مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية

مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 10

1443 هـ - 2022 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

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

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

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

. البريد الالكتروني : magazine@ albaath-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
- طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
- **اذا كان الباحث طالب دراسات عليا:**

يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقته على النشر في المجلة.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:**

يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :**

يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.

- **اذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :**

يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث , وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.

- **يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):**

عنوان البحث . . ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1- مقدمة

2- هدف البحث

3- مواد وطرق البحث

4- النتائج ومناقشتها .

5- الاستنتاجات والتوصيات .

6- المراجع.

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

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

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

أ- قياس الورق 17.5×25 B5.

ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 – يمين 2.5- يسار 2.5 سم

ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8

ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20

. كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.

ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.

8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.

9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر, وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

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

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (–) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة.

وفيما يلي مثال على ذلك:

–MAVRODEANUS, R1986– **Flame Spectroscopy**. Willy, New York, 373p.

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

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

مثال على ذلك:

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث:

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

المحتوى

		الصفحة
تحضير المركب سيليكات الباريوم $BaSiO_3$ بطريقة الاصطناع الصلب	نغم فاخوري إبراهيم اسماعيل	32-11
تطوير منهجية جديدة لبناء شجرة القرار باستخدام طريقة هجينة تعتمد على الخوارزمية الجينية وخوارزمية النمل	د. عبد الله العمر د. زكريا زكريا هدى علي حبش	56-33
دراسة تأثير بعض الصادات والمطهرات على الزائفة الزنجارية المعزولة من مرضى في محافظة حمص	أ.د. ندى محفوض مروه الشاطر	86-57
تأثير الاستقطاب و خصائص العزل على تفاعل الحقل الكهرطيسي في الاوساط غير الايزوتروبية	نذير شورى د. محمد موسى د. سلام محمود	116-87
التكاملات في المناطق الكروية في الفضاء $\Re^n$ بطريقة النواة المولدة	د. حامد عباس هبه زكريا اصلان	146-117

تحضير المركب سيليكات الباريوم $BaSiO_3$ بطريقة الاصطناع الصلب

نغم فاخوري*، إبراهيم أسعد اسماعيل**

ملخص البحث

تم في هذا البحث تحضير الجملة ($BaSiO_3$) بطريقة الاصطناع الصلب وذلك انطلاقاً من الأكاسيد الأولية (BaO, SiO_2)، حيث تم سحق ومزيج الأكسيدين باستخدام هاون من العقيق بوجود الأسيتون، ومن ثم ضغط المزيج الصلب على شكل أقراص باستخدام المكبس بعد الانتهاء من عملية التحضير، تم تكليس المركب الناتج عند درجات حرارة مختلفة تراوحت بين (600-1100 ^{o}C) لمدة أربع ساعات. وتمت دراسة المركب الناتج باستخدام تقنية التحليل الحراري التفاضلي (DTA) ومطيافية انعراج الأشعة السينية (XRD) ومطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT- IR).وأظهرت الدراسة مايلي:

من خلال مخططات الـ DTA لوحظ أن نزع الماء يتم عند الدرجة 150.4 $^{\circ}C$. كما أظهرت نتائج التحليل بواسطة تقنية XRD أن المركب الذي تم تحضيره يتشكل عند الدرجة 700 $^{\circ}C$ وفق النمط البلوري المعيني القائم، ولاحظنا زيادة واضحة في حدة القمم وهذا يشير إلى النمو الواضح للبلورات المتشكلة بارتفاع درجة الحرارة وصولاً للدرجة 1100 $^{\circ}C$ ويبقى المركب ثابتاً حرارياً عندها.

كلمات مفتاحية: اصطناع صلب، سيليكات الباريوم، $BaSiO_3$، أكسيد مختلط.

*) طالبة دكتوراه في الكيمياء اللاعضوية – قسم الكيمياء – كلية العلوم– جامعة البعث– حمص– سوريا.

**) أستاذ الكيمياء اللاعضوية في قسم الكيمياء – كلية العلوم– جامعة البعث– حمص– سوريا.

Preparing of Barium silicate $BaSiO_3$ by Solid State method

Nagham Fakhouri*, Ibraheem Ismaeel**

Abstract

In this paper, the mixed oxide $BaSiO_3$ was synthesized by solid state method based on the primary oxides, Barium oxide (BaO) and silicon dioxide (SiO_2), Where the oxides mixture was crushed and mixed using a garnet mortar in the presence of acetone, and then the solid mixture was pressed into tablets using the hydraulic pressor after completing the preparation process , the resulting compound was calcined at different temperatures (600-1100 ºC) for four hours. The resulting compound was studied using differential thermal analysis technique (DTA), X-ray diffraction spectroscopy (XRD) and infrared spectroscopy (FT-IR). The study showed the following:

Through the DTA diagrams, we noted that the dehydration takes place at 150.4 ºC. The results of the analysis by XRD technique also showed that the prepared compound formed at 700 ºC according to the orthorhombic crystal pattern.

It had been noticed a clear increase in the sharpness of the peaks, and that indicates the clear growth of the crystals formed by increasing the temperature up to 1100 ºC, and the compound remains thermally stable at that degree.

Keywords: Solid State method, Barium silicate, $BaSiO_3$, mixed oxide.

***)** PHD student, Department of chemistry-Faculty of science-Al-baath university Homs-Syria.

**) professor of inorganic chemistry, Department of chemistry-Faculty of science-Al-baath university Homs-Syria.

1- مقدمة:

لطالما لاقت دراسة الأكاسيد اهتماماً من الباحثين وخاصة الأكاسيد المعدنية المختلطة التي تعتبر ركيزة أساسية في الثورة الصناعية والتقدم التكنولوجي في العالم وخاصة استخداماتها التطبيقية في التكنولوجيا الحديثة كالالكترونيات الدقيقة والأجهزة الكهربائية والمغناطيسية، بالإضافة للخاصية الحفزية واستخدامات أخرى عديدة.

ومن الأهمية بمكان أن ندرس الخصائص البنيوية لهذه المركبات كون جميع الأكاسيد المعدنية البسيطة والمختلطة تتواجد في الحالة الصلبة، ولأن الخصائص الفيزيائية والكيميائية المختلفة مرتبطة بالتركيب الكيميائي والبنية البلورية.

ونظراً لكون هذه الأكاسيد ثابتة لونياً وذات مقاومة عالية للحرارة فقد استخدمت في صناعة الخزف والفخار، حيث أن الأفران المستخدمة في الحرق تصل إلى درجات حرارة مرتفعة جداً [1].

جميع الأكاسيد المختلطة يتم تحضيرها عن طريق تكليس مزيج من أملاحها المعدنية أو أكاسيدها ضمن مجال حراري محدد، وعملية المعالجة الحرارية هذه هي السبب وراء ثبات البنية بالإضافة إلى الثبات الحراري [2].

ولابد لنا أن نذكر قليلاً عن السيليكات، وهي الأكاسيد المختلطة التي ينصب عليها عملنا الحالي. هذه المركبات الكيميائية يدخل في تركيبها الأكسجين والسيليسيوم، وهذه المركبات من أكثر الأصناف تنوعاً حسب نوع المعدن الثاني الداخل في تركيبها وبتكافؤات مختلفة . وهذا التنوع الكبير سمح لنا بأن نصنفها على أنها أغنى المركبات في القشرة الأرضية على الإطلاق. إذ يقدر الجيولوجيون أن 30% من محتوى القشرة

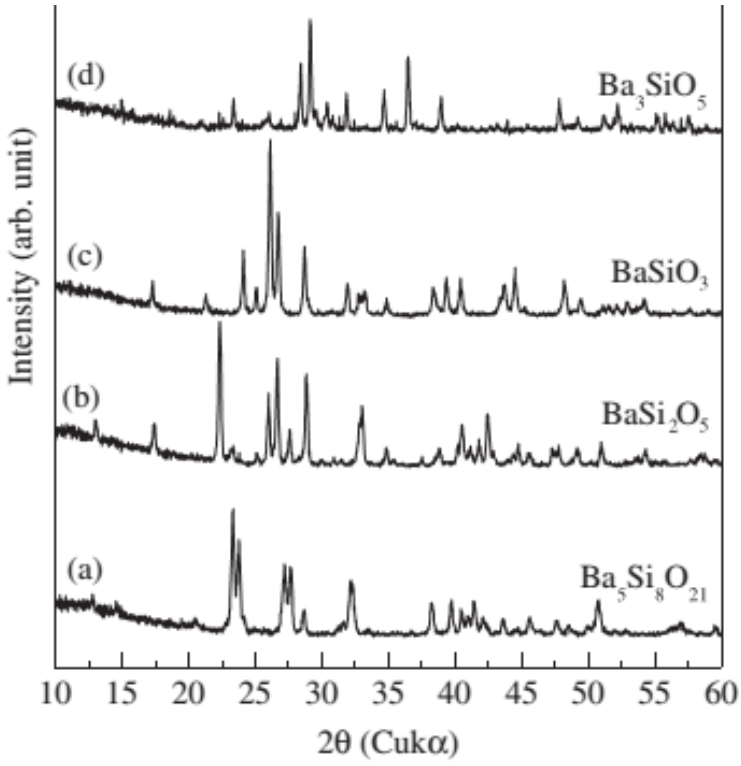
الأرضية من العناصر هو السيليسيوم، أما السيليكات تشكل بشكل عام 90% من القشرة الأرضية.

وهذا مايؤكد أن عنصري السيليسيوم والأكسجين هما الأكثر وفرة في القشرة الأرضية. تشكل السيليكات أساس الفلزات الطبيعية والرمل والتربة. إذ أن جميع مواد البناء اللاعضوية ابتداءً من الفلزات الأرضية (الغرانيت)، وانتهاءً بالمواد الاصطناعية مثل (القرميد والاسمنت) وأيضاً السيراميك والزجاج تعتبر مواداً سيليكاتية.

كما وأن السيليكات تعد محط اهتمام العديد من الأبحاث والتطبيقات مثل الخلايا الضوئية والحساسات الضوئية , إضافة إلى كونها المكون الأساسي للكثير من الأحجار الكريمة الطبيعية وهذا مايجعلها موضع اهتمام الكثير من الباحثين [3].

فقد قام الباحث (Cho, 2012) بتحضير سيليكات الباريوم بطريقة الاصطناع الصلب وذلك انطلاقاً من ($BaCO_3$, SiO_2) وبنسب مولية مختلفة لعنصري الباريوم والسيليكون (Ba:Si=0.5, 0.625, 1, 3)، حيث مزجت المركبات المذكورة وفق النسب المولية المناسبة باستخدام المطحنة الكروية للحصول على أكبر قدر من التجانس لمدة (24 h). وبعد ذلك تم تكليس المزائج عند الدرجة (1200 ^oC) لمدة أربع ساعات بوجود تدفق من غاز الآزوت والهدروجين. وبعد ذلك تم تحليل المركبات الناتجة باستخدام تقنية XRD ويبين الشكل (1) المخططات الناتجة، والتي يظهر فيها تشكل أطوار مختلفة من سيليكات الباريوم تبعاً للنسبة المولية المأخوذة للعنصرين.

وتظهر النتائج تبلور كلاً من ($BaSiO_3$, $BaSi_2O_5$) وفق نمط التبلور الرباعي بينما يتبلور المركب ($Ba_5Si_8O_{21}$) وفق نمط التبلور أحادي الميل [4].



الشكل (1) مخطط XRD لسيليكات الباريوم المحضرة بنسب مولية مختلفة
(a)Ba/Si=0.625, (b)Ba/Si=0. 5, (c)Ba/Si=1, (d)Ba/Si=3

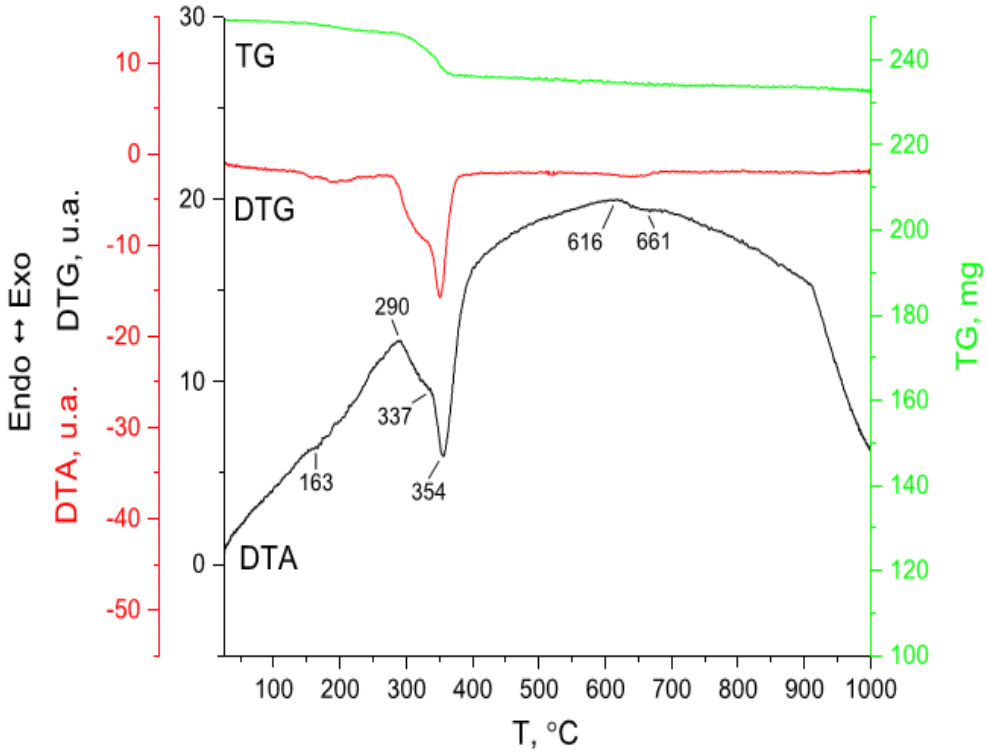
وحضرت سيليكات الباريوم من خلال التفاعل بين كلوريد الباريوم وسيليكات الصوديوم بنسب مولية مختلفة وذلك بعد تحضير سيليكات الصوديوم من خلال تفاعل هدروكسيد الصوديوم مع رمل السيليكا.

سيليكات الباريوم المتشكلة تفصل بالترسيب وتظهر بشكل راسب أبيض اللون. درس بعد ذلك السلوك الحراري للراسب المتشكل كما درست مخططات (XRD) للراسب بعد ترميده عند درجات حرارة مختلفة وتظهرها الأشكال (2,3).

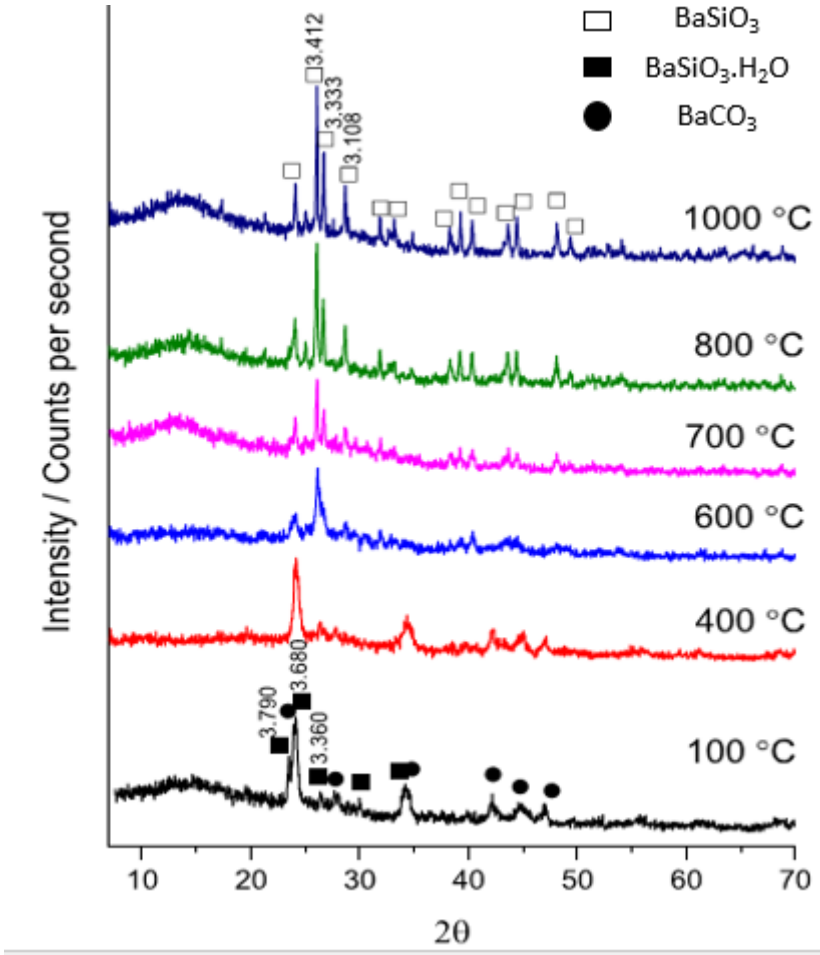
لوحظ من خلال مخططات (XRD) تشكل الراسب ببنية سيليكات الباريوم المائية ($BaSiO_3.H_2O$) مع وجود لآثار من كربونات الباريوم ($BaCO_3$) وبرفع درجة حرارة

الترميد يبدأ الراسب بالتفكك والتحول الى سيليكات الباريوم ($BaSiO_3$) والتي ظهرت بطور نقي عند درجة الحرارة (1000 ^oC).

أما السلوك الحراري فقد أظهر وجود قمة ماصة للحرارة تمتد ضمن مجال درجات الحرارة (250–400 ^oC) وتعود لازالة جزيئ الماء المتبلور من الراسب وبعدها يثبت المركب حرارياً ووزنياً مما يدل على عدم حدوث أي عمليات كيميائية أو فيزيائية لاحقة [5].



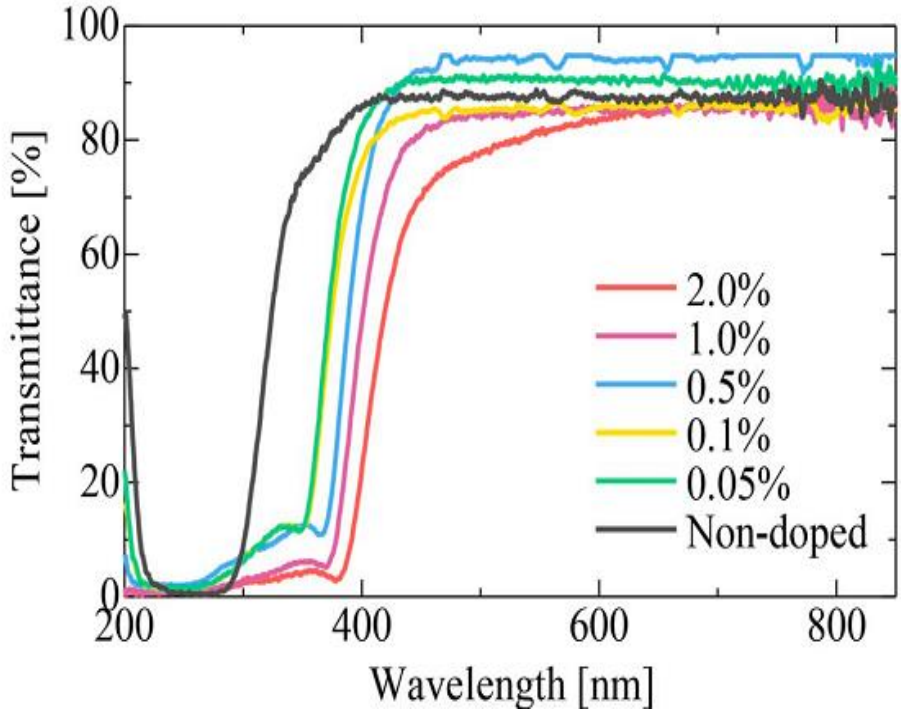
الشكل (2) منحنيات التحليل الحراري التفاضلي (DTA) والتحليل الوزني الحراري (TG) والتحليل الوزني الحراري التفاضلي (DTG) لمركب سيليكات الباريوم المائية



الشكل (3) مخطط XRD لسيليكات الباريوم المرمدة عند درجات حرارة مختلفة

وفي دراسة حديثة أجريت عام (2020) من قبل الباحث (Daiki Shiratori) لدراسة الخصائص الضوئية لمركب سيليكات الباريوم المطعمة بالجرمانيوم. قام الباحث بتحضير الجملة (GeO_2:$BaSiO_3$) بطريقة الاصطناع الصلب انطلاقاً من كربونات الباريوم ($BaCO_3$) وأكسيد السيليكون (SiO_2) وباضافة كميات متزايدة من أكسيد الجرمانيوم (GeO_2) بحيث تكون نسبته في الجملة (GeO_2:$BaSiO_3$= 0, 0.05, 0.1, 0.5, 2%) وبعد مجانسة العينات تم ضغطها باستخدام مكبس هيدروليكي على شكل أقراص تم تكليسها عند درجة الحرارة

(1100 ^oC) لمدة (8h). ثم قام الباحث بدراسة العينات الناتجة باستخدام المطيافية الضوئية والتي تظهر نتائجها وفق الشكل التالي:

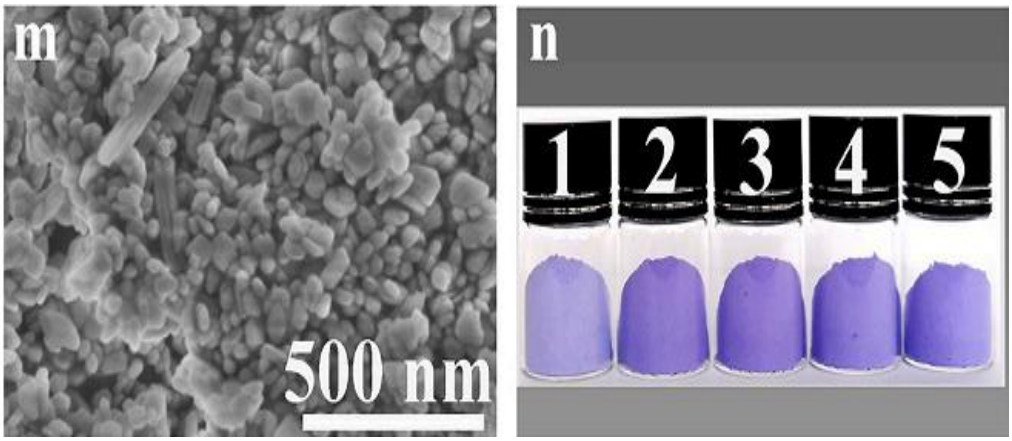


الشكل (4) مطيافية النفوذية الضوئية لعينات سيليكات الباريوم المطعمة بأكسيد الجرمانيوم بنسب مختلفة

لاحظ الباحث أن زيادة نسبة أكسيد الجرمانيوم في الجملة تؤدي الى تناقص طيف نفوذية الضوء. حيث أن مركب سيليكات الباريوم النقية يسمح بمرور قسم من الأشعة فوق البنفسجية (300-400 nm) وهذا الجزء من الأشعة تتناقص نفوذيته بزيادة نسبة أكسيد الجرمانيوم حتى النسبة (2%) والتي تصبح عندها العينة تمتص كامل الضوء فوق البنفسجي وتسمح بمرور الضوء المرئي فقط. وبهذه التقنية يمكن صناعة زجاج يستخدم في صناعة النظارات ويحمي العين من الأشعة فوق البنفسجية [6].

وفي دراسة أخرى أجريت في العام (2021) على دراسة تحضير مركب سيليكات الباريوم المطعم بعدد من الأكاسيد المعدنية (السترانسيوم، البور، الزركزنيوم) ودرست الخصائص الضوئية والحرارية للمركبات الناتجة [7].

وقد تمكن فريق من الباحثين في ذات العام (2021) من تحضير مركب سيليكات الباريوم المطعمة بالنحاس بغية استخدامها كمواد صباغية، حيث تتميز بلونها البنفسجي الزاهي وثباتها الحراري والكيميائي وقد تم تحضير المركبات المذكورة باستخدام الطريقة الهدروحرارية. ويبين الشكل التالي الصور الفوتوغرافية للعينات الناتجة اضافة لصور المجهر الماسح الالكتروني [8].



الشكل (5) صورة المجهر الماسح الالكتروني لمركب سيليكات الباريوم المطعمة بالنحاس بالاضافة لمظهر العينات المنتشكلة

2- مشكلة البحث:

تعد سيليكات الباريوم من المركبات الهامة في الصناعة، إلا أنه من الصعب الحصول عليها وتحضيرها باستخدام الطرائق العادية مثل (الهدروحرارية) بسبب الغضوط العالية المطبقة في الطريقة الهدروحرارية والتي تستلزم تقنيات متقدمة وتجهيزات مكلفة.

3- أهمية وهدف البحث:

تكمن أهمية البحث في استخدام طريقة الاصطناع الصلب في تحضير الجملة المذكورة حيث تعطي مردود عالي وبنية بلورية منتظمة وأكثر تجانساً.

نهدف من هذا البحث الى تحضير مركب سيليكات الباريوم ودراسة تأثير درجة الحرارة على الجملة أثناء عملية التحضير اضافة لدراسة البنية البلورية للمركب الناتج.

4- الجزء العملي:

4-1- التجهيزات والأدوات المستخدمة:

- ميزان تحليلي بدقة تصل إلى 0.0001 gr
- أدوات زجاجية مختلفة.
- بوتقات خزفية تتحمل درجات حرارة عالية.
- مجفف لتجفيف العينات من انتاج شركة (memmert).
- مرمدة لحرق العينات وهي ومن نوع (Carbolite) يصل مجالها حتى الدرجة 1100 ^oC.
- جهاز انعراج الأشعة السينية للمساحيق X-Ray Powder Diffractometer من طراز Philips-PW-1840.
- جهاز التحليل الحراري التفاضلي DTA من نوع (Chimadzu).
- هاون خزفي لطحن العينات للحصول على مسحوق ناعم قدر الإمكان.
- أكسيد الباريوم (BaO) من انتاج شركة (Riedel deHaen) نقاوة (99%)
- أكسيد السيليكون (SiO_2) من انتاج شركة (Riedel deHaen) نقاوة (99%)
- أسيتون (CH_3COCH_3) من انتاج شركة (Riedel deHaen) نقاوة (99.5%)

4-2- طريقة العمل:

بداية تم حساب أوزان المواد الأولية المستخدمة في الاصطناع انطلاقاً من النسبة الاستيكيومترية للمعادلة التالية:

$$BaO + SiO_2 \longrightarrow BaSiO_3$$

ومنها نجد أن النسبة المولية المستخدمة Ba:Si=1.

يبين الجدول التالي النسبة المولية المأخوذة من الأكسيدين وكمية كل منهما مقدرة (gr):

المادة	SiO_2	BaO
النسبة المولية	0.02 M	0.02 M
الكمية المأخوذة	1.2 gr	3.0665 gr

بعد أخذ الأوزان المطلوبة لكل من أكسيدي السيليكون والباريوم تم وضعهما معاً في هاون خزفي يستخدم لسحق العينات، ثم تم بعد ذلك غمرهما بالأسيتون النقي وتم البدء بعملية السحق المتواصل وباتجاه واحد واستمرت عملية السحق حتى تطاير المذيب بشكل كامل، ثم أعيدت عملية إضافة الأسيتون مع السحق المتواصل وباتجاه واحد ثلاث مرات لضمان الحصول على حبيبات ناعمة متجانسة.

بعد ذلك جمعت العينات وضغطت على شكل أقراص بقطر (1cm) وسماكة (5mm) كل على حده باستخدام مكبس هدروليكي عند ضغط (6.5 GPa) وتم ترميدها عند درجات حرارة مختلفة (600-1100 ^oC).

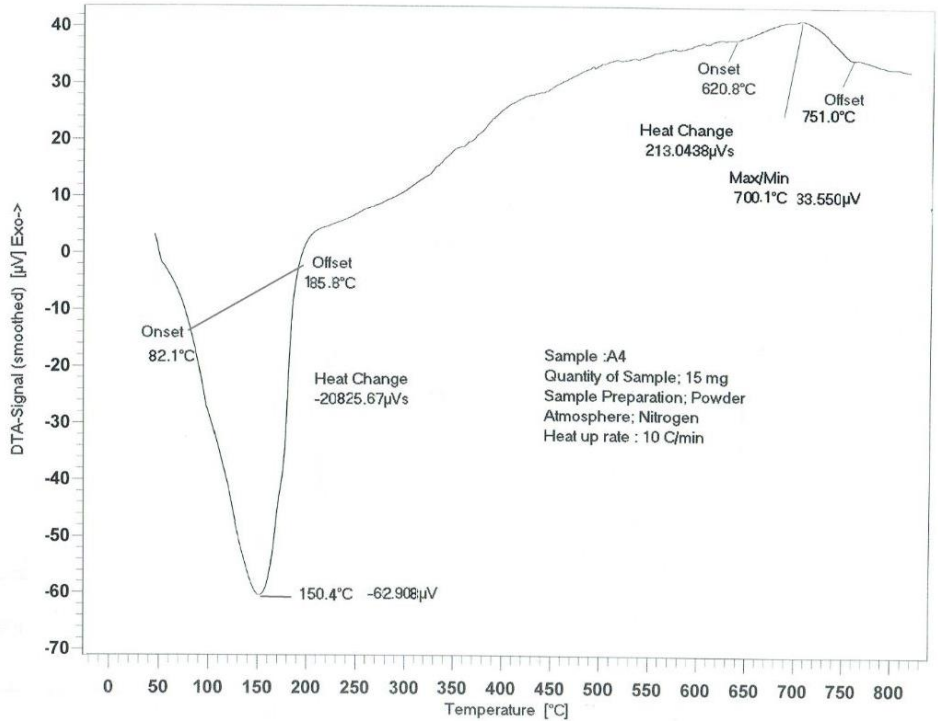
تم توصيف العينات السابقة باستخدام تقنيات (DTA, XRD, IR).

5- النتائج والمناقشة:

5-1- دراسة منحني التحليل الحراري التفاضلي DTA:

يبين المنحني المبين في الشكل (6) السلوك الحراري لمزيج أكسيدي الباريوم والسيليكون حيث تم المسح ضمن مجال لدرجات الحرارة (0-800 ^oC) وتظهر فيه قمة امتصاص عريضة عند الدرجة (150.4 ^oC) وتعود لتطاير بقايا الأسيتون في العينة اضافة لخسارة الماء الفيزيائي (الرطوبة الناتجة عن امتصاص الأكاسيد لكمية من بخار الماء الجوي).

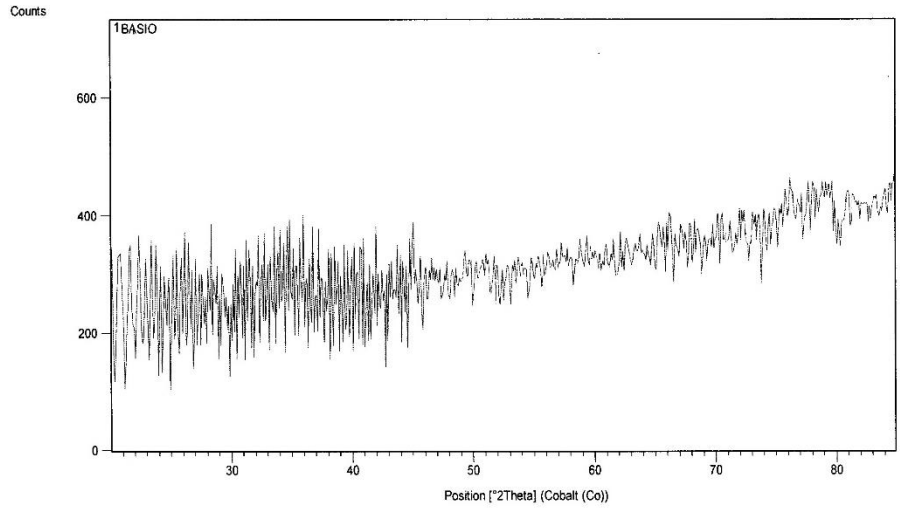
ويلاحظ عدم ظهور أي قمم (ناشرة أو ماصة للحرارة) حتى الدرجة (700.1 ^oC) التي تظهر عندها قمة ناشرة للحرارة و تعود لتشكل المركب المطلوب. ولتأكيد هذه النتائج قمنا دراسة مخططات (XRD) للمركب المحضر عند درجات حرارة مختلفة (600-1100 ^oC).



الشكل (6) مخطط التحليل الحراري التفاضلي لمزيج أكسيدي الباريوم والسيليكون بنسبة مولية (1:1)

5-2- مخطط (XRD) للعينات المحضرة عند درجة حرارة (600 °C):

يبين الشكل التالي مخطط انعراج الأشعة السينة (XRD) للعينة التي تم حرقها عند درجة حرارة (600 °C):



الشكل (7) مخطط (XRD) لمركب سيليكات الباريوم المحضر عند الدرجة (600 ºC)

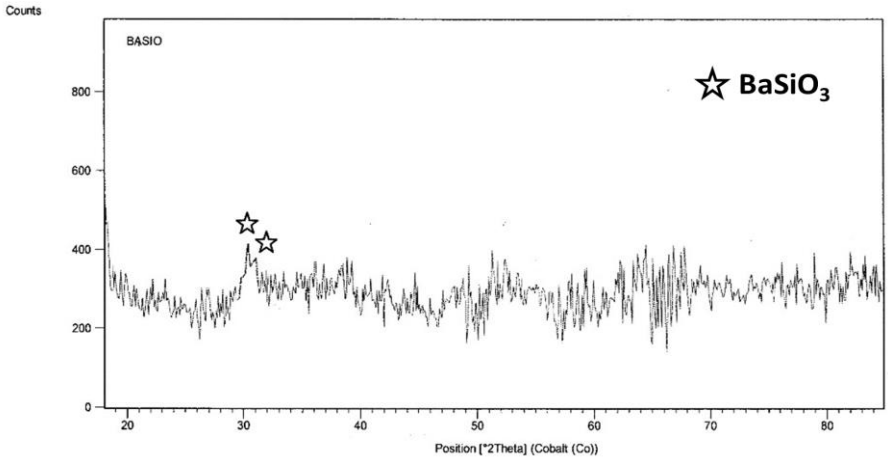
نلاحظ من الشكل السابق عدم وجود قمم في المخطط مما يدل على عدم تشكل المركب وعدم وجود الأكاسيد الأولية بشكل بلوري. وهو ما يتطابق مع منحني (DTA) السابق. لذا قمنا برفع درجة حرارة الترميد حتى الدرجة (700°C).

5-3- مخطط (XRD) للعينات المحضرة عند درجة حرارة (700 °C):

قمنا بتسجيل مخطط (XRD) لعينة من مركب سيليكات الباريوم المرمدة عند الدرجة (700 ºC) لمدة (5 hr) ويبين الشكل (8) المخطط الناتج.

يلاحظ من المخطط ظهور قمتين متلاصقتين عند قيم زوايا انعراج (2θ=30.40º, 31.19º) وهي تعود لمركب سيليكات الباريوم وفق البطاقة المرجعية ذات الرقم ($BaSiO_3$:261-402) وهو ما أكده مخطط (DTA) بظهور قمة ناشرة للحرارة

عند الدرجة (700.1 ºC) وهي قريبة من درجة الترميد. وبالتالي يمكن القول أنه في هذه الدرجة بدأ المركب بالتشكل.



الشكل (8) مخطط (XRD) لمركب سيليكات الباريوم المحضر عند الدرجة (700 ºC)

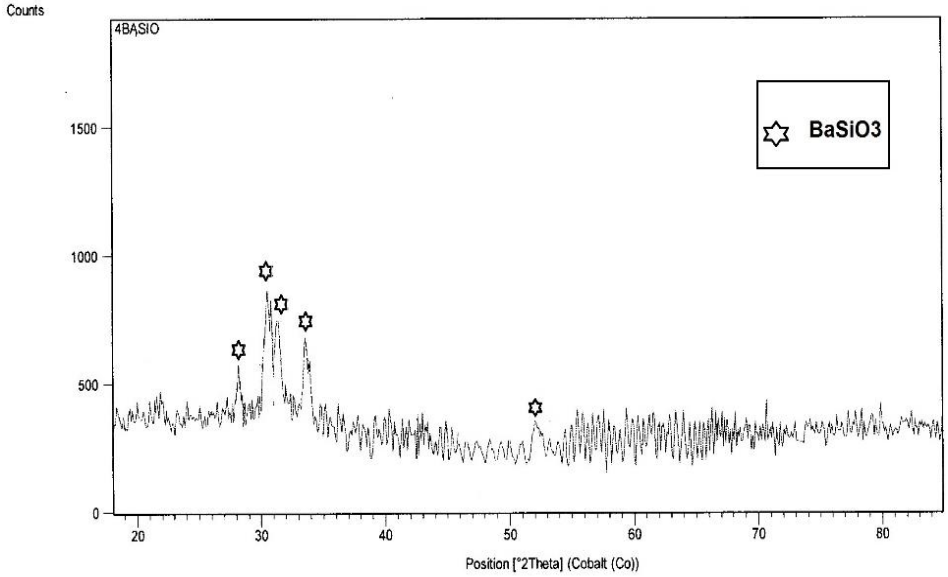
الجدول التالي يبين القمم العائدة للمركب وشداتها وقرائن ميلر الموافقة لها:

الجدول (1) زوايا الانعراج وشداتها للعينات المرمدة عند الدرجة (700 ºC)

المركب	2θ	2θ Ref	Rel. Int. [%]	hkl
$BaSiO_3$	30.400	30.342	100	111
$BaSiO_3$	31.190	31.078	65	040

5-4- مخطط (XRD) للعينات المحضرة عند درجة حرارة (800 °C):

برفع حرارة ترميد العينات للدرجة (800 ºC) يظهر لدينا المخطط المبين في الشكل (9) وفيه نلاحظ انخفاض التشويش بشكل كبير مقارنة بالمخطط السابق وفيه يزداد عدد القمم العائدة لمركب سيليكات الباريوم كما تزداد شدة القمم الأساسية في المخطط.



الشكل (9) مخطط (XRD) لمركب سيليكات الباريوم المحضر عند الدرجة (800 ºC)

ويبين الجدول التالي قيمة زوايا الانعراج وشدة كل منها:

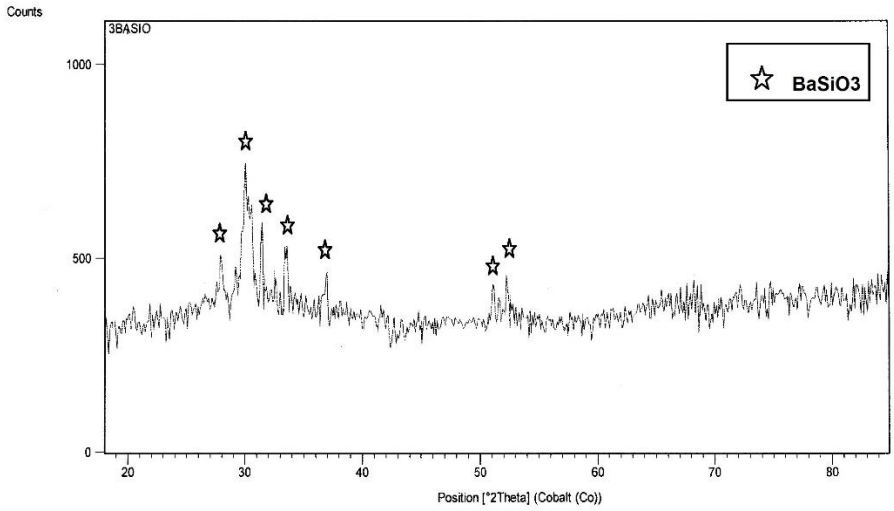
الجدول (2) زوايا الانعراج وشداتها للعينات المرمدة عند الدرجة (800 ºC)

المركب	2θ	REF 2θ	Rel. Int. [%]	hkl
$BaSiO_3$	27.91	28.034	35	021
$BaSiO_3$	30.22	30.342	100	111
$BaSiO_3$	31.41	31.078	65	040
$BaSiO_3$	33.95	33.408	55	200
$BaSiO_3$	51.91	51.072	18	122

المخطط السابق يدل على اكتمال عملية التحضير وهو ما يتوافق مع مخطط (DTA).

5-5- مخطط (XRD) للعينات المحضرة عند درجة حرارة (1100 °C):

أما برفع حرارة ترميد العينات للدرجة (1100 ºC) يظهر لدينا المخطط التالي:



الشكل (10) مخطط (XRD) لمركب سيليكات الباريوم المحضر عند الدرجة (1100 ºC)

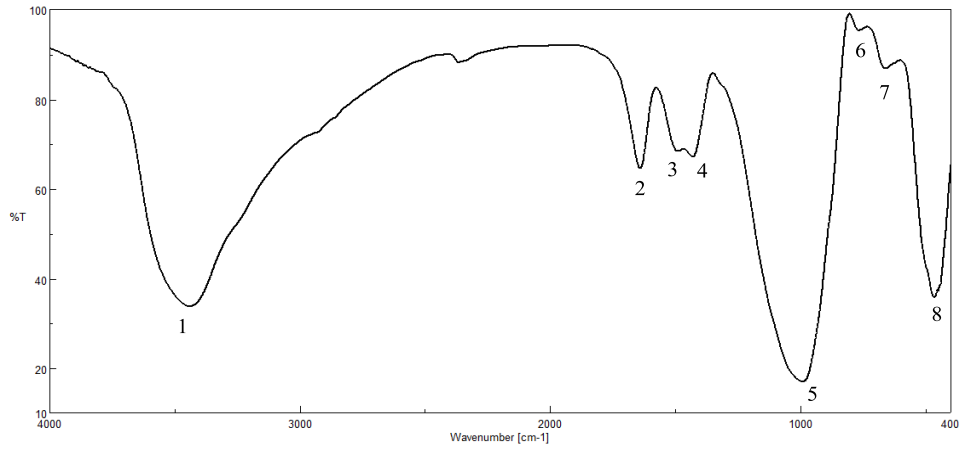
بمقارنة هذا المخطط مع المخطط السابق نلاحظ ظهور القمم العائدة لمركب سيليكات الباريوم بشكل أكثر حدة ووضوحاً، كذلك يلاحظ عدم ظهور أية قمم عائدة للأكاسيد الأولية مما يثبت عدم تفكك المركب عند درجة الحرارة (1100 °C) وبذلك يعتبر المركب ثابتاً حرارياً عند هذه الدرجة. ويبين الجدول التالي قيمة زوايا الانعراج وشدة كل منها:

الجدول (3) زوايا الانعراج وشداتها للعينات المرمدة عند الدرجة (1100 ºC)

المركب	Pos. [°2Th]	Rel. Int. [%]	hkl
$BaSiO_3$	27.91	35	021
$BaSiO_3$	30.22	100	111
$BaSiO_3$	31.41	65	040
$BaSiO_3$	33.95	55	200
$BaSiO_3$	36.96	14	131
$BaSiO_3$	51.91	18	122
$BaSiO_3$	52.89	10	042

5-6- دراسة مطيافية (IR) لمركب سيليكات الباريوم:

تم تسـجيل طيف (IR) للجملة المحضـرة والمرمدة عند درجة الحرارة (1100 ^oC) والتي تظهر بشكل نقي وفق مخططات (XRD) ويبين الشكل التالي الطيف الناتج:



الشكل (11) طيف الأشعة تحت الحمراء لمركب سيليكات الباريوم المتشكل عند الدرجة (1100 ^oC)

يبين الجدول التالي عصـــابات الامتصـــاص في الطيف والأعداد الموجية الموافقة لكل منها:

الجدول (4) عصابات الامتصاص في طيف (IR) لمركب سيليكات الباريوم

عصابة الإمتصاص	نمط الأهتزاز		العدد الموجي cm^{-1}
1	امتطاط غير متناظر للرابطة	OH	3439.42
2	حني الرابطة في جزيئ الماء	H-O-H	1642.09
3, 4	امتطاط غير متناظر للرابطة Si-O في	SiO_4	1486, 1429
5	امتطاط غير متناظر للرابطة Si-O في	Si_2O_7	991.23
6	امتطاط غير متناظر للرابطة Si-O في	Si_3O_9	769.45
7	امتطاط غير متناظر للرابطة	Si-O-Si	664.35
8	امتطاط غير متناظر للرابطة	Ba-O-Si	467.65

ويتأكد لنا من عصابة الامتصاص للرابطة (Ba-O-Si) دخول الباريوم في البنية البلورية للسيليكا، وهو ما يتطابق مع مخطط (XRD) للعينة المحضرة.

5-7- دراسة البنية البلورية لمركب سيليكات الباريوم:

بعد مقارنة قمم انعراج الأشعة السينية في المخطط المبين في الشكل (9) (والذي تكون فيه جميع القمم عائدة للمركب المطلوب) مع القيم المرجعية للمركب. تبين أن نمط التبلور من النوع المعيني القائم. حيث لا يمكن معرفة نمط التبلور إلا باستخدام جهاز انعراج الأشعة السينية أحادي البلورة monocrystal وهذه التقنية غير متوفرة.

وفي النظام المعيني القائم يكون:

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \quad , \quad a \neq b \neq c$$

وتحسب قيمة (d) المعبرة عن المسافة بين المستويات البلورية وفق العلاقة التالية المعبرة عن قانون براغ في انعراج الأشعة السينية والعلاقة الرابطة بين بارامترات الشبكة البلورية للنظام المعيني القائم:

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

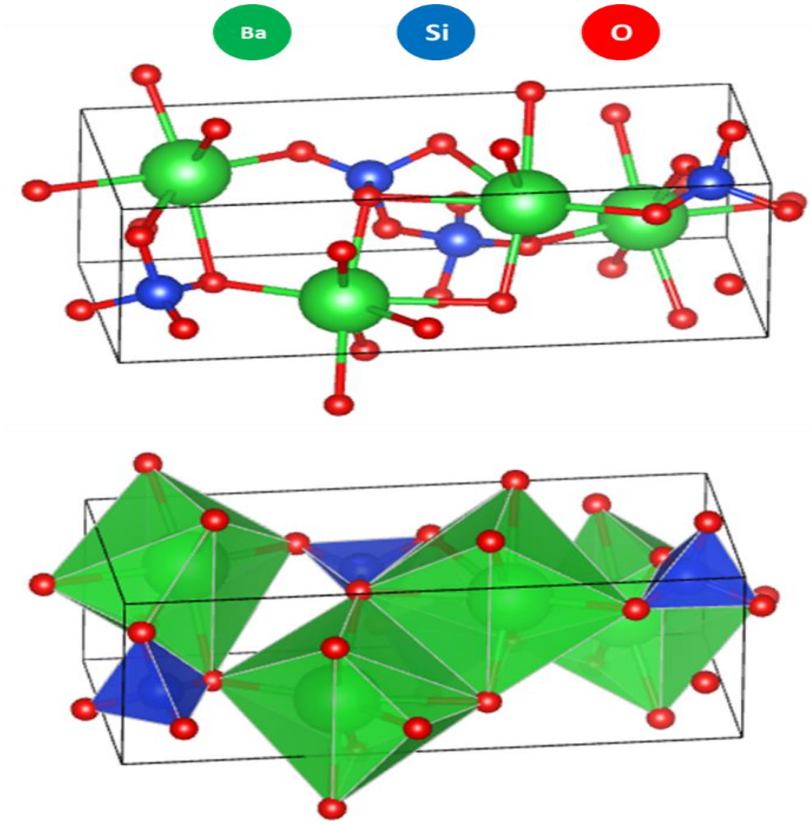
$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

$$d = \left[\frac{a^2}{h^2} + \frac{b^2}{k^2} + \frac{c^2}{l^2}\right]^{1/2}$$

وبالاعتماد على جدول قيم زوايا الانعراج المذكور (الجدول رقم 2) والتي تعود فيه القمم للمركب المتشكل بصورة نقية نجد قيم أبعاد الخلية الأساسية وكانت:

$$a=6.1207\ Å,\ b=13.2033Å,\ c=\ 5.0531Å$$

وبالتالي يمكننا توضيح البنية البلورية للمركب وفق الشكل التالي:



الشكل (12) البنية البلورية لمركب سيليكات الباريوم وفق النمط البلوري المعيني القائم

نلاحظ من الشكل السابق تموضع ذرات السيليكون في مركز رباعايات الوجوه وهو ما أثبته طيف (IR) للمركب المحضر.

6- الخلاصة والتوصيات:

1- تم في هذا البحث تحضير المركب سيليكات الباريوم بطريقة الاصطناع الصلب انطلاقاً من أكسيد الباريوم وأكسيد السيليكون.

2- تم دراسة تحضير المركب عند درجات حرارة مختلفة ضمن مجال (600- 1100 °C) وكانت الدرجة المناسبة للتحضير (700 °C) وهو ما ظهر بمخطط (DTA) وأكدته مخططات (XRD).

3- تم اثبات هوية الجملة بالاعتماد على مخططات XRD, IR للعينات ومقارنتها مع البطاقات المرجعية المذكورة.

4- نوصي بدراسة تحضير مركبات سيليكاتية للعديد من المعادن نظراً للتطبيقات الهامة لها.

المراجع:

1. Fernandez-Garcia M, Martinez-Arias A, Hanson JC, Rodriguez JA. Nanostructured oxides in chemistry: characterization and properties. Chemical Reviews. 2004 Sep 8;104(9):4063-104.
2. Buxbaum G, editor. Industrial inorganic pigments. John Wiley & Sons; 2008 Jul 11.
3. Roberts WL, Rapp GR, Weber J, Rapp GR. Encyclopedia of minerals. New York: Van Nostrand Reinhold; 1990.
4. Cho IS, Yim DK, Kwak CH, An JS, Roh HS, Hong KS. Investigation of crystal/electronic structure effects on the photoluminescence properties in the BaO–SiO2:Eu2þ systems. J Lumin. 2012;132:375–80.
5. Beglaryan HA, Melikyan SA, Zulumyan NH, Terzyan AM, Isahakyan AR. In fl uence of colloid synthesis techniques on barium silicates formation using silica hydrogel derived from serpentine minerals. J Mol Liq [Internet]. 2019;291:111263. Available from: https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111263
6. Shiratori D, Engineering M, Nakauchi D, Ph D, Fukushima H, Kato T, et al. Photoluminescence and scintillation properties of Ce-doped barium silicate glasses synthesized by the FZ method. Opt Mater (Amst) [Internet]. 2020;105(March):109895. Available from: https://doi.org/10.1016/j.optmat.2020.109895
7. Walia T, Singh K. Mixed alkaline earth modifiers effect on thermal , optical and structural properties of SrO-BaO-SiO2 - B2O3 -ZrO2 glass sealants. J Non Cryst Solids [Internet]. 2021;564(October 2020):120812. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2021.120812
8. Gong L, Liang J, Kong L, Chen B, Li Y, Tian G. Synthesis of high-performance copper barium silicate composite pigment from waste iron ore tailings. Ceram Int [Internet]. 2021;(June). Available from: https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.06.230

تطوير منهجية جديدة لبناء شجرة القرار باستخدام طريقة هجينة تعتمد على الخوارزمية الجينية وخوارزمية النمل

الطالبة: هدى علي حبش

جامعة البعث – كلية العلوم – قسم الرياضيات

المشرف المشارك: د. عبد الله العمر المشرف: د. زكريا زكريا

الملخص

تُعدّ نظم دعم اتخاذ القرار ناتجاً لتطوُّر تقنية المعلومات بشكل كبير، وتركِّز هذه النظم على توفير الدعم المناسب لتحسين جودة القرار والتي تعتمد على توفُّر المعلومات الكافية وملاءمة النماذج لتحليل المشكلة.

سندرس في هذا البحث خوارزميات إنشاء أشجار القرار وتطويرها، عن طريق اقتراح خوارزمية هجينة تعتمد على دمج الخوارزمية الجينية مع خوارزمية النمل لبناء شجرة القرار باستخدام منهجية جديدة تستفيد من خصائص الخوارزميتين معاً، وهما: ميزة وراثة الصفات الجيدة في الخوارزميات الجينية وميزة التواصل المجتمعي في خوارزمية النمل بهدف الوصول إلى شجرة القرار المثالية التي تتفوَّق على المنهجيات المتبعة سابقاً، ويعرض تفاصيل هذه المنهجية ويوضح نتائجها على مجموعة بيانات حقيقية حيث تظهر المقارنة تحسُّن نتائج هذه الطريقة على نتائج الطرق السابقة في مجال بناء أشجار القرار.

الكلمات المفتاحية:

نظم دعم اتخاذ القرار، أشجار القرار، الخوارزميات الجينية، خوارزمية النمل، الوراثة، التواصل المجتمعي.

Developing a New Methodology to Construct Decision Trees by Using a Hybrid Method Based on Genetic Algorithms and Ant Colony Optimization

Huda Ali Habash
ALBaath University – College of Science – Mathematics department

Abstract:

Decision support systems are considered the result of the advanced development of information technology, as these systems focuses on providing suitable support to improve decision quality that depends on information sufficiency and model fitness to analyze the problem. This research aims at studying and developing decision tree construction algorithms, it suggests a hybrid algorithm that depends on combining both genetic algorithm and ant colony optimization to build a decision tree using a new methodology that makes use of both approaches, which are: the ability to develop good individuals in genetic algorithms and the social communication features of ant colonies. To achieve an optimal decision tree that can overcome available methodologies. This research shows the details of this methodology and elaborates its results by testing it on a real life dataset, the results confirms the superiority of this method compared to previous ones in the field of decision tree construction.

Key Words:

Decision support systems, Decision trees, Genetic algorithm, Ant colony optimization algorithm, Genetics, Community communication.

1. مقدمة:

في السنوات الأخيرة أصبحت هناك حاجة مُلحة لاستخراج المعلومات من القيم غير المؤكدة وغير الدقيقة والغامضة بالتوازي مع القيم الموجودة في قواعد البيانات.

تعتبر قواعد البيانات اليوم من المجالات الهامة والمستخدمة بشكل واسع في هذا العصر.. عصر المعلوماتية. ومع ازدياد قواعد البيانات وضخامة محتوياتها كان لابد من ظهور أدوات وخوارزميات تساعد في التنقيب في البيانات وإعطاء المستخدم المعلومات المفيدة منها. ونتيجة لذلك ظهر مجال هام من مجالات الذكاء الصنعي يدعى التنقيب في البيانات (Data Mining) كتقنية تهدف إلى استخراج المعرفة من كميات هائلة من البيانات، وهي تقنية حديثة فرضت نفسها بقوة في عصر المعلوماتية، والتنقيب في البيانات هو عملية اكتشاف الارتباطات والأنماط والاتجاهات الجديدة المفيدة من خلال التدقيق في كميات البيانات الضخمة، باستخدام تقنيات تمييز النماذج (Pattern Recognition)، بالإضافة إلى التقنيات الرياضية والإحصائية، بهدف التنبؤ بالسلوك المستقبلي ووضع الحلول المناسبة للمشكلات قبل وقوعها في حال حدوثها أو من باب التنبؤ بها قبل وقوعها بهدف التطوير والتحديث بشكل عام في شتى المجالات [9].

في الواقع تُعتَبَر تقنية النظم الخبيرة (Expert Systems) من أهم فروع الذكاء الصنعي (Artificial Intelligence) وأكثرها تطوّراً، ويمكن تعريف النظام الخبير بأنّه عبارة عن برنامج حاسوبي يحتوي على خبرة الإنسان (Human Experience) ومَلكة التمييز (judgment) وقواعد التفكير (Rules of thinking)، والبديهية (Intuition)، وخبرات أُخرى لتقديم نصائح وحلول في تخصص أو مجال مُعين، ويمكن للنظام الخبير التخزين والمحافظة على الخبرة النادرة التي توجد عند عدد من الخبراء والتي يكون من الصعب استشارتهم في أيّ لحظة عند اللزوم[11]، وبعبارة أُخرى، إن النظام الخبير يحاول تقليد أو مُحاكاة الإنسان في تفكيره وطريقته في حل المشكلات في مجال معين [10].

يتميز النظام الخبير بقدرته الفائقة على تفاهمه مع المستخدم، وهذا التفاهم يتم عن طريق أسئلة محددة يوجهها النظام للمستخدم الذي يقوم بدوره بالإجابة عنها، ومن ثم يقوم النظام بتفسير المعلومات المنتقاة من تلك الإجابات وتحليلها ويصل إلى استنتاج قد يُساعد المستخدم على اتخاذ قرار أو القيام بإجراء يُسهم في حل المشكلة تحت الدراسة.

لقد تمَّ تطوير العديد من النظم الخبيرة في مجالات عدّة ولا يزال هناك العديد من المجالات التي تستخدم فيها النظم الخبيرة مما جعل هُناك تطوراً في أدوات تصميم وتطوير تلك النُظم لتلبية المتطلبات التقنية من حيث السرعة والكفاءة والقدرة على التوسع وغيرها وكذلك متطلبات المستخدمين من حيث طرق العرض والتعامل.

تهدف أشجار القرار إلى مساعدة متخذ القرار على التفكير المنظم في المشكلات المعقدة، ويركز على تحليل المشكلات الإدارية بطريقة عملية تسعى إلى تزويد متخذي القرار بالمعلومات المناسبة التى تساعده على التفهم والتبصُّر بالعوامل المؤثرة والظروف المحيطة بالقرار والنتائج المتوقعة للخيارات المتاحة [12].

تُعتبر نظم دعم اتخاذ القرار الذكية من تطبيقات الذكاء الصنعي [10]، فهي تساعد على اتخاذ القرار في كافة المجالات، الاقتصادية والزراعية وفي مجال الطقس وغيرها... [14].

في الواقع تُعتبَر أشجار القرار من أهم خوارزميات بناء نظم دعم اتخاذ القرار، والتي تعتبر من أهم أدوات تحليل القرار التي تساعد على اتخاذ القرار بالتوازي مع النماذج الاحتمالية وخوارزميات الاختيار [3].

يُمكن أن تُستخدم شجرة القرار لتمثيل القرارات وعمليات اتخاذ القرار بصرياً، وهذا يساعد في عملية تحليل القرار، و تَصِف أشجار القرار البيانات في عمليات التنقيب في البيانات (لكن ناتج شجرة التصنيف يُمكن أن يكون من المدخلات لعملية اتخاذ القرار).

تندرج خوارزميات شجرة القرار تحت فئة خوارزميات التعلم تحت الإشراف (Supervised Learning). والدافع العام لاستخدام شجرة القرار هو إنشاء نموذج

تدريب يمكن استخدامه للتنبؤ بفئة أو قيمة المتغيرات المُستهدفة من خلال تعلم قواعد القرار المُستَنتَجة من البيانات السابقة (بيانات التدريب) [8] .
باختصار فإن دور شجرة القرار هو مساعدتنا على اتخاذ قرارات جيدة أو قرارات في ظروف معينة [15].

في الواقع إنَّ العديد من الباحثين قد اهتموا بأشجار القرار والطرق التي تهتم ببنائها، وحاولوا تطوير خوارزمياتها المختلفة وتحسينها، فظهرت العديد من خوارزميات أشجار القرار التي سنتحدث عنها لاحقاً مثل خوارزمية ID3، و CART ، C4.5 ، C5.0 وغيرها [14].
ومن الجدير بالذكر أنَّ عملية إيجاد الشجرة الأفضل التي تُناسِب البيانات هي عملية NP (Nondeterministic Polynomial) والتي لا تُحَل بزمن نموذجي [15]، لذلك فإنَّ كل الطرق الموجودة هي طرق تقريبية نحاول اختيار طريقة تعطينا بناءً على التجريب على عدد كبير جداً من مجموعات البيانات (Data Sets) واعتماداً على دقة النتائج نستنتج أنها الطريقة الأمثل [15].

لنتكلم بدايةً عن الطرق التي تمَّ العمل عليها لبناء أشجار القرار، وهي طريقة تَعَلُّم خاضع للإشراف (Supervised Learning)، تُستخدم للتصنيف والانحدار (Regression). تُطبَّق عملية التصنيف عن طريق مجموعة من القواعد أو الشروط التي تحدد المسار الذي سيُتَّبَع ابتداءً من عقدة الجذر وانتهاءً بإحدى العقد النهائية التي تمثل الرمز للغرض المُصَنَّف، وينبغي عند كل العقد غير النهائية اتخاذ قرار حول مسار العقد التالية، وبسبب سهولة تطبيق أشجار القرار ووضوحها فهي منتشرة جداً ربما لأنها تشبه إلى حد ما طريقة تفكير الانسان لاتخاذ أي قرار أو التنبؤ به، لذا فإننا يجب أن نلاحظ عدة قواعد تتميز بها أشجار القرار الجيدة [14]:

1- يجب أن تتناسب شجرة القرار مع البيانات (Data)، بمعنى أن الصفات (Attributes) ذاتها يجب أن تعطي القرار ذاته.

2- من الأفضل أن يكون لشجرة القرار ارتفاعاً قليلاً، أي أنه لا يجب أن تعطي شجرة القرار عدداً من المسارات بقدر عدد البيانات (Data)، وإلا لن يكون هناك فائدة تُذكر لهذه الشجرة.

3- كلما كان ارتفاع الشجرة أقل وعدد عناصرها أقل كان ذلك أفضل، وكانت دقتها أعلى.

لذلك عند بناء شجرة القرار يجب ملاحظة ما يلي [9]:

أ- البيانات التي تصف حالة ما يجب أن تُحَلَّل إلى مجموعة من الصفات (Attributes) التي يُعَبَّر عنها في جدول حيث تملك كل صفة مجموعة من القيم (values) وقد تكون هذه القيم متقطِّعة أو مستمرة ويجب أن تكون قيم أي صفة ثابتة وليست متغيرة من حالة لأخرى (قيم صفة ما تارة متقطعة وأخرى مستمرة).

ب- يجب أن تكون الصفوف التي ستدل عليها العينات محددة مسبقاً، ويطلق على هذا المصطلح في مجال تعلم الآلة (Machine learning): التعلم بواسطة مُشرِف(supervised–learning). (حيث يمثِّل الصف القرار المتعلق بالصفات المرتبطة بعيّنة ما)

ج- يجب أن تكون الصفوف منفصلة (أو متقطعة) (discrete classes) (حيث تنتمي الحالة لصف معين).

د- يجب أن تكون البيانات كافية: حيث أن الاستقراء في صيغة شجرة القرار يعتمد على اختبارات إحصائية لذلك لابد من توافر عدد كافي من العينات حتى تكون هذه الاختبارات فعالة كما تتأثر كمية البيانات المطلوبة بعدة عوامل مثل عدد الصفات وعدد الصفوف وتعقيد نماذج التصنيف، فعندما تزداد هذه العوامل يجب أن تتوفر بيانات أكثر وذلك لبناء نموذج تصنيف أكثر وثوقية [11].

سنعرض في هذا البحث طريقة جديدة لبناء أشجار القرار تعتمد على دمج الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm) مع خوارزمية مستعمرة النمل (Ant Colony Algorithm).

كما سنقارن الطريقة المقترحة مع الطرق الأخرى وسنعرض النتائج التي توضح تحسين النتائج بشكل كبير عن الخوارزميات السابقة، مما يدل على أن هذه الخوارزمية يمكن أن تُعتَبَر أفضل من سابقاتها.

2. هدف البحث:

يهدف البحث إلى تطوير طريقة جديدة لبناء شجرة قرار فعالة وسريعة وأفضل من الطرق الموجودة حالياً، وذلك عن طريق استخدام منهجية هجينة تعتمد على دمج الخوارزمية الجينية بخوارزمية مستعمرة النمل، حيث نقوم بتمثيل الأشجار على شكل أفراد ضمن مجتمع ما لتطبيق الخوارزمية الجينية، ثم نجعل هؤلاء الأفراد يتأثرون بطريقة التعلُّم الخاصة بخوارزمية النمل، وبالتالي نستفيد من مميزات الخوارزميتين معاً، أي الاستفادة من ميزة وراثة الأجزاء الجيدة في الخوارزمية الجينية وميزة التواصل المجتمعي في خوارزميات النمل، وبالتالي يكون الهدف هو الوصول إلى شجرة القرار المثالية التي تُضاهي بقدراتها المنهجيات المتبعة سابقاً.

3. الدراسات السابقة:

- تم اقتراح المبدأ الاساسي للخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm) عام 1975 من قبل العالم هولاند، وذلك وفقاً لنظرية دارون والتي تعتمد على مبدأ البقاء للأصلح. بحيث تعمل الخوارزمية اعتماداً على مبدأ أن الأفراد الذين هم أكثر عرضة للبقاء على قيد الحياة لفترة أطول هم الأشخاص الأفضل من حيث سماتهم الوراثية [14].

على مدى أجيال عديدة، تنتشر هذه المادة الوراثية الملائِمة لعدد متزايد من الأفراد، في الخوارزمية الجينية، يمثل كل فرد، بمعنى آخر كل "كروموسوم"

Chromosome ينتمي إلى المجتمع، حلاً محتملاً للمشكلة، وتمر الخوارزمية الجينية بعدة مراحل من أجل أداء وظيفتها، هذه المراحل هي: التهيئة والتقييم والاختيار والعبور (التزاوج) والطفرة [16].

- اخترع روس كوينلان J. Ross Quinlan خوارزمية الـ ID3 (Induction decision tree based on information Gain) لأول مرة عام 1975 والتي استخدمها لتوليد شجرة القرار من مجموعة من بيانات ثُنائية التفرع، وإنَّ جوهر فكرة خوارزمية ID3 هو العثور على طريقة تصنيف تقلل من درجة اضّطراب البيانات، ومن أجل هذا فإنها تستخدم فكرة الإنتروبي (إنتروبيا المعلومات Entropy). وكلما زادت قيمة الانتروبي زاد اضطراب البيانات وكلما انخفضت انخفض اضطراب البيانات، ولتصنيف البيانات نأمل بالتأكيد في الحصول على أقل انتروبي ممكن. بعد ذلك، وفي كل مرة نختار فيها صفة تصنيف يجب تقليل درجة اضطراب البيانات إلى أقصى حد، ويسمى مقدار هذا التخفيض "كسب المعلومات" أو معدل ربح المعلومات (Information Gain) [18].

بشكل عام نلاحظ أن خوارزمية ID3 تنحاز لإنتاج شجرة قرار صغيرة قدر الامكان، ووضع الصفات ذات الربح الأعلى قريبا من عقدة الجذر. لكنها لا تتعامل مع الصفات ذات القيم المستمرة أو الصفات التي تحوي على قيم مجهولة، كما أنها لا تَستخدِم تقنيات التقليم (Pruning) [18].

- وفي عام 1984 قدم بريمان Breiman خوارزمية CART (Classification And Regression Tree) لأول مرة. تَفترِض CART أن شجرة القرار عبارة عن شجرة ثنائية، وأن قيم ميزات العقدة الداخلية هي "نعم" و "لا"، والفرع الأيسر هو الفرع بالقيمة "نعم"، والفرع الأيمن هو الفرع بالقيمة "لا". تُعادِل شجرة القرار هذه التكعيب المتكرِّر لكل ميزة، وتقسيم مساحة الإدخال، أي مساحة الميزة، إلى وحدات محدودة، وتحديد توزيع احتمالية التنبؤ على هذه

الوحدات، أي الاحتمال الشرطي للمخرجات في ظل الظروف المعينة للإدخال [1].

تَستخدِم خوارزمية CART دليل جيني (Gini Index) (وهو مقياس إحصائي من مقاييس التشتت يهدف إلى تمثيل عدم المساواة بين قيم متغيرة)، لتقسيم عقدة إلى عقدتين فرعيتين، حيث تبدأ بمجموعة التدريب كعقدة جذر ثمَّ بعد تقسيم العقدة الجذرية بنجاح إلى قسمين تقوم بتقسيم المجموعات الفرعية باستخدام نفس المنطق وتقسيم المجموعات الفرعية مرة أُخرى ويتم تكرار هذا التقسيم حتى الوصول إلى عقد فرعية نقية أو أقصى عدد من الأوراق في شجرة نامية، ويطلق على هذه العملية اسم التَّقليم (Pruning) [1].

- في عام 1992 اقترح ماركو دوريغو فكرة خوارزمية مستعمرة النملACO (Ant Colony Algorithm) في اطروحته للدكتوراة [5]، وتنضم هذه الخوارزمية إلى عائلة خوارزميات ذكاء السرب[3].

  كانت الخوارزمية الأولى لدوريغو تهدف إلى البحث عن مسار أمثل في رسم بياني، استناداً إلى سلوك النمل الذي يسعى لإيجاد مسار بين المستعمرات ومصدر الغذاء. ثمَّ تنوَّعت الفكرة الأصلية منذ ذلك الحين لحل فئة أوسع من المشاكل العددية، ونتجة لذلك ظهرت عدة مسائل مستندة إلى جوانب مختلفة من سلوك النمل [7].

- وفي عام 1993 اقترح J. R. Quinlan تطويراً للخوارزمية السابقة وهي خوارزمية C4.5 التي تُعَدُّ امتداداً لخوارزميته الأولى ID3 وتُستَخدَم لإنشاء شجرة قرار هدفها التَّعَلُّم تحت إشراف، وتَعتمِد هذه الخوارزمية على طريقة Hunt's cls لبناء شجرة قرار من مجموعة عينات التدريب T (Training samples)، لكن بقيت مجموعة البيانات في عملية بناء الشجرة، في هذه الخوارزمية، تحتاج إلى مسح وفرز عدة مرات بالتسلسل مما قد يؤدي إلى عدم كفاءة الخوارزمية [15].

- ثمَّ لم يلبث Quinlan أن قام بتطويرها في عام 1997 إلى خوارزمية جديدة دعاها C5.0 لاعتمادها في البرمجيات التجارية [2]، ويمكنها الاستفادة من الحواسيب متعددة المعالجات (أي استخدام أمثل للموارد).

تَكُون شجرة القرار المُنشَأة بواسطة C5.0 سهلة في الفهم والنشر، وتَحُل هذه الخوارزمية العديد من انواع المشاكل الجيدة، كما يمكنها التَّعامل مع الخصائص العددية والاسمية بالإضافة إلى البيانات الناقصة، ويمكننا استخدامها على مجموعة كبيرة أو صغيرة من البيانات، إلا أنها في الكثير من الأحيان قد تؤدي بشجرة القرار إلى الانقسامات مع عدد كبير من مستويات الميزات، وقد يَصعُب في مرحلة من المراحل تجميع النموذج أو ملاحظة عدم ملاءمته، بالإضافة إلى أن التغيرات الصغيرة في بيانات التدريب قد تؤدي إلى تغيرات كبيرة في منطق القرار [2] .

- في عام 2004 استخدم الباحثان (Holden and Freitas) خوارزمية (Ant–Miner) في مجال التصنيف [6]، وأظهر البحث أن خوارزمية (Ant–Miner) كانت أكثر فعّالية من خوارزمية التصنيف (C5.0)، وأيضاً تمَّ التَّحقُّق من جدوى بعض التقنيات المعالِجة المبنية على اللغة لتقليل عدد السمات. أول تطبيق لخوارزمية أمثَلة (Optimizing) عناصر السرب في التصنيف كانت عام 2004 من قبل (Sousa et al) [13]، وقد اقترح هؤلاء الباحثون استخدام خوارزمية أمثَلة عناصر السرب بوصفها أداة جديدة للتنقيب في البيانات، ومثَّلوا ثلاثة نسخ لخوارزمية أمثلة عناصر السرب، وهم: خوارزمية أمثلة عناصر السرب المتقطعة (Discrete PSO)، وخوارزمية أمثلة عناصر السرب ذات الانحدار الخطي للأوزان (Linear Decreasing Weight PSO)، وخوارزمية أمثلة عناصر السرب المتقطعة (Constricted PSO)، حيث أنَّ PSO هو اختصار للجملة (Particle Swarm Optimization) [7].

وقورنت نتائجها مع الخوارزمية الجينية وخوارزمية شجرة الاستقراء.

- في عام 2009، حاول Hong Liu و Gengui Zhou تحسين أشجار القرار عن طريق دراسة مشكلة الحد الأدنى لامتداد الشجرة (MTS) (Minimum Tree Span) وتمَّ تطوير خوارزمية جينية ذاتية التكيف للتعامل مع هذه المشكلة. تَعتَمِد الطريقة التي اقتُرِحَت على استخدام ترميز للشجرة لتمكين مَعلَمات الإستراتيجية من التطور جنبًا إلى جنب مع العملية التطورية، لكن واجهت هذه الطريقة صعوبات في تحسين الشبكة التقليدية والتعامل معها [17].
- وفي عام 2020 تمَّ اقتراح طريقة لتحسين دقة التصنيف من قِبَل S. Rzheutskaya و A. Rzheutskiy و R. R. Salikhova وذلك بناءً على النموذج المفسَّر لأشجار القرار باستخدام خوارزمية جينية في مرحلة بناء الشجرة، وتمَّ تقديم وصف عام للخوارزمية وخصائص تنفيذ العمليات الجينية. لكن لم يتم مقارنة تنفيذ هذه الخوارزمية بالخوارزميات الأخرى ولم يتم اثبات كفاءتها بمقارنتها مع الطرق الأُخرى [16].

4. مشكلة البحث:

لم تُثبِت أيَّ خوارزمية من الخوارزميات الحالية لبناء أشجار القرار أنها خوارزمية أمثلية أو أنَّ أشجار القرار التي تُنتِجُها هي أشجار قرار فعّالة، لذا فإنَّ إيجاد شجرة قرار أمثلية هي مسألة NP (Nondeterministic Polynomial)، كما ذكرنا سابقاً [15].

لذلك نبحث عن حل يجعل الخوارزميات التي تَبني شجرة القرار المثالية فعالة، لأنَّ أشجار القرار ذات أهمية كبيرة ومنتشرة الاستخدام.

5. تعريف المسألة:

ليكن لدينا مجموعة من البيانات الجدولية، يُمَثِّل كل سطر عنصر من البيانات يسمى عينة (Sample). وتُمَثِّل الأعمدة –ماعدا العمود الأخير– الصِّفات (Attributes)، بحيث كل عمود يعبِّر عن صفة للعينات، يسمَّى العمود الأخير الهدف (Target)، ويُمَثِّل القرار المرتبط بكل عنصر عينة.

في مسألتنا ستكون كل القيم ثنائية (بوليانية) لإثبات صحة الخوارزمية، ولكن هذا لا يعني أن الخوارزمية لا تُطبَّق على بيانات متعددة القيم.

نريد بناء نموذج لشجرة القرار اعتماداً على هذه البيانات الموجودة بحيث تَعكِس هذه الشجرة ارتباط الهدف مع الخصائص بأحسن طريقة ممكنة، وتُحقِّق شروط الشجرة الأمثلية التي تحدثنا عنها سابقاً، وتكون قابلة للتعميم. أي أنَّ المسألة هي مسألة تعلُّم آلي (Machine Learning).

5. المنهجية المقترحة:

تَعتمِد المنهجية المقترحة على طريقة تَدمج بين خوارزمية النمل ACO والخوارزمية الجينية GA للاستفادة من خصائص كلا المنهجيتين.

إنَّ شجرة القرار تتألَّف من مجموعة من العقد، وكل عقدة تَرتبِط بإحدى الصفات. كل عقدة لها أب.

كما ذكرنا فإنَّ أشجار القرار تتميز عن بعضها بعدة معايير:

a) معايير قياس الأداء المرتبطة بالبيانات (حيث الأعلى هو الأفضل) (مثل: الدقة P (Precision)، الاستعادة R (Recall)، ومعيار f_1 (حيث f_1 هو المتوسط التوافقي للدقة P والاستعادة R، ويُحسب بالعلاقة:

$$f_1 = \frac{1}{\frac{\frac{1}{P}+\frac{1}{R}}{2}} = \frac{2PR}{P+R} \quad \text{.....} \quad (1)$$

.( )

b) ارتفاع الشجرة (حيث الأقل هو الأفضل).

c) عدد الأوراق (حيث الأقل هو الأفضل).

لذلك سنستخدم الجمع الموزون للقيم السابقة للحصول على جودة الشجرة. فإذا كان لدينا شجرة ارتفاعها الأقصى h وارتفاعها الحقيقي d وعدد أوراقها L. وعند حساب معامل f_1 (العلاقة (1)) كانت قيمته f. عندئذٍ تكون جودة هذه الشجرة G حيث:

$$G = a * f + b * \frac{h-d}{h} + c * \frac{2^{h-1}-L}{2^{h-1}} \quad \text{..... (2)}$$

حيث $a+b+c=1$ هي قيم اختيارية تعطي أفضلية لكل معيار (يمكن وضعها تجريبياً). ويفضل استخدام قيمة عالية لـ a لأن الأهمية هي للدقة.

سنقوم بتعريف دالة رياضية منطلقها هو الجداء الديكارتي لمجموعة الصفات، ومستقرها هو المجال $[0,1]$، ولندعوه $Ph(X,Y)$ تُعبِّر هذه الدالة عن الثقة بإمكانية أن تكون العقدة المرتبطة بالخاصية Y هي ابن للعقدة المرتبطة بالخاصية X. (ولنتذكر أننا أضفنا عقدة وهمية مرتبطة بخاصية وهمية للجذر). سيتم تحديد قيم هذه الدالة باستخدام خوارزمية النمل. نقوم بتوليد عدد من الأشجار بشكل عشوائي (الطريقة العشوائية كما سنذكر لاحقاً)، نقوم بتقييم كل شجرة من هذه الأشجار العشوائية بحسب الدالة G (العلاقة (2))، ونختار الشجرة الأفضل.

بما أن هذه الشجرة هي الشجرة الأفضل هذا يعني أن الارتباطات داخل الشجرة أدَّت إلى نتيجة جيدة، لذلك سنقوم بالاستفادة من هذه الشجرة لتعديل قيم الدالة $Ph(X,Y)$.

من أجل أي عقدتين أب وابن في الشجرة وليكونا مرتبطين بالصفتين X و Y ، نقوم بزيادة قيمة الدالة $Ph(X,Y)$ بمقدار ثابت تجريبي، ومن ثمَّ نقوم بعملية تطبيع (Normalization)، وبعد إعادة هذه العملية عدد كافٍ من المرات –آخذين بعين الاعتبار أنَّ التوليد العشوائي للأشجار مرتبط بالدالة $Ph(X,Y)$ كما سنذكر لاحقاً– فإنه ستتقارب قيم الدالة $Ph(X,Y)$ نحو قيم ثابتة تُحقِّق أفضل شجرة قرار ممكنة نوعاً ما.

لبناء الشجرة بشكل عشوائي متحيّز للدالة $Ph(X,Y)$ (أي بحيث يكون التوزُّع الاحتمالي مرتبط بالتابع $Ph(X,Y)$)، سنأخذ بعين الاعتبار الحقيقتين التاليتين:

1- كلما كانت الدالة $Ph(X,Y)$ ذات قيمة أعلى كان احتمال أن تكون العقدة Y هي ابن للعقدة X أكبر.

2- يجب الأخذ بعين الاعتبار في نظرية المعلومات (Information Theory) كلما كانت العقدة تحقق قيمة انتروبي (اعتلاج Entropy) أقل كلما كانت هذه العقدة أفضل ليتم اختيارها [4].

الآن سنُعَرِّف االدالة $Ph(X,Y)$ والتي هي احتمال أن تكون العقدة Y هي ابن للعقدة X. لإيجاد قيمة هذه الدالة سنقوم بما يلي:

لتكن T هي البيانات المرتبطة بالشجرة الفرعية المراد إيجاد جذر لها والناتجة عن تقسيم البيانات وفق العقدة X. تكون الدالة:

$$Ph(X,Y)=(Gini-index(T))*Ph(X,Y)$$

أصبح لدينا لكل عقدة احتمال بعد التطبيع. سنستخدم طريقة العشوائية المَوزونة لاختيار العقدة المناسبة. ونطبق هذا الكلام على كل عقد الشجرة حتى بناء الشجرة بشكل كامل.

لاستخدام الخوارزمية الجينية يجب أن نقوم بتمثيل كل شجرة بسلسلة من الأرقام، ويجب أن تكون هذه السلاسل ذات نفس الطول لكي تعمل الخوارزمية الجينية.

لتمثيل الشجرة على شكل سلسلة نقوم بما يلي:

نقوم بترقيم الصفات (Attributes) بدءاً من 0 . الرمز الأول ضمن السلسلة هو رقم الصفة المرتبطة بالجذر، من أجل كل شجرة فرعية نقوم بحذف الجذر وترقيم الصفات المتبقية من جديد وإعادة العملية.

يكون التمثيل النهائي هو دمج لتمثيل الجذر مع تمثيل الشجرة اليمنى ومن ثمَّ الشجرة اليسرى.

$$R(t)=\begin{cases} empty & t=empty \\ R(root)+R(left)+R(right) & otherwise \end{cases}$$

ولكن باعتبار أنَّ أشجار القرار تختلف بأعماقها وبُنيتها فإنَّ الطريقة السابقة لن تقوم بتوليد سلاسل ذات طول متساوي ولا يمكن أصلاً إعادة فك تشفيرها. لذلك سنقوم بما يلي:

سنقوم باعتبار كل أشجار القرار هي أشجار كاملة (Perfect)، أي أننا سنُضيف عقد غير ضرورية للأوراق لتتوسع الأشجار ويصبح عدد العقد متساوي في كل الأشجار. مع ملاحظة أنَّ هذه الإضافة لن تتسبَّب في تغيير بنية الشجرة الحقيقية، لأنَّ الوصول إلى ورقة في شجرة القرار عندما لايتم استخدام كامل الصفات هو مُكافِئ لاستخدام أي صفة من هذه الصفات بعد هذه الورقة وهو لا يضر إلا بزيادة ضئيلة جداً في التعقيد الزمني.

أصبح التمثيل لكل الأشجار متساوي الطول وأصبح التمثيل قابلاً للعكس، لأنَّ كل عقدة تُمَثَّل بدليل محدد، وهو ضِعف دليل الأب. (نظرية معروفة بتمثيل الأشجار الكاملة) [18].

بما أنَّ كل الأشجار أصبحت مُمثَّلة بشكل سلسلة من الأرقام وتُمَثِّل هذه السلاسل الكروموسومات في الخوارزمية الجينية، فيمكن تطبيق الخوارزمية الجينية التقليدية (من اختيار Selection وتزاوج Crossover وطفرة Mutation) ونُعِيدها حتى نصل للتقارب.

للاستفادة من الخوارزميتين معاً حيث تساعدنا خوارزمية النمل على التوليد العشوائي للأشجار بشكل يميل إلى الصحة، و تساعدنا الخوارزمية الجينية على تحسين الأشجار

الموجودة، سنقوم بتكرار توليد الأشجار وتزاوجها بشكل متتالي للاستفادة من خصائص الخوارزميتين، حيث نقوم بتوليد مجموعة من الأشجار بشكل عشوائي بطريقة خوارزمية النمل ثم نقوم بتحسين هذه الأشجار التي قمنا بتوليدها باستخدام الخوارزمية الجينية، وبعد عدد كافٍ من الدورات نقوم باختيار أفضل شجرة (حسب G) وتعديل قيم الدالة $Ph(X,Y)$. ونعيد العملية السابقة عدد كافٍ من المرات للوصول لأفضل شجرة.

فيما يلي نوجز خوارزميتنا المقترحة بالخوارزمية التالية:

Inputs: dataset: d; Rows: R; Attributes: A; Target: T;

number of generations: gn;

Outputs: decision tree;

Implementation

$Ph(X,Y)$ is Probability of node Y to be a child of node X

Initialize $Ph(X,Y)$ by using uniform distribution

Repeat until no enhancement

P is the current population with size n

Repeat n times

T = generate tree ($Ph(X,Y)$)

Add T to P

Repeat gn times

Pick tow individual T_1, T_2 using tournament selection

Encode T_1

Encode T_2

$(T_1^{'},T_2^{'})=crossover\ (T_1,T_2)$

Mutate $(T_1^{'})$

Mutate $(T_2^{'})$

add $(T_1^{'}, T_2^{'})$ to new population

P = new population

PT = find best tree

Update pheromone ($Ph(X,Y)$, PT)

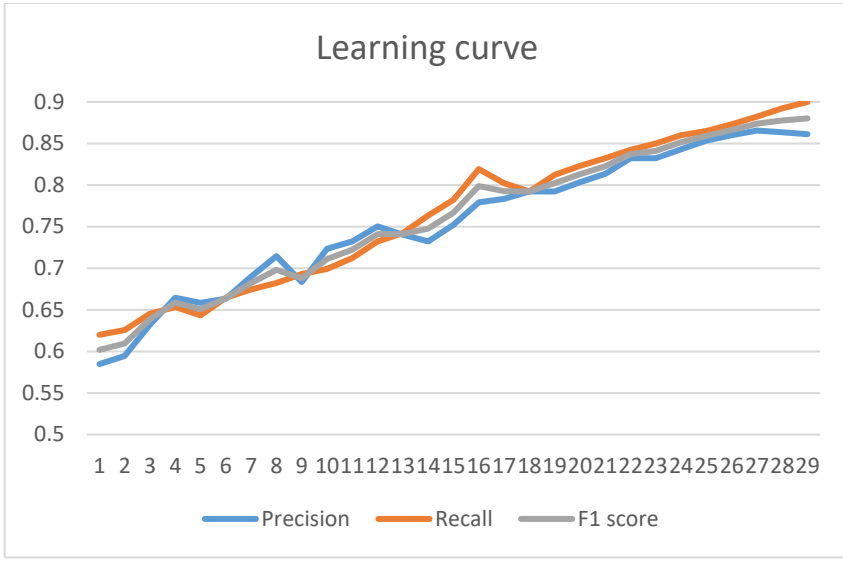
Print best tree

6. النتائج ومناقشتها:

قُمنا بتطبيق الخوارزمية السابقة باستخدام لغة بايثون وبرمجتها. لتجريب الخوارزمية السابقة حصلنا على مجموعة بيانات مرتبطة بأمراض القلب، الهدف منها تحديد ما إذا كان المريض المُحَدَّد بالصفات المطروحة مُرَشَّحاً للإصابة بقصور قلبي أم لا بحسب صفات طبية، مثل السن والضغط والتوتر الشرياني، ...

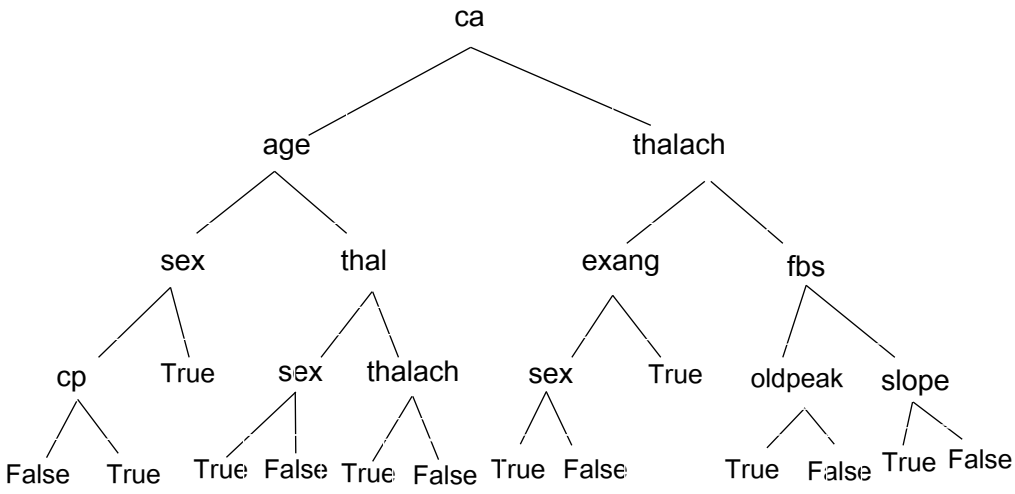
قمنا بتحويل كل البيانات إلى بيانات ثنائية (الضغط (مرتفع/ منخفض) – الجنس (ذكر/ أنثى)– العمر (كبير/ صغير) ...)، قمنا بتشغيل البرنامج وحصلنا على نتائج ممتازة.

يعرض الشكل (1) مخطَّط تَعَلُّم الخوارزمية ويُوَضِّح معايير القياس.



الشكل (1)

في الشكل (1)، كل خط يمثل إحدى الخوارزميات أثناء تنفيذ الخوارزمية خلال عدد الدورات. نلاحظ أنه على الرغم من تحسن الثقة في البداية في الخوارزمية الهجينة المقترحة إلا أنها لم تكن الأعلى، لكن بعد فترة أصبحت الثقة في خوارزميتنا هي الأعلى وتفوقت على الخوارزميات الأخرى.



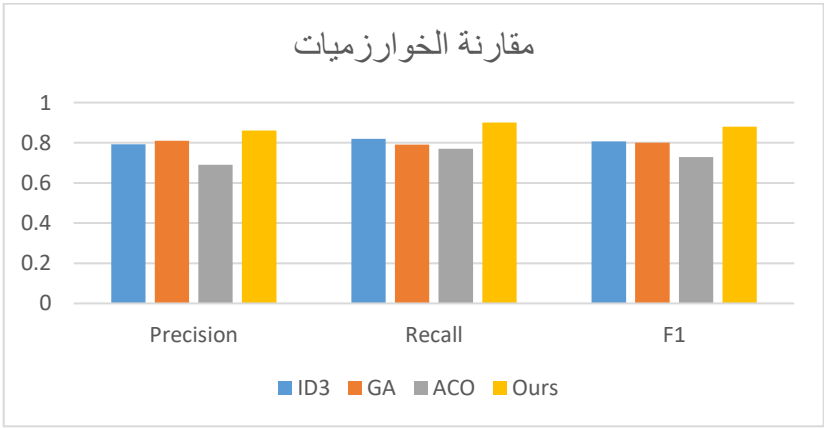
يعرض الجدول (1) النتائج المتعلِّقة بالشجرة المُستَقرَأة.

الجدول (1)

Method	Precision	Recall	F1 score	Leaf count	Height
GA+ACO	0.86122	0.8999	0.88013523	8	4
GA	0.81023	0.8092	0.809714672	9	4
ACO	0.69543	0.7923	0.74071127	10	4
ID3	0.79833	0.7822	0.790182693	8	4

تدل القيم المذكورة في الجدول (1) على فعَّالية الخوارزمية المقترحة.

لتوضيح كفاءة الخوارزمية المقترحة يجب مقارنتها مع المنهجيات السابقة، لذلك قمنا بتطبيق ID3 وخوارزمية النمل والخوارزمية الجينية كل على حدة، وتمت المقارنة معهم وفق معايير الأداء المقترحة. فوجدنا النتائج الموضحة بالشكل (2):



الشكل (2)

كما ذكرنا سابقاً، يعرض الشكل (2) نتائج تطبيق عدة خوارزميات على نفس مجموعة البيانات التي قمنا بالتجريب عليها، من حيث معايير قياس الأداء المُرتَبِطة بالبيانات، ويُظهِر تفوُّق خوارزميتنا بشكل ملحوظ وفق كل المعايير. نستنتج مما سبق أن الخوارزمية المُقتَرَحَة فعالة وأعطتنا نتائج أفضل.

7. الاستنتاجات والتوصيات:

عرضنا في هذه الورقة البحثية منهجية هجينة تمَّ فيها دمج خصائص خوارزمية النمل في توليد أشجار قرار واختيار الجيد منها عن طريق ميزة التواصل المجتمعي، وخصائص الخوارزمية الجينية في وراثة الأجزاء الجيدة. وأظهرنا النتائج التي حصلنا عليها وتمَّت مقارنتها مع الخوارزميات السابقة كل على حدة، وكما يبدو من النتائج أن الخوارزمية الهجينة المُقتَرَحَة جيدة وفعَّالة. ويجب اختبارها على نتائج أُخرى وتطويرها أكثر ربَّما بدمجها مع تقنيات أُخرى لخوارزميات أُخرى أيضاً.

8. المراجع:

1. Deepanker., 2019- Decision Tree with CART Algorithm. [Internet].
2. Czar Yobero., 2018- Determining Creditworthiness for Loan Applications Using C5.0 Decision Trees.
3. Dorigo M, Birattari M, Stutzle T., 2006- Ant colony optimization – IEEE Journals & Magazine [Internet].
4. Dorigo M., 2007- Ant colony optimization| Scholarpediam [Internet].
5. Gambardella L, Dorigo M., 2000- An Ant Colony System Hybridized with a New Local Search for the Sequntial Ordering Problem| INFORMS Journal on Computing [Internet].

6. Holden N. and Freitas A.A., 2004- Web Page Classification with an Ant Colony Algorithm, Conference: Parallel Problem Solving from Nature.

7. Holden N. P. and Freitas A. A., 2007- A Hybrid Pso/Aco Algorithm for Classification, GECCO Workshop on Particle Swarms.

8. Jurafsky D., Martin J. H., 2008- Speech and Language Processing, second edition, Prentice Hall.

9. Liu B., 2008- Web Data Mining Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data, Springer-Verlag , Berlin Heidelberg, New York.

10. Qi X. and Davison B.D., 2009- Web Page Classifcation: Features and Algorithms, ACM Computing Surveys.

11. Rao S.S., 2009- Engineering Optimization Theory and Practice.
12. Scime A., 2005- Web Mining Applications and Techniques.

13. Sousa T., Silva A., and Neves A.,2004- Particle Swarm based Data Mining Algorithms for classification tasks, Parallel Computing.

14. Z. Bandar, H. Al-Attar, K. Crockett, 1999- Genetic Algorithms For Decision Tree Induction.

15. I. S. Damanik, A. P. Windarto, 2019- Decision Tree Optimization in C4.5 Algorithm Using Genetic Algorithm.

16. S. Rzheutskaya, A. Rzheutskiy, R. R. Salikhova, 2020- Applying a genetic algorithm to build a classification tree.

17. H. Liu, G. Zhou, 2009- Minimum Spanning Tree Problem Research Based on Genetic Algorithm.

18. G. Liang, 2005- A comparative study of three Decision Tree algorithms: ID3, Fuzzy ID3 and Probabilistic Fuzzy ID3.

دراسة تأثير بعض الصادات والمطهرات على الزائفة الزنجارية المعزولة من مرضى في محافظة حمص

مروه الشاطر[1] **أ.د. ندى محفوض[2]**

[1] طالبة ماجستير في قسم علم الحياة، كلية العلوم، جامعة البعث، حمص، سوريا.

[2] أستاذة دكتورة في قسم علم الحياة، كلية العلوم، جامعة البعث، حمص، سوريا.

ملخص

تناولت الدراسة جمع عينات مرضية بواقع 200 عينة من مختلف مشافي مدينة حمص خلال الفترة الواقعة بين (1 تشرين الأول 2018 حتى 21 كانون الأول 2020)، إذ أظهرت نتائج الفحوصات الزرعية والكيميائية الحيوية عائدية 20 عزلة لجراثيم الزائفة الزنجارية *Psedumonas aerugenosa*

اختبرت حساسية العزلات اتجاه 5 أنواع من الصادات الحيوية، إذ بينت نتائج اختبار الحساسية الأولي لعزلات الزائفة الزنجارية *P.aerugenosa* أن جميع العزلات كانت مقاومة للصاد الحيوي الأمبيسيلين بنسبة 100% وأظهرت الجراثيم نسبة مقاومة معتدلة اتجاه الصاد الحيوي السيفتازيديم والأزيترومايسين 50% ، 40% على التوالي أما السيبروفلوكساسين فكانت نسبة المقاومة له 30% في حين أظهرت جميع العزلات حساسية واضحة اتجاه الصاد الحيوي الامبينيم بنسبة 100%.

أما اختبار حساسية العزلات الجرثومية ازاء المطهرات فكان مطهر السايدكس (انسترومنتN)

هو الأكفأ في السيطرة على العزلات الجرثومية بتركيز 100%،50%،25%، في حين أبدت مقاومة عالية اتجاه البوفيدون حيث أظهر انخفاضاً في قطر هالة التثبيط وهذا دليل على عدم كفاءته على العزلات قيد الدراسة.

الكلمات المفتاحية: مقاومة، صادات حيوية، زائفة زنجارية، سايدكس، بوفيدون، اختبار الحساسية.

Study Of The Effect Of Some Antibiotics And Antiseptics On *Pseudomonas aeruginosa* Isolated From Patients in Homs governate

Marwa Alshater[(1)]
Dr.Nada Mahfod[(2)]
[(1)] Master student in Biology Department, Faculty of Science, Abaath University, Homs, Syria.
[(2)] Professor in Biology Department, Faculty of Science, Abaath University, Homs, Syria.

Abstract

The study dealt with the collection of disease samples by 200 samples from (October 1,2018 to December 21,2020).
Psedumonas aeruginosa isolates were tested for sensitivity to 5 types of antibiotics, as the results of the initial sensitivity test for *Psedumonas aeruginosa.*
All isolates were resistant to the antibiotic Ampicillin by 100%, and the bacteria showed moderate resistanceto the antibiotics Ceftazidime and Azitromycin 50% and 40%, respectively.
As for Siprofloxacin, the resistance rate was 30%, while all isolates showed a clear sensitivity to the antibiotic Impenem at 100% .
As for the sensitivity test of bacterial isolates to wards antiseptics, the antiseptic Sidex (Instrument N) was the most efficient in controlling bacterial isolates at a concentration of 100% , 50% and 25% , while it showed a high resistance towards Povidon, which showed a decrease in the diameter of the inhibition diameter and this is evidence of the its insufficiency the trend of the isolates under study.

Key words: Resistance , Antibiotics , *Psedumonas aeruginosa* , Sidex , Povidone , Sensitivity test.

المقدمة:

– تعتبر *Pseudomonas aeruginosa* من الجراثيم الممرضة والواسعة الانتشار في الطبيعة بسبب أمراضيتها للإنسان والحيوان والنبات، لهذه الجراثيم القدرة على العيش في بيئات متنوعة فهي حرة المعيشة تعيش في التربة والمستنقعات والمناطق الساحلية والبحرية ومياه الأنهار[13].

– كما تعد *P.aeruginosa* واحدة من أهم الجراثيم السالبة لصبغة غرام المسببة لتفشي العدوى المكتسبة من المستشفيات [4]، إذ لوحظ في كثير من الأحيان صعوبة علاج الإصابات الناتجة عن هذه الجراثيم، لكونها تمتلك صفة المقاومة الطبيعية بالإضافة إلى قدرتها على اكتساب المقاومة تجاه العديد من الصادات مثل الامينوكلايكوسيدات، الفلوروكوينولينات، ومجموعة البيتالاكتام [5].

إذ جاءت هذه الجراثيم بالمرتبة الثانية بين الأنواع التي تسبب الامراض السريرية في المملكة المتحدة لاسيما حالات ذات الرئة في وحدة العناية المركزة.

– ونسبة الإصابة بهذه الجراثيم حوالي 11.4% في كل من أمريكا اللاتينية وأسيا، أما في أوروبا فكانت نسبة الإصابة 9.3%، في المملكة المتحدة 8.7% وأخيرا في كندا كانت نسبة الإصابة 8.6% [6].

– إن استخدام الصادات بشكل واسع في علاج هذه الجراثيم أدى إلى تطور المقاومة للصادات والتي قد تكون بسبب امتلاكها للبلازميدات [14].

– تمتلك *P. aeruginosa* العديد من عوامل الضراوة والمتمثلة بالسموم والانزيمات التي تفرزها هذه الجراثيم والتي تكون لها اثرا في امراضيتها ومن هذه الانزيمات، الانزيمات المحللة للدهون (ليباز) والانزيمات المحللة للدم (الهيمولايزين) فضلا عن الانزيمات المحللة للبروتين (البروتياز)، والتي تعد من الانزيمات المهمة التي تفرزها *P. aeruginosa* [15].

– تعد جراثيم *P. aeruginosa* عصيات هوائية متحركة [16] تستطيع هذه الجراثيم النمو في مدى واسع من درجات الحرارة إذ يتراوح هذا النمو بين (42–4) مْ لكن درجة الحرارة المثلى للنمو هي 37مْ [2]، ويعد نمو هذه الجراثيم بدرجة حرارة 42مْ من الصفات التشخيصية لها [17].

كما أنّها جراثيم سالبة لصبغة غرام وهي الأكثر شيوعاً في الإصابات الخاصة بالمستشفيات، وهي مقاومة للمحاليل الملحية والأصباغ والمطهرات المخففة والعديد من الصادات الحيوية وهذه الصفات الطبيعية تساهم في نجاحها كعامل ممرض انتهازي والتي تسبب انتشارها في المستشفيات وبالتالي تسبب ما يسمى بالخمج المكتسب (Nosocomial Infection) [18].

الدراسة مرجعية:

i. الخصائص العامة للجرثوم:

a) التصنيف الجرثومي:Classification

- يعد *Pseudomonas* الجنس النموذجي Genre- type لفصيلة الزوائف Pseudomonaceae، كذلك يعتبر *Pseudomonas aeruginosa* النوع النموذجي Especе- type لجنس الزائفة الزنجارية.
- تضم عائلة Pseudomondaceae أجناساً متعددة أخرى أهمها، *Rugamonas* ، *Rhizobaeter* ، *Mesophilobacter* ، *Cellvilorio* ، *Azotolocter* ، *Azomonas*.
- وتتدرج الأنواع التابعة لجنس *pseudomonas* في خمس مجاميع جرثومية ويعود النوع *P.aeruginosa* إلى المجموعة الأولى من النظام الثاني للتصنيف وهو النوع المثالي لمجموعته والتي تضم 12 نوعا آخر [49].

Class صف : Gamma Proteobacteria

Order رتبة : Pseudomonadales

Family فصيلة : Pseudomonadaceae

Genus جنس : *Pseudomonas*

Species نوع : *aeruginosa*

b) الشكل والتلون:Morphology & Staining

- هي عصيات سالبة لصبغة غرام متحركة بواسطة سوط قطبي وحيد (Unipolar flagellum)، أبعادها تتراوح بين (0.5-0.8) و (1.5-3) مايكرومتر، غير مكونة

للأبواغ درجة الحرارة المثلى لنموها هي 37مْ، قدرتها على النمو عند درجة الحرارة 42 مْ هو ما يميزها عن أنواع أخرى لنفس الجنس وهي غير قادرة على النمو عند درجة حرارة 5 مْ، كما يمكن تشخيصها بصورة أولية من خلال رائحة مستعمراتها النامية على الوسط الزرعي آغار الدم وهي ذات رائحة تشبه رائحة العنب (Grap–like odor).

توصف معظم سلالاتها بأنها هوائية مجبرة (Obligate aerobic) لكن لوحظ إن بعضها لاهوائية مخيرة (Facultative anaerobs) إذ تستطيع النمو عندما ينخفض الأوكسيجين بشكل جزئي أو كلي، كما أنها قادرة على النمو في ظروف لا هوائية في حالة توفر النترات NO_3 كمستقبل نهائي للالكترون في السلسلة التنفسية بدلا من الأوكسجين [49].

c) الصفات المزرعية:Cultural characteristics [50]

1- الزوائف في التيوغليكولات:

يكون النمو الجرثومي قمي لأن الزوائف هوائية مجبرة.

2- الزوائف في آغار الدم:

يكون شكل المستعمرات دائرية غير منتظمة الحواف تقيس 4-2 ملم مسطحة وحالة للدم من النمط بيتا، قد تكون شفافة أو داكنة –رمادية إلى بيضاء تتميز برائحة مميزة تشبه رائحة العنب.

3- آغار أزرق الميتيلينEMB :

تكون المستعمرات دائرية 4-2 ملم ذات تقبب خفيف – شفافة سطحها ناعم عديم اللون.

4- آغار كليجلر:

يكون السطح والقعر ذو لون أحمر غير منتجة للغاز ولا تطلق H_2S.

5- سيترات سيمون آغار:

تقوم بتحويل لون أزرق بروم الثيمول من اللون الأخضر إلى اللون الأزرق بسبب تحول الوسط إلى القاعدي وذلك لقدرتها على تفكيك السيترات واستخدامه كمصدر وحيد للطاقة.

6-انتاج الأصبغة:Production of pigments

- تشكل الزوائف الزنجارية مستعمرات دائرية ملساء ذات لون مخضر متألق، حيث تنتج غالبا صباغاً مزرقاً غير متألق يدعى البيوسيانين Pyocyanin والذي ينتشر في الآغار.

وتنتج أيضاً العديد من سلالات الزوائف الزنجارية الصباغ المتألق البيوفيريدين Pyoverdin والذي يعطي لوناً مخضراً للآغار.

- تنتج بعض السلالات صباغ البيوروبين Pyorubin ذي اللون الأحمر الغامق والصباغ الأسود البيوميلانين Pyomelanin. [51]

ii. الحساسية للعوامل الفيزيائية والكيميائية:

- الزوائف الزنجارية مقاومة للعديد من المطهرات بما فيها مركبات الأمونيوم الرباعية وفي الواقع فإن Dettol (chloroxylenol) والـ Citrimide (السافلون) كلاهما يستعمل في الأوساط الزرعية الانتقائية لعزل الزوائف ذاتها [50].
- إن السايديكس CIDEX فعال بشكل جيد ضد الزوائف الزنجارية لكن يجب اتخاذ الحيطة لتجنب التمديد الزائد غير المقصود واتباع تعليمات الشركات الصانعة من أجل تحضير المحاليل واستخدامها.
- إن الطريقة البديلة للتخلص من التلوث تكون بالتسخين حتى الدرجة 70 مْ عندما يكون ذلك مناسبا [23].

iii. حساسية الزوائف ومقاومتها للصادات:

- بدأ العلاج الكيميائي Chemotherapy من قبل العالم الألماني Paul Erlich (1854-1915) الذي أثبت بأن الصادات لها سمية إنتقائية (Selectively toxic) إذ تقتل الكائن الحي الممرض ولا تؤذي خلايا الإنسان ويكون لها تأثير في علاج الأمراض[49].

حيث تعرف الصادات الحيوية بأنها المواد الناتجة عن العمليات الإستقلابية الطبيعية للأحياء المجهرية ولها القدرة على تثبيط الأحياء المجهرية الأخرى أو قتلها، والصادات المصنعة المشتقة مخبرياً من الصبغات وبعض المركبات

العضوية، والصادات شبه المصنعة عند إضافة أو إزالة زمر وظيفية للنواتج الطبيعية للأحياء المجهرية [49].

- تتصف الزوائف الزنجارية بمقاومة طبيعية وشديدة مما يحد من الصادات المؤثرة فيها والقاعدة العامة هي أنها حساسة للصادات التالية :

الكربوكسي بينسيلين (المتيكارسيلين) والأوريدوبينسيلين (الأزلوسيلين- البيبراسيلين) وبعض السيفالوسبورينات كالسيفولودين والسيفوبرازون والسيفتازيديم [25].

هذا وأشار الباحث [25] أنه قد يكون هناك مجالاً لإختيار أضيق مما ذكر لظهور مقاومة مكتسبة لبعض هذه الصادات الأحدث كالإيميبينيم والأزيترونام ومركبات الفلوروكينولون.

- بينت الدراسات أن الزوائف الزنجارية حساسة للكاربامينات كالايمبينيم والميروبينيم والمونوباكتام أزيترونام.

- كما تعد المعالجة بالسيفتازيديم بديل جيد للأمينوغليكوزيدات، والمعالجة الأحادية بالسيفتازيديم أو الاميبينيم/سيلاستائين آمنة وفعالة.

أما الكينولونات مثل السيبروفلوكساسين فعلى الرغم من التحسس الملحوظ في الفعالية المضادة للزوائف لتلك الصادات فإنه من الضروري تطبيق جرعات عالية لمعالجة الانتانات الشديدة [50].

وفيما يخص الزوائف فهنالك مشكلة كبيرة تكمن في أن العديد من السلالات لا تستجيب سريرياً رغم حساسيتها الواضحة في الزجاج، حيث تفسر هذه الظاهرة جزئياً بالنسبة للأمينوغليكوزيدات بعملية المعاكسة النسيجية وتأثير الشوارد الموجبة ثنائية التكافؤ وضعف النفوذية النسيجية للصاد [23].

وفي حالة الإصابة بخمج خطر بالزوائف الزنجارية يجب أن يضم الدواء المبني على تحسس السلالات في الزجاج مشاركة صادين متآذرين يتسمان بخصائص مبيدة للجراثيم مثل الأمينوغليكوزيد مع البيتا-لاكتام، ويمكن إجمال المعالجة بالسيفتازيديم أو الازيترونام أو السيفولودين أو الايميبينيم أو مشاركة السيبروفلوكساسين مع الأميكاسين[25].

iv. مقاومة الزوائف الزنجارية للمطهرات:

- يستخدم مفهوم "المطهرات" للدلالة على كل المركبات المستعملة بهدف الحد من الأحياء الدقيقة والسيطرة عليها، وهي تقسم بشكل عام إلى نوعين ويستعمل كلاهما من أجل قتل

أو إيقاف نمو الأحياء الدقيقة عند تطبيقه على أنسجة حية أو على عناصر غير حية كالأسطح الخام ، حيث يطلق مصطلح " المطهرات Antiseptics " على المركبات الكيميائية الممكن تطبيقها على الجلد أو غيره من الأنسجة الحية بغرض قتل أو إيقاف نمو العضويات الدقيقة، أما" المطهرات Disinfectants" فهي المركبات الكيميائية الفعالة والمؤثرة على تلك العضويات والتي تطبق فقط على عناصر خاملة كالأرضيات، الأسرّة وغيرها [52].

– في الوقت الحالي وكنتيجة لتصاعد المخاوف بشأن احتمال التلوث ومخاطر العدوى في المواد الغذائية والأسواق الاستهلاكية العامة، ازداد استخدام المطهرات من قبل الإنسان حيث استعملت بشكل خاص كعامل مساعد في عمليات ضبط العدوى ومنع حدوث عدوى المشافي [27–28–29]، تختلف المطهرات عن الصادات الحيوية بعدة نقاط مثل تعدد مواقع تأثيرها ; فعلى خلاف الصادات الحيوية التي تملك أهدافاً خلوية ثابتة ومحددة في الكائن الحي الدقيق، تعمل المطهرات على عدة مواقع بالإضافة إلى اقتصار استخدامها خارجياً.[30]

– يطلق تصنيف" مطهرات المشفى "على المطهرات ذات القدرة العالية والقادرة على قتل ثلاثة أنواع من الجراثيم وهي :الزائفة الزنجارية *Pseudomona aeruginosa*، السالمونيلا التيفية *Salmonella Typhimurium* والمكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus*.[38]

غالباً ما تستخدم مطهرات هذا المستوى لمعالجة مواد طبية وجراحية محددة، حيث تكون (في ظل غياب الأبواغ الجرثومية سريعة التأثير وشديدة الفعالية) حيث تعتمد هذه الفعالية على العامل الكيميائي المستخدم من جهة وعلى الطريقة المستخدمة من جهة أخرى مثل التطبيق والتركيز المستخدم، يمكن مثلاً تحقيق ذلك عند التعرض لمدة 20 دقيقة على

الأقل ل% 2 من الغلوتار ألدهيد أو للمحلول (6 – 30) %من الماء الأوكسجيني [38].

في حين تكون المطهرات ذات الدرجة المتوسطة هي المطهرات القادرة على تثبيط نمو أو قتل الجراثيم،و معظم الفطور والفيروسات الصغيرة غير المغلفة والتي تكون أشد مقاومة من الفيروسات المتوسطة الحجم المغلفة.[38]

أما المواد الكيميائية ذات الطيف الضيق فتصنف كمطهرات من الدرجة المنخفضة كأملاح الأمونيوم الرباعية، الفينولات، المنظفات (وهي مناسبة كمنظفات للأسطح). تكون مطهرات هذه الدرجة قادرة غالباