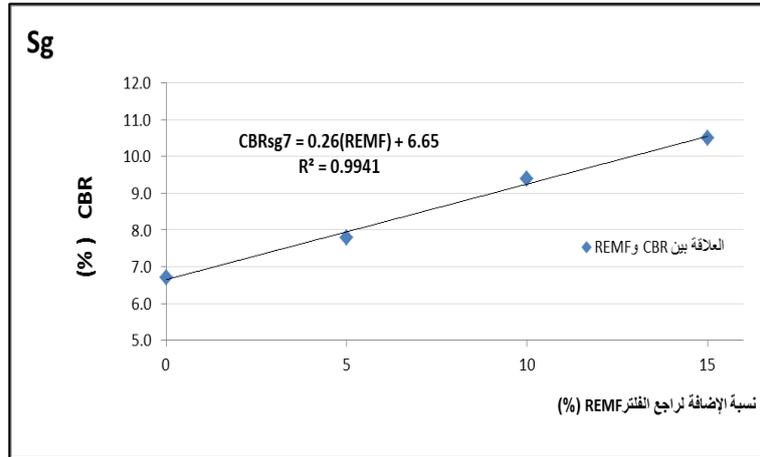


الشكل رقم (11): تغيرات منحنى CBR بعد غمر 7 أيام لتربة الاستناد

كما يظهر الجدول (11) تغيرات قيم CBR المصححة لتربة الاستناد، تبعاً لنسبة الإضافة من (REMF)، ويبين الشكل (12) العلاقة بينهما والمعادلة التحليلية الخاصة التي تربط بينهما:

الجدول رقم (11): قيم الحمولة المصححة لـ CBR لتربة الاستناد

P1(lb)	200.0	230.0	270.0	315.0
P2(lb)	275.0	350.0	425.0	450.0
CBR0.1 (%)	6.7	7.7	9.0	10.5
CBR0.2 (%)	6.1	7.8	9.4	10.0
CBR (%)	6.7	7.8	9.4	10.5



الشكل رقم (12): العلاقة بين CBR ونسب الإضافة من REMF لتربة الاستناد 7 أيام

إن زيادة قيم (CBR) بشكل مطرد مع زيادة نسبة الإضافة من (REMF) يدل على زيادة قدرة تحمل تربة الاستناد، وذلك يؤكد النتائج التي تم التوصل إليها من خلال منحنيات الرص، كون المادة المضافة (REMF) عملت على ملء الفراغات مما زاد من اكتناز التربة. ويمكننا القول أن هذه المادة المضافة (REMF) يمكن اعتبارها رابطاً هيدروليكيّاً لبدء تأثيرها بالظهور أكثر بعد سبعة أيام من الغمر.

6- الخلاصة والتوصيات:

تتمثل الخلاصة بالنقاط المحورية التالية:

- إضافة راجع الفلتر الكهربائي لمطحنة المواد الخام (REMF) إلى القاعدة الترابية (تربة الاستناد) يحسّن من خصائصها الفيزيائية والميكانيكية.
- انخفاض دليل اللدونة للعينات المعدلة براجع الفلتر (REMF) لتربة الاستناد بنسبة 14% وذلك عند نسبة إضافة 15% من راجع الفلتر إلى الوزن الجاف للعينات.
- ارتفاع نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) للعينات المعدلة بنسبة 15% من راجع الفلتر (REMF) لتربة الاستناد بنسبة تصل إلى 55%.
- النسبة الأمثل لإضافة (REMF) إلى تربة الاستناد كانت 15%.

وإننا نوصي بـ:

- استخدام راجع الفلتر (REMF) في تحسين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لتربة الاستناد في أعمال الطرق.
- دراسة تأثير مزيج من راجع فلتر مطحنة المواد الخام (REMF) وغبار أفران الإسمنت (CKD) على أداء طبقات الرصف المختلفة، والوصول إلى النسبة الاقتصادية.
- التوسع في دراسة أثر راجع الفلتر (REMF) على:

- 1) مختلف أنواع ترب الاستناد.
- 2) طبقات الأساس وما تحت الأساس وفق مواد حصوية ذات مصادر مختلفة (فرازية - بازلتية - كلسية.... إلخ).
- 3) الخلطات الإسفلتية.

REFERENCES:

المراجع العربية:

- 1- المذيب أيمن، 2015 - تأثير إضافات البوزولانا الطبيعية والكلس على تحسين مواصفات التربة الغضارية لاستخدامها في الطابق الترابي لأعمال الطرق. رسالة ماجستير مقدمة لجامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية، 75 صفحة.
- 2- عزيز ليث، 2010 - زيادة كثافة الترب الرملية المرصوصة باستخدام غبار الاسمنت. مجلة الكوفة الهندسية، المجلد الأول، العدد الثاني، ص: 1- 19.

المراجع الأجنبية:

- 3- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) and Federal Highway Administration., 2009- **Recommended Practice for Stabilization of Sub-grade Soils and Base Materials**, USA.
- 4- **ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS**, (1995), Soil and Rock, No.04, Washington DC.
- 5- Karol R., 2003-**Chemical Grouting and Soil Stabilization**. Marcel Dekker, 3rd ed, THE UNITED STATES OF AMERICA, NEW YORK, 583P.
- 6- KEERTHI, Y., DIVYA KANTHI, P., TEJASWI, N., SHYAM CHAMBERLIN, K., & ATYANARAYANA, B. (2013, April). **Stabilization of Clayey Soil using Cement Kiln Waste**. *International Journal of Advanced Structures and Geotechnical Engineering*, 02(02), 1-5.
- 7- **Solanki**, Pranshoo., **Khoury**, , **Naji**., & **Zaman**, Musharraf. B.(2011). Engineering Behavior and Microstructure of Soil Stabilized with cement Kiln Dust. Retrieved March 15, 2017 from <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/40916%28235%296>.

تأثير تغير عوامل المقاومة والمرونة لمواد جسم السد على عوامل الأمان

* * د. نوار كعدان

* م محمود تلج

(الإيداع: 22 نيسان 2019، القبول: 4 أيلول 2019)

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى معرفة التغيرات التي تطرأ على عوامل الأمان عند تغير طبيعة المواد المستخدمة في بناء السدود الترابية وخاصة عوامل المرونة والمقاومة. لهذه الغاية أجريت الدراسة على سد محردة وهو سد ركامي، حيث قمنا بدراسة توازن كل من وجهي السد باستخدام برامج (GEO-STUDIO) وبحالتي بحيرة التخزين ممتلئة حتى المنسوب الأعظمي و ممتلئة حتى المنسوب الأصغري وباستخدام البرامج العددية المعتمدة على طريقة العناصر المحدودة وقمنا بتغير كل وسيط ضمن مجاله المحتمل مع بقاء الوسطاء الأخرى ثابتة عند قيمها، وبينت النتائج أن عامل الأمان يعتمد بشكل أكبر على بزواوية الاحتكاك الداخلي للركام الصخري. وأخيرا تم اقتراح جملة من الملاحظات.

الكلمات المفتاحية: طريقة العناصر المحدودة-السدود الترابية-عامل الأمان

* طالب دكتوراه في كلية الهندسة المدنية في جامعة حلب

* * أستاذ في قسم الهندسة الجيوتكنيكية في جامعة حلب

The Effect of Differences Dam's Bodymaterials on Factories of Elasticity and Strength on Safety Factor

*Mahmoud Toloj

**DR.Nawar kadan

(Received:22 April 2019,Accepted: 4 September 2019)

Abstract:

This search aims to know the effects of differences of earth Dam's Bodymaterials specifically on elasticity and strength factors, Using Geo–studio software on analyzing the slop stability of Maharadeh Dam, the factor of safety was determined considering two conditions: The case of maximum level of water and the case of minimum level of water using numerical programs that depends on the finite elements method, by changing each factor within its possible range with the stability of the other factories still fixed. The results show that the safety factor depends mostly on angle of internal friction. Finally, some suggestions have been given.

Keyword: finite elements method, Earth dam, factor of safety.

*PHD Student in civil engineering in Aleppo University

** Prof in civil engineering in Aleppo University

1-مقدمة:

تعتبر دراسات توازن المنحدرات الترابية من أهم الدراسات المتعلقة باستقرار السدود الترابية والمقاطع الطرقية والمنحدرات الطبيعية. إن السبب الرئيس في انزلاق المنحدرات الترابية هو عدم كفاية مقاومة التربة على القص لتربة المنحدر لمقاومة إجهادات القص المطبقة على سطح انزلاق المنحدر والقوى الخارجية المطبقة على المنحدر. أما قيمة مقاومة التربة على القص لسطح الانزلاق فتتعلق بنوع تربة المنحدر وتغير مواصفات هذه التربة مع الزمن بتأثير الظروف الخارجية كما تتعلق أيضاً بشكل سطح الانزلاق المتوقع. تنزلق المنحدرات وفق سطوح مستوية غالباً في التربة المتطبقة ووفق سطوح دورانية بالتربة المتجانسة، يحدد عامل أمان توازن المنحدر بنسبة مقاومة التربة على القص إلى قيمة إجهاد القص المطبق على سطح الانزلاق.

تبنى دراسات تحليل توازن المنحدر على أساس التوازن الحدي حينما يكون ذلك ممكناً ويعبر عن درجة التوازن بعامل الأمان، وهو نسبة القوى المقاومة للانزلاق إلى القوى المولدة للانزلاق وعندما يكون عامل الأمان مساوياً إلى الواحد يكون المنحدر على وشك الانزلاق، وهناك طرق أخرى لتحديد عامل الأمان وهي الطرق العددية المعتمدة على طريقة العناصر المحدودة. يدخل في حساب القوى المولدة للانزلاق القوى العائدة للوزن الذاتي والقوى الخارجية المطبقة، وقوى دفع الماء إن وجد، والقوى التي تولدها الهزات الأرضية، كما يدخل في حساب القوى المانعة للانزلاق مقاومة القص (التماسك والاحتكاك) على سطوح الانزلاق وقوى التثبيت (كالشدادات) وفي كل الأحوال يعتمد تحليل التوازن على القوى أو الإجهادات الفعالة دوماً.

2-الغاية من البحث:

تسليط الضوء على التغييرات التي تؤثر على تفاصيل التصميم عند تغيير طبيعة المواد المستخدمة في بناء السدود الترابية، وخاصة عوامل المرونة وعوامل المقاومة، وبحيث تؤدي إلى تصاميم أكثر أماناً واقتصاداً والتركيز على الاستخدام الفعال لمواد البناء المتوفرة في المنطقة إذا توفرت مقالع لمواد مختلفة تؤمن اختيار البدائل باستخدام البرامج العددية المعتمدة على طريقة العناصر المحدودة.

كتطبيق عملي فقد تم اختيار سد محرده الواقع في محافظة حماه وهو عبارة عن سد ركامي يقع على نهر العاصي على بعد 2Km بعكس مجرى النهر من دخوله مناطق السهل المفتوح في وادي العشارنة، حيث توفرت فيه مجموعة من المعطيات المتعلقة بالتحريات الحقلية والمخبرية والمقاطع العرضية وخواص المواد المستخدمة في بنائه حيث قمنا بنمذجته ودراسة استقرار السد في وضعه الحالي تحت تأثير الحمولات الستاتيكية والديناميكية وذلك باستخدام حزمة البرامج GEOSTUDIO، وبيان أثر حالات التحميل المختلفة على استقراره، ثم تم التحقق من عامل الأمان وحساسيته للتغيرات المحتملة في المعطيات، وبناء على ذلك قمنا بتغيير كل وسيط ضمن مجاله المحتمل مع بقاء الوسطاء الأخرى ثابتة عند قيمها وتحليل الحساسية هذا مهم في تحديد الوسطاء الأكثر حرجاً.

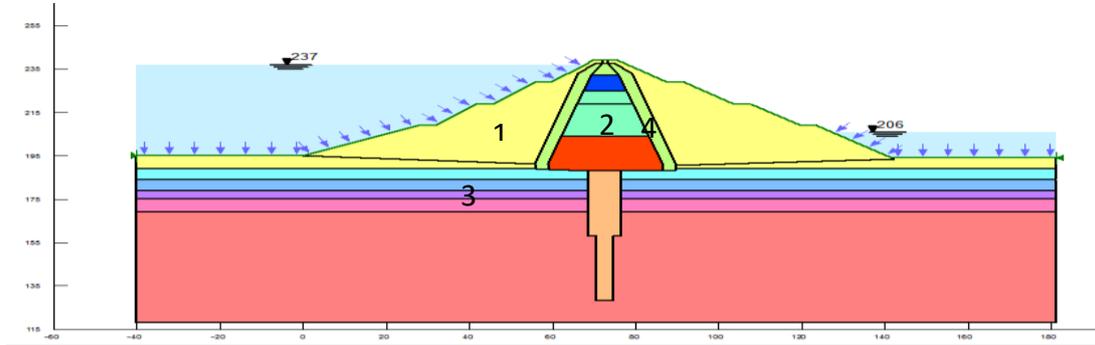
3-أهمية البحث:

تكمن في نتائج هذه الدراسة التي ستؤدي إلى تصاميم أكثر أماناً واقتصاداً بعد إجراء دراسة اقتصادية أملاً في إسقاط نتائج هذا البحث على الدراسات المستقبلية لسدود المنطقة.

المسألة المدروسة:

تم اختيار سد محرده لإجراء الدراسة وهو عبارة عن سد ركامي مكون من ردم صخري ذو نواة غضارية مركزية كتيمة تفصل في جانبيها عن الردم الصخري بفلاتر سماكتها الاجمالية 3.2m ويفترض التصميم تنفيذ صفيين من ستائر المونة الاسمنتية بعمق 30m عند الوجه المغمور للسد و 60m عند وجهه الجاف، المسافة بين صفي المونة الاسمنتية هي 2m حيث يقع كل منهما على بعد 1m من محور السد. المسافة التصميمية بين ثقب المونة هي 6m مع مسافة انزياح قدرها 3m بين ثقب الصفيين.

ويبين الشكل (1) مقطعاً عرضياً في سد محردة



الشكل رقم (1): مقطع عرضي في سد محردة

- حيث أن : 1- ردميات صخرية مرصوفة
2- ردميات عضارية للنواة
3- طبقة أساس صخري من الحجر الكلسي
4- طبقة الفلاتر

ويبين الجدول (1) مواصفات هذه الطبقات حسب المواصفات التصميمية

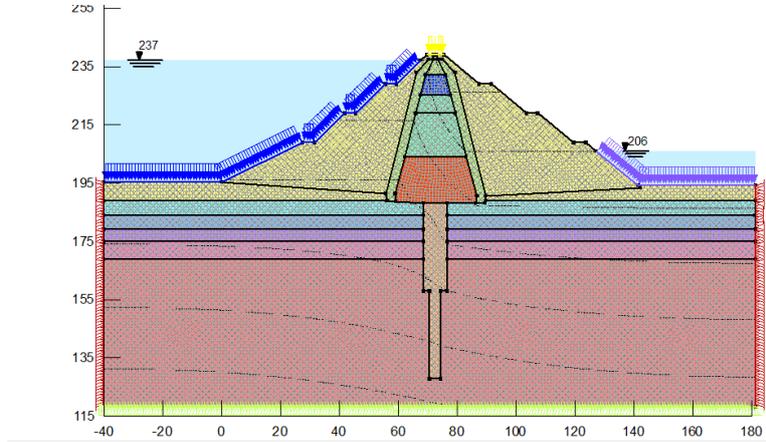
الجدول رقم (1): مواصفات الطبقات حسب المواصفات التصميمية

Parameter	Units	Shell Material	Core Material	Filter Material	Foundation
نوع المادة		ركام صخري	مواد عضارية	إمواد رملية	صخر
وزن وحدة الحجم (γ)	KN/m ³	23	19.4	20	23
زاوية الاحتكاك الداخلي	(degree)	50	22	30	45
C التماسك	KPa	0	33	0	100
عامل المرونة	Kpa	1*10 ⁵ - 2*10 ⁵	2.63*10 ³ - 11.9*10 ³	20.0*10 ³	5*10 ⁵ -1*10 ⁶
عامل بواسيون		0.3	0.45	0.33	0.28
النفذية	m/sec	1	7.39*10 ⁻¹² - 1.26*10 ⁻¹¹	1*10 ⁻³	5.78*10 ⁻⁸ - 2.66*10 ⁻⁶

وقد مرت الدراسة بالحالة الستاتيكية بالمراحل التالية:

- 1- نمذجة السد وشبكة العناصر المحدودة على واجهة البرنامج GEO-STUDIO تم رسم نموذج السد وتحديد مواصفات مواد بناء جسم السد بالإضافة إلى تحديد الشروط الطرفية للأساس بعدم الحركة الأفقية والشاقولية، أما الشروط الطرفية للحواف الشاقولية فهي ممنوعة من الحركة الأفقية وسمح لها بالحركة الشاقولية فقط.
- ويبين الشكل (2) الشكل النهائي للرسم على نافذة برنامج GEO-Studio مع طبقات التربة المكونة للسد والسد بحالة التخزين الأعظمي. ونشير أنه رسم شبكة العناصر المحدودة بعد تحديد أنواع التربة المشكلة للسد و خواص التربة وسلوكها

(خطية أم مرنة - لدنة) وتم اعتماد الخواص الخطية ومن ثم توليد شبكة العناصر المحدودة لكل منطقة حيث يحدد أبعاد شبكة العناصر المحدودة بحيث يكون أصغر ما يمكن وبشكل يمكن رؤيته بشكل واضح من قبل المستخدم وبعده أشكال، يقوم البرنامج بالدراسة على أساس البعد الثالث العمودي على الرسم بقيمة واحدة ويجب أن تنطبق شبكة العناصر المحدودة على خطوط رسم طبقات تربة السد وإلا ستكون النتائج غير صحيحة

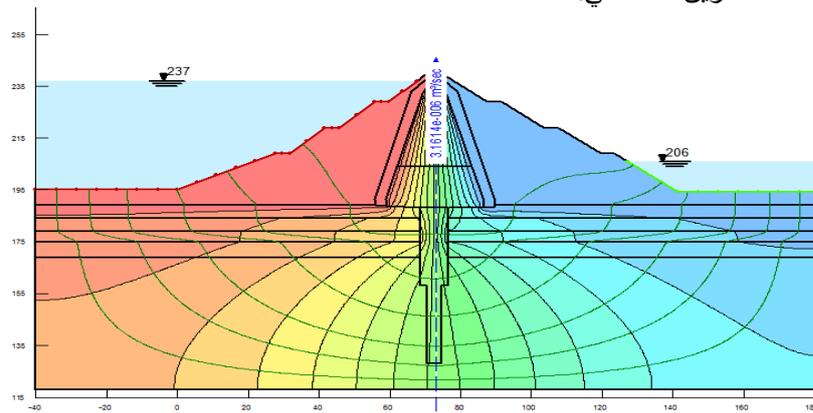


الشكل رقم (2): شبكة العناصر المحدودة لسد محردة وقد بلغت / 20079 / عنصر محدد

2- حساب كمية التسرب ضمن جسم السد وقيم ضغط ماء المسام والضغوط الكلي في كل نقطة من السد باستخدام البرنامج الفرعي seep/w ولمعرفة الرشوات يجب تحديد معلومتين أساسيتين: الأولى سطح التسرب الحر والثانية حساب غزارة الرش وباعتماد الشروط الطرفية .

1- حالة التخزين الأعظمي:

على الوجه الأمامي للسد الضغوط الكلي في حالة التخزين الأعظمي 237m أما على الوجه الخلفي للسد الضغوط الكلي في حالة التخزين الأعظمي 206m ونلاحظ أن قيمة التسرب في حالة التخزين الأعظمي في المقطع المدروس $Q1 = 3.16 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$ كما يبين الشكل (3) شبكة التسرب في حالة التخزين الأعظمي.

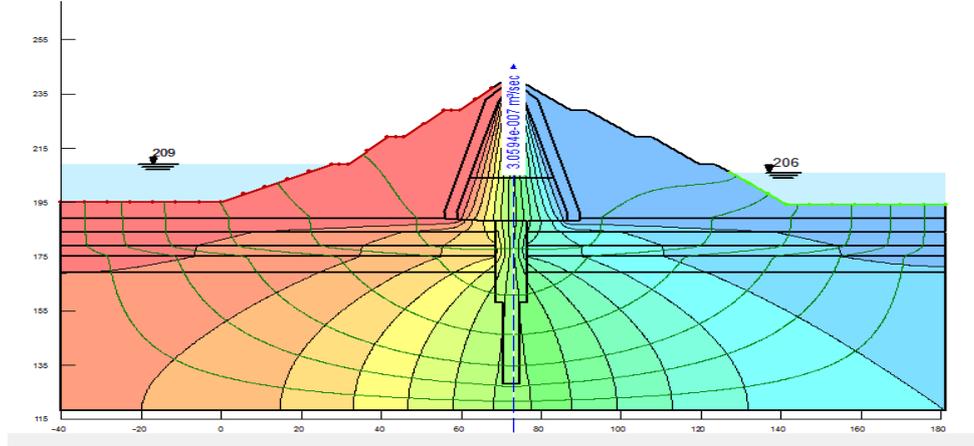


الشكل رقم (3) شبكة التسرب في حالة التخزين الأعظمي

2- حالة التخزين الأصغري:

على الوجه الأمامي للسد الضغوط الكلي في حالة التخزين الأصغري 209m أما على الوجه الخلفي للسد الضغوط الكلي في حالة التخزين الأصغري 206m وأن قيمة التسرب

في حالة التخزين الأصغري في المقطع المدروس
شبكة التسرب في حالة التخزين الأصغري. (4) كما يبين الشكل (4) $Q=3.0 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{sec}$

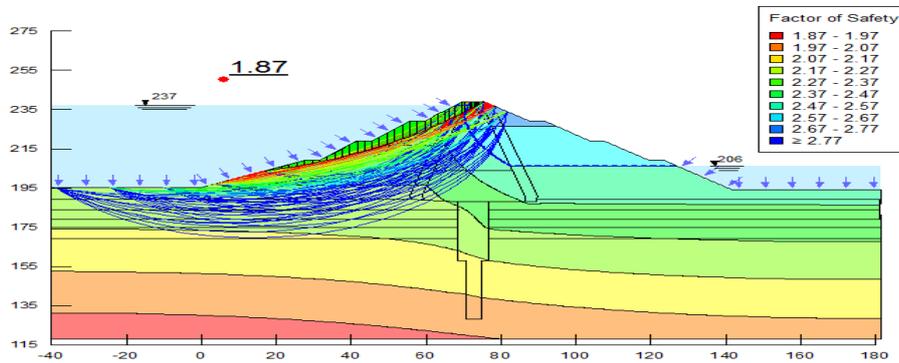


الشكل رقم (4): شبكة التسرب في حالة التخزين الأصغري

3- حساب عامل الأمان بطريقة العناصر المحدودة:

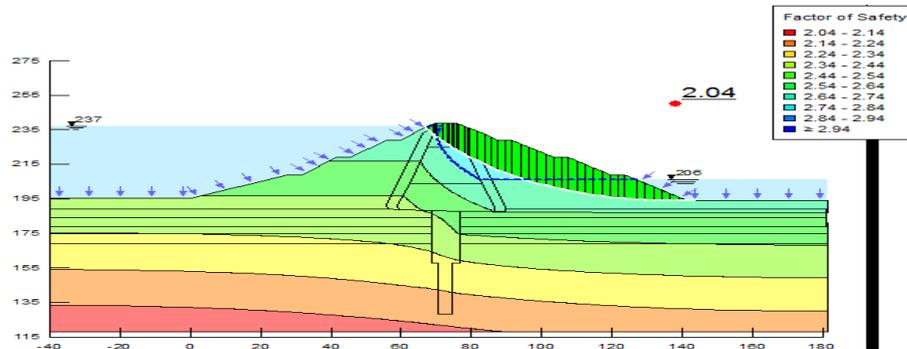
1 - عامل الأمان تحت حمولات الاستثمار (وزن السد + حمولة منتظمة تكافئ حمل آليات مقداره 10 kN/m^2 + حمل الماء) حيث يكون مستوى الماء عند المنسوب 237 m في بحيرة السد والترتبة مغمورة في جسم السد ويؤثر وزن الماء عمودياً على وجه السد .

ويبين الشكل (5) عامل الأمان الأصغري للوجه الأمامي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة (FEM)



الشكل رقم (5): عامل الأمان الأصغري للوجه الأمامي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة (FEM)

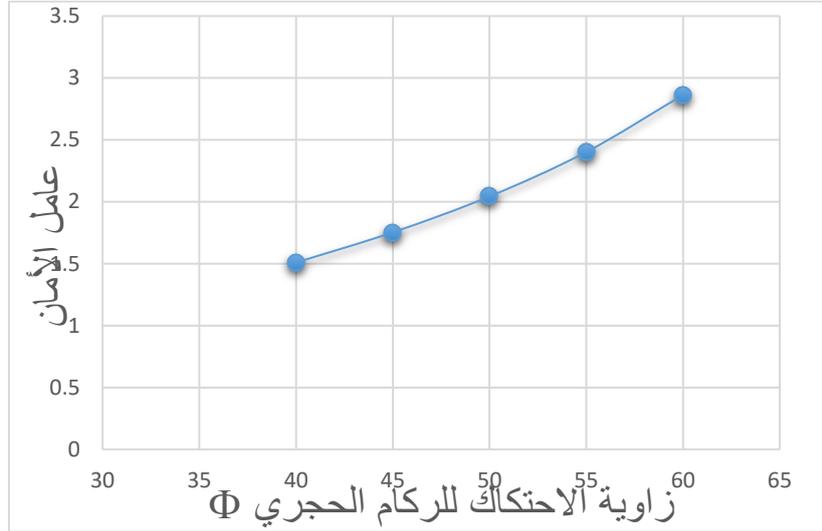
ويبين الشكل (6) عامل الأمان الأصغري للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة (FEM)



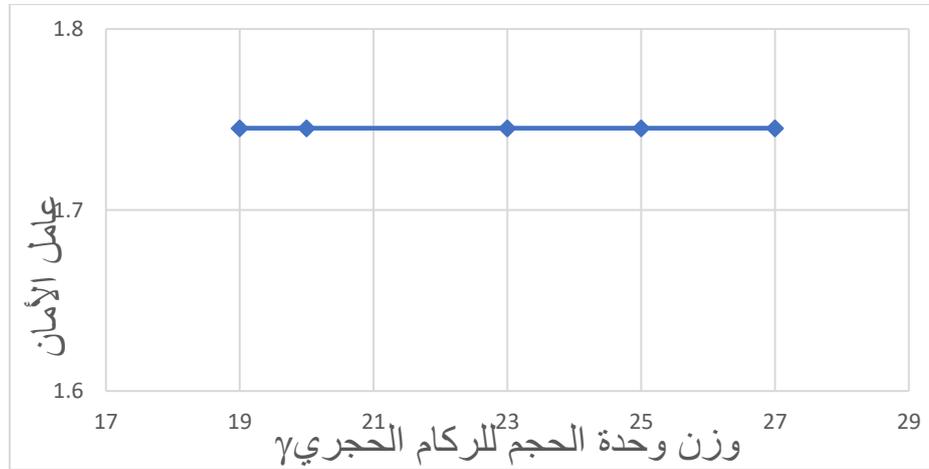
الشكل رقم (6): عامل الأمان الأصغري للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي وفق طريقة (FEM)

ولأجل فهم مدى تأرجح قيمة عامل الأمان للسد للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي على استقراره تم اعتماد القيم المتغيرة للركام الحجري:

- الزاوية الداخلية للاحتكاك 50 درجة بتزايد 10 درجات نحو الأعلى وتناقص 10 درجات
- وزن وحدة الحجم 23Kn/m^3 بتزايد 4Kn/m^3 ويتناقص بنفس القيمة
- ونبين بالأشكال (7-8) تأثير القيم المتغيرة للركام الحجري على عامل الأمان



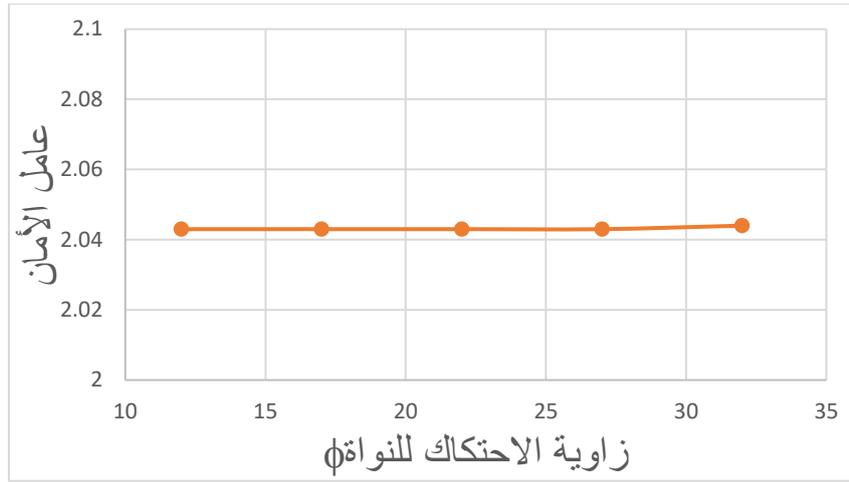
الشكل رقم (7): تأثير تغير قيمة زاوية الاحتكاك (Φ) للركام الحجري على عامل الأمان



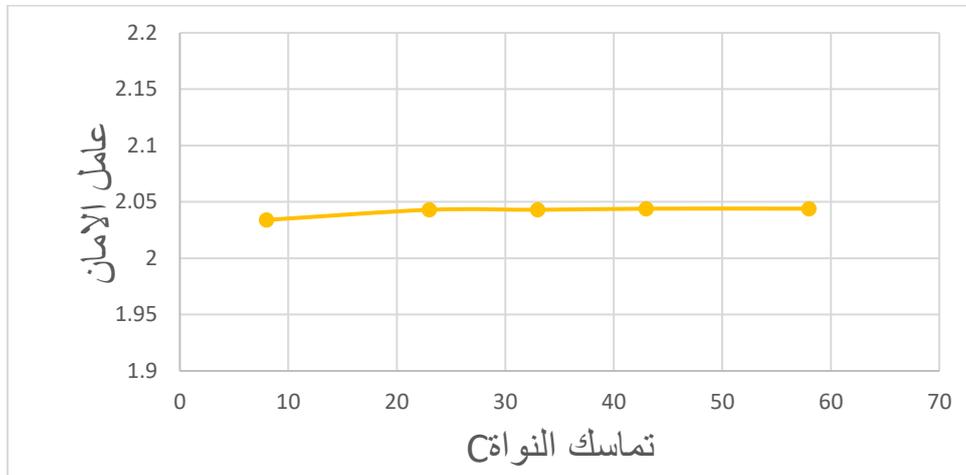
الشكل رقم (8): تغير وزن وحدة الحجم (γ) للركام الحجري على عامل الأمان

وأيضاً لمعرفة مدى تأرجح قيمة عامل الأمان للسد للوجه الخلفي عند التخزين الأعظمي على استقراره تم اعتماد القيم المتغيرة لمواد نواة السد والفلتر:

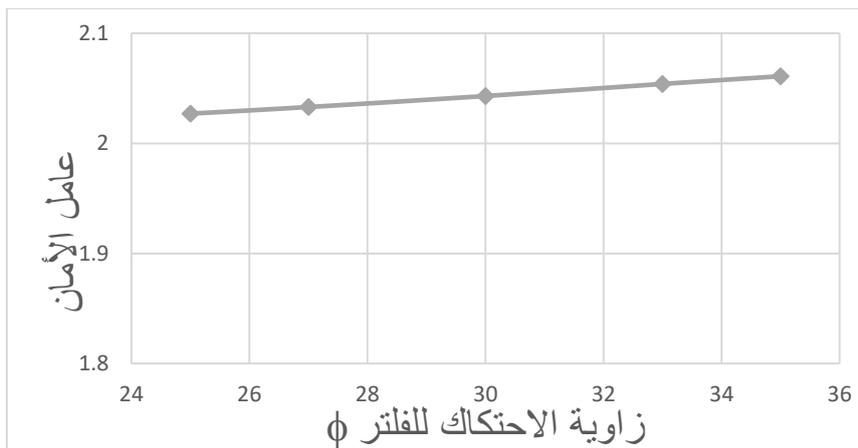
- الزاوية الداخلية للاحتكاك 22 درجة بتزايد 10 درجات نحو الأعلى وتناقص 10 درجات
- تماسك مواد نواة السد 33KN/m^2 بتزايد 25KN/m^2 ويتناقص بنفس القيمة
- الزاوية الداخلية للاحتكاك للفلتر 30 درجة بتزايد 5 درجات نحو الأعلى وتناقص 5 درجات
- ونبين بالأشكال (9-10-11) تأثير القيم المتغيرة لمواد نواة السد والفلتر على عامل الأمان



الشكل رقم (9): تغير زاوية الاحتكاك للنواة (ϕ) على عامل الأمان

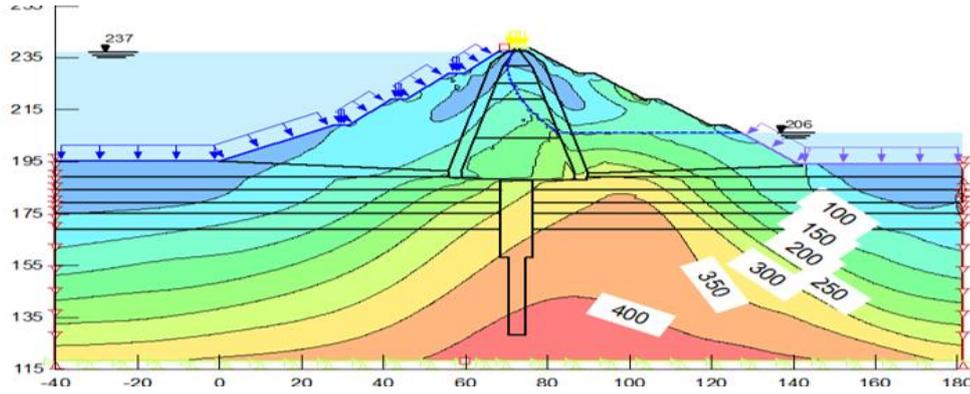


الشكل رقم (10): تأثير تغير تماسك النواة (C) على عامل الأمان



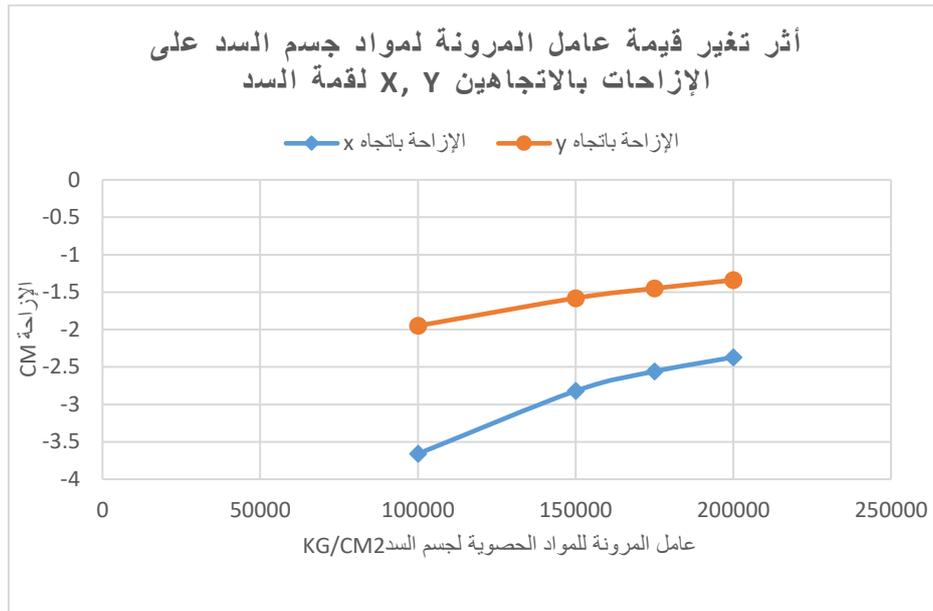
الشكل رقم (11): تغير زاوية الاحتكاك للفلتر (ϕ) على عامل الأمان

ونبين بالشكل (12) النقاط المرجعية على السد

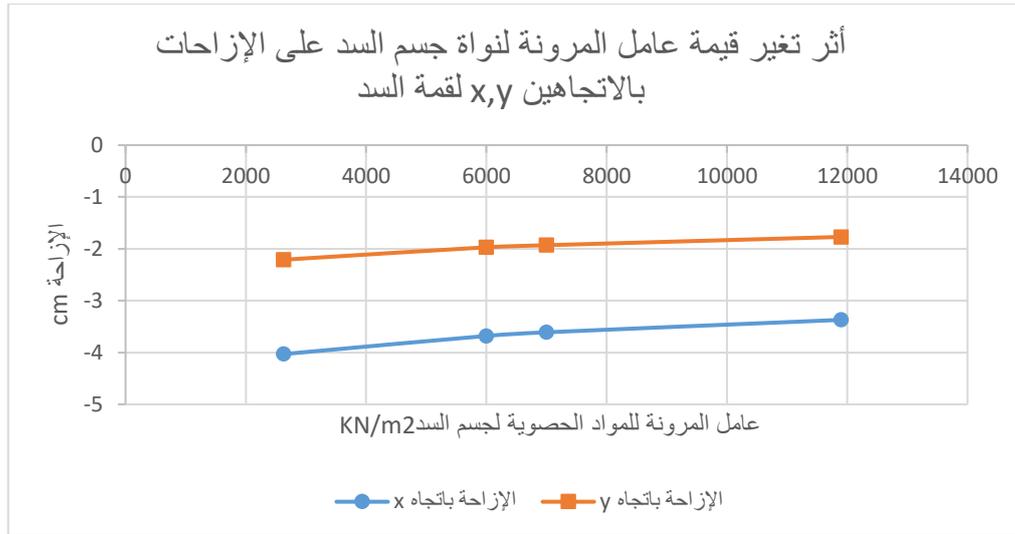


الشكل رقم (12): النقاط المرجعية على السد

ولقد تم التحقق من عامل الأمان وحساسيته للتغيرات المحتملة في المعطيات بالنسبة لعوامل المرونة الركام الحجري ومواد نواة السد أثناء تعرض السد لهزة أرضية شدتها (0.1g) بعد تحديد الشروط الطرفية للأساس بعدم الحركة الأفقية والشاقولية، أما الشروط الطرفية للحواف الشاقولية فهي ممنوعة من الحركة الشاقولية وسمح لها بالحركة الأفقية فقط وحيث قمنا بتغيير قيمة عامل المرونة ضمن مجاله المحتمل مع بقاء الوسطاء ثابتة عند قيمها الوسطية ونبين بالأشكال (13-14) تغير قيمة عامل مرونة الركام الحجري ومواد نواة السد على الإزاحات بالاتجاهين x,y للنقطة المرجعية التي تقع على قمة السد



الشكل رقم (13): تغير قيمة عامل المرونة لمواد جسم السد على الإزاحات بالاتجاهين x, y لقمة السد



الشكل رقم (14): تغير قيمة عامل المرونة لنواة جسم السد على الإزاحات بالاتجاهين x, y لقمة السد

4-النتائج والمناقشة:

- إن عامل الأمان يتعلق بشكل أساسي بزاوية الاحتكاك الداخلي للركام الصخري المكون لجسم السد فعند زيادة زاوية الاحتكاك الداخلي للركام الصخري بمقدار 10 درجات يزداد عامل الأمان بمقدار حوالي 35%
- إن تأثير كل من زاوية الاحتكاك الداخلي للفلتر والنواة وتماسك النواة ووزن وحدة الحجم للركام الصخري محدود على عامل الأمان
- عند زيادة عامل المرونة لمواد جسم السد (الركام الصخري) بمقدار 50% تنقص الإزاحة للنقطة المرجعية على قمة السد بالاتجاه x حوالي 30%
- عند زيادة عامل المرونة لمواد جسم السد (الركام الصخري) بمقدار 50% تنقص الإزاحة للنقطة المرجعية على قمة السد بالاتجاه y بحوالي 23%
- عند زيادة عامل المرونة لمواد نواة السد بمقدار 100% تنقص الإزاحة للنقطة المرجعية على قمة السد بالاتجاه x بحوالي 9%
- عند زيادة عامل المرونة لمواد نواة السد بمقدار 100% تنقص الإزاحة المرجعية على قمة السد بالاتجاه y بحوالي 11%.
- تتعلق الإزاحة للنقطة المرجعية على قمة السد بالاتجاه y, x بشكل أساسي بقيم عامل المرونة لمواد جسم السد (الركام الحجري).

المراجع العلمية :

المراجع العربية:

1- طريقة العناصر المنتهية The finite Elements method – محمد نزيه ابلوش الموسوعة العربية WWW

Arab Encyclopedia.com.

المراجع الأجنبية:

1. Stability Modling Slop/ w book, a computer program , John Krahn – Canada May 2004

" WWW–GEO–Slop.com

2. Application of the finite element to slop stability article prepared for rocnews ,

Rocscience Inc. Toronto , 2001–2004 .

تطوير هوائي شرائحي للكشف المبكر عن أورام الثدي

*.د. عبد الكريم السالم

* م. مها السبع

(الإيداع: 6 آذار 2019 ، القبول: 5 أيلول 2019)

الملخص:

يعتمد التصوير بالأشعة الميكروية للكشف عن أورام الثدي على وجود تباين في الخصائص الكهربائية بين النسيج المصاب والأنسجة السليمة المحيطة به عندما تتعرض هذه الأنسجة للأشعة الميكروية. تم في هذا البحث تطوير هوائي شرائحي ضمن منظومة قياس بسيطة وقليلة الكلفة يعمل على التردد 2.45GHz (الذي يقع ضمن مجال التردد الصناعي، العلمي والطبي ISM band) قادر على الكشف المبكر عن الورم، وبحيث لا يتجاوز متوسط الطاقة الممتصة من قبل أنسجة الثدي الحد المسموح به من قبل اللجنة FCC . تم تشكيل نموذج ثلاثي الأبعاد لكل من أنسجة الثدي ونسيج الورم وذلك اعتماداً على القيم المختلفة لكل من السماحية النسبية والناقلية وكثافة الأنسجة. يتم الكشف عن وجود الورم اعتماداً على وجود تغير في قيم كل من كثافة التيار ومعدل امتصاص الطاقة SAR في الأنسجة بين الحالتين (بوجود الورم و في حال عدم وجوده)، تم في هذا البحث أيضاً تحديد مكان تواجد ورم بحجم 2mm بدقة مقبولة وذلك من خلال تحديد الإحداثيات المقابلة لموقع أعظم امتصاص للطاقة ضمن نسيج الثدي مما يدل على جودة أداء الهوائي المقترح.

الكلمات المفتاحية: الأمواج الميكروية، هوائي شرائحي، ISM band ، SAR.

*: طالبة ماجستير في جامعة البعث – كلية الهندسة الالكترونية والاتصالات

** : عضو هيئة تدريسية في جامعة البعث – كلية الهندسة الالكترونية والاتصالات

Development of a microstrip antenna for the early detection of breast tumor

* Maha Alsabea

Dr. Abdulkarim Assalem**

(Received: 6 March 2019, Accepted: 5 September 2019)

Abstract:

Detecting breast tumors using microwave Imaging depends on the contrast in the electrical properties between the infected tissue and surrounding tissue when exposed to microwaves radiation. The purpose of this research is to develop a microstrip antenna working at 2.45GHz (within the industrial, scientific and medical frequency range ISM band) which is Capable to early detection of the tumor, so that the average energy absorbed by the breast tissue does not exceed the limit permitted by the Federal Communication Commission FCC.

Three-dimensional structure has been formed for both breast tissue and tumor tissue based on the different values of conductivity, permittivity and mass density.

Detection of the presence of the tumor is based on the presence of changes in the values of the current density and the rate of absorption of energy (SAR) in the tissues between the two cases (in the presence of the tumor and in the absence of it). In this research the location of a tumor with size 2mm is determined accurately by determining the coordinates ,corresponding to the location of the greatest absorption of the energy, within the breast tissue, the results indicate that the proposed antenna performance is accurate.

Keywords: microwave Imaging , microstrip antenna , industrial,scientific and medical (ISM) band, Specific Absorption Ratio (SAR).

1. المقدمة:

يعتبر سرطان الثدي النوع الأكثر شيوعاً من الأورام بين الإناث في العالم وهو عبارة عن خلية سريعة النمو داخل نسيج الثدي ويمكن أيضاً أن تنتقل إلى أجزاء أخرى من جسم الإنسان إذا كان من النوع النقلي ، وتكشف الإحصاءات أنه من المتوقع تسجيل 13.2 مليون حالة وفاة في عام 2030 بسبب هذا المرض [1]. كما أظهرت الدراسات الحديثة أن سرطان الثدي يعد أكثر أنواع السرطان انتشاراً بين النساء في الولايات المتحدة بعد سرطان الرئة [2].

يساعد التشخيص المبكر في الحد من الوفيات الناجمة عن هذا المرض وفي إمكانية العلاج حيث أن التأخير في التشخيص يقلل من فرص العلاج.

2. هدف البحث:

يهدف البحث إلى تصميم نموذج للثدي بحيث تكون خصائصه الكهربائية قريبة من النظام الحقيقي في جسم الإنسان، وذلك باستخدام برنامج محاكاة التردد العالي HFSS . حيث تم تطوير تصميم جديد لهوائي شرائحي يتميز بكونه تصميمًا مستويًا Planar type مع كسب عالي نسبياً، وحجم صغير وإشعاع متعدد الاتجاهات نسبياً يمكن وضعه على اتصال مباشر مع الهدف دون أن تؤثر الطاقة الممتصة من قبل الأنسجة على سلامتها. كما أنه قادر على اكتشاف أورام بأحجام 2mm وتحديد موقعها بدقة. حيث أن نظام الكشف المقترح يمكن أن يحقق أداء ممتاز مع دقة عالية.

3. أهمية البحث:

لتقليل مخاطر وفيات سرطان الثدي يجب أن نكون قادرين على تمييز النسيج الخبيث في الأنسجة السليمة وذلك في مراحله المبكرة عندما يكون الورم بمراحله الأولى و بأحجامة الصغيرة، ويمكن أن نحقق ذلك وأن نتغلب على عيوب طرق التصوير الأخرى باستخدام تقنية تصوير الثدي بالأشعة الميكروية (MBI) وقد استخدمت هذه التقنية على نطاق واسع في التشخيص الطبي الحيوي.

عندما يتعرض الثدي للأشعة الميكروية ستصبح قيم خصائص العزل للورم أعلى من بقية الأنسجة، كما أن مقدار الطاقة الممتصة من قبل الأنسجة ستغير بوجود الورم.

4. الطرق المستخدمة في التشخيص الطبي:

الطريقة التقليدية المستخدمة في التشخيص هي ملاحظة التغير الذي يحدث لحملة الثدي أو لجلده، وإفراز الدم منه، وهذه الأعراض المعتمد عليها في تشخيص المرض وكشفه هي أعراض تظهر في مراحل متطورة من المرض يصعب فيها معالجته.

يساعد الفحص السريري، بالإضافة إلى التصوير باستعمال الأشعة على الكشف عن وجود الكتل ذات الأحجام الصغيرة، وتلعب طرق التصوير الفعالة دوراً مهماً في الحد من الوفيات واكتشاف الأورام في المراحل المبكرة ويجب أن تستوفي طرق التصوير بعض الشروط منها [3]:

1. دقة عالية في التمييز بين الأنسجة السرطانية والأنسجة السليمة من أجل الحصول على تشخيص أكثر دقة.
2. راحة المريض أثناء المراقبة.
3. تكاليف معقولة.

4. جرعة منخفضة من الإشعاع .

5. حساسية عالية تجاه الورم.

ومن طرق الفحص القياسية الحالية المستخدمة في الكشف هي تصوير الثدي بالأشعة السينية ،تقنية الموجات فوق الصوتية والتصوير بالرنين المغناطيسي [4].

4.1.تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي MRI :

تحقق هذه التقنية صوراً تشخيصية عالية الدقة حتى في الأنسجة الرخوة ،ولكن لإجراء تصوير الثدي بالرنين المغناطيسي عادة ما يتم حقن مادة الجادولينيوم لتعزيز التباين بين الأنسجة السليمة والأنسجة المصابة ، من خلال الوريد في الذراع قبل وأثناء عملية التصوير لتحسين صور التباين لنسيج الثدي مما يسبب أعراضاً صعبة مثل الغثيان والصداع، كما يتوجب على المرء أيضاً أن يضع في اعتباره أن الحساسية العالية لنظام التصوير بالرنين المغناطيسي ليست ميزة طوال الوقت لأنه في بعض الحالات تكون الأنسجة غير الطبيعية غير سرطانية، مما يؤدي لعلاج غير ضروري للمرضى. علاوة على ذلك ، لا يمكن تصوير المرضى الذين يزرعون المعادن داخل أجسادهم باستخدام هذه التقنية، كما أنها ذات تكلفة عالية كل ذلك يدفع للبحث عن طرق أكثر أماناً ووثوقية وأقل كلفة.

4.2.تقنية التصوير بالموجات فوق الصوتية USE:

تسبب هذه التقنيات تعريض اجزاء من جسم المريض للطاقة الصوتية الناتجة عن الامواج فوق الصوتية والتي تمتص بسهولة في الماء الموجود في الانسجة الحية مما يسبب ارتفاع موضعي في درجة الحرارة للمناطق المعرضة للأمواج فوق الصوتية ،كما أنه يتطلب استخدام هلام اقتران لزيادة كمية الأمواج التي تخترق الأنسجة عن طريق منع انعكاس الموجات الصوتية.

4.3.تقنية التصوير بالأشعة السينية X-ray:

تعتبر الطريقة الأكثر استخداماً وفعالية بين الطرق السابقة على الرغم من نقاط الضعف فيها مثل عدم قدرتها على التمييز بين الأورام الحميدة والخبيثة، ارتفاع معدل الإنذار الكاذب ،عدم راحة المرضى ،أشعة مؤينة ضارة بالأنسجة البشرية وإضافة إلى ذلك صعوبة كشفها للورم في حالة تكوينه الأولي.

لا تلبى التقنيات التي نوقشت في ما سبق جميع شروط التقنية المرغوبة والمطلوبة للكشف عن سرطان الثدي مما دفع نحو تقنيات التصوير بالأمواج الميكروية.

4.5.تقنية التصوير بالأمواج الميكروية MWI:

مع تزايد الاهتمام بطرق التصوير الآمنة والأقل كلفة اتجهت الأنظار والدراسات نحو استخدام الأمواج الميكروية في التصوير الطبي حيث تعتبر طريقة التصوير بالأمواج الميكروية طريقة بديلة للتصوير بالأشعة السينية ، والتصوير بالرنين المغناطيسي والتصوير بالأمواج فوق الصوتية المذكورة سابقاً.

تسمح هذه الطريقة بالتصوير دون الحاجة إلى عملية ضغط للثدي والتي تعتبر مؤلمة وغير مريحة للمرضى لذلك

تم التوجه نحو التصوير بالأموح الميكروية كطريقة تصوير مناسبة لفحص الأورام [5]. يعتمد التصوير بالأموح الميكروية على حقيقة التباين و عدم التجانس في البارامترات الكهربائية وخاصة (السماحية والناقلية ونسبة الامتصاص) لمادة ما سوف يتسبب في تشتت الحقل الكهرومغناطيسي [6]، حيث أن السماحية والناقلية هما بارامترين أساسيين لتوصيف انتشار إشارات الأموح الميكروية في المواد والأوساط المختلفة.

تظهر الأنسجة الحية المختلفة سلوكيات محددة في نطاق ترددات الموجات الميكروية، تعتمد على خصائصها العازلة، ومن المعروف أن الخصائص العازلة بين الأنسجة عالية المحتوى المائي (مثل الدم والأنسجة السرطانية) والأنسجة ذات المحتوى المائي المنخفض (مثل الدهون والجلد) تختلف بشكل كبير وهذا يعني أن هناك تبايناً كبيراً في السماحية والناقلية بين أنسجة الثدي السليمة والمصابة، كما أن الأنسجة منخفضة المحتوى المائي لها قيم سماحية أقل بالمقارنة مع الأنسجة عالية المحتوى المائي [7].

5. الخصائص الكهربائية لنسيج الثدي :

ينشأ الحقل المتناثر إذا كان هناك تبايناً في البارامترات الكهربائية بين الجسم المراد تصويره (الأورام السرطانية)، والوسط المحيط به (الأنسجة المحيطة). لذلك تم في هذا البحث دراسة الخصائص الكهربائية لأنسجة الثدي للتحقق من وجود هذا التباين عند التردد المستخدم (2.45GHz) ولنتثبت أن تقنية التصوير بالأموح الميكروية ستكون قادرة على اكتشاف الورم في حال وجوده.

الخصائص الكهربائية المختلفة للأنسجة (الورم والنسيج المحيط به) مثل الموصلية الكهربائية σ وثابت السماحية النسبية ϵ_r ، تلعب دوراً هاماً في التشخيص والكشف عن الأورام. حيث أن الأنسجة المختلفة سوف تمتص مقادير مختلفة من اشعاعات الأموح الميكروية تبعاً لقيم خصائصها الكهربائية.

ويمكن حساب كل من السماحية والناقلية باستخدام المعادلتين [8]:

$$\epsilon_r = 1.71 \cdot f^{-1.13} + 4 + \frac{\epsilon_s - 4}{1 + (\frac{f}{25})^2}$$

$$\sigma = 1.35 \cdot f^{0.13} \cdot \sigma_{0.1} + \frac{0.0222 \cdot (\epsilon_s - 4) \cdot f^2}{1 + (\frac{f}{25})^2}$$

من المعادلات السابقة يظهر أن هناك علاقة تربط بين كل من الخصائص الكهربائية والتردد.

6. الدراسات المرجعية:**6.1. الكشف اعتماداً على توزيعات كل من الحقلين الكهربائي و المغناطيسي، وكثافة التيار (E,H,J) :**

تم في هذه الدراسة تصميم نموذج ثلاثي الأبعاد للثدي على شكل طبقات من الأنسجة بأبعاد محددة وباستخدام قيم مختلفة لكل من السماحية والناقلية من أجل كل طبقة كما تم تصميم نموذج آخر لورم بحجم 40mm ووضعه داخل نموذج الثدي [9] .

استخدمت الدراسة هوائي شرائحي يعمل عند التردد 2.45GHz واجراء تعديلات وشقوق في بنية الهوائي ومن ثم اجراء عملية المحاكاة باستخدام البرنامج HFSS لكل من الهوائيات مع نموذج الثدي في كلا الحالتين (مرة بوجود الورم وأخرى في حال عدم وجوده) وتقييم كل من توزيعات الحقل الكهربائي والحقل المغناطيسي وكثافة التيار في كلا الحالتين.

وتمت مقارنة النتائج بين الحالتين (مع الورم وبدونه) من أجل كل من البارامترات السابقة وكانت النتائج متقاربة والفروقات بسيطة وغير واضحة مما يشكل صعوبة في الكشف عن الورم.

6.2. كشف الورم اعتماداً على معدل امتصاص الطاقة (SAR) وتحديد موقع تواجد الورم اعتماداً موقع أعظم امتصاص للطاقة :

تم استخدام هوائي Square ring shape UWB antenna من أجل الكشف عن وجود الورم من خلال ملاحظة الفرق في الطاقة الممتصة بين النسيج المصاب والأنسجة الطبيعية المحيطة به كما تم تحديد مكان تواجد ورم بحجم (4mm,5mm,6mm) وذلك من أجل ترددات مختلفة اعتماداً على احداثيات موقع أعظم امتصاص للطاقة، ولكن دقة تحديد موقع الورم المكتشف باستخدام الهوائي المقترح واعتماداً على البارامترات السابقة لم تكن كافية [10].

6.3. الكشف عن وجود الورم باستخدام البارامترين (E,J):

تم في هذه الدراسة استخدام منصة قياس قريبة من المنصة المستخدمة في البحث المقترح حيث وضع الهوائي تحت نموذج الثدي وعلى بعد 10mm.

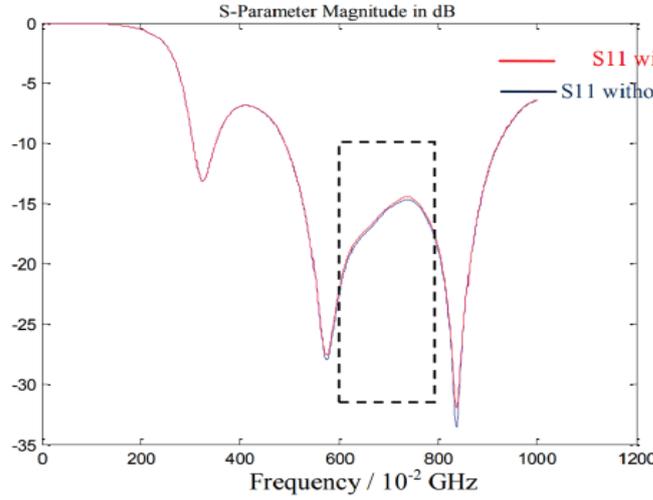
الفرق بين الحالتين (مع الورم وبدونه) بالنسبة لبارامتر توزع الحقل الكهربائي كان مقبولاً ولكن الفرق بالنسبة لبارامتر كثافة التيار كان صغير وغير مرضي [8].

6.4. الكشف عن وجود الورم اعتماداً على البارامترات (E,H,J,SAR):

تم في هذه الدراسة استخدام خمس هوائيات شرائحية تعمل عند التردد 2.45GHz (محاكاة أداء كل منها على حدى) في عملية الكشف باستخدام منصة قياس جديدة، لكن الفروقات في البارامترات (E,H,J) بين الحالتين (مع الورم وبدونه) لم تكن كبيرة، ومع ذلك تم اختيار الهوائي الذي حقق الفروقات الأكبر بين الهوائيات الخمسة بالنسبة للبارامترات السابقة وتمثيل معدل امتصاص الطاقة لهذا الهوائي على كل من الأنسجة (الدهنية وغير الدهنية) مرة بوجود الورم وأخرى في حال عدم وجوده ولاحظنا فروقات بسيطة جداً بين الحالتين [11] .

6.5. الكشف عن وجود الورم وتحديد مكان تواجه اعتمادا على الطاقة المنعكسة S11 من أنسجة الثدي:

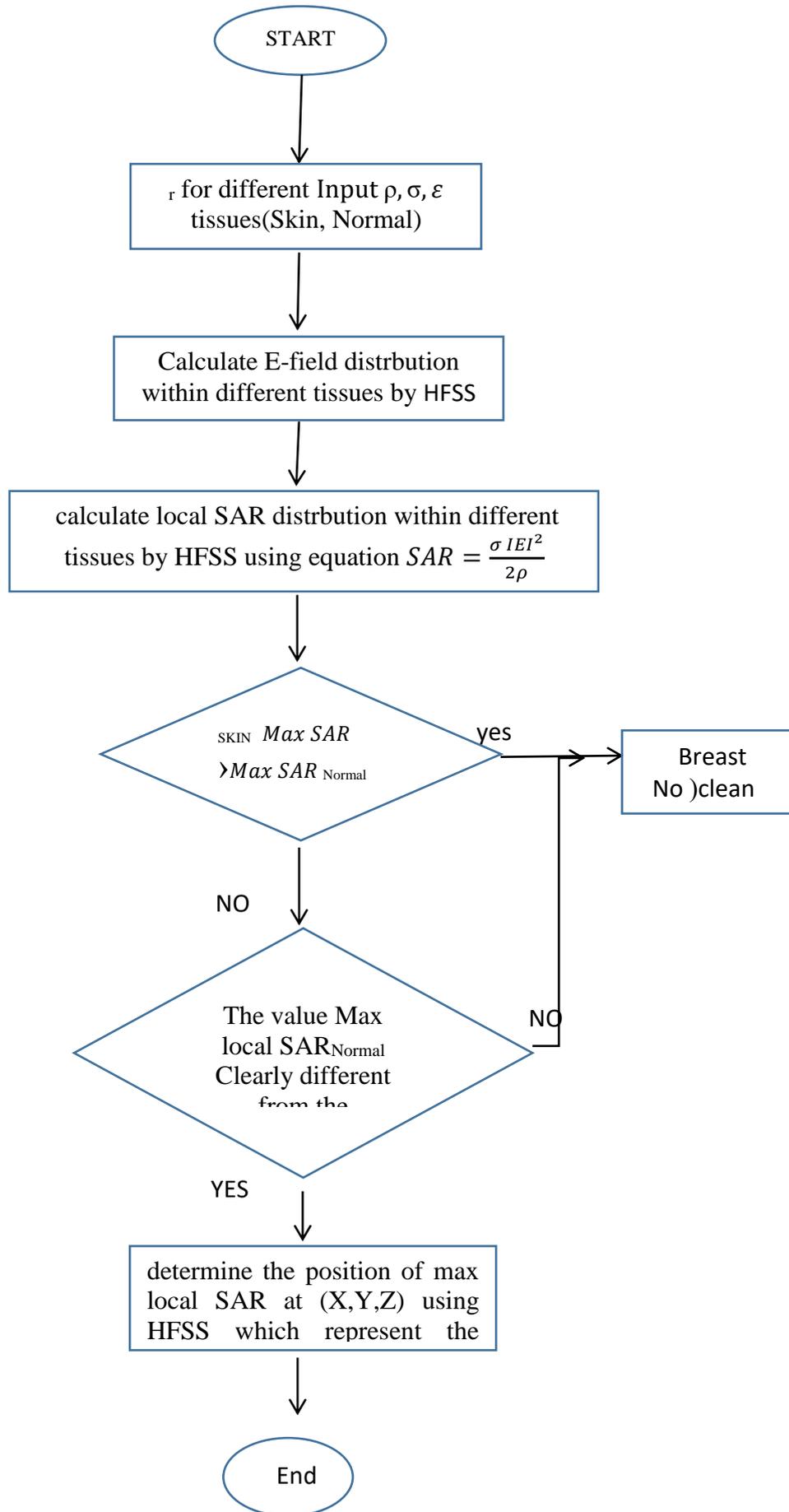
تم استخدام هوائي يعمل ضمن المجال الترددي (3.5 - 7.2) GHz وببرج 4.4dB وتم اجراء عملية المحاكاة باستخدام البرنامج CST ولكن الفروقات في الطاقة المنعكسة عن الأنسجة بين حالتي وجود الورم وعدم وجوده لم تكن كافية للكشف الدقيق عن الورم [12] ويوضح ذلك في الشكل (1).



الشكل(1): مقارنة قيم المحدد s11 مع الورم و بدونه

7. الخوارزمية المعتمدة للكشف عن وجود الورم وتحديد موقعه:

يقوم الهوائي بإرسال الأمواج الميكروية باتجاه الأنسجة وسيختلف امتصاص الأنسجة لهذه الأمواج حيث أن النسيج ذو المحتوى المائي الأعلى (الورم) سيمتص مقدار أكبر من الإشعاع مقارنة مع النسيج ذو المحتوى المائي الأقل حيث أن الأنسجة السرطانية تحتوي كميات من الماء أكبر بست مرات من الأنسجة السليمة [13]، وتمثل صور الأمواج الميكروية التي يتم الحصول عليها خرائط للطاقة الكهربائية الممتصة والمتبعثرة في الجسم، وبالتالي كلما كان الورم أكثر امتصاصاً للطاقة مقارنة مع الأنسجة المحيطة به كلما كانت إمكانية الكشف عنه وتحديد موقعه أكثر سهولة ودقة، ويوضح المخطط التدفقي في الشكل التالي الخوارزمية التي تم الاعتماد عليها في هذا البحث لتحديد موقع الورم اعتماداً على امتصاص الطاقة من قبل الأنسجة.



8. تصميم البنية الأساسية للثدي:

تم تشكيل نموذجين للثدي نموذج بوجود الورم وآخر بدونه.

8.1. نموذج الثدي:

تم الاعتماد على نموذج الثدي المقترح في المرجع [7] حيث تم تصميم نموذج على شكل مخروط نصف قطره 92mm وارتفاعه 70mm يمثل البشرة ذات السماكة 2mm ومخروط آخر له الارتفاع ذاته وينصف قطر 90mm يمثل الأنسجة الطبيعية.

8.2. نموذج الورم:

عبارة عن بنية كروية sphere بقطر 2mm يمثل حجم الورم تم وضعه داخل نموذج الثدي. تم تصميم النماذج السابقة مع مراعاة قيم الخصائص الكهربائية المختلفة للأنسجة عند التردد 2.45GHz المبينة في الجدول (1):

الجدول رقم(1): الخصائص الكهربائية للأنسجة المختلفة عند التردد 2.45GHZ

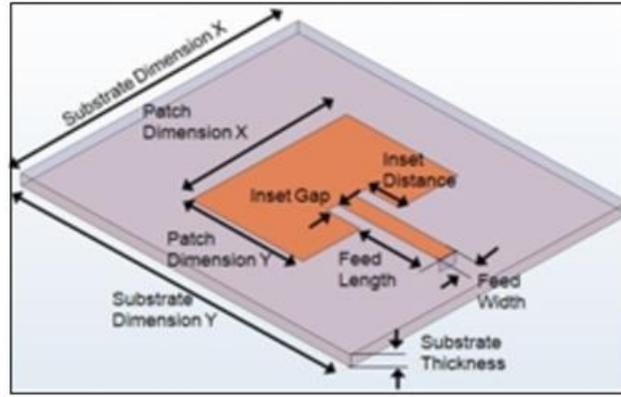
tissue	Electric conductivity σ [s/m]	Relative permittivity ϵ_r
skin	1.46	36
Normal breast tissue	0.4	9
tumor	2.1	50

كما وتمت مراعاة كثافة الكتلة للأنسجة المختلفة كما هو موضح في الجدول(2):
الجدول رقم (2): كثافة الكتلة للأنسجة المختلفة

Tissue	Mass Density (kg/m ³)
Skin	1100
Normal breast tissue	920
Tumor	1040

9. تصميم الهوائي المقترح:

يملك الهوائي الشرائحي ذو الرقعة المعدنية العديد من المزايا المهمة والمرغوبة فهو خفيف الوزن، كلفته منخفضة، حجمه صغير، مقارنة مع هوائيات الأمواج الميكروية التقليدية. وسنستخدم في التغذية تقنية التغذية الداخلية Inset feed حتى نؤمن بنية مستوية سهلة التصنيع، وسنقوم بتصميم هذا الهوائي باستخدام البرنامج HFSS، كما يوضح الشكل (2):



الشكل رقم (2): بنية الهوائي الشرائحي ذو الفجوة والمغذى بتقنية inset

تم تغذية الهوائي عن طريق ممانعة دخل 50Ω ، وتم تنفيذ الهوائي على طبقة أساس من البوليستر ذات ثابت عازلية منخفض لتقليل الضياعات الناتجة عن الأمواج السطحية surface wave losses ويوضح الجدول (3) أهم المحددات المستخدمة في تصميم طبقة الأساس.

الجدول رقم (3): البارامترات المحددة لطبقة الأساس.

Parameter	Symbol	Value
Dielectric constant	ϵ_r	1.44
Loss tangent	Tan σ	0.01
Thickness	h	2.85

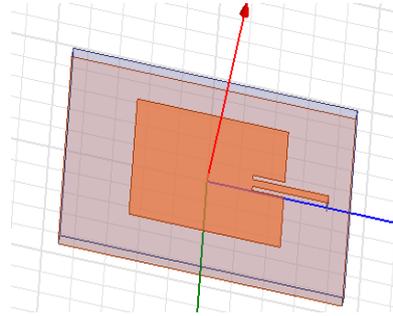
كما تم استخدام مجموعة من معادلات الهوائيات الشرائحية لحساب أبعاد الهوائي المقترح ليعمل عند التردد 2.45 GHz

حيث تلعب أبعاد الهوائي دورًا محوريًا في فعاليته من حيث النتائج، ويوضح الجدول (4) البارامترات المحسوبة لنموذج الهوائي المقترح :

الجدول رقم (4): البارامترات المستخدمة في تصميم الهوائي

PARAMETER	SYMBOL	VALUE
Operating Frequency	f_o	2.45 GHz
Patch Dimension Along x	W_p	55.43 mm
Patch Dimension Along y	L_p	47.9 mm
Substrate Thickness	h	2.85 mm
Substrate Dimension Along x	W	90 mm
Substrate Dimension Along y	L	90 mm
Inset Distance	Y_o	10 mm
Inset Gap	G	2 mm
Feed Width	W_f	3.3 mm
Feed Length	L_f	24 mm
Dielectric constant of substrate	ϵ_r	1.44
Input Impedance	Z_o	50 Ω

تم تصميم الهوائي المقترح والمستخدم في عملية الكشف باستخدام البرنامج HFSS ويوضح الشكل (3) بنية الهوائي المقترح:



الشكل رقم(3): بنية الهوائي المقترح

ونوضح خصائصه في الجدول(5):

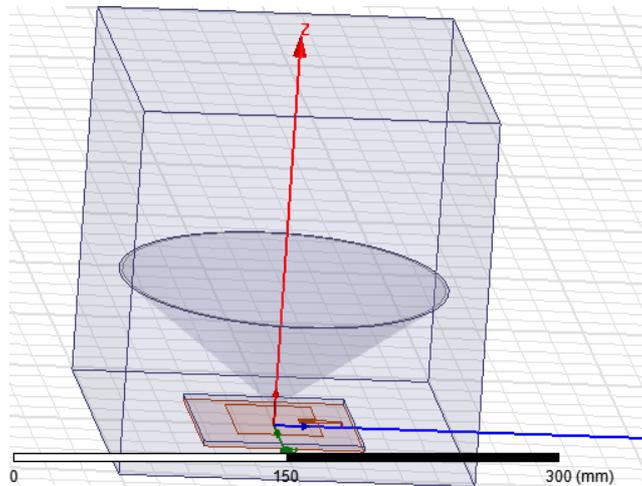
الجدول رقم (5): خصائص الهوائي المقترح.

Operating Frequency(GHz)	Size(mm \times mm)	Return Losses(dB)	Gain(dB)	VSWR
2.45	90 X 90	-10.52	7.77	1.8

ونلاحظ من الجدول(5) أن ربح الهوائي المقترح عند التردد المطلوب عالي نسبياً مقارنةً مع الهوائيات الشرائحية التقليدية.

10. تصميم منظومة الكشف:

يوضح الشكل(4) منصة الكشف المقترحة حيث تم وضع الهوائي تحت نموذج الثدي على بعد 10mm وجميعهم ضمن صندوق(فراغ) كهرومغناطيسي بأبعاد 200mm \times 200mm \times 200mm ونلاحظ نتائج المحاكاة عندما يشع الهوائي الأمواج الميكروية باتجاه نموذج الثدي (في كلا الحالتين) .



الشكل رقم (4): منظومة الكشف المقترحة

11. النتائج:**11.1. نتائج محاكاة الكشف:**

تم التحقق من إمكانية استخدام الهوائي المقترح للكشف عن الورم من خلال عملية محاكاة لكل من الثدي و الورم، حيث تتغير قيم السماحية و الناقلية من النسيج السليم إلى نسيج الورم وتستخدم هذه التغييرات لتقييم توزيعات الحقل الكهربائي والمغناطيسي وكثافة التيار في كلا الحالتين (نموذج الثدي مع الورم وبدونه). بينت النتائج إمكانية استخدام الهوائي المقترح في عملية الكشف عن الأنسجة المصابة. يبين الجدول (6) قيم الحقل الكهربائي، توزيع كثافة التيار، ومعدل امتصاص الطاقة، ضمن أنسجة الثدي مع الورم أو بدونه.

الجدول رقم (6): قيم الحقل الكهربائي، كثافة التيار ومعدل امتصاص الطاقة ضمن أنسجة الثدي في كلا الحالتين (مع الورم، بدون ورم) وإيجاد الفروقات بين الحالتين

Max E Field (V/m)			Max J (A/m ²)			Max local SAR(W/Kg)		
With tumor	Without tumor	Differences	With tumor	Without tumor	Differences	With tumor	Without tumor	Differences
1387.4	1479.3	91.9	97.49	17.37	80.12	4	1.7	3.3

ويلاحظ أيضاً من نتائج المحاكاة أن معدل امتصاص (الجلد) للطاقة سيتناقص في حال وجود الورم داخل أنسجة الثدي. في حين أن الأنسجة المحيطة بالورم (Normal) سيزداد معدل امتصاصها للطاقة وذلك لأن الورم الموجود داخل هذه الأنسجة سيمتص الجزء الأكبر من الطاقة (نظراً لكونه يحتوي كميات أكبر من الماء) وبالتالي لن تستطيع طبقة الجلد المحيطة بالثدي امتصاص كميات كبيرة من الطاقة ونوضح النتائج بالجدول (7):

الجدول رقم (7): الفرق في معدل امتصاص الطاقة في كل من (الجلد، الأنسجة الثديية الدهنية) بين الحالتين (مع ورم، بدون ورم)

Tissue	Max local SAR(W/Kg)	
	With tumor	Without tumor
Skin	0.759	1.7
Normal	1	0.25

اعتماداً على الفروقات السابقة يمكننا أن نتحقق من وجود الورم أو عدم وجوده في الأنسجة.

11.2. نتائج محاكاة تحديد مكان تواجد الورم:

تم وضع نسيج الورم في مواقع مختلفة تمثل المواقع الفعلية (المواقع الحقيقية) للورم ضمن نسيج الثدي ثم تم تسجيل احداثيات موقع أعظم امتصاص للطاقة باستخدام ميزة البرنامج Fields calculator ليمثل موقع الورم المكتشف ونوضح النتائج في الجدول (8) :

الجدول رقم (8): موقع الورم المكتشف اعتمادا على موقع أعظم قيمة للطاقة الممتصة

موقع الورم المكتشف عند الاحداثيات (x,y,z)mm	موقع الورم الفعلي عند الاحداثيات (x,y,z)mm
(10 , 5.18 , 24)	(10 , 6 , 24)
(2.8 , 3.9 , 30.2)	(3 , 3 , 30)
(0.3 , 0.9 , 20.2)	(0 , 0 , 20)
(-0.19 , -0.9 , 34.7)	(0 , 0 , 35)
(4 , 3 , 25.2)	(4 , 4 , 25)
(1.5 , 5.8 , 25)	(2 , 5 , 25)
(7.3 , 4 , 29)	(7 , 5 , 29)
(7.8 , 0.9 , 29.7)	(8 , 0 , 30)
(0 , 7.9 , 18.7)	(0 , 8.9 , 19)

من نتائج المحاكاة السابقة يمكننا أن نتحقق من قدرة الهوائي المقترح على تحديد موقع تواجد الورم بدقة.

12. مقارنة النتائج:

تم مقارنة نتائج الدراسة مع نتائج الدراسات السابقة من خلال المحددات (E,J) وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول (9):

الجدول رقم (9): مقارنة مع نتائج الدراسات السابقة من حيث إمكانية الكشف اعتمادا على المحددات (E,J):

المرجع	Max E Field (V/m)			Max J (A/m ²)		
	With tumor	Without tumor	Differences	With tumor	Without tumor	Differences
Our search	1387.4	1479.3	91.9	97.49	17.37	80.12
[9]	4623.4	5002.3	378.9	55.1	59.64	4.54
[11]	4498.1	4159.5	338.6	53.6	49.59	4.01
[8]	3888.9	3574.3	314.6	46.372	42.621	3.751

كما وتمت مقارنة نتائج الدراسة مع نتائج الدراسات الأخرى اعتمادا على المحددات (H, SAR) وكانت النتائج كما هو في الجدول (10):

الجدول رقم (10): مقارنة مع نتائج الدراسات السابقة من حيث الكشف اعتمادا على البارامترين (H , SAR):

المرجع	Max H Field (A/M)			Max SAR (W/KG)		
	With tumor	Without tumor	Differences	With tumor	Without tumor	Differences
Our Paper	4.9	5.4	0.5	4	1.7	2.3
[9]	9.89	11.77	1.88	0.861	0.774	0.087
[11]	11.2	11.5	0.3	0.699	0.703	0.004
[8]	-	-	-	-	-	-

نلاحظ من الجداول السابقة أنه يوجد تحسن كبير في إمكانية الكشف عن وجود الورم اعتمادا على الفروقات في كل من كثافة التيار، معدل امتصاص الطاقة، كما نلاحظ تراجع في إمكانية الكشف اعتمادا على الفرق في توزيع الحقل الكهربائي.

ويعتبر معامل الامتصاص (local SAR) هو المحدد (البارامتر) الأهم في بحثنا فكلما كان الفرق في قيمة هذا المحدد (SAR) بين الحالتين (مع الورم، بدون ورم) أكبر كلما زادت الدقة في تشخيص المرض واكتشافه بسهولة وسرعة أكبر.

وكذلك قمنا بمقارنة النتائج الخاصة بتحديد موقع الورم باستخدام عامل الامتصاص النوعي SAR مع نتائج الأبحاث السابقة من خلال مقارنة المواقع الحقيقية للورم مع المواقع المكتشفة وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (11):

الجدول رقم (11) : مقارنة الدقة في تحديد موقع الورم من خلال عامل الامتصاص النوعي SAR

المرجع	موقع الورم الفعلي عند الاحداثيات (x,y,z) mm	موقع الورم المكتشف عند الاحداثيات (x,y,z) mm	الانحراف المعياري بين الموقعين σ
our search	(3 , 3 , 30)	(2.8 , 3.9 , 30.2)	0.026
	(0 , 8.9 , 19)	(0 , 7.9 , 18.7)	
	(7 , 5 , 29)	(7.3 , 4 , 29)	
[10]	(13 , 53 , 27)	(12.55 , 56.43 , 31.53)	0.4625
	(10 , 45 , 25)	(7.55 , 45.06 , 29.65)	
	(17 , 58 , 39)	(14.46 , 60.18 , 34.46)	

وتبين نتائج المقارنة تفوق الطريقة المقترحة في هذا البحث في دقة تحديد موقع الورم

13. النتائج:

1. تم تصميم هوائي شرائحي يمتاز بربح عالي نسبيا $gain=7.81dB$ مقارنة مع الهوائيات الشرائحية ذات الرقعة patch ويمكن استخدامه في الكشف المبكر عن أورام الثدي.
2. تم تصميم نموذج للثدي يحاكي في خواصه الكهربائية الواقع.
3. بينت الفروقات الكبيرة في قيم $E, H, J, local SAR$, إمكانية التشخيص والكشف المبكر عن وجود الورم.
4. استخدمنا احداثيات القيمة العظمى ل SAR كمؤشر لتحديد موقع الورم.

14.المراجع:

- 1- M. Garcia and A. Jemal, "Global Cancer Facts and Figures 2011," Atlanta, GA: American Cancer Society, 2011.
- 2- American cancer society, available at <http://www.cancer.org/cancer>
- 3- Mostovoy A., 'Thermography Clinic Inc.', available at <http://www.drmostovoy.com/>
- 4- Troy Farncombe, Kris Iniewski "Medical Imaging: Technology and Applications" March 29, 2017.
- 5- Meaney, P. M., Fanning, M. W., Li, D., Poplack, S. P., & Paulsen K. D. (2000). A Clinical Prototype for Active Microwave Imaging of the Breast. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 48(11), 1841–1853.
- 6- Rubæk, T., & Meincke, P. (2008). Microwave Imaging for Breast–Cancer Screening.
- 7- Joines, W. T., Y. Z. Dhenxing, and R. L. Jirtle, "The measured electrical properties of normal and malignant human tissues from 50 to 900 MHz," *Med. Phys.*, Vol. 21, 547–550, 1994.
- 8- Xie ZhenYun, " A Microstrip Antenna for Medical Application " Department of Electronics, Mathematics and Natural Sciences Gävle, May 2017
- 9- R. Çal kan, S. Sinan Gültekin, D. Uzer, Ö. Dündar, "A Microstrip Patch Antenna Design for Breast Cancer Detection " *Procedia – Social and Behavioral Sciences* Volume 5, Issue 11, July 2015.
- 10- Ibtisam Amdaouch, Otman Aghzout ,"Breast Tumor Detection System Based on a Compact UWB Antenna Design" *Progress In Electromagnetics Research M*, Vol. 64, 123–133, 2018.
- 11- K. Ouerghi(1), N. Fadlallah(2), A. Smida(1), "Circular Antenna Array Design for Breast Cancer Detection" 2017 IEEE.
- 12- Elyas Palantei, Ashadi Amir ," Early Stage Cancer Detection Technigue Considering The Reflected Power From Breast Tissues "ARPN Journal of Engineering and Applied SciencesVOL. 10, NO. 17, SEPTEMBER 2015
- 13- Maryam Naseri " **Microwavave Tomography for Breast Cancer Detection**" Department of Signals and Systems CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Gothenburg, Sweden 2015.

إطار عمل للحكومة الإلكترونية باعتماد منهجية الخدمات الموجهة

*م. عبد الرزاق ياسين المحمود **د. وسيم ياسين جنيدي

(الإيداع: 15 نيسان 2019 ، الفبول: 24 أيلول 2019)

الملخص:

نظراً لأهمية الإجراءات الحكومية وإنعكاسها على مختلف القطاعات، فإن كل الحكومات - في العقدين الأخيرين - قد تبنت مفهوم الحكومة الإلكترونية والذي يعني دمج وتكامل أنظمة المؤسسات الحكومية ضمن إطار عمل موحد يحقق تبادل البيانات بطريقة آمنة، بهدف تقديم خدمات إلكترونية تشاركية للمؤسسات الحكومية فيما بينها (G2G) أو لقطاع الأعمال (G2B) أو للمواطنين (G2C)، طُورت عدة منهجيات لتنفيذ مشاريع الحكومات الإلكترونية مثل (e-Gif, EA,) (CORBA, SOA)، في السنوات الأخيرة أثبتت منهجية الخدمات الموجهة (SOA) كفاءتها العالية في تحقيق تكامل واندماج التطبيقات الموزعة، في هذا البحث نجري سبر لمنهجية الخدمات الموجهة والدراسات التي اعتمدت هذه المنهجية، كمقدمة للحل المقترح لتفعيل مبادرة الحكومة الإلكترونية السورية التي تواجه مجموعة من التحديات تعيق استثمارها بشكل فعال.

الكلمات المفتاحية: هيكلية الخدمات الموجهة، الحكومة الإلكترونية، ممر الخدمات الاحترافي، لغة توصف خدمات الويب، برونوكول الوصول إلى الكائن البسيط، أمن خدمات الويب.

*طالب ماجستير (علوم ويب) - الجامعة الافتراضية السورية.

**باحث في مركز البحوث العلمية ومدرس في الجامعة الافتراضية السورية.

E–Government framework based on SOA

Eng. AbdulRazzak Yassin Almohamad Almahmoud

Dr. Wassim Yassin Aljuneidi

(Received: 15 April 2019, Accepted: 24 September 2019)

Abstract:

Referring to the importance of government procedures and their impact on various sectors, all governments – in the last two decades – have adopted the concept of e–government, which means integration of various stand–alone governmental systems into interoperability framework to exchange data securely and provide e–services for the governmental participants (G2G), for business sector (G2B) or for citizens (G2C). Several methodologies have been developed to implement e–government projects such as (e–Gif, EA, CORBA and SOA). In the last few years, service–oriented architecture (SOA) has proven its efficiency in integrating distributed applications.

In this paper, we will review the methodology of service–oriented architecture (SOA) and the related works that adopted this methodology, as a preface to the proposed solution to activate the Syrian e–government initiative, which faces a range of challenges hindering its effective implementation.

Keywords: E–government, Syria, Web Services Description Language, Simple Object Access Protocol, Service Oriented Architecture, Virtual Private Network, Enterprise Service Bus, WS–Security

1-المقدمة

رغم التزام الحكومة السورية بدعم تنفيذ الحكومة الإلكترونية، وإطلاق مبادرة مشروع الحكومة الإلكترونية السورية سنة 2009، إلا أن مؤشر تنمية الحكومة الإلكترونية حسب المسح الذي قامت به إدارة الشؤون الاجتماعية والإقتصادية بالإم المتحدة للحكومات الإلكترونية لعام 2014 وعام 2018 يشير إلى تراجع الترتيب من (135) لعام 2014 إلى (164) لعام 2018، بينما تقدم مؤشر المشاركة الإلكترونية والاستفادة منه وفقاً للمراحل من الترتيب (164) لعام 2014 إلى الترتيب (152) لعام 2018 [1] [2]، تدل هذه المؤشرات بوضوح لواقع متأخر للحكومة الإلكترونية السورية، رغم أن معظم الوزارات تمتلك أنظمة معلوماتية وقواعد بيانات، إلا أن هذه الأنظمة معزولة عن بعضها البعض بسبب ضعف البنية التحتية للإتصالات وعدم وجود شبكة حكومية شاملة تربط جميع الوزارات لتنفيذ عملية دمج وتكامل هذه الأنظمة، وكذلك الأمر لا يوجد قاعدة بيانات حكومية مركزية، بمعنى آخر أنه لا وجود لإطار عمل مشترك ما بين الوزارات، يضاف إلى ذلك عوامل لوجستية مؤثرة (الحاجة لكوادر بشرية مؤهلة تقنياً، التمويل، ضرورة متابعة الخطط بشكل فعال) هذه التحديات تقتضي إيجاد حل رشيق يتمتع بالمرونة وسهولة الإدارة، لتجاوز مجمل هذه العوائق.

في هذا البحث نقدم حلاً مقترحاً يتبنى منهجية الخدمات الموجهة لما تتمتع به من مرونة عالية وقابلية للتوسع واستيعاب المستجدات، فمنهجية الخدمات الموجهة تتيح إمكانية العمل بطريقة تزايدية خطوة-خطوة ومع تكرار الأعمال تتزايد الخدمات دونما أن يكون لذلك تأثير ملحوظ على ما تم إنجازه في مراحل سابقة، يضاف إلى ذلك أنها لا تحتاج لأي مفاهيم معقدة قد تشكل عبئاً إضافياً على الجهات المشتركة بالحكومة الإلكترونية، وبهدف التخفيف من المتطلبات المادية والبشرية وضمان توافقية مكونات إطار العمل، يتبنى الحل المقترح استخدام المعايير القياسية ويتجنب استخدام المنتجات التجارية، يتكون الحل المقترح من خمس مكونات أساسية (خزان الخدمات، الوسيط، المراقبة، المصادقة، التدقيق)، ويتكون الوسيط من أربع مكونات (قائمة التحكم بالوصول، العراب، مولد الواجهات، مركب الخدمات) ترتبط هذه المكونات مع باقي طبقات الحكومة الإلكترونية باستخدام البروتوكولات المعتمدة وشبكة خاصة آمنة لتشكل بمجموعها ممر خدمات إحتراقي يحقق تكامل وإندماج الخدمات الإلكترونية.

2-المواد وطرائق البحث:

- اتبع البحث سلسلة من الخطوات المترابطة للوصول إلى النتائج المرجوة :
- 1- حدد المنهجية المستهدفة بالدراسة (SOA) باعتبارها الأكثر ملاءمة لواقع ومتطلبات تفعيل الحكومة الإلكترونية السورية.
 - 2- أجرى سبراً دقيقاً لهذه المنهجية وأهتم بأفضل الممارسات الموصى بها عالمياً.
 - 3- أجرى دراسة للمعايير القياسية العالمية ذات الصلة.
 - 4- أجرى مراجعة للدراسات العالمية المشابهة.
 - 5- أجرى مراجعة لواقع الحكومة الإلكترونية السورية ولوثائقها المنشورة.
 - 6- بالاعتماد على النقاط السابقة، اقترح البحث دراسة تصميمية لإطار العمل، ومن ثم قدم نسخة تنفيذية للمقترح.

2-1-منهجية الخدمات الموجهة وأفضل الممارسات

منهجية الخدمات الموجهة (SOA (Service Oriented Architecture هي استراتيجية لترابط واندماج العمليات الموزعة على شبكات واسعة وأنظمة تشغيل مختلفة، تعتمد هذه المنهجية ثلاثة مفاهيم تقنية أساسية هي: (الخدمة، الاقتران الفضفاض، التخاطب البيئي) [3].

- **الخدمة:** هي وظيفة مستقلة بذاتها، تختص بأداء مهمة بسيطة (كتخزين البيانات) أو مهمة معقدة (كمعالجة طلب شراء) ، وتتمتع الخدمة بمجموعة من الخصائص: الإستقلالية، التجريد، إمكانية اكتشافها عند البحث عنها في مخزن الخدمات

العام ، اللارذواجية بمعنى أنه يمكن إعادة طلب الخدمة دون أن يتسبب الطلب الثاني بأية مشاكل، إمكانية إعادة استخدامها من أي جزء كان في المنظومة، إمكانية إنشاء خدمات مركبة باستدعاء خدمات أخرى ، إمكانية إستدعاء الخدمة من أي نظام تشغيل كان، إمكانية تبادل البيانات فيما بين الخدمات بغض النظر عن منصة العمل، إمكانية تنفيذ الخدمة من خلال الويب، كل المعلومات اللازمة للاستفادة من الخدمة يتم توفيرها من خلال عقد الخدمة.

- **الاقتران الفضايف:** هو مبدأ يهدف إلى التقليل من ارتباط الخدمات الموزعة بالأنظمة التي تعمل فوقها، بهدف تخفيف أثر تغيرات نظام التشغيل على الخدمات، وله أشكال مختلفة تتيح لمصمم هيكلية الخدمات الموجهة أن يعتمد الخيارات المناسبة التي تخدم أهدافه، من أهم أشكال الاقتران الفضايف: تبادل الرسائل بشكل غير متزامن، تبادل أنماط بيانات غير المتجانسة، نقل طلبات الخدمة وإجراء موازنة الحمل من خلال وسيط، التحقق من نوع البيانات باستخدام واجهات مجردة، ربط البيانات ديناميكياً، استقلالية الاقتران عن منصة العمل، استخدام أنماط البيانات البسيطة، تنفيذ المناقلة بالتعويض بشكل غير متزامن، التحكم بمنطق العمليات بشكل لامركزي لتجنب حالات الفشل (عق الزجاجة)، نشر التحديثات بشكل غير متزامن وهذا الأمر يرتبط بمفهوم الاصدارات التي يجب على المستفيد أن يراعيها لترقية برمجياته لتتوافق مع الإصدارات المستحدثة، بالعموم أشكال الاقتران هذه، ليست إلزامية وإنما هي خيارات لإعتماد المناسب منها حسبما تقتضيه الضرورة.

- **التخاطب البيني:** هو تبادل البيانات بين الخدمات الموزعة على أنظمة تشغيل متنوعة باستخدام ممر الخدمات الاحترافي (ESB) الذي يشكل البنية التحتية لمنهجية الخدمات الموجهة ويؤمن الاتصال ما بين المستفيد ومزود الخدمة بالإضافة لمهام أخرى مثل: نقل البيانات، التوجيه الذكي، الإجراءات الأمنية، الوثوقية، إدارة الخدمات، المراقبة، يتبع ممر الخدمات في عمله منهجيتين مختلفتين:

(1) استخدام البروتوكول وفي هذه الحالة يفويض الكثير من مهامه إلى مزود الخدمة والمستفيد، وفي هذه الحالة يلتزم كل من المزود والمستفيد بالأدوات القياسية الموصى بها لتوليد البرمجيات القادرة على التخاطب مع هذه البروتوكولات ولعل أفضل مقارنة لهذا النمط هي استخدام بروتوكول (SOAP) مع خدمات الويب.

(2) استخدام واجهة التطبيقات البرمجية (API) وفي هذه الحالة يشغل ممر الخدمات العديد من البرمجيات (المركزية أو اللامركزية) ويوفر البروتوكولات الشفافة لكل من المزود والمستفيد لإستخدامها في نشر وتنفيذ الخدمات. يمكن لممر الخدمات أن يوفر أشكال إقتران مختلفة:

(1) اقتران محكم (نقطة إلى نقطة) وهذا النوع معرض للفشل في حالة عدم توفر مزود الخدمة.

(2) الاقتران الفضايف عندئذ يتولى ممر الخدمات مهمة البحث عن مزود الخدمة المناسب ويوجه إليه طلب المستفيد، وفي هذه الحالة يلعب ممر الخدمات دور الوسيط الذي يتحكم بتوزيع الحمل ومعالجة التغيرات الديناميكية في هيكلية الخدمات الموجهة.

أوصت الطبعة الزرقاء للحكومة الالكترونية الصادرة عن الخدمات العامة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في بلجيكا بمجموعة من الإرشادات باعتبارها أفضل الممارسات التي تلي المعايير القياسية لتطبيقات الحكومة الإلكترونية [4]:

(1) يجب استخدام (SSL) لضمان أمن إستدعاء الخدمة واستخدام (SAML) في عملية التحقق.

(2) في إجراء التكامل أوصت باستخدام (وسيط) يتضمن إدارة سهلة للخدمات، لتوحيد أسلوب تزويد الخدمات والسياسة التي يجب أن يلتزم بها المستفيد.

(3) يجب أن تستوفي وظائف ممر الخدمات مجموعة من المتطلبات:

- دعم أساليب المصادقة المختلفة Federation، ID، token based، SAML

- تدقيق وتوثيق الأحداث، الخصوصية، الأداء، الوفرة

- منح تفويض الوصول إلى الموارد، بناءً على السياسة العامة للمنظومة

- استخدام معيار التوجيه (CBR) أو توزيع الحمل لتوجيه طلب الخدمة إلى المزود المناسب
 - توفير خدمة تحويل تنسيق الرسالة لتجاوز التغييرات التي تطرأ على واجهة الخدمة
 - توفير خدمة مراقبة بهدف جمع مؤشرات عن المزود والمستفيد والتحقق من تنفيذ عقد مستوى الخدمة (SLA)
 - توفير خدمة معالجة الأخطاء وإشعار المسؤول عنها
 - استخدام التخزين المؤقت لتحسين زمن الاستجابة
 - استخدام الفلترة لإزالة معلومات الخصوصية من الرسائل لحماية المستخدمين
 - تخفيف التعقيدات الفنية لتسهيل إجراءات التكامل.
- (4) يجب أن تراعي الأوركسترا (الخدمات المركبة) عدة مفاهيم: التنفيذ غير المتزامن، التعويض، النفرع الشرطي، التنفيذ المتوازي للأشياء غير المترابطة، المؤقتات والإنتظار المشروط، التعامل مع الإصدارات المتعددة، مراقبة الأداء.
- (5) يجب تسجيل معلومات الخدمات بمخزن مركزي، وتوفير انماط بحث مختلفة لتسهيل اكتشافها، يمكن استخدام المعيار (UDDI) أو أي تقنيات أخرى لتخزين المعلومات الوصفية للخدمات والبحث عنها.
- (6) يجب تفعيل وظائف مراقبة حالات الفشل لكل الأنظمة المستخدمة، لتسهيل تحديد جذر المشكلة.
- (7) يجب معيرة أسلوب تسجيل الأحداث كون أن هذا الأمر يتقاطع مع كل التطبيقات مما يقتضي أن يتمتع مكون التدقيق بمرونة كافية لاستيعاب المستجبات وأن يكون قابل لإعادة الاستخدام مع أكثر من تطبيق.
- (8) يجب أن توفر البوابة للمستفيد الخصوصية والتخصيص، استناداً إلى السماحيات الممنوحة، باعتبارها نقطة الوصول للخدمات المراقبة أمنياً.

2-2-2- معايير تقنية ذات صلة

- (1) WS-Security يهتم هذا المعيار بأمن الرسائل التي تسلك مسارات متعددة النقاط وتستخدم مفاتيح تشفير مختلفة، لم يتم المعيار بإيجاد مفاهيم جديدة وإنما وفر إمكانية استخدام المعايير الأمنية المعتمدة مثل: Kerberos، PKI، X.509، XML Encryption، XML Signature بطريقة سهلة من خلال تضمين هذه المعايير في ترويسة رسالة ال SOAP دون أن يتدخل بنمط التشفير أو التوقيع الرقمي فاستخدم العنصر BinarySecurityToken لهذا الغرض واستخدم العنصر UsernameToken لنقل اعتماد المستخدم [5].
- (2) WSDL لغة نصية تعتمد ال XML لتوصيف واستكشاف خدمات الويب ومعرفة أنواع البيانات والوظائف التي تقوم بها الخدمة، ولإستدعاء وظائفها يمكن استخدام البروتوكول (SOAP) لهذا الغرض [6].
- (3) UDDI يتولى مهمة تسجيل المعلومات الوصفية لمزودي الخدمة وشروط استخدام الخدمة، ويوفر هذه المعلومات للمستفيدين لاستكشاف الخدمات والاستفادة منها [7]، في عام 2005 أعلنت مجموعة المعايير الدولية OASIS عن إصدار جديد للمعيار UDDI 3.0.2 يدعم البنى التحتية المتنوعة ليصبح معياراً قياسيماً مفتوحاً يحقق التخاطب البيئي على نطاق أوسع ويلبي متطلبات هيكلية الخدمات الموجهة (SOA) [8]، في 2018 قامت شركة Microsoft بإزالة خدمة UDDI من مخدوم ويندوز 2008، لتجعلها كأحد مكونات مخدوم التكامل BizTalk مبررةً هذا الإجراء بأنه إعادة ترتيب لمنتجاتها بهدف تقديم خدمة أفضل لسوق هيكلية الخدمات الموجهة (SOA) [9].

- (4) VPN يوفر آلية لتشفير وتغليف الحزم المتبادلة ما بين الأجهزة المتصلة عبر الانترنت باستخدام البروتوكول (IP) وارسالها ضمن نفق خاص، فيبدو الاتصال وكأنه اتصال ما بين نقطتين بغض النظر عن طبيعة الشبكة الوسيطة، يتفق الطرفان على نظام تشفير، فيقوم منشيء النفق بتشفير الحزمة لضمان أمنها، ثم يقوم مُبَدِّل VPN بتغليف الحزمة المشفرة

بالكامل في حزمة IP وإرسالها عبر الإنترنت، عند نقطة النهاية تستلم الطرفية الأخرى من نفق الشبكة الافتراضية، الحزمة وتزيل منها معلومات الـ IP وتتكشف التشفير وفقاً لنظام التشفير المتفق عليه، ومن ثم ترسل الحزمة الناتجة إلى الجهاز المستهدف، الفائدة الرئيسية لهذا النوع من الإتصال هو التكلفة المنخفضة مقارنة بالخط المؤجر عالي السرعة، استمرارية العمل كون أن خطوط الاتصال بين أجهزة التوجيه تسلك مسارات منطقية يمكن تغييرها بكل بساطة وشفافية، إمكانية اتصال مستخدمي الهواتف المحمولة مع شبكة الـ VPN، إمكانية مراقبة المعلومات التي يصل إليها المستخدم، إمكانية تأسيس اتصال VPN بنطاق ترددي منخفض وزيادة عرض النطاق الترددي عند الحاجة [10].

2-3- الدراسات المشابهة

(1) إطار التشغيل المشترك لخدمات الحكومة الالكترونية في الفلبين: قدم "ريغالادو وماريفيك" دراسة لإطار عمل، للتخاطب البيئي باعتماد الخدمات الموجهة باعتبار أنها تغطي الأبعاد الثلاثة للتخاطب البيئي (التنظيم والدلالة والترابط التقني)، يتكون المقترح من تسع طبقات (معالجة الأعمال، الحوكمة، جودة الخدمة، التكامل، هيكلية المعلومات، التشغيل، الكائنات الخدمية، الخدمات، وطبقة العرض) المقترح واضح ومنظم من الناحية النظرية، إلا أنه لم يقدم أفكار تقنية جديدة [11].

(2) تطوير هيكلية حكومة الكترونية باعتماد الخدمات الموجهة لتحقيق التخاطب البيئي: قدم "الخنجري وآخرون" هيكلية للحكومة الالكترونية باعتماد الخدمات الموجهة (SOA) معتبرين أن هذه المنهجية ستشكل الحل المستقبلي للحكومات الالكترونية، قسموا الهيكلية إلى ثلاثة أقسام رئيسية: القسم الأول الحكومة الالكترونية ذات الخدمات الموجهة ويتكون من خمس طبقات (طبقة العرض، طبقة العمليات، طبقة الخدمات، طبقة التشغيل، الطبقة الدلالية)، القسم الثاني خزانات التخاطب البيئي ويتكون من خزان معالجة العمليات ويرتبط بطبقة العمليات، خزان الخدمات ويرتبط بطبقة الخدمات، خزان دلالي يرتبط بالطبقة الدلالية، القسم الثالث البنية التحتية لضمان الجودة والتطوير ويتكون من مركز التميز الحكومي لضمان الجودة، فريق تطوير خدمات الدولة، نظام المعلومات لتزويد فريق التطوير بأفضل الممارسات في مجال التخاطب البيئي، ونظام الاكتشاف ويتولى البحث عن أفضل الخدمات المتعلقة بمهمة معينة والتوصية بها، الدراسة جيدة أعطت وصف لمقترح واضح، أغفلت بعض التفاصيل مثل: الإجراءات الأمنية، دور ممر الخدمات، المقاربة التطبيقية للمقترح [12].

(3) تكامل بيانات الحكومة الإلكترونية بالاعتماد على منهجية الخدمات الموجهة: قدم "مادوخ وبركة" نموذجاً لإطار عمل بالاعتماد على الخدمات الموجهة مؤلف من عدة مكونات (ممر خدمات، سجل الخدمات، خدمة المعلومات الحكومية، خدمة إدارة الإتصال بقواعد البيانات، الأوركسترا، خدمة النسخ المتزامن، خدمة إدارة ومراقبة ممر الخدمات، خدمة ضمان الأمان)، ثم قاموا بإسقاط المقترح النظري على بنية تطبيقية باستخدام بيئة جافا، بشكل عام الدراسة مهنية وتتميز بالوضوح إلا أن اعتماد ممر الخدمات فيها على واجهة التطبيقات البرمجية يعني أن وظائف ممر الخدمات ستعرض لتحديثات دورية وأخطاء ناجمة عنها وهذه التحديثات ستعكس على المزود والمستفيد مما يعني مزيد من الأعباء [13].

(4) الحكومة الإلكترونية في الدول العربية خارطة طريق من 6 مراحل استعرض "الخوري" واقع الحكومات الالكترونية في المنطقة العربية، وقدم خارطة طريق تحدد الأولويات التي يجب مراعاتها مكونة من ست مراحل (أتمتة الأعمال المكتبية، تقديم الخدمات العامة من خلال نظام النافذة الواحدة، إنشاء الهوية الرقمية، تطوير الخدمات الإلكترونية المتكاملة، تحقيق التخاطب البيئي محلياً بين الأنظمة الحكومية باعتماد SOA، تحقيق التخاطب البيئي دولياً باعتماد e-GIF، أقتصرت الدراسة على تحليل واقع الحكومة الالكترونية بالدول العربية وتقديم الأفكار والإرشادات لتحفيز مبادرات هذه الدول [14].

(5) إطار عمل أمني -عقدة لعقدة - للخدمات الموجهة ناقش "شاشوات وآخرون" متطلبات أمن الخدمات الموجهة في حالة اتصال عقد لعقدة وأوصوا باستخدام بروتوكول SSL والتخزين المؤقت، لم يتم التطرق للحالات الأكثر تشعباً، حيث لا يلبي

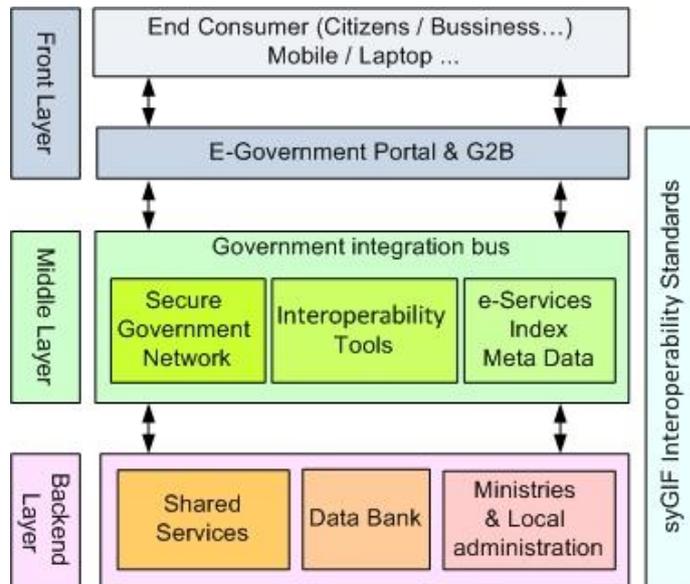
بروتوكول SSL المتطلبات الأمنية معتبرين أن الخدمات التي تسلك مسارات متعددة تعاني من مخاطر أمنية ولا بد من استخدام أدوات أمنية لهذا الغرض [15].

(6) هيكلية مرجعية لأمن الخدمات الموجهة- الأمن كخدمة اقتراح "ميمون وآخرون" نشر الخدمات الأمنية على نطاق محدد لتتشارك باستخدامها نقاط الخدمات التي تقع في نطاق واحد، يطلق على هذا الأسلوب منهجية الأمان كخدمة (SAAS) ، يتألف الكائن (SAAS) من مخزن السياسات ومخزن الـ PKI بالإضافة لخدمات المصادقة، التفويض، عدم النكران، تسجيل الدخول والمراقبة الأمنية، وتعتمد هذه الخدمات على بعضها البعض، اعتماد المقترح على خدمة أمن مركزية قد تتسبب بحالة فشل "عق الزجاجة"، كما أن الكائن لا يتمتع بالاستقلالية بسبب اعتماده على خدمات ويب مرتبطة بالمزودين لحالات المصادقة الخارجية، بالإضافة لاعتماده على نمط واحد من أنماط التشفير PKI هي نقطة ضعف إضافية كون أن الأنظمة الموزعة تعتمد معايير تشفير متنوعة [16].

2-4-مراجعة للحكومة الالكترونية السورية

إنطلقت مبادرة الحكومة الالكترونية السورية سنة 2009 وحددت ثلاث مراحل للحكومة الالكترونية (مرحلة نشر المعلومات، مرحلة التفاعل بخصوص القواعد الناظمة، مرحلة إنجاز المعاملات إلكترونياً)، ونشرت عدة وثائق ترسم فيها ملامح الحكومة الالكترونية:

- (1) وثيقة الأسس والمبادئ أفترضت ان التخاطب بين الجهات الحكومية يجب أن يكون على مستوى الخدمة بتبادل رسائل xml مستقلة وبطريقة غير مترامنة، ويتولى إدارة هذه الرسائل وسيط يتم بإمكانية الإضافة التدريجية للخدمات، وإمكانية تجميع عدة خدمات لتكوين خدمة جديدة [17].
- (2) وثيقة التوجهات أشارت لضرورة تقديم الخدمات الحكومية بشكل متجانس مع دعم التنفيذ اللامركزي لتخفيف العبء على الوزارات [18].
- (3) وثيقة البرامج أوصت بالابتعاد عن نهج المشاريع العملاقة وبناء المشاريع بطريقة تزايدية خطوات صغيرة قابلة للتحقيق لبناء نجاح تراكمي وثقة متزايدة [19].



الشكل رقم (1): هيكلية الحكومة الالكترونية السورية 2009

- (4) وثيقة التخاطب البيني قدمت هيكلية مقترحة للحكومة الالكترونية السورية مكونة من ثلاث طبقات، الطبقة الأمامية والطبقة الوسطى والطبقة الخلفية بالإضافة لمعايير التخاطب البيني (SyGIF) والذي يتضمن معايير تقنية ومعايير دلالية ومعايير توصيف البيانات - الطبقة الخلفية تتكون من بنك البيانات والخدمات المشتركة. الطبقة الوسطى تتكون من شبكة آمنة، دليل الخدمات، أدوات التخاطب، والطبقة الأمامية عبارة البوابة الالكترونية المسؤولة عن تزويد الخدمات [20].

تم إنشاء بوابة الكترونية تتضمن ارتباطات إلى الخدمات الحكومية المزودة إلكترونياً، بالإضافة الى معلومات عن حوالي 2552 معاملة تبين شروط الاستفادة من الخدمات [21].

3-النتائج والمناقشة

استعرضنا مفهوم منهجية الخدمات الموجهة باعتباره استراتيجية لترباط واندماج العمليات الموزعة، وتبين لنا أن من أهم القرارات المتعلقة بممر الخدمات الإحترافي هو اختيار نموذج التقنية التي سيعتمدها (واجهت تطبيقات برمجية أم بروتوكول) وخلصنا إلى نتيجة أن استخدام البروتوكول (SOAP) مع خدمات الويب هو الخيار الأفضل، تم التطرق لمجموعة من الإرشادات منها: ضرورة استخدام بروتوكول SSL لضمان أمن إستدعاء الخدمات، وضرورة توحيد أسلوب تسجيل واستكشاف وتنفيذ الخدمات، بالإضافة لضرورة معيرة أسلوب تسجيل الأحداث كون أن هذا الأمر يتقاطع مع كل التطبيقات مما يتطلب أن يتمتع مكون التدقيق بمرونة كافية لاستيعاب المستجدات وأن يكون قابل لإعادة الاستخدام مع أكثر من تطبيق، وفيما يخص البوابة باعتبارها نقطة الوصول للخدمات، فيجب أن توفر الخصوصية والتخصيص للمستفيد استناداً إلى السماحيات، استعرضنا مجموعة من المعيار ذات الصلة، كمعيار أمن خدمات الويب WS-Security الذي قدم توليفة من المعايير المعتمدة والمتخصصة بالأمن والتشفير واستخدمها في أمن خدمات الويب بشكل حيادي دون أن يتدخل بطريقة عملها، فهو معيار يستخدم أفضل الممارسات المتوفرة في أمن المعلومات بالإضافة لسهولة إستخدام وظائفه (بالأمن والتشفير)، المعيار WSDL وهو المعيار الأساسي لإستدعاء خدمات الويب ولا يمكن الاستغناء عنه أو تجاهله وله دور مهم في ممر الخدمات، أما المعيار UDDI لم يلق نجاحاً منذ اطلاق نسخته الأولى، ثم جاء قرار مايكروسوفت التي أوقفت استخدامه كأحد مكونات نظام التشغيل وألحقته بمنتج تجاري Biztalk الأمر الذي يضطرننا لإستبعاد هذا المعيار لتجنب التكلفة المالية، وللحفاظ على توافقية مكونات إطار العمل، المعيار VPN تبدو مواصفاته الأمنية مناسبة لإستخدامه كشبكة حكومية خاصة لتشكل البنية التحتية لممر الخدمات الإحترافي.

بناءً على ما تقدم نقدم حلاً مقترحاً يعزز توصيات وتوجهات مبادرة الحكومة الالكترونية السورية لعام 2009، لتحقيق العمل المشترك بين القطاعات الحكومية.

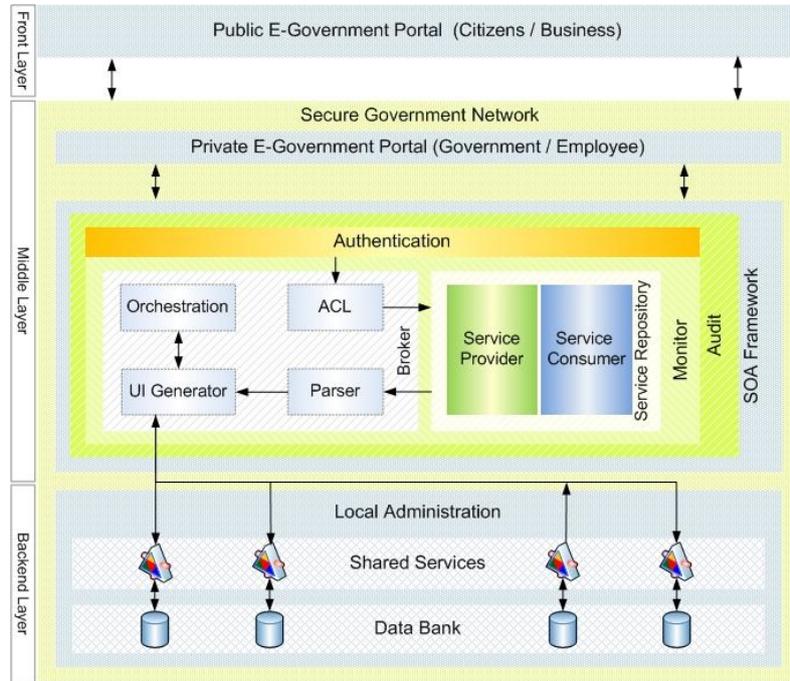
4-إطار العمل المقترح

4-1 المخطط المفاهيمي لإطار العمل

أجرى الحل المقترح إعادة ترتيب لمكونات الهيكلية المقترحة للحكومة الالكترونية السورية، الشكل (1) وأضاف لها إطار العمل المقترح لتصبح كما هو موضح بالشكل (2) مكونة من ثلاث طبقات (طبقة أمامية عبارة عن بوابة عامة، طبقة وسطى مكونة من بوابة حكومية خاصة مع إطار العمل المقترح، وطبقة خلفية هي بنك البيانات والخدمات المشتركة) تعمل الطبقتين الوسطى والخلفية فوق شبكة حكومية آمنة، ويشكل إطار العمل مع الشبكة الحكومية ممر خدمات إحترافي آمن، يتولى مهمة تكامل واندماج الخدمات الالكترونية للجهات الحكومية فقط في هذه المرحلة. يتكون إطار عمل الحكومة الالكترونية المقترح من خمس مكونات أساسية:

1- خزان الخدمات Service Repository ويسجل فيه عقود تزويد الخدمة Service Provider وعقود الاستفادة من الخدمة Service Consumer والإجرائيات الخاصة بالخدمات المركبة Orchestration ، بالإضافة لواجهة بحث مجردة لإستكشاف الخدمات وتنفيذها، 2- المصادقة Authentectcion أو التحقق من هوية المستخدم ويعتمدها هذا المكون على عناصر WS-Security لإنشاء اعتماد للمستخدم ومنحه إذونات الوصول للمصادر المسموحة في المكون ACL، 3- التدقيق Audit: يتولى هذا الكائن تسجيل الأحداث المرسله إليه من كائن المصادقة وكائن المراقبة، لتستخدم في حالات الاستقصاء عن الخروقات أو حالات الفشل، 4- المراقبة Monitor : يستلم هذا الكائن رسائل من كافة العمليات التي تجري

ضمن إطار العمل، فإن تضمنت الرسالة معلومات ذات أهمية يقوم بإرسالها لسجل التدقيق، كما يراقب طلبات الخدمة ونتائج تنفيذ الخدمة المطلوبة وحالات الفشل ويراقب حالة العقد المتصلة أو غير المتصلة. الوسيط ويتكون من أربع مكونات: 5-1- قائمة التحكم بالوصول (ACL) Access Control List تتضمن سياسة الوصول لمصادر إطار العمل وسياسة الوصول للخدمات المزودة، حسب شروط عقد الخدمة، 5-2- العراب WSDL لا يتطلب تسجيل الخدمة في مخزن الخدمات أي تفاصيل تقنية سوى مسار خدمة الويب وعند طلب الخدمة يتولى العراب قراءة ملف WSDL من مساره، للحصول على وظائف خدمة الويب ونوع البيانات المطلوبة بشكل ديناميكي ويرسلها لمولد الواجهات، 5-3- مولد الواجهات UI Generator يقوم بتوليد نموذج لإدخال برمترات الخدمة مع وظائف التحقق من نوع البيانات حسب التوصيف المستلم من العراب، 5-4- الأوركسترا Orchestration تتولى مهمة إنشاء خدمة مركبة من عدة خدمات جزئية، تقوم بتحديد الخدمات الجزئية المطلوبة وتسلسل تنفيذها وطريقة ربط برامترات، حسب رغبة المستفيد، ترسل هذه البيانات لمولد الواجهات لينشئ واجهة جديدة للخدمة المركبة، وتسجل هذه الخدمة ضمن تفضيلات المستفيد ليستخدامها عند الحاجة.

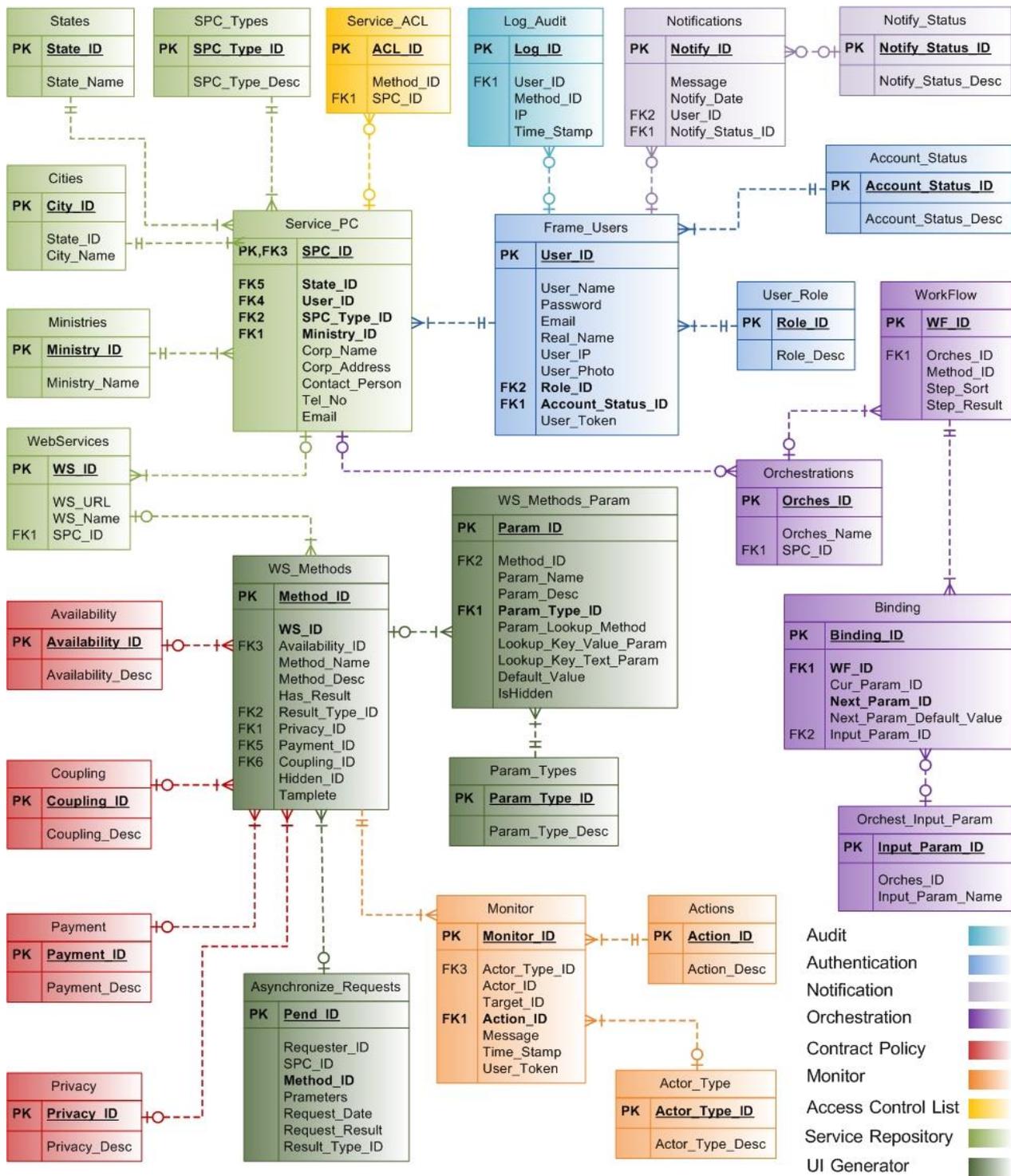


الشكل رقم (2): هيكلية الحكومة الالكترونية مع إطار العمل

2-4 مخطط الكينونات لإطار العمل

يستخدم إطار العمل لإنجاز وظائفه الرئيسية كينونات علائقية موضحة بالشكل (3):

WS_Methods, WS_Methods_Param	مولد	(2)	Service_PC	مزود/مستهلك	(1)
Coupling, Privacy, Payment, Availability	عقد الخدمة	(4)	WebServices	سجل الخدمات	(3)
Orchestration, Orchest_Input_Param, Workflow, Binding	الأوركسترا	(6)	Frame_Users	المصادقة	(5)
Asynchroneze_Requests	خدمات غير	(8)	Service_ACL	التحكم بالوصول	(7)
Monitor, Notifications	المراقبة	(10)	Log_Audit	التدقيق	(9)

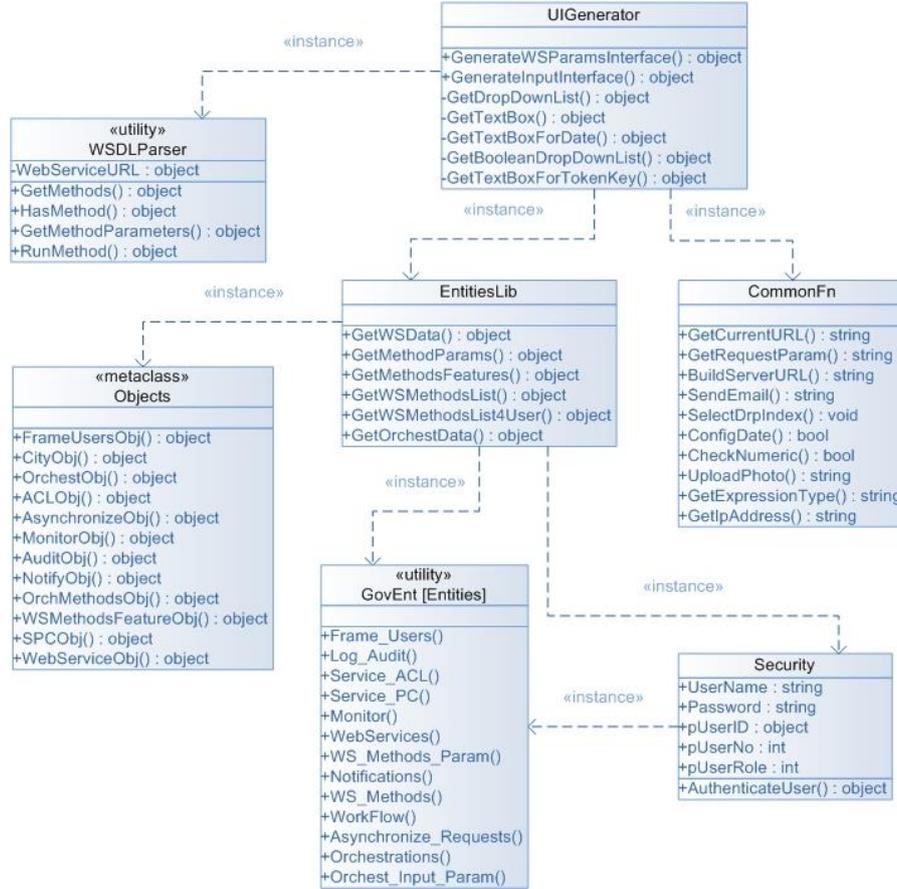


الشكل رقم (3): كينونات إطار العمل

3-4 مخطط الصفوف لإطار العمل

- تتشارك مكونات إطار العمل بسبعة صفوف أساسية لتنفيذ الوظائف والمهام موضحة بالشكل (4):
- (1) GovEnt يتضمن الوظائف الرئيسية لإدارة الكينونات (LINQ to SQL).
 - (2) EntitiesLib يتولى مهمة تنفيذ عمليات قواعد البيانات القياسية.

- (3) Objects مجموعة من الصفوف الوصفية يستخدمها EntitiesLib كخزان لنقل البيانات ما بين مكونات إطار العمل.
 (4) Security يتولى مهمة التحقق من هوية المستخدم وتسجيل جلسة دخول خاصة به.
 (5) CommonFn يستخدم لتنفيذ بعض الوظائف العمومية غير المرتبطة بالكينونات.
 (6) WSDLParser كائن مجرد يتولى مهمة قراءة ملف توصيف خدمة الويب WSDL.
 (7) UIGenerator يتولى بناء واجهة استهلاك الخدمة بالاعتماد على البيانات الوصفية المسجلة ويمرر مدخلات المستهلك إلى WSDLParser لتنفيذها، ومن ثم يستلم النتيجة ويظهرها للمستهلك.
 ويتموضع كائن المراقبة في مفصلات عمليات إطار العمل لمراقبة وتسجيل النتائج والأخطاء.



الشكل رقم (4): مخطط الصفوف

4-4 بيئة تشغيل إطار العمل

يتم تشغيل إطار العمل على مخدوم ويندوز، مُنصَّب عليه قواعد بيانات SQL Server الاصدار 2005 وما بعد، وخدمات معلومات الانترنت (Internet Information Services) IIS، مع حزمة Dot Net Framework 4.0. يُوضع مخدوم إطار العمل على الشبكة الحكومية الآمنة ويُمنح عنوان محدد، حتى يتمكن المشتركون المرخص لهم، الوصول إليه والبدء باستثمار إطار العمل الحكومي. لضمان استمرارية العمل يفضل أن يكون هناك نسخة ثانية من إطار العمل مع نسخة احتياطية متزامنة من قاعدة البيانات، في حال تعطلت النسخة الأولى يمكن التحول مباشرة إلى النسخة الاحتياطية.

4-5 اختبار إطار العمل

يهدف اختبار إطار العمل تم إنشاء أربع قواعد بيانات لمحاكاة أربعة من السجلات الحكومية هي: (CivilianRecord للسجل المدني، CommerceRecord للسجل التجاري، CriminalRecord للسجل الجنائي، RealStateRecord للسجل العقاري) وحشرت ضمن هذه القواعد، بيانات معبرة عن طبيعة كل سجل، فتم حشر بيانات نصية وأخرى رقمية (صورة شخصية) مرمزة بالصيغة Base64، وتم تطوير خدمات ويب لكل من هذه السجلات لاسترداد المعلومات المستعلم عنها من خلال الرقم الوطني، الخدمات المطورة تسترد بيانات السجل المستهدف بصيغة نصية، تم اختبار إطار العمل ضمن ثلاث بيئات مختلفة:

- 1- جهاز محلي: احتضن كل من قواعد البيانات وإطار العمل وشغل خدمات الويب على عناوين مختلفة.
- 2- شبكة محلية: تضمنت أربع خوادم ويب موزعة على عناوين شبكة IP مختلفة كل منها عليه قاعدة بيانات وخدمة ويب خاصة بأحد السجل الحكومية الأربعة، ومخدم خامس مخصص لتشغيل إطار العمل.
- 3- شبكة الانترنت: تم نشر قواعد البيانات وإطار العمل وخدمات الويب على عناوين انترنت فرعية مختلفة كما يلي:

✓ إطار عمل الحكومة الالكترونية: <http://egov.hama.gov.sy>

✓ خدمة السجل التجاري: <http://comrec.hama.gov.sy>

✓ خدمة السجل الجنائي: <http://interrec.hama.gov.sy>

✓ خدمة السجل العقاري: <http://realrec.hama.gov.sy>

✓ خدمة السجل المدني: <http://civilrec.hama.gov.sy>

بالمجمل كانت نتائج الاختبار ناجحة ومقاربة دون أية فوارق، سوى سرعة الأداء التي تعتمد على سرعة الاتصال.

4-6 النتائج العملية

الهدف الرئيسي للبحث هو وضع استراتيجية استثمار لمنهجية الخدمات الموجهة، ضمن إطار تفعيل مبادرة الحكومة الالكترونية السورية، والمخرج النهائي للبحث هو تطبيق تنفيذي لهذه الاستراتيجية. في هذه الفقرة نستعرض ثلاث وظائف أساسية من وظائف إطار العمل المنفذ حسب الدراسة السابقة: (1) تسجيل مزود/مستهلك:

للبدء باستثمار خدمات إطار العمل، لا بد من تسجيل اشتراك وفق النموذج الموضح بالشكل (5)

الشكل رقم (5): نموذج تسجيل مزود/مستهلك

بعد تسجيل الطلب، يتم اشعار مدير إطار العمل بالمشارك الجديد للتحقق من صحة البيانات، ويرسل بريد إلكتروني لمقدم الطلب لتفعيل حسابه.

(2) تسجيل خدمة:

هذه الوظيفة متاحة لمزود الخدمة، وهي عملية بسيطة لا تحتاج لمعلومات تقنية أكثر من عنوان خدمة الويب على مخدم المزود Web Service URL، يدخل مزود الخدمة عنوان خدمة الويب، وبعد أن يتحقق إطار العمل من صحة العنوان، يقوم مزود الخدمة بإضافة الوظائف Methods كخدمات إلكترونية مستهلكة، ويحدد شروط استهلاكها كما هو موضح بالشكل (6):

الشكل رقم (6): نموذج تسجيل خدمة إلكترونية

(3) استهلاك الخدمة:

يدخل المستهلك محددات البحث، فيحصل على لائحة بالخدمات المتوفرة على إطار العمل كما في الشكل (7):



الوزارة	مزود الخدمة	الخدمة	خصائص الخدمة	تشغيل	الحالة
وزارة الادارة المحلية	المصالح العقارية بدمشق	بيان قيد عقاري	زمن التشغيل : متوفرة دائماً الاتصال : متزامن الرسوم المالية : بلا رسوم الخصوصية : متاحة للجميع		
وزارة الداخلية	الأمن الجنائي بدمشق	لا حكم عليه	زمن التشغيل : متوفرة دائماً الاتصال : غير متزامن الرسوم المالية : بلا رسوم الخصوصية : متاحة للجميع		

الشكل رقم (7): مخزن الخدمات الالكترونية

لإستهلاك الخدمة يختار وظيفة "تشغيل"، فيظهر له نموذج استهلاك الخدمة ويطلبه بإدخال البرامترات كما في الشكل (8):



تففيذ الخدمة

وزارة الإدارة المحلية / دمشق / مديرية السجل المدني بدمشق / السجل المدني / إخراج قيد

الرقم الوطني 05020012345

تففيذ الخدمة

الشكل رقم (8): نموذج إدخال برامترات استهلاك خدمة

بعد إدخال البرامترات المطلوبة "الرقم الوطني" يحصل المستهلك على خرج الخدمة مع إمكانية الطباعة، وينفس الوقت يقوم كائن المراقبة بتوثيق عملية الاستهلاك من خلال رقم فريد UserToken وختم زمني TimeStamp لكل عملية، تسجل بأسفل خرج استهلاك الخدمة كما في الشكل (9):



الشكل رقم (9): خرج استهلاك خدمة (بيان قيد مدني)

يوفر إطار العمل أساليب مختلفة لاستهلاك الخدمة، وأكثر من طريقة لحماية الخدمة، يمكن اختيار المناسب منها حسبما تقتضيه الضرورة، وإذا أخذنا بعين الاعتبار الرقم الفريد المتولد مع الختم الزمني لكل عملية استهلاك، بالإضافة لضرورة حصوله على تفويض لاستهلاك الخدمات المحمية، نحصل على مقاربة لأسلوب عمل التوقيع الرقمي، أما الخدمات المحمية بكلمة مرور فهي تؤمن أسلوب حماية موزعة لا تشكل ضغط على إطار العمل أو تتسبب بحالات اختناق "عق الزجاجة"، وتعتمد على التدابير الأمنية التي يحددها مزود الخدمة مما يعزز ثقة المزود بسلامة وأمن استهلاك خدمته.

5- الاستنتاجات والتوصيات

- (1) منهجية الخدمات الموجهة (SOA) ليست منتجاً يمكن استثماره، وإنما هي استثمار لاستراتيجية عمل، وهذا ما سعى البحث أن يوضحه ويطبقه من خلال مخرج نهائي يحقق معايير هذه المنهجية.
- (2) لا يمكن لفريق عمل واحد مهما كان حجمه وامكانياته، أن يتحمل عبء إدارة كل الخدمات الالكترونية الحكومية، لذلك لم يرغب البحث عن بعض الأهداف الأساسية المتعلقة بمقومات الواقع الاقتصادي والبشري، في ضرورة إيجاد حل رشيق سهل الاستخدام وبتكاليف مادية منخفضة ولا يشكل عبء على الكادر الإداري للحكومة الالكترونية، فاعتمد منهجية الخدمات الموجهة بهدف توزيع العمل على كل مؤسسات الدولة، مما يسهم بتخفيف الأعباء وتسريع وتيرة العمل، ولم يشترط وجود بنية تحتية ذات مواصفات غير اعتيادية، إذ يمكنه العمل على الشبكة الحكومية الآمنة أو الشبكة الافتراضية الخاصة أو شبكة الانترنت، وللتخفيف من التكاليف المالية اتجه لتبني البروتوكولات القياسية وتجنب استخدام المنتجات التجارية.
- (3) موضوع البحث هو "إطار عمل حكومة الكترونية"، وهو ليس موضوعاً بسيطاً يمكن لبحث واحد أن يلبي كل متطلباته، وبالرغم من أن إطار العمل المنجز قد حقق معظم ميزات الاقتران الفضفاض، إلا أنه ما من شك أن بعض من النقاط ما زالت مفتوحة، وهي محفز لانطلاق بحوث جديدة، لذلك يوصي البحث بما يلي:
 - أ- الخدمات المركبة هي أتمته لتنفيذ خدمات الكترونية متعددة ضمن شروط وحالات تفرع مختلفة، حرص البحث ألا يغفل عن هذا الجانب المهم، فقدم ضمن إطار العمل نموذج أساسي للخدمات المركبة، يقوم بتنفيذ متسلسل لعدة خدمات، حالات الاستخدام الأكثر تشعباً بحاجة لبحث مستقل لتغطيته هذا الجانب.

ب-اعتمد البحث على خدمات الويب (asmx) web service في استهلاك الخدمات، ولكن من المعلوم أن هناك حزمة أخرى للخدمات الموزعة هي (wcf) Windows Communication Foundation لذلك نوصي بفتح بحث جديد لإستهلاك هذا النوع من الخدمات.

ج-قدم البحث أساليب أمنية لحماية الخدمات وأرفق استهلاك الخدمة بإجراءات توثيقية، لإعطائها صبغة قانونية، ولكن الأنسب أن يتم استخدام التوقيع الرقمي لهذا الهدف، وهذه نقطة بحث إضافية يوصى بها.

6-المراجع

[1] UN, D. o. (2014). United Nations E–Government Survey 2014. New York: United Nations.

[2] UN. (2018). United Nations E–Government Survey 2018. New York: United Nations.

[3] Josuttis, N. M. (August 2007). SOA in Practice The Art of Distributed System Design First Edition. O’Reilly Media, Inc.

[4] Fedict, e–gov Architecture, Blueprint. Retrieved from https://dt.bosa.be/sites/default/files/downloads/egov_architecture_architecture_blueprint_en.pdf

[5] OASIS. (2012, May 18). Web Services Security: SOAP Message Security Version 1.1.1. Retrieved from <http://docs.oasis-open.org>: <http://docs.oasis-open.org/wss-m/wss/v1.1.1/wss-SOAPMessageSecurity-v1.1.1.html>

[6] W3C. (2007, June 26). Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language. Retrieved from W3C Recommendation: <https://www.w3.org/TR/wsdl20/>

[7] Karsten Januszewski, M. (2001, 10 3). *Web Service Description and Discovery Using UDDI, Part I*. Retrieved from MSDN: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa480517.aspx>

[8] IBM, M. O. (2005, FEBRUARY 3). UDDI v3.0 Ratified as OASIS Standard. Retrieved from [oasis-open.org](https://www.oasis-open.org): <https://www.oasis-open.org/news/pr/uddi-v3-0-ratified-as-oasis-standard>

[9] Microsoft. (2018, May 31). Removal of UDDI Services. Retrieved from Microsoft Dev Center: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/desktop/win7appqual/removal-of-uddi-services-from-server-os>

[10] K. Karuna Jyothi, D. B. (2018, 10 08). Study on Virtual Private Network (VPN), VPN’s Protocols And Security. IJSRCSEIT , 919–932.

- [11] Regalado Reyes Jr, M. S. (2017). Interoperability Framework for Government EServices. Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS). Langkawi: Association for Information Systems AIS Electronic Library (AISeL).
- [12] Zuhoor Al-Khanjari, N. A.–H. (2014). Developing A Service Oriented E–Government Architecture Towards Achieving E–Government Interoperability. International Journal of Software Engineering and Its Applications , 29–42.
- [13] Suhail Madoukh, R. B. (2014). A SOA–Based e–Government Data Integration. International Arab Journal of e–Technology , 138–145.
- [14] Al–Khouri, D. A. (2013). e–Government in Arab Countries: A 6–Staged Roadmap to Develop the Public Sector. Journal of Management and Strategy , 1–28.
- [15] Anurag Shashwat, D. K. (2017). An End to End Security Framework for Service. International Conference on Infocom Technologies and Unmanned Systems (pp. 476–480). Dubai, UAE: IEEE.
- [16] Memon M., H. M. (2009). Security as a Service – A Reference Architecture for SOA Security. SciTePress , 79–89.
- [17] MOCT. (2009, October). eGov Strategy. Retrieved from moct.gov.sy: http://www.moct.gov.sy/sites/default/files/uploadss/eGov_Strategy_-_v2_04-Vol1_0.pdf
- [18] MOCT. (2009, October). eGov Strategy Orientation. Retrieved from moct.gov.sy: http://moct.gov.sy/sites/default/files/uploadss/eGov_Strategy_-_v2_04-Vol2%20En.pdf
- [19] MOCT. (2009, October). eGov Strategy Programs. Retrieved from moct.gov.sy: http://www.moct.gov.sy/moct.gov.sy/sites/default/files/uploadss/eGov_Strategy_-_v2_04-Vol3_0.pdf
- [20] MOCT. (2009, October). SyGIF. Retrieved from moct.gov.sy: <http://moct.gov.sy/sites/default/files/uploadss/SyGIF%20Arabic.pdf>
- [21] Portal, S. E.–G. (2012). E–Gov. Retrieved from <http://www.egov.sy>: <http://portal.egov.sy>

دراسة تفصيلية للاقتران بين رنانات عازلة كهربائياً و مختلف أنظمة التحريض بهدف تصميم و تنفيذ دارات متكاملة ميكروية لاستخدامها في أجهزة الاتصالات

*المهندس نادر داؤد

(الإيداع: 26 آب 2019 ، القبول 15 تشؤين الثاني 2019)

الملخص:

الرنانات العازلة كهربائياً التي تعمل بالأنماط التقليدية مثل TE, TM, HEM تستخدم غالباً من أجل تصميم و تنفيذ الدارات الفعالة و الغير فعالة. و لكن ضمن حزمة الترددات العالية (الميكروية و البصرية) ، فإن الرنانات العازلة كهربائياً التي تعمل بهذه الأنماط التقليدية تكون أبعادها صغيرة نسبياً، و بالتالي يكون استخدامها بدقة معينة في تلك الدارات صعباً للغاية ولا يسمح لها بالاندماج السهل في هذه الدارات.

لذلك تم التوجه لاستخدام هذه الرنانات بحيث تعمل بأنماط جديدة اتمسى أنماطاً طرفية أو أنماطاً هامسة Whispiring Modes WM لأنها تسمح بزيادة قطر الرنان من أجل نفس الترددات السابقة. و هذا أنسب و أكثر ملاءمة في تصميم الدارات و خصوصاً الدارات المتكاملة الغير فعالة الميكروية مثل: موزعات الاستطاعة Combinor of puissance ، المرشحات filters، الهزازات Oscillators،

يتركز البحث هنا على دراسة تفصيلية كهرومغناطيسية رقمية دقيقة للاقتران بين رنانات عازلة كهربائياً أسطوانية تعمل بهذه الأنماط و مختلف أنظمة التحريض.

إنجاز هذه الدراسة استلزم استخدام طريقة رقمية حسابية ارتكزت على مكتبة برامج MODULEF و هي طريقة العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد و باهتزازات حرة و قسرية. وذلك بعد كتابة كافة الكودات اللازمة و الملائمة لكل بنية مدروسة. من خلال هذه الدراسة سيتم التحديد الدقيق للبارامترات الكهرومغناطيسية (مركبات و توزع الحقول الكهرومغناطيسية - الترددات الطنينية للأنماط - معاملات النقل S_{12} ، معامل النوعية الخارجي Q_e ،...).

إن هذه الدراسة ستوضح كل قيم البارامترات الكهرومغناطيسية كتابع للخواص الهندسية و أنظمة التحريض للبنى المدروسة، و من خلال ذلك يمكننا اختيار الأنسب لتصميم و تنفيذ الدارات العملية لاستخدامها في التطبيقات المناسبة. و إن النتائج تساعد في تصميم مرشحات تمرير حزمة ميكروية بضياعات منخفضة و حزمة ضيقة و انتقائية ممتازة.

الكلمات المفتاحية: رنان عازل كهربائياً، الأنماط الهامسة ، مكتبة برامج MODULEF ، معامل الاقتران.

A detailed study of the coupling between Dielectric Resonators and various excitation systems for the design and execution of microwaves integrated circuits for using them communications devices

Dr. Eng. Thaer DAOUD

(Received: 26 August 2019 , Accepted: 3 November 2019)

Abstract:

Generally, dielectric resonances that operate in traditional modes such as TE, TM, HEM are often used for the design and execution of active and passive circuits. However, within the high-frequency (microwave-optical) beam, the Dielectric resonators operating in these conventional modes are of relatively small dimensions, so their precise accuracy in these circuits is very difficult and is not easily integrated into these circuits.

Therefore, the use of these resonators has been used to operate with new modes called Whispering Modes WM because they allow increasing the diameter of the resonator for the same previous frequencies. This is more appropriate and more suitable for circuit design, especially microwaves passive integrated circuits such as: Combinor of puissance, Filters, Oscillators, etc.... The research here focuses on a detailed digital electromagnetic study of the coupling between cylindrical dielectric resonators operating in these modes and various excitation systems. The completion of this study required us to use a numerical method of calculation based on library MODULEF programme, which is the Finite elements method in three-dimensions and free oscillations and force, after writing all the necessary and appropriate codes for each structure studied. This study will define accurately for all electromagnetic parameters (compounds and distribution of electromagnetic fields – resonance frequencies of modes – transport coefficients S_{12} , external quality coefficient Q_e etc ...). This study will put all the values of the electromagnetic parameters in our hands as a function of the geometrical properties and the systems of excitation of the studied structures, and through this we can choose the most appropriate ways to design and execute the practical circuits to use them in the appropriate applications. As far as we are concerned, these results will be used in the design and execution of microwave band pass filters in very low loss, narrow band and excellent selectivity.

Key words: Dielectric Resonators, Whispering Modes, library Modulef Programme, coefficients of Coupling

I - مقدمة:

أياً يكن الاستخدام في أنظمة الاستقبال أو الإرسال أو معالجة الإشارة ، فإن المرشحات الغير فعالة و الفعالة تلعب دوراً هاماً في الأجهزة التي تعمل بالترددات الميكروية. حيث أن خواصها الكهربائية (تردد مركزي - حزمة تمرير - ...) تكون محددة تبعاً لتطبيقاتها، وخواصها الميكانيكية و الحرارية و كذلك أبعاد الأجهزة تأخذ حيزاً مهماً من الاهتمام يتوجب التقيد بها عند تصميم الدارات.

و بتطور الاتصالات في السنوات الأخيرة فقد تم تصميم و تنفيذ العديد من المرشحات و كل واحدة منها تميزت بحسنة و بسينات.

المرشحات الغير فعالة كانت الأقدم، و العديد منها رأيت النور في التطبيقات و أول التصميمات كانت انطلاقاً من الأجواف المعدنية أو أدلة الموجة. هذه الأجهزة تقدم مميزات كهربائية ممتازة ضمن عرض حزمة كبير، ولكن استخدامها في العديد من التطبيقات كان محدوداً بسبب مشاكل الحجم و الاستقرار الحراري و غيرها.

ومع تقدم آليات التنفيذ، فإن استخدام المواد العازلة كهربائياً و المستقرة حرارياً قادنا لاستخدام الرنانات العازلة كهربائياً في تصميم و تنفيذ المرشحات و غيرها بمميزات مشابهة للميزات التي تم الحصول اعتماداً على الأجواف المعدنية و أدلة الموجة و لكن مع تصغير الحجم نسبياً و سلوك جيد مع الحرارة.

و لكن المشكلة ضمن هذه الرنانات العازلة كهربائياً أن مختلف الأنماط يمكن أن تكون معرضة و منقاة أو مختارة و ذلك باختيار أحد أنظمة التحريض مثل: الخطوط الريبية - الكبسولات المحورية الكهربائية أو المغناطيسية- أدلة الموجة المعدنية -....

ضمن هذا النطاق هناك العديد من الأعمال البحثية تسمح بتحديد البارامترات الكهرومغناطيسية و خصوصاً معامل الاقتران بين الرنان العازل كهربائياً و أنظمة تحريضها. و لكن بشكل عام هذه الطرق تقريبية و لا تعطي بشكل دائم نتائج صحيحة و دقيقة.

لذلك، من أجل تحديد الاقتران (دخل - خرج) بطريقة دقيقة فإننا سنقوم بعملية تحليل كهرومغناطيسي بالاعتماد على مكتبة Modulef و ذلك باستخدام طريقة العناصر المنتهية بالاهتزازات الحرة و القسرية.

و انطلاقاً من النتائج الحاصلة فإنه يمكننا تحديد البنية الأنسب و الأكثر ملاءمة لتحريض الأنماط الهامسة فقط. لذلك في هذا البحث و بعد تقديم سريع لمبدأ حساب معامل الاقتران (دخل - خرج)، فإننا سنقوم بتقديم تحليل لمختلف نماذج التحريض للأنماط الهامسة. حيث سنقوم بدراسة الاقتران بين الرنان العازل كهربائياً العامل على الأنماط الهامسة و أدلة الموجة المعدنية أو الكبسولة المتمحورة. و سيتم ذلك كما ذكرنا باستخدام طريقة العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد. هذه العملية ستسمح لنا بمعرفة أفضل تحريض ممكن من أجل تنفيذ الدارات ضمن نطاق حزمة الأمواج الميكروية.

II - أهمية البحث و أهدافه

مما تقدم فإن الهدف و الأهمية الأساسية لهذا البحث سترتكز على دراسة دقيقة و مفصلة للاقتران بين مختلف نماذج التحريض و رنانات عازلة كهربائياً يمكن أن تحرض فيها هذه الأنماط و ذلك ضمن مجال الترددات الميكروية (أبعاد ميليمترية). حيث أنه من خلال هذه الدراسة سنقوم بتحديد من جهة البنية الأنسب و الأكثر ملاءمة لتحريض الأنماط الهامسة و من جهة ثانية تحديد أفضل طريقة تحريض لهذه الأنماط. هذه الدراسة يمكن أن تكون خطوة أساسية في تشكيل عناصر ودارات غير فعالة كمرشحات تمرير حزمة و غيرها، و ذلك باستخدام مواد عازلة كهربائياً مناسبة ضمن هذا النطاق من الترددات، و ذلك بهدف استخدامها في منظومات الاتصالات.

III – مواد و طرائق البحث

لانجاز هذه الدراسة فإنها ستكون ممنهجة وفق الخطوات التالية:

6- في البداية سنقوم بتقديم دراسة موجزة للرنانات العازلة كهربائياً و العاملة على الأنماط الهامسة Whispirng

Modes WM

7- في الخطوة الثانية سنقوم بتقديم شرح مبسط لطريقة العناصر المنتهية التي ستساعدنا في حساب البارامترات الكهرومغناطيسية للبنى المدروسة

8- الخطوة الثالثة تركز على الدراسة الكهرومغناطيسية الرقمية الدقيقة و المفصلة للاقتران للبنى المدروسة و ذلك بهدف التحديد الدقيق للبارامترات الكهرومغناطيسية مثل معامل الاقتران دخل – خرج و معامل النوعية الخارجي –

...

9- و في الختام سنقوم بتحليل و مناقشة النتائج و طرح الخطوات المستقبلية.

III – 1- دراسة موجزة للرنانات العازلة كهربائياً و العاملة على الأنماط الهامسة Whispirng Modes WM

III – 1- 1- تمهيد مبسط

بالتعريف الجوف الكهرومغناطيسي هو عبارة عن حجم فارغ أو مليء بعازل كهربائي، وهو إما أن يكون محدود بجدران معدنية أو يكون محدود بجدران ذات طبيعة مغناطيسية وبالتالي السطح الفاصل عبارة عن عازل كهربائي، بالحالة الأولى نتكلم عن جوف معدني و بالحالة الثانية نتكلم عن رنان عازل كهربائياً. وهذا الرنان العازل كهربائياً يجب أن يتميز بسماحية عالية وبضياعات صغيرة جداً أو بعامل نوعية عالي جداً، وكذلك يجب أن يتميز باستقرار حراري حول تردد الطنين.

في هذه الرنانات فإن الشروط الحدية تكون تلك المفروضة بالسطح الفاصل هواء-عازل كهربائياً بسماحية عالية، هذا السطح الفاصل يشكل حائط مغناطيسي بينما في الأجواف المعدنية فإن السطح الفاصل هواء-معدن يشكل حائط كهربائي[1-2]. و بشكل عام، هذه الرنانات لها شكل اسطواني بمقطع دائري على شكل أقراص رنانة مصممة أو مفرغة. عادةً هذه الرنانات تستخدم لتشكيل المرشحات و موزعات الاستطاعة و الهزازات ذات استقرار ترددي عالي. إن استخدامها كمرشحات يكون لانتقاء حزمة من الترددات أو تردد معين، ويمكن أن تستخدم في مضاعفات طول الموجة في المحطات الراديو-تلفونية أو فصل مسارات الإرسال والاستقبال للهواتف النقالة و كذلك يمكن أن تساعد في تشكيل دارات القارات الإتجاهية.

و لكن ضمن المجالات الترددية المذكورة فإن الرنانات العازلة كهربائياً المحرّضة لتعمل بأنماطها الكلاسيكية يكون من الصعب استخدامها بسهولة بسبب أبعادها الصغيرة جداً. لذلك للحفاظ على مختلف خواص الرنانات ضمن هذه المجالات الترددية، فإنه كان من الضروري استخدام هندسيات جديدة تسمح بنشر أنماط جديدة بجوار الجدار الداخلي للرنان والتي تسمح بزيادة أبعاد الرنان من أجل نفس الترددات وهذا مايسمح بتشكيل الدارات السابقة بسهولة. مع الملاحظة أن المواد العازلة كهربائياً الممكن استخدامها لتصنيع هذه الرنانات تكون تبعاً للمجال الترددي المستخدم[3-7].

III – 1- 2- الرنانات العازلة كهربائياً بالأنماط الهامسة WM [8-19]

بالترددات العالية (حتى 100GHz)، فإن الرنانات العازلة كهربائياً العاملة بالأنماط الكلاسيكية تكون أبعادها صغيرة جداً، فمثلاً من أجل سماحية $\epsilon_r = 36$ و تردد $f = 94\text{GHz}$ فإن قطر الرنان العازل كهربائياً يكون مساوياً لارتفاعه وهو حوالي $500\mu\text{m}$. وبالتالي في هذه الحالة فإن استخدام هذه العناصر بدقة كافية يكون صعب جداً، ومن ناحية ثانية فإن توضع الرنان بالقرب من خط تحريض يكون حساس للغاية (يلزمه دقة عالية). لذلك الأنماط الجديدة المسماة بالأنماط الطرفية أو

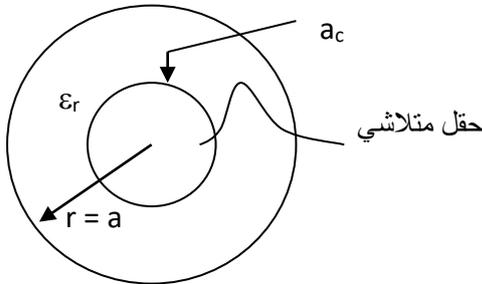
الهامسة يمكن أن تسمح باستخدام الرنانات العازلة كهربائياً بهذه الترددات و لكن بأبعاد أكبر مما لو كانت تعمل بالأنماط التقليدية، فمثلاً من أجل المثال السابق فإن الرنان سيكون بقطر حوالي 2mm و ارتفاع 0.5mm

III- 2- 1- توصيف عام للأنماط الهامسة

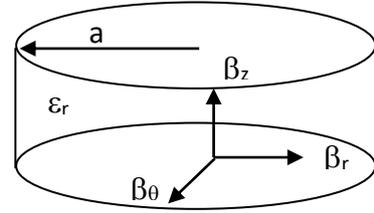
ضمن بنية اسطوانية ذات مقطع دائري عازلة كهربائياً بسماحية ϵ_r و نصف قطر $r = a$ توجد مختلف الأنماط الرنانة: الكلاسيكية TE و TM والهجينة والأنماط الطرفية أو الهامسة WM. من وجهة النظر الكهرومغناطيسية، فإن واحدة من أهم الخواص الأساسية للأنماط الطرفية الهامسة هي توزيع القدرة ضمن الرنان.

لنفترض أنه لدينا رنان عازل كهربائي Dielectric Resonator DR بسماحية ϵ_r و نصف قطر $r = a$ كما هو مبين بالشكل 1

بالتعريف هذه الأنماط هي أنماط طرفية تدور حول السطح المقعر الداخلي للرنان، وهذه الأنماط تنتقل في مقطع دائري والحقل الكهرطيسي يتوضع في منطقة محدودة بالسطح الداخلي للرنان $r = a$ و سطح داخلي وهمي $r = a_c$ خارج هذه المنطقة ($a < r < a_c$) الحقل الكهرطيسي يكون متلاشي كما هو مبين بالشكل 2



الشكل رقم (2): توزيع الحقل الكهرطيسي للأنماط الهامسة في رنان DR



الشكل رقم (1): رنان عازل كهربائياً بسماحية ϵ_r و نصف قطر a

وبالتالي في المستوي الراديالي للرنان، فإن الحقول الكهرطيسية لهذه الأنماط تتواجد بشكل مركّز كما هو مبين بالشكل أعلاه بالقرب من السطح المقعر الداخلي للرنان. أما في المستوي المحوري للرنان فإن الحقول الكهرطيسية تنتقل بثابت انتشار ضعيف، و بالتالي يمكن إهماله أما ثابت الانتشار الزاوي Azimutal ، وبالتالي الترددات الطنينية ستكون متعلقة بشكل مباشر بنصف قطر الرنان $r = a$. و من الشكل أعلاه يمكن أن نكتب:

$$k^2 = \beta_\theta^2 + \beta_r^2 + \beta_z^2 \quad (2)$$

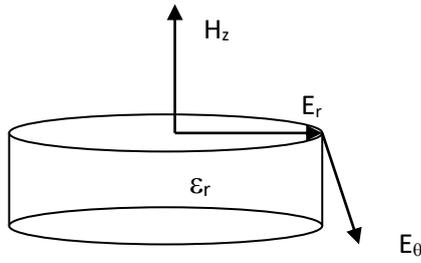
$$k^2 = \epsilon_r \frac{\omega^2}{c^2} \quad (2)$$

حيث: K هو عامل الموجة ضمن الرنان

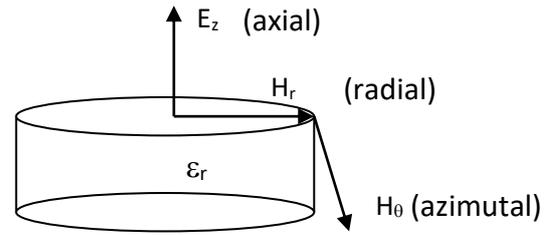
$\beta_r, \beta_\theta, \beta_z$ هي عبارة عن ثوابت الانتشار على التوالي: المحوري Axial ، الراديالي Radial، الزاوي Azimutal ، C هي سرعة الضوء في الخلاء

في هذه الرنانات يمكن أن نميّز نوعين من الأنماط WE و WH مزودة بثلاثة معاملات: n العدد الزاوي، m العدد الراديالي، l العدد المحوري، وبالتالي يمكن أن نكتب $WE_{n,m,l}$ و $WH_{n,m,l}$. ففي حالة WE فإن الحقل الكهربائي يكون بشكل أساسي بمركبات معترضة والحقل المغناطيسي يكون بشكل أساسي طولاني (E_θ, E_r, H_z) كما هو موضح بالشكل 3 أما في حالة WH فإن الحقل المغناطيسي يكون بشكل أساسي معترض والحقل الكهربائي طولاني أي (H_θ, H_r, E_z) كما هو موضح

بالشكل 4

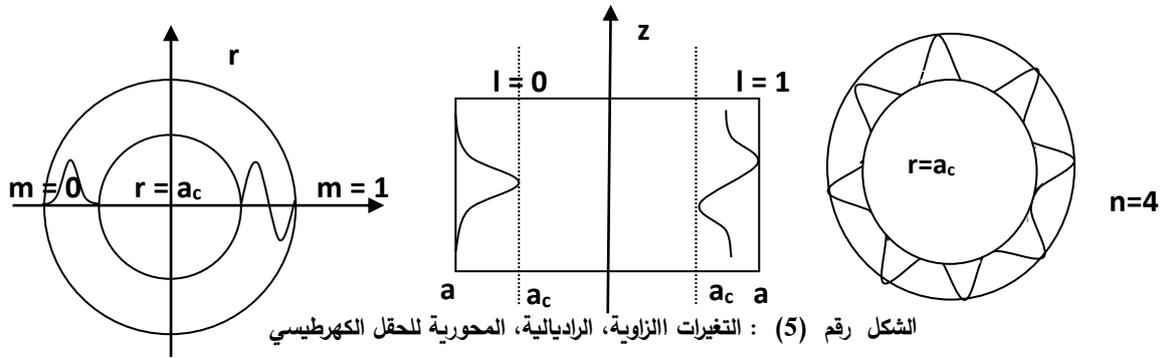


الشكل رقم (3) : الحقل الكهرومغناطيسي للأنماط WE



الشكل رقم (4) : الحقل الكهرومغناطيسي للأنماط WH

حيث n : هو عبارة عن عدد التغيرات الزاوية للحقل، (التغيرات تبعاً لـ θ) وكذلك يمثل مرتبة تابع بيسيل، و يجدر الذكر أنه كلما زادت قيمته فإن القدرة ستتركز قرب السطح المقعر الداخلي للرنان.
 m : هو عبارة عن عدد التغيرات الراديالية للحقل أو عدد الأصفر تبعاً لقطر الرنان
 l : هو عبارة عن عدد التغيرات وفق المحور Z أو عدد الأصفر بالاتجاه المحوري. الشكل 5 يوضح ذلك



الشكل رقم (5) : التغيرات الزاوية، الراديالية، المحورية للحقل الكهرومغناطيسي

III - 2 - الطريقة الرقمية المستخدمة بالدراسة

III - 2 - 1 - شرح مبسط [22-25] [18]

لانجاز الدراسة الرقمية للبنية المدروسة (و بالتحديد دراسة الاقتران و معامل النوعية الخارجي)، فإنه سيتم استخدام برنامج من مكتبة برنامج الحساب Moduef و بالتحديد بيئة العناصر المنتهية (طريقة العناصر المنتهية)، وذلك بعد ملاءمة هذه الطريقة على البنية المدروسة . هذه الطريقة يمكن تطبيقها على بنيات ذات أبعاد وأشكال لا على التعيين، تكون مكونة من حجوم محددة إما بجدران كهربائية (CCE) أو مغناطيسية (CCM) التي عليها يتم تطبيق الشروط الحدية المناسبة.
 إن استخدام هذه الطريقة يبدأ بإدخال البنية هندسياً (أبعاد البنية) وتشكيل ما يعرف بالشبكة العنكبوتية للبنية وذلك بتقسيم البنية على شكل مثلثات في حالة الدراسة ببعدين 2D ، و على شكل مجسمات في حالة الدراسة بثلاثة أبعاد 3D ، مع الملاحظة أنه في المنطقة المتوقع انتشار الأمواج الكهرومغناطيسية يجب أن نزيد عدد نقاط التقطيع (في حالتنا منطقة الرنان و نظام التحريض)، لأن ذلك يضمن الحصول على نتائج أكثر دقة ولكن بالمقابل فإن الزمن اللازم للحساب سيكون كبيراً نسبياً. بعد ذلك يتم كتابة شيفرتين (كودين) خاصتين بهذه البنية:

- الأولى هي عبارة عن برنامج تهيئة للحساب ويتضمن إدخال الثوابت الفيزيائية للبنية المدروسة التي تم إدخالها هندسياً تحت اسم معين (سماحيات الأوساط، الشروط الحدية للبنية (جدران معدنية CCE أو عازلة كهربائياً CCM)، نوع الاهتزاز (حر أم قسري)).

- الثانية هي عبارة عن برنامج الحساب الذي من خلاله يمكن تحديد مختلف الأمواج المنتشرة في هذه البنية حتى التي تسمى بالأمواج الطفيلية غير المفيدة و كافة المعاملات الكهرومغناطيسية (معاملات S و معاملات النوعية Q (...وذلك تبعاً للبارامترات لفيزيائية والهندسية للبنية المدروسة.

إن جوهر المسألة يكون بحساب:- الأمواج الكهرومغناطيسية بكل ما يتعلق بها (مركبات الحقول الكهرومغناطيسية- ثابت الانتشار الطولاني- السماحية الفعالة- التردد الطيني-...) - معاملات S - معاملات النوعية Q ...، وذلك للبنية التي يمكن أن تحتوي على العديد من الأوساط بسماحيات مختلفة وبنفوذية مغناطيسية متماثلة. وتكون البنية محددة بسطوح فصل إما CCE أو CCM ، والتي عليها ستوزع الشحن والتيارات السطحية. ومن ناحية ثانية، فإننا نتوضع دائماً بحالة أن مركبات الحقول الكهرومغناطيسية هي دورية بالنسبة للزمن $\exp(-j\omega t)$ ، بالإضافة أن الأوساط هي متجانسة ومتماثلة ، ضمن هذه الشروط فإن معادلات ماكسويل يمكن أن تكتب بالصيغة النهائية التالية:

$$\iiint_V \left(\frac{1}{\epsilon_r} \text{rot} \vec{H} \right) \cdot \text{rot} \vec{\varphi}_m dV - k_0^2 \iiint_V \mu_r \vec{H} \cdot \vec{\varphi}_m dV = -j\omega \epsilon_0 \sum_{i=1}^n \iint_{S_{pi}} \vec{j}_{mpi} \cdot \vec{\varphi}_m dS_{pi} \quad (3)$$

$$\iiint_V \left(\frac{1}{\mu_r} \text{rot} \vec{E} \right) \cdot \text{rot} \vec{\varphi}_e dV - k_0^2 \iiint_V \epsilon_r \vec{E} \cdot \vec{\varphi}_e dV = -j\omega \mu_0 \sum_{i=1}^n \iint_{S_{pi}} \vec{j}_{epi} \cdot \vec{\varphi}_e dS_{pi} \quad (4)$$

حيث: n: عدد المنافذ للبنية $i=1 \rightarrow n$: رقم المنفذ p_i: مستوي المنفذ S_{pi}: سطح المستوي p_i V : حجم البنية φ_m و φ_e : تمثل على التوالي تابع الفحص القياسي بجائط مغناطيسي وكهربائي.

\vec{j}_{epi} ، \vec{j}_{mpi} : هي على التوالي التيارات السطحية المغناطيسية و الكهربائية للمستوي P_i

وهنا لدينا صيغتان مكنتان للاستخدام: إما الصيغة E التي من خلالها يتم حساب الحقل الكهربائي \vec{E} ، أو الصيغة H: التي من خلالها يتم حساب الحقل الكهربائي \vec{H} ، و من خلال أحدهما يمكن حساب الآخر بواسطة معادلات ماكسويل. في البنية التي تم تشكيل شبكتها العنكبوتية فإنه يتم تطبيق العلاقة 3 أو العلاقة 4 على كل عنصر من عناصر الشبكة مع ضمان شروط الاستمرارية بين كل عنصرين متجاورين، علماً أنه لدينا نمطان من الحلول:

- الحل بالاهتزازات الحرّة الذي يسمح بالبحث عن الأنماط المتشرة- ثابت الانتشار- السماحية الفعالة- التردد الطيني للنمط المنتشر-.... هنا الحد الثاني من العلاقتين 3 و 4 يكون مساوياً للصفر.
- الحل بالاهتزازات القسرية الذي يتم فيه فرض التردد ومن ثم يتم البحث عن كافة المعاملات (معاملات النقل و الانعكاس،...) للبنية المدروسة.

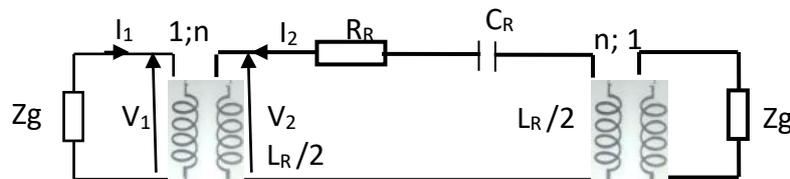
III - 3- دراسة الاقتران و معامل النوعية [15 - 22]

III - 3- 1- مبدأ الحساب

III - 3- 1- 1- الاقتران دخل - خرج

إن الاقتران بين نظام تحريض (دليل موجة - شريط ريبّي - مسبار -...) و رنان عازل كهربائياً يمكن تمثيله بالشكل 6، حيث أن الرنان يمثل بدارة طنينية تسلسلية و بالتالي فإن الاقتران بين منبع بممانعة Z_G و الرنان يمثل بواسطة محول تام

بنسبة n



الشكل رقم (6): الدارة المكافئة لرنان عازل كهربائياً و نظام تحريضه

حيث: C_R, R_R, L_R العناصر الممثلة للرنان العازل كهربائياً

$$V_1/V_2 = 1/n \quad I_1/I_2 = -n \quad \text{علاقات الجهود و التيارات بالأطراف هي:}$$

III - 1-3 - 1 - حساب معاملات النوعية

1 - حساب معامل النوعية بالفراغ Q_o

معامل النوعية بالفراغ لا يأخذ بعين الاعتبار إلا مميزات الرنان و هو مستقل عن نظام التحريض المستخدم، و يحدد بالعلاقة:

$$Q_o = \omega_o \frac{\text{القدرة الكلية المخزنة بالحلقة}}{\text{الاستطاعة المبددة بالحلقة}} = \omega_o \frac{\bar{\omega}}{\bar{P}}$$

حيث أنه بالطنين يكون لدينا: $L_R C_R \omega_o = 1$

$$\bar{\omega} = 2 \bar{\omega}_e = 2 \bar{\omega}_m = \bar{\omega}_e + \bar{\omega}_m = \frac{1}{2} L_R I^2 \quad \text{القدرة الكلية المخزنة بالحلقة:}$$

$$\bar{P} = \frac{1}{2} R_R I^2 \quad \text{أما الاستطاعة المبددة بالحلقة:}$$

$$Q_o = \omega_o \frac{\bar{\omega}}{\bar{P}} = \omega_o \frac{L_R}{R_R} \quad \text{و بالنهاية فإن معامل النوعية بالفراغ يعطى بالعلاقة:}$$

2 - حساب معامل النوعية الخارجي Q_e

هذا المعامل لا يأخذ بعين الاعتبار ضياعات الدارة الطنينية و لكن يأخذ فقط بعين الاعتبار ضياعات نظام التحريض:

$$Q_e = \omega_o \frac{L_R}{n^2 Z_g}$$

حيث $n^2 Z_g$ تطابق ممانعة المنبع المنقولة إلى المحول الثانوي

من هذه العلاقات لمعاملات النوعية بالفراغ و الخارجي يمكن أن نحدد الاقتران α بين الرنان و نظام التحريض:

$$\alpha = \frac{Q_o}{Q_e} = \frac{n^2 Z_g}{R_R}$$

3 - حساب معامل النوعية للحمولة Q_L

هذا المعامل يأخذ بعين الاعتبار يأن واحد ضياعات الدارة الطنينية الممثلة بالمقاومة R_R للرنان و الضياعات الناتجة عن

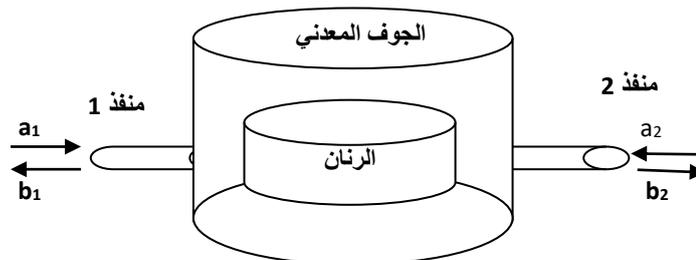
الممانعة المنقولة للمحولة الثانوية $n^2 Z_g$:

$$Q_L = \omega_o \frac{L_R}{R_R + n^2 Z_g}$$

$$\frac{1}{Q_L} = \frac{1}{Q_e} + \frac{1}{Q_o}$$

III - 1-3 - 1 - 2 - حساب الاقتران دخل - خرج بطريقة العناصر المنتهية

سنعتبر الآن أنه لدينا بنية برنان هازل كهربائياً محاط بجوف معدني و بمنفذين كما هو موضح بالشكل 7



الشكل رقم (7) : بنية برنان عازل كهربائياً و نظام تحريض بمنفذين

مهما يكن نظام التحريض المستخدم فإن رباعي الأقطاب يمكن أن يميز بمصفوفة التوزع، وبالتالي فإنه بواسطة طريقة العناصر المنتهية بالاهتزازات القسرية ستسمح لنا بتحديد S_{ij} من أجل مختلف الترددات.

من خلال منحنى استجابة النقل S_{ij} فإنه يمكن تحديد Q_L بالعلاقة:

$$Q_L = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

حيث: f_0 : تردد الطنين، f_1 و f_2 : الترددات التي يكون فيها بارامتر النقل $|S_{ij}| = -3$ dB

من ناحية ثانية فإن البنية التي تحتوي على منفذين سيكون لدينا:

Q_{e1} : يميز الاقتران منفذ أول مع الرنان و Q_{e2} : يميز الاقتران منفذ ثاني مع الرنان

في حال أن الاقتران بين نظام التحريض و الرنان متماثل فإننا نحصل على: $Q_{e1} = Q_{e2} = Q_e$ ، وعندما لا نأخذ بالحسبان ضياعات البنية (الضياعات المعدنية - ضياعات العازل الكهربائي) فإن معامل النوعية بالفراغ يتجه للانهاية.

و بالتالي لتحديد معامل النوعية الخارجي Q_e يكفي تحديد Q_L للنظام و ذلك تبعاً للعلاقة:

$$\frac{1}{Q_L} = \frac{1}{Q_o} + \frac{1}{Q_{e1}} + \frac{1}{Q_{e2}} = \frac{2}{Q_e}$$

هذه الميزة الدقيقة للاقتران دخل - خرج ستكون منفذة بواسطة طريقة العناصر المنتهية باهتزازات قسرية. و هذا ما سيسمح

لنا بالحصول على الاستجابة كتابع للتردد لأي بنية و ذلك بعد الأخذ بعين الاعتبار:

- تأثير التحريض على تردد الطنين للرنان العازل كهربائياً

- تأثير الناقلات المعدنية لنظام التحريض على أشكال الحقول

- عدم الانتظامية أو الدقة للاقتراعات بين أنظمة التحريض و الرنان العازل كهربائياً

وفقاً لذلك سنقوم الآن بتحديد الاقتران دخل - خرج لبنية برنان باستخدام أنظمة تحريض مختلفة.

III - 3 - 2 - النتائج لحساب معامل الاقتران دخل - خرج لبني برنان عازل كهربائياً يعمل على أنماط هامسة

الدراسة التي سننفذها هنا ستسمح لنا بتحديد مميزات مختلف طرق التحريض للرنان العازل كهربائياً.

من أجل هذه الدراسة سنختار الرنان بالمواصفات التالية: $\epsilon_r = 9.6$ $2a = 14$ mm $h = 2$ mm

ضمن حزمة الترددات 20 - 26 GHz فإنه من أجل كل نوع من أنواع التحريض سنقوم بحساب البارامترات S للبنية. و من

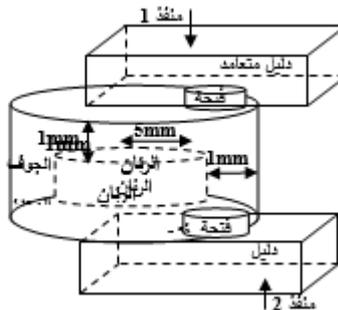
أجل كل نمط من الأنماط الهامسة في الرنان سنحدد تردد الطنين و من ثم سنحسب معامل النوعية الخارجي.

III - 3 - 2 - 1 - التحريض على الأوجه العلوية و السفلية للجوف المعدني

III - 3 - 2 - 1 - 1 - التحريض بواسطة دليل موجة متعامد معدني

الرنان العازل كهربائياً المصفح بجوف معدني يكون محرض بدليل معدني من الأعلى والأسفل للجوف. إن الاقتران بين دليل

الموجة و الجوف الحاوي على الرنان يكون بمساعدة فتحة كما هو موضح بالشكل 8



الشكل رقم (8) : تحريض رنان عازل كهربائياً بواسطة دليلي موجة بفتحتين من الأعلى و الأسفل

من أجل الأنماط الهامسة فإن القدرة ستكون محصورة على المحيط الداخلي للرنان ، لذلك من أجل الحصول على تحريض أمثلي فإن نظام التحريض سيكون مزاح بالنسبة لمحور الرنان و الجوف و الفتحتين يجب أن تكونا متوضعتين باتجاه جدران الرنان، حيث القدرة من المفترض أن تكون متوضعة.

إن دليل الموجة المعدني هو دليل قياسي يعمل بالحزمة K (18-26GHz) . و أبعاده $a \times b = (10.7 \times 4.3) \text{mm}^2$. إن تردد القطع لمثل هذه الأدلة يعطى بالعلاقة التالية [1]:

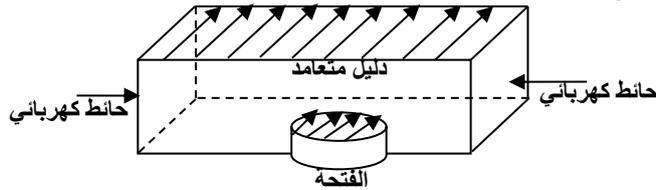
$$f_c = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \left[\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 \right]^{1/2}$$

حيث n, m هي أعداد صحيحة تتميز مرتبة الأنماط $TE_{n,m}$ و $TM_{n,m}$ الممكن انتشارها بالدليل، و الجدول التالي يعطي ترددات القطع لبعض الأنماط.

الأنماط	f_c (GHz)
TE_{10}	14.02
TE_{20}	28.04
TE_{01}	34.88
$TE_{11} = TM_{11}$	37.59

من هذا الجدول نلاحظ فإن النمط TE_{10} هو الوحيد الذي سينتشر ضمن حزمة الترددات K والأنماط الأخرى ستكون متلاشية.

الفتحة التي تفرق الدليل المعدني بالجوف لها نصف قطر أعظمي أقل بقليل من البعد الأصغري للدليل (نأخذ هنا 2mm) وسماكتها 0.5mm، وذلك لضمان اقتران جيد بين الدليل والرنان. بهذا النوع من التحريض فإن الحقل الكهربائي له التوزيع المبين بالشكل 9. إن الحقل الكهربائي الناتج بالفتحة



سيكون عمودياً على محور الرنان، وهذا ما يجعل الأنماط WE تتحسس بشكل أكبر و ستكون هي المحرصة. ومن ناحية ثانية، من أجل الحصول على تحريض

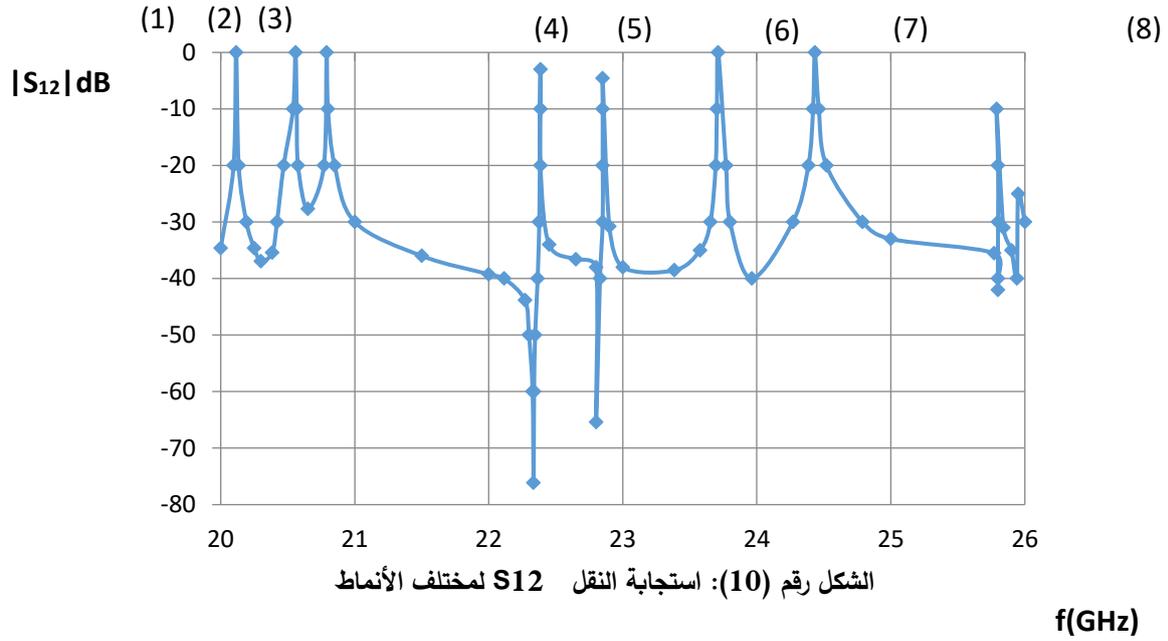
محقق للأنماط الهامسة فقد اضطررنا لتقريب الجدران العلوية والسفلية المعدنية، حيث المسافة بين الرنان والسطح العلوي للجوف حوالي 1mm. علماً أنه من أجل مسافة أصغر من ذلك فإن الأنماط الهامسة ستكون مشوشة بواسطة الأسطح العلوية والسفلية للجوف. وبالأخذ بعين الاعتبار تناظر البنية فإننا قمنا بإنشاء الشبكة العنكبوتية لنصف البنية (لتقليل زمن الحساب).

إن الحل بواسطة العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد وباستخدام الاهتزازات القسرية سيسمح لنا بالحصول على معامل النقل S_{12} كتابع للتردد. والنتائج التي تم الحصول عليها موضحة بالشكل 10.

مع الملاحظة أنه يتم تحديد هوية النمط من خلال مركباته الكهرومغناطيسية، أما مرتبته فيكون من خلال مشاهدة شكل الحقول الكهرومغناطيسية. (الجدول رقم 1) : الترددات الطنينية و معامل النوعية الخارجي لمختلف الأنماط

no	النمط	اهتزازات حرة $f(\text{GHz})$	إهتزازت قسرية $f(\text{GHz})$	Qe
(1)	WE ₃₀₀	19.96	20.115	10050
(2)	WH ₂₀₀	20.24	20.553	10250
(3)	WE ₂₁₀	20.92	20.79	3460
(4)	WE ₄₀₀	22.12	22.385	>20000
(5)	نمط طفيلي	/	22.85	>20000
(6)	WH ₃₀₀	23.42	23.702	13600
(7)	WE ₃₁₀	24.34	24.433	2910
(8)	WE ₂₂₀	25.69	25.789	>20000

و من أجل معرفة تأثير التحريض على تردد الطنين للأنماط ، فإنه تم حساب معامل النوعية الخارجي، و بالإضافة لذلك فقد قمنا بعملية مقارنة بين الترددات الطنينية لمختلف الأنماط و ذلك من أجل حالتها الاهتزازات (الحرة و القسرية). كل ذلك موضح بالجدول 1 .



إن الأنماط WE بشكل عام تكون محصورة بالرنان، لذلك هناك صعوبة في عملية تحريضها، و لكن عندما يصبح التغير $m \neq 0$ و خصوصاً عندما $m = 1$ فإن القدرة ستكون أقل انحصاراً في الرنان و هذا أسهل بكثير للحصول على معامل نوعية خارجي منخفض.

و من هذه النتائج، فإن الأنماط التي ليس لها تغير راديالي $m = 0$ فإن معامل النوعية الخارجي يزداد مع n ، و بالنتيجة فإنه كلما كانت n مرتفعة فإن القدرة ستكون محصورة بالقرب من الجدار الداخلي للرنان، و بالمقابل فإن الأنماط التي لها تغير راديالي $m = 1$ فإن معامل النوعية الخارجي ينخفض مع n .

و من هذه النتائج نلاحظ أن الأنماط WH تكون أقل اقتراناً و هذه الأنماط تقدم معامل النوعية الخارجي مرتفع نسبياً، و بالتالي هذه البنية غير ملائمة كثيراً لتحريض هذه الأنماط.

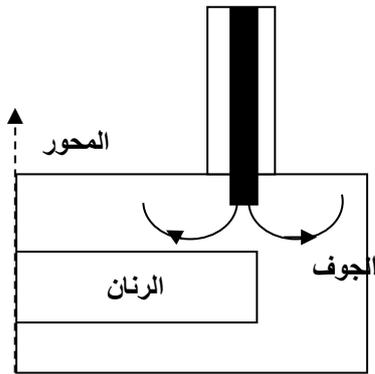
و من ناحية ثانية و انطلاقاً من النتائج التي حصلنا عليها و المبينة بالجدول 1 فإن الترددات بالاهتزازات الحرة و القسرية قريبة جداً من بعضها و لكنها غير متطابقة بشكل تام، و بالتالي نظام التحريض المستخدم يشوش قليلاً جداً على الأنماط. و كذلك نلاحظ و بالرغم من تقريب الأدلة المعدنية و القطر الكبير نسبياً للفتحة فإننا نحصل على معاملات نوعية عالية نسبياً.

ويجب الملاحظة أن هذه البنية من الصعب تحسينها و بالأخص قطر الفتحة لأنها محددة بأبعاد الدليل (لا يمكن زيادتها). لذلك سنقوم بدراسة أخرى و ذلك باستبدال الأدلة المعدنية بكبسولة متمحورة.

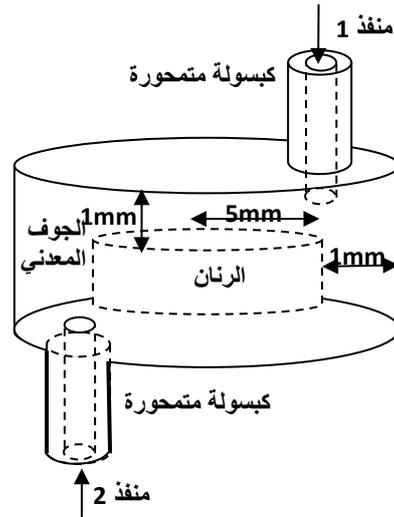
III - 3 - 2 - 1 - 2- التحريض بواسطة كبسولة متمحورة

في حالة التحريض بواسطة الكبسولات المتمحورة فإنها تكون دائماً من خلال الأوجه العلوية و السفلية للجوف، و لكن في هذه الحالة فإن الكبسولات تكون بشكل متقابل و ذلك لتجنب حدوث اقتران مباشر بينهم. البنية المقترحة مبينة بالشكل 11 في هذه البنية الأسطح المعدنية تبقى قريبة جداً من الرنان (حوالي 1mm)، و الكبسولة تدخل في الجوف بعمق 0.5mm. بالأخذ بعين الاعتبار الشكل التناظري للبنية، فإنه يمكن الدراسة بواسطة طريقة العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد على نصف البنية فقط.

إن هذه الكبسولات الموضوعية بهذه الطريقة ستسمح بتحريض الأنماط WE بشكل جيد كما الحال بالنسبة للأنماط WH لأن الحقل الكهربائي الخارج من الكبسولة فوق الرنان سيكون مماسياً بالنسبة للرنان كما هو مبين بالشكل 12.

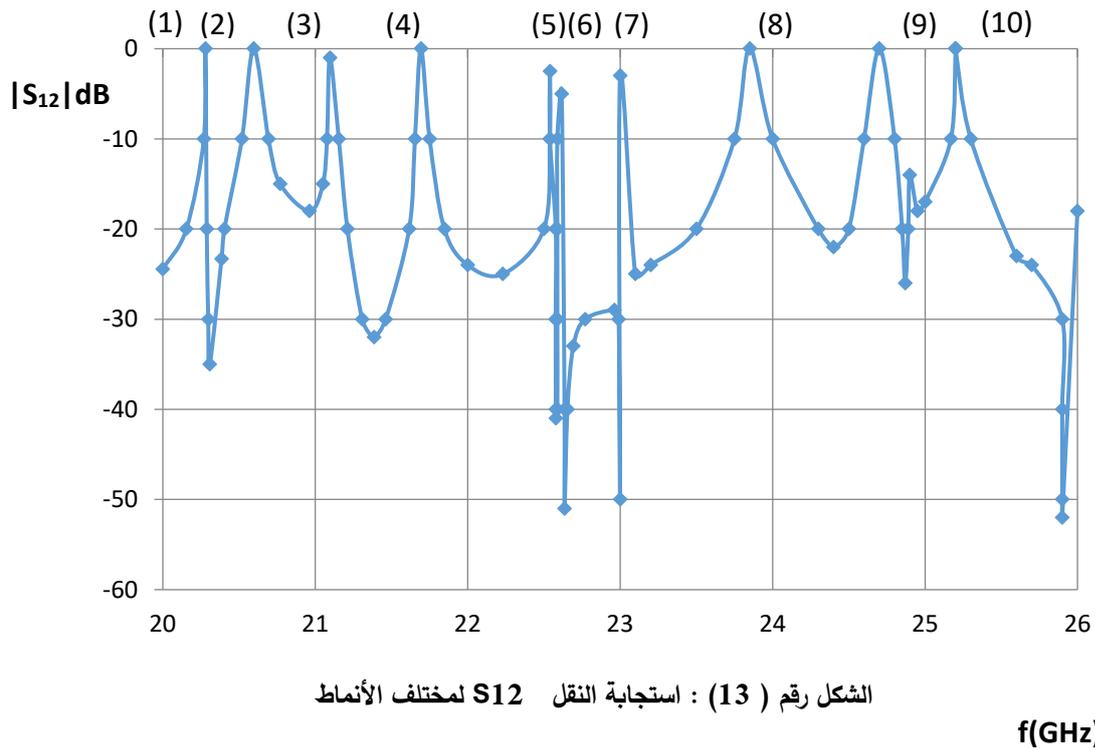


الشكل رقم (12): الحقل الكهربائي بواسطة والمقترنة بالرنان



الشكل رقم (11): تحريض رنان عازل كهربائياً بواسطة كبسولات متمحورة من الأعلى والأسفل

إن الحل بواسطة العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد و باستخدام الاهتزازات القسرية سيسمح لنا بالحصول على معامل النقل S_{12} كتابع للتردد. و النتائج التي تم الحصول عليها موضحة بالشكل 13 . مع الملاحظة و كالسابق فإنه يتم تحديد هوية النمط من خلال مركباته الكهرومغناطيسية، أما مرتبته فيكون من خلال مشاهدة شكل الحقول الكهرومغناطيسية.

الشكل رقم (13) : استجابة النقل S_{12} لمختلف الأنماط

f(GHz)

و لمعرفة تأثير التحريض على تردد ظنين الأنماط، فإنه تم حساب المعامل Q_e ، وكذلك فقد قمنا بعملية مقارنة بين الترددات الطنينية لمختلف الأنماط و ذلك من أجل حالتها الاهتزازات (الحرة و القسرية). كل ذلك موضح بالجدول 2 .
و لمعرفة تأثير التحريض على تردد ظنين الأنماط، فإنه تم حساب المعامل Q_e ، وكذلك فقد قمنا بعملية مقارنة بين الترددات الطنينية لمختلف الأنماط و ذلك من أجل حالتها الاهتزازات (الحرة و القسرية). كل ذلك موضح بالجدول 2 .

نلاحظ من هذه النتائج أن هذه البنية يمكنها الجدول رقم (2): الترددات الطنينية و معامل النوعية الخارجي لمختلف الأنماط

no	النمط	اهتزازات حرة f(GHz)	اهتزازات قسرية f(GHz)	Q_e
(1)	WE ₃₀₀	19.96	20.279	5780
(2)	WH ₂₀₀	20.24	20.596	735
(3)	WE ₂₁₀	20.92	21.096	2220
(4)	نمط طفيلي	/	21.693	>20000
(5)	WE ₄₀₀	22.12	22.5393	9000
(6)	نمط طفيلي	/	22.616	>20000
(7)	نمط طفيلي	/	23.001	>20000
(8)	WH ₃₀₀	23.42	23.850	560

تحريض كلا النوعين من الأنماط، و نلاحظ أن معامل النوعية الخارجي للأنماط WH أقل منها للأنماط WE ، لأن الحقل الكهرومغناطيسي للنمط سيتمد انتشاره خارج الرنان، و هذا ما يسهل عملية تحريضه. و من ناحية ثانية و من أجل هذه البنية فقد لاحظنا وجود العديد من الأنماط الطفيلية و التي من الصعب تحديد هويتها. و نلاحظ من أجل هذا النوع من التحريض أنه

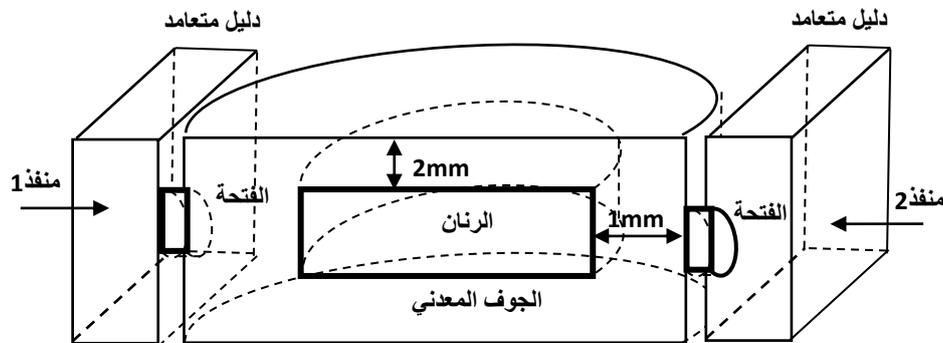
يمكننا الحصول قيم لمعامل النوعية الخارجي منخفضة نسبياً، و هذا ما يساعد على تحريض مختلف الأنماط الهامسة و خصوصاً الأنماط WH_{n00}. و بالمقابل السيئة الأساسية لهذه الطريقة كما نلاحظ أنه من أجل عرض حزمة 6 GHz فإنه يوجد عدد كبير نسبياً من الأنماط المحرصة، و بالتالي هناك صعوبة كبيرة للعزل الترددي لنمط هامس معين. مما سبق و من أجل حالتها التحريض فإنه كان لدينا نوعين من المشاكل إما صعوبة بالتحريض (الاقتران) أو أن عدد الأنماط المحرصة كبير. لذلك و لهذه الأسباب فإنه سنقوم باستخدام أنظمة تحريض غلى جوانب الجوف المعدني.

III - 3 - 2 - 2- التحريض عن طريق الأسطح الجانبية للجوف

من أجل انجاز هذه الدراسة نعتبر أن الاقتران بين نظام التحريض و الرنان العازل كهربائياً سيكون بواسطة دليل منتهي بفتحة. و بالتالي سنقوم بدراسة الحالتين: 1 - حالة الفتحة ذات مقطع دائري -2 - حالة الفتحة ذات مقطع متعامد

III - 3 - 2 - 2- 1- التحريض باستخدام دليل موجة متعامد منتهي بفتحة ذات مقطع دائري

هنا البنية مكونة من جوف معدني ضمنه الرنان و دليل معدني له نفس الأبعاد السابقة $a \times b = (10.7 \times 4.3) \text{mm}^2$. و هذا الدليل يتوضع بالقرب من الجدار الخارجي للجوف و يكون مقترن به بواسطة فتحة ذات مقطع دائري بنصف قطر 2mm و سماكة 0.5mm كما هو موضح بالشكل 14

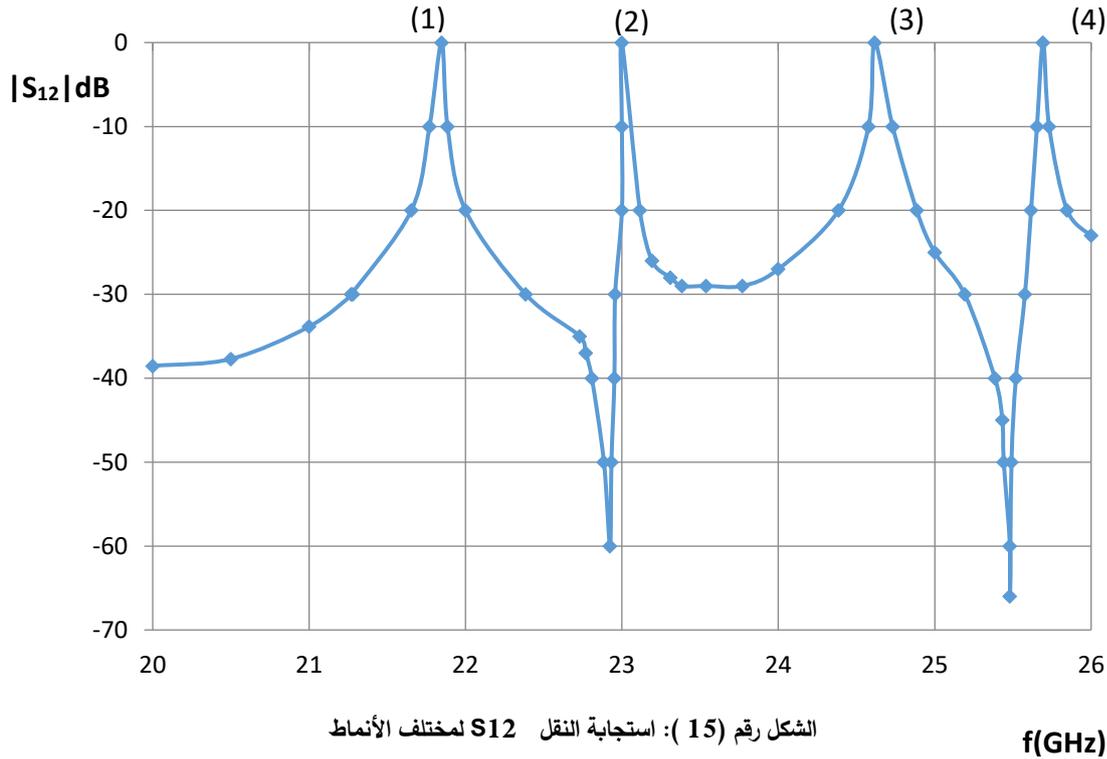


الشكل رقم (14): تحريض رنان عازل كهربائياً بواسطة أدلة موجة ذات مقطع متعامد متموضعة بجانب الجوف

في هذه البنية الأسطح العلوية و السفلية للجوف المعدني تبعد 2mm عن الرنان بينما الجدران الجانبية للجوف تبعد 1mm عن الرنان.

من ناحية ثانية الأدلة المتعامدة تكون موجه بحيث يدخل الحقل الكهربائي E وفقاً للمحور Z للرنان، و بالتالي الأنماط المحرصة بالرنان ستكون من النوع WH (الأنماط التي لها مركبة كهربائية محورية). و من جهة أخرى ، إن انجاز الدراسة بواسطة طريقة العناصر المنتهية سيكون على ريع البنية و ذلك بسبب التناظرات الهندسية للبنية، و هذا ما يخفض كثيراً من زمن الحساب.

الشكل 15 يبين تغيرات معامل النقل $|S_{12}|$ dB كتابع للتردد من أجل مختلف الأنماط



الشكل رقم (15): استجابة النقل S_{12} لمختلف الأنماط

f(GHz)

من هذه المنحنيات نلاحظ أن عدد الأنماط المحرصة بهذه البنية قد انخفض كثيراً مقارنة بالسابق. و من ناحية و كالسابق و لمعرفة تأثير التحريض على تردد ظنين الأنماط، فإنه تم حساب معامل النوعية الخارجي Q_e ، و كذلك فقد قمنا بعملية مقارنة بين الترددات الطنينية لمختلف الأنماط و ذلك من أجل حالتنا الاهتزازات (الحرة و القسرية). كل ذلك موضح بالجدول 3 .

الجدول 3 : الترددات الطنينية و معامل النوعية الخارجي لمختلف الأنماط

no	النمط	اهتزازات حرة f(GHz)	اهتزازات قسرية f(GHz)	Q_e
(1)	WH ₂₀₀	21.90	21.847	1210
(2)	نمط طفيلي	/	23.005	5120
(3)	WH ₃₀₀	24.57	24.616	1174
(4)	نمط طفيلي	/	25.693	2570

و هكذا نلاحظ أنه ضمن حزمة الترددات من

20 – 26GHz فإن الأنماط WHn00 هي

الوحيدة التي تحرض في هذه البنية، و لكن

معاملاتها النوعية الخارجية مرتفعة قليلاً، و من

ناحية ثانية نلاحظ و بشكل واضح أن كل الأنماط

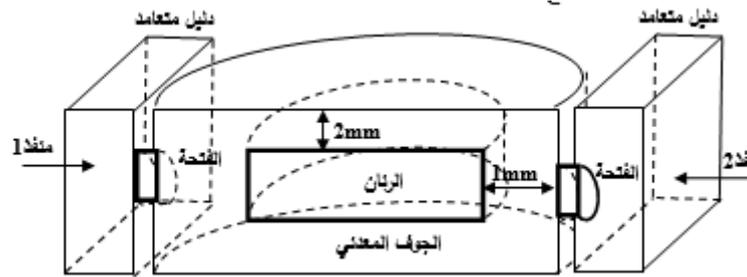
معزولة ترددياً عن بعضها بشكل جيد، و هذا ما يسهل استخدامها أكثر من الحالات السابقة.

و كالسابق و انطلاقاً من النتائج التي حصلنا عليها و المبينة بالجدول 3 فإن الترددات بالاهتزازات الحرة و القسرية قريبة جداً جداً من بعضها، و بالتالي نظام التحريض المستخدم يشوش قليلاً جداً على الأنماط. أما بالنسبة للأنماط الطفيلية فقد كانت موجودة و التي من الصعب تحديدها، و لكن تردداتهم بعيدة بشكل كافي عن ترددات الأنماط الهامسة.

لزيادة الاقتران فإنه يجب أن نخفض سماكة الفتحة و تقريب جدران الجوف من الرنان، و لكن للأسف تنفيذ ذلك سيكون من الأمور الصعبة للغاية، و العقبة الأخرى عند تصغير المسافة بين الجوف و الرنان و أن الجوف سيشوش على عمل الأنماط الهامسة. لذلك سوف نعدل شكل الفتحة من دائرية إلى متعامدة.

III - 3 - 2 - 2 - 2 - التحريض باستخدام دليل موجة متعامد منتهي بفتحة ذات مقطع متعامد

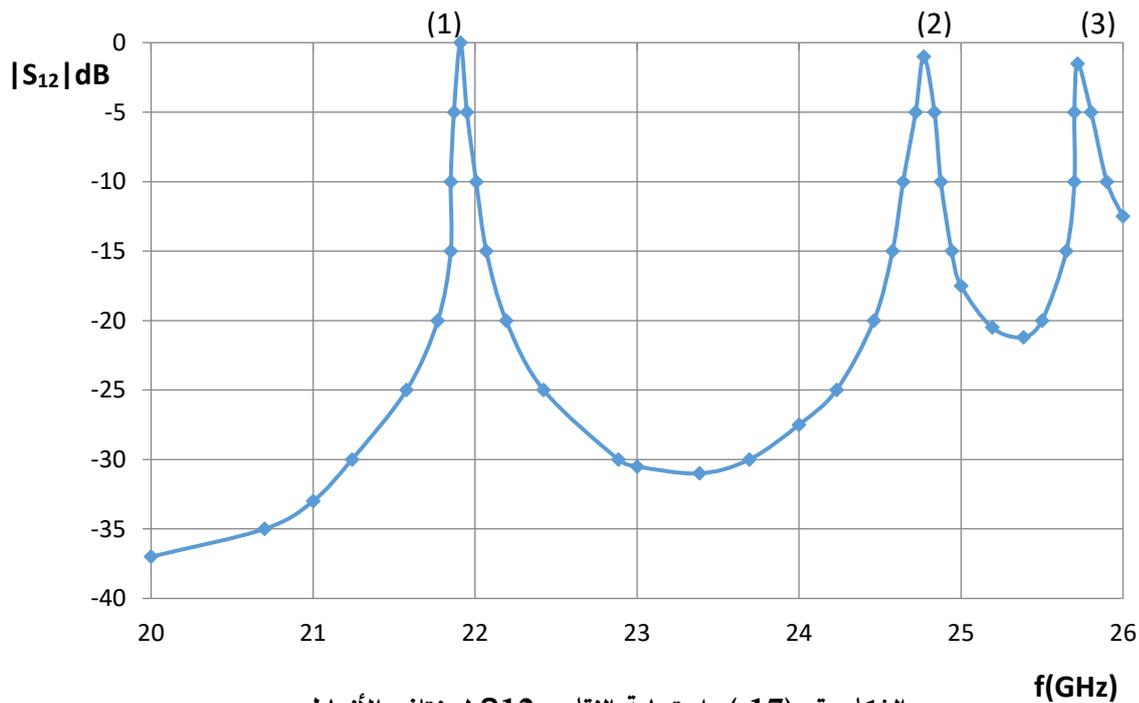
لقد درسنا نفس البنية السابقة و لكن بغد استبدال الفتحة ذات المقطع الدائري بفتحة ذات مقطع متعامد متوضعة بنفس اتجاه الدليل المتعامد كما هو مبين بالشكل 16 .



الشكل رقم (16) : تحريض رنان عازل كهربائياً بواسطة أدلة موجة ذات مقطع متعامد متموضعة بجانب الجوف

كالسابق إن الأدلة المتعامدة تكون موجهه بحيث يدخل الحقل الكهربائي E وفقاً للمحور Z للرنان، و بالتالي أيضاً الأنماط المحرصة بالرنان ستكون من النوع WH (الأنماط التي لها مركبة كهربائية محورية).

ميزة هذه البنية أنه يمكننا استخدام الفتحة بأبعاد أكبر، لأنه في الفتحة ذات المقطع الدائري فإن نصف القطر يجب أن يكون أصغر من البعد الأصغري للدليل المعدني. في حالتنا هنا أخذنا فتحة لها طول مساوي لقطر الفتحة الدائرية السابقة أي 4mm و العرض هو نصف الطول أي 2mm . و من جهة أخرى ، و كما سبق فإن انجاز الدراسة بواسطة طريقة العناصر المنتهية سيكون على ربع البنية و ذلك بسبب التناظرات الهندسية للبنية، و هذا ما يخفض كثيراً من زمن الحساب. الشكل 17 يبين تغيرات معامل النقل $|S_{12}|_{dB}$ كتابع للتردد من أجل مختلف الأنماط.



الشكل رقم (17) : استجابة النقل S_{12} لمختلف الأنماط

و كالسابق فقد تم حساب معامل النوعية الخارجي Q_e لمختلف الأنماط كما هو مبين بالجدول 4

الجدول 4 : الترددات الطنينية و معامل النوعية الخارجي لمختلف الأنماط

no	النمط	اهتزازات حرة f(GHz)	اهتزازات قسرية f(GHz)	Q_e
(1)	WH ₂₀₀	21.90	21.91	1000
(2)	WH ₃₀₀	24.57	24.77	890
(3)	نمط طفيلي	/	25.72	920

من هذه النتائج أنه نحصل تقريباً على نفس الترددات الطنينية و بالتالي يمكن أن نستنتج أن شكل الفتحة لا يشوش على تردد طنين الأنماط و لكن معامل النوعية الخارجي أقل منه في حالة الفتحة الدائرية. و كذلك كالسابق

نلاحظ أن الأنماط الهامسة المنتشرة بهذه البنية تكون معزولة عن بعضها ترددياً. كل ذلك يسهل عملية تحريض الأنماط الهامسة . ومن ناحية ثانية، يمكننا أن نلاحظ أن هذه البنية أكثر ملاءمةً لتحريض الأنماط WHn00 و أنه ضمن الحزمة الترددية المعتبرة تقريباً لا يوجد أنماط طفيلية نشوش على الأنماط الرنانة.

IV - مناقشة النتائج و التوصيات

لقد تمكنا من خلال هذا البحث من:

- 1 - القيام بتحليل مفصل للعديد من أنظمة التحريض للأنماط الهامسة الممكن انتشارها ضمن الرنانات العازلة كهربائياً و ذلك بالاعتماد على إحدى برامج مكتبة Modulef و هي طريقة العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد 3D بالاهتزازات القسرية و الحرة. و ذلك بعد أن قمنا بتقديم سريع لمبدأ حساب كلاً من معامل الاقتران دخل - خرج و معامل النوعية الخارجي.
 - 2 - التحديد الدقيق للبارامترات الكهرومغناطيسية (مركبات و توزيع الحقول الكهرومغناطيسية التي من خلالها حددنا هوية النمط - الترددات الطنينية للأنماط - معامل الاقتران (النقل) - معامل النوعية الخارجي) لبنى مختلفة برنان عازل كهربائياً موجود ضمن جوف معدني، محرض لنشر الأنماط الهامسة و ذلك بواسطة أنظمة تحريض مختلفة.
- و بالتالي هذه الدراسة ستسمح لنا باختيار نظام التحريض المناسب للبنية الرنانة المراد تنفيذها، فمثلاً من أجل تنفيذ مرشح فإنه يجب أن نختار بنى تسمح بالحصول على معامل نوعية خارجي Q_e منخفض، بينما من أجل تنفيذ الهزازات فإنه يتوجب علينا استخدام البنى التي منها معامل النوعية الخارجي Q_e عالي نسبياً. من ناحية ثانية، هذه الدراسة ستحدد لنا أي البنى بنظام تحريضها سيكون لدينا عزل كبير أو صغير بين الأنماط الرنانة، وبأيها سيكون لدينا عدد كبير أو صغير من الأنماط الطفيلية.

ختاماً هذه الدراسة وضعت بين أيدينا بنى رنانة بأنظمة تحريض مختلفة التي ستسمح لنا باختيار البنية المناسبة للتطبيق المناسب في تصميم الدارات المتكاملة الغير فعالة الميكروية مثل: موزعات الاستطاعة Combinor of puissance ، المرشحات Filters كحالتنا- القارنات الاتجاهية Directing Couplers، الهزازات Oscillators، الممكن استخدامها في مجال الاتصالات الحديثة.

المراجع العلمية

- [1]–Combes P.F. , 1996– Microondes : Lignes, Guides et Cavites. Dunod,ISBN 210002840 5 Paris
- [2]– Combes P.F. , 1998– Circuits Passifs, Propgion, Antennes. Dunod,ISBN Paris
- [3]– Badev A., Nov. 2008, Matériaux diélectriques à faibles Pertes utilisés comme résonateurs et filtres dans les circuits micro–ondes, Thèse de doctorat université Toulouse (France).
- [4]– Kajfez D.and Guillon P., 1986, Cds. Dielectric Resonators, Artech House Books .
- [5]–Binsangou,V., 1999– These n°6–99 Limoges, France
- [6]– Zuhair A. Tayyeb, 2011, Use of Cr–39 Polymer for Radiation Dosimetry – JKAU: Eng. Sci., Vol. 22 No.1, pp: 79–96 (2011 A.D. / 1432A.H.) Doi: 10.4197 / Eng. 22–1.5
- [7]– Badev Alexandre , Nov. 2008, "Matériaux diélectriques à faibles Pertes utilisés comme résonateurs et filtres dans les circuits micro–ondes". Thèse de doctorat université de Toulouse(France).
- [8] –Auxemery P., 2006– Contribution a l'étude des paramètres Electriques et Magnetiques des Résonateurs Diélectriques, Thèse de doctorat no d'ordre 34–06, France
- [9]– Pozar D. M., 2005– Micowave Engineering 3rd ed. John Wiley
- [10]– Deych L., Rubin J., 2008– Single–particle Rayleigh scattering of whispering modes: split or not to split?, Queens College–CUNY, NEMSS– Middletown
- [11]– Michael L. Gorodetsky, Aleksey E. Fomin, 2005– Geometrical theory of whispering modes, Arxiv: physics/0509226v1 Sep. 2005
- [12]– Wei Hong, Xiaohan Sun, 2010– Micro–disks embedded microring for optical filter, JiangsuProvincial Center for Optical Sensors and Optical Communications Network Technology, Lab of Photonics and Optical Communications, Southeast University, #2 SiPaiLou, Nanjing 210096, China Article history: Received 4 July 2010 Accepted 15 December 2010 Available onlinexxx
- [13]– Cros D. 1990– Oscillateurs et Combineurs de Puissance Millimétriques, Thèse de doctorat no d'ordre 44–1990, France.
- [14]– Michael L. Gorodetsky, Aleksey E. Fomin, 2005– Geometrical theory of whispering gallery modes, arxiv:Physics/0509226v1/ Physics Optics.
- [15]– Sacha Bergeron, 2010, Microcavités diélectriques circulaires et applications,Mémoire du Maitrise ES Sciences Appliquées, Ecole polytechnique de Montréal, Univ. de Montréal
- [16]– A. B. Matsko, A. A. Savchenkov, D. Strekalov, V. S. Ilchenko, and L. Maleki, 2005, Review of Applications of Whispering–Gallery Mode Resonators in Photonics and Nonlinear Optics, IPN Progress Report 42–162, August 15, 2005
- [17]– Mher Ghulinyan, Alessandro Pitanti, Georg Pucker and Lorenzo Pavesi , 2009, Whispering–gallery mode micro–kylix resonators, Optical Society of America
- [18]– Jean–Michel Le Floch, 2007, Modélisation de nouveaux résonateurs diélectriques à forts coefficients de qualité pour des applications de métrologie, These n°4–2007 Limoges, France
- [19]– S. Arnold, D. Keng, S. I. Shopova, S. Holler, W. Zurawsky, and F. Vollmer, Whispering gallery mode carousel – a photonic mechanism for enhanced nanoparticle detection in biosensing, 2009, Optical Society of America

- [20]– Samiha Mekerta, 2011, Modélisation électromagnétique de structures microondes planaires à résonateurs diélectriques, application au filtrage microonde, « Nature & Technologie ». n° 05/Juin 2011. Pages 17 à 25.
- [21]– A. Mazzei et al,2007, “Controlled Coupling of Counterpropagating Whispering–Gallery Modes by a Single Rayleigh Scatterer: A Classical Problem in a Quantum Optical Light,” Phys. Rev. Lett., vol. 99, art. no. 173603, 2007.
- [22]– Wojciech ´Smigaj, 2011, Conception et modélisation numérique de composants optiques en nanophotonique intégrée, Thèse n°1–2011 Université Paul Cézanne (Aix–Marseille III), France
- [23]–SCHILDERS,W.H.A,TER MATEN, E.J.W., 2005– Special Volume: Numerical Methods in Electromagnetics , London, UK.
- [24]–MATTHEW, N.O., 2000 – Numerical Techniques In Electromagnetics. ISBN, Second Edition– New York, 750p
- [25]–MATTHEW, N.O., 2001– Elements Of Electromagnetic, ISBN, Third Edition–New York, 765p.

Journal of Hama University

Editorial Board and Advisory Board of Hama University Journal

Managing Director: Prof. Dr. Muhammad Ziad Sultan

Chairman of the Editorial Board: Prof.Dr.Samer Kamel Ebraheem

Secretary of the Editorial Board (Director of the Journal): Wafaa AlFeel

Members of the Editorial Board:

- **Prof. Dr. Dergham AlRahhal**
- **Prof. Dr. AbdulKareem Kalb Alloz**
- **Prof. Dr. AbdulRazzaq Salem**
- **Asst. Prof. Dr. Asmahan Khalaf**
- **Asst. Prof. Dr. Muhammad Zuher Alahmad**
- **Asst. Prof. Dr. Adel Alloush**
- **Asst. Prof. Dr. Hassan AlHalabiah**
- **Asst. Prof. Dr. Muhammad Ayman Sabbagh**
- **Dr. Khaled Zeghreed**

Advisory Body:

- **Prof. Dr. Darem Tabbaa**
- **Prof. Dr. Safwan Al Assaf**
- **Prof. Dr. Rateb Sukkar**
- **Prof. Dr. Kanjo Kanjo**
- **Prof. Dr. Muhammad Fadel**
- **Prof. Dr. Rabab Sabbagh**
- **Asst. Prof. Dr. Muhammad Sabea AlArab**

Language Supervision:

- **Prof. Dr. Muhammad Fulful**
- **Asst. Prof. Dr. Maha Al Saloom**

Journal of Hama University

Objectives of the Journal

Hama University Journal is a scientific, coherent, periodical journal issued annually by the University of Hama; aims at:

- 1- publishing the original scientific research in Arabic or English which has the advantages of human cultural knowledge and advanced applied sciences, and contributes to developing it, and achieves the highest quality, innovation and distinction in various fields of medicine, engineering, technology, veterinary medicine, sciences, economics, literature and humanities, after assessing them by academic specialists.
- 2- publishing the distinguished applied researches in the fields of the journal interests.
- 3- publishing the research notes, disease conditions reports and small articles in the fields of the journal interests.

Purpose of the Journal:

- Encouraging Syrian and Arab academic specialists and researchers to carry out their innovative researches.
- It controls the mechanism of scientific research, and distinguishes the originals from the plagiarized, by assessing the researches of the journal by specialists and experts.
- The journal seeks the enrichment of the scientific research and scientific methods, and the commitment to quality standards of original scientific research.
- Aiming to publish knowledge and popularize it in the fields of the journal interests and specialties, and to develop the service fields in society.
- Motivating researchers to provide research on the development and renewal of scientific research methods.
- It receives the suggestions of researchers and scientists about everything that helps in the advancement of academic research and in developing the journal.
- popularization of the aimed benefit through publishing its scientific contents and putting its editions in the hands of readers and researchers on the journal website and developing and updating the site.

Publishing Rules in Hama University Journal:

1. The material sent for publication have to be authentic, of original scientific and knowledge value, and should be characterized by language integrity and documentation accuracy
2. It should not be published or accepted for publication in other journals, or rejected by others. The researcher guarantees this by filling out a special entrusting form for the journal.
- 3- The research has to be evaluated by competent specialists before it is accepted for publication and becomes its property. The researcher will not be entitled to withdraw research in case of refusal to publish it.
4. The language of publication is either Arabic or English, and the administration of the journal is provided with a summary of the material submitted for publication in half a page (250 words) in a language other than the language in which the research has been written, and each summary should be appended with key words.

Deposit of scientific research for publication:

Firstly, the publication material should be submitted to the editor of the journal in four paper copies (one copy includes the name of the researcher or researchers, the addresses, telephone numbers. The names of the researchers or any reference to their identity should not be included in the other copies). Electronic copy should be submitted, printed in Simplified Arabic, 12 font on one side of paper measuring 297 x 210 mm (A4). A white space of 2.5 cm should be left from the four sides, but the number of search pages are not more than fifteen pages (pagination in the middle bottom of the page), and be compatible with (Microsoft Word 2007 systems) at least, and in single spaces including tables, figures and sources , saved on CD, or electronically sent to the e-mail of the journal.

Secondly, The publication material shall be accompanied by a written declaration confirming that the research has not been published before, published in another journal or rejected by another journal.

Thirdly, the editorial board of the journal has the right to return the research to improve the wording or make any changes, such as deletion or addition, in proportion to the scientific regulations and conditions of publication in the journal.

Fourthly, The journal shall notify the researcher of the receiving of his research no later than two weeks from the date of receipt. The journal shall also notify the researcher of the acceptance of the research for publication or refusal of it immediately upon completion of the assessment procedures.

Fifthly, the submitted research shall be sent confidentially to three referees specialized in its scientific content. The concerned parties shall be notified of the referee's observations and proposals to be undertaken by the candidate in accordance with the conditions of publication in the journal and in order to reach the required scientific level.

Sixthly. The research is considered acceptable for publication in the journal if the three referees (or at least two of them) accept it, after making the required amendments and acknowledging the referees.

- If the third referee refuses the research by giving rational scientific justifications which the editorial board found fundamental and substantial, the research will not be accepted for publication even if approved by the other two referees.

Rules for preparing research manuscript for publication in applied colleges researches:

First, The submitted research should be in the following order: Title, Abstract in Arabic and English, Introduction, Research Objective, Research Material and Methods, Results and Discussion, Conclusions and Recommendations, and finally Scientific References.

- **Title:**

It should be brief, clear and expressive of the content of the research. The title font in the publishing writing is bold, (font 14), under which, in a single – spaced line, the name of the researcher (s) is placed, (bold font 12), his address, his scientific status, the scientific institution in which he works, the email address of the first researcher, mobile number, (normal/ font 12). The title of the research should be repeated again in English on the page containing the Abstract. The font of secondary headings should be (bold/ font 12), and the style of text should be (normal/ font 12).

- **Abstract or Summary:**

The abstract should not exceed 250 words, be preceded by the title, placed on a separate page in Arabic, and written in a separate second page in English. It should include the objectives of the study, a brief description of the method of work, the results obtained, its importance from the researcher's point of view, and the conclusion reached by the researcher.

- **Introduction :**

It includes a summary of the reference study of the subject of the research, incorporating the latest information, and the purpose for which the research was conducted.

- **Materials and methods of research:**

Adequate information about work materials and methods is mentioned, adequate modern resources are included, metric and global measurement units are used in the research. The statistical program and the statistical method used in the analysis of the data are mentioned, as well as, the identification of symbols, abbreviations and statistical signs approved for comparison.

- **Results and discussion :**

They should be presented accurately, all results must be supported by numbers, and the figures, tables and graphs should give adequate information. The information should not be repeated in the research text. It should be numbered as it appears on the research text. The scientific importance of the results should be referred to, discussed and supported by up-to-date resources. The discussion includes the interpretation of the results obtained through the relevant facts and principles, and the degree of agreement or disagreement with the previous studies should be shown with the researchers' opinion and personal interpretation of the outcome.

- **Conclusions:**

The researcher mentions the conclusions he reached briefly at the end of the discussion, adding his recommendations and proposals when necessary.

- **Thanks and acknowledgement:**

The researcher can mention the support agencies that provided the financial and scientific assistance, and the persons who helped in the research but were not listed as researchers.

Second- Tables:

Each table, however small, is placed in its own place. The tables take serial numbers, each with its own title, written at the top of the table, the symbols *, ** and *** are used to denote the significance of statistical analysis at levels 0.05, 0.01, or 0.001 respectively, and do not use these symbols to refer to any footnote or note in any of the search margins. The journal recommends using Arabic numerals (1, 2, 3) in the tables and in the body of the text wherever they appear.

Third- Figures, illustration and maps:

It is necessary to avoid the repetition of the figures derived from the data contained in the approved tables, either insert the numerical data in tables, or graphically, with emphasis on preparing the figures, graphs and pictures in their final shapes, and in appropriate scale and be scanned accurately at 300 pixels / inch. Figures or images must be black and white with enough color contrast, and the journal can publish color pictures if necessary, and give a special title for each shape or picture or figure at the bottom and they can take serial numbers.

- Fourth- References:

The journal follows the method of writing the name of the author - the researcher - and the year of publication, within the text from right to left, whatever the reference is, for example: Waged Nageh and Abdul Karim (1990), Basem and Samer (1998). Many studies indicate (Sing, 2008; Hunter and John, 2000; Sabaa et al., 2003). There is no need to give the references serial numbers. But, when writing the Arabic references, write the researcher's (surname), and then, the first name completely. If the reference is more than one researcher, the names of all researchers should be written in the above mentioned manner. If the reference is non-Arabic, first write the surname, then mention the first letter or the first letters of its name, followed by the year of publication in brackets, then the full title of the reference, the title of the journal (journal, author, publisher), the volume, number and page numbers (from - to), taking into account the provisions of the punctuation according to the following examples:

العوف، عبد الرحمن و الكزبري، أحمد (1999). التنوع الحيوي في جبل البشري. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 12(3):33-45.

Smith, J., Merilan, M.R., and Fakher, N.S., (1996). *Factors affecting milk production in Awassi sheep*. J. Animal Production, 12(3):35-46.

If the reference is a book: the surname of the author and then the first letters of his name, the year in brackets, the title of the book, the edition, the place of publication, the publisher and the number of pages shall be included as in the following example:

Ingrkam, J.L., and Ingrahan, C.A., (2000). *Introduction In: Text of Microbiology*. 2nd ed. Anstratia, Brooks Co. Thompson Learning, PP: 55.

If the research or chapter of a specialized book (as well as the case of Proceedings), scientific seminars and conferences), the name of the researcher or author (researchers or authors) and the year in brackets, the title of the chapter, the title of the book, the name(s) of editor (s), publisher and place of publication and page number as follows:

Anderson, R.M., (1998). *Epidemiology of parasitic Infections*. In : Topley and Wilsons Infections. Collier, L., Balows, A., and Jassman, M., (Eds.), Vol. 5, 9th ed. Arnold a Member of the Hodder Group, London, PP: 39-55.

If the reference is a master's dissertation or a doctoral thesis, it is written like the following example:

Kashifalkitaa, H.F., (2008). *Effect of bromocriptine and dexamethasone administration on semen characteristics and certain hormones in local male goats*. PhD Thesis, College of veterinary Medecine, University of Baghdad, PP: 87-105.

• The following points are noted:

- The Arabic and foreign references are listed separately according to the sequence of the alphabets (أ، ب، ج) or (A, B, C).
- If more than one reference of one author is found, it is used in chronological order; the newest and then the earliest. If the name is repeated more than once in the same year, it is referred to after the year in letters a, b, c as (1998)^a or (1998)^b... etc.
- Full references must be made to all that is indicated in the text, and no reference should be mentioned in case it is not mentioned in the body of the text.
- Reliance, to a minimum extent, on references which are not well-known, or direct personal communication, or works that are unpublished in the text in brackets.
- The researcher must be committed to the ethics of academic publishing, and preserve the intellectual property rights of others.

Rules for the preparation of the research manuscript for publication in the researches of Arts and Humanities:

- The research should be original, novel, academic and has a cognitive value, has language integrity and accuracy of documentation.
- It should not be published, or accepted for publication in other publication media.
- The researcher must submit a written declaration that the research is not published or sent to another periodical for publication.
- The research should be written in Arabic or in one of the languages approved in the journal.
- Two abstracts, one in Arabic and the other in English or French, should be provided with no more than 250 words.
- Four copies of the research should be printed on one side of A4 paper with an electronic copy (CD) according to the following technical conditions:

The list (sources and references) shall be placed on separate pages and listed in accordance with the rules based on one of the following two methods:

(A) The surname of the author, his first name, the title of the book, the name of the editor (if any), the publisher, the place of publication, the edition number, the date of publication.

(B) The title of the book: the name of the author, the title of the editor (if any), the publisher, the place of publication, the edition number, the date of the edition.

- Footnotes are numbered at the bottom of each page according to one of the following documentation ways

A - Author's surname, his first name: book title, volume, page.

B - The title of the book, volume number, page.

- Avoid shorthand unless indicated.
- Each figure, picture or map in the research is presented on a clear independent sheet of paper.
- The research should include the foreign equivalents of the Arabic terms used in the research.

For postgraduate students (MA / PhD), the following conditions are required:

(A) Signing declaration that the research relates to his or her dissertation.

(B) The approval of the supervisor in accordance with the model adopted in the journal.

C – The Arabic abstract about the student's dissertation does not exceed one page.

- The journal publishes the researches translated into Arabic, provided that the foreign text is accompanied by the translation text. The translated research is subject to editing the translation only and thus is not subject to the publication conditions mentioned previously. If the research is not assessed, the publishing conditions shall be considered and applied on it.
- The journal publishes reports on academic conferences, seminars, and reviews of important Arab and foreign books and periodicals, provided that the number of pages does not exceed ten.

Number of pages of the manuscript Search:

The accepted research shall be published free of charge for educational board members at the University of Hama without the researcher having any expenses or fees if he complies with the publishing conditions related to the number of pages of research that should not exceed 15 pages of the aforementioned measures, including figures, tables, references and sources. The publication is free in the journal up to date.

Review and Amendment of researches:

The researcher is given a period of one month to reconsider what the referees referred to, or what the Editorial Office requires. If the manuscript does not return within this period or the researcher does not respond to the request, it will be disregarded and not accepted for publication, yet there is a possibility of its re-submission to the journal as a new research.

Important Notes:

- The research published in the journal expresses the opinion of the author and does not necessarily reflect the opinion of the editorial board of the journal.
- The research listing in the journal and its successive numbers are subject to the scientific and technical basis of the journal.
- A research that is not accepted for publication in the journal should not be returned to its owners.
- The journal pays nominal wages for the assessors, 2000 SP.
- Publishing and assessment wages are granted when the articles are published in the journal.
- The researches received from graduation projects, master's and doctoral dissertations do not grant any financial reward; they only grant the researcher the approval to publish.
- In case the research is published in another journal, the Journal of the University of Hama is entitled to take the legal procedures for intellectual property protection and to punish the violator according to regulating laws.

Subscription to the Journal:

Individuals, and public and private institutions can subscribe to the journal

Journal Address:

- The required copies of the scientific material can be delivered directly to the Editorial Department of the journal at the following address: Syria - Hama - Alamein Street - The Faculty of Veterinary Medicine - Editorial Department of the Journal.

Email: hama.journal@gmail.com

magazine@hama-univ.edu.sy

website: : www.hama-univ.edu.sy/newssites/magazine/

Tel: 00963 33 2245135

contents		
Title	Researcher Name	Page number
Degree Certificate Authentication using Cryptography, Digital Signature and QR Code Techniques	Dr. Ramez ALKHATIB	2
An Analytical Field Study to Prepare a Rubble Map of the City of Aleppo as a Prelude to the Reconstruction Stage	Fatima Alsaleh Abd Alhakim Bannoud	20
Field and Experimental Study for the Repair of Ribbed Slabs Partially Damaged by Containing Gaps	Ammar Tawashi Dr. Abdulrazzaq Salem Dr. Soleman Al-Amoudi	34
Design of a control algorithm for driving a Switched reluctance Motor Using Hysteresis Controller	Dr. Ahmad Kurdi	54
The effect of heat treatment on mechanical properties for ductile cast iron parts welded by (Inconel 625) electrodes	Eng. basem muhsen ammar prof.nawfal yousef alahmad	72
Analytic And Numeric Study for Dielectric Resonators for design and execute microwaves integrated circuits for use them in communication devices	Dr. Eng. Thaer Daoud	88
Comparison of numerical methods and traditional ways of calculating safety factor for Al-Hawiz Dam	Mahmoud Toloj DR.Nawar kadan	106
Improving the Performance of Sub-grade of Asphalt Pavements Using Raw Materials Mill Dust of Cement Factories	Eng. Ahmad Alabo Hussien Prof.Dr. Marwan Assi	116
The Effect of Differences Dam's Bodymaterials on Factories of Elasticity and Strength on Safety Factor	Mahmoud Toloj DR.Nawar kadan	132
Development of a microstrip antenna for the early detection of breast tumor	Maha Alsabea Dr. Abdulkarim Assalem	142
E-Government framework based on SOA	Eng. AbdulRazzak Yassin Almohamad Almahmoud Dr. Wassim Yassin Aljuneidi	157
A detailed study of the coupling between Dielectric Resonators and various excitation systems for the design and execution of	Dr. Eng. Thaer DAOUD	173

microwaves integrated circuits for using them communications devices		
---	--	--



Volum :2
Number :6



Journal Of Hama University

ISSN Online (2706-9214)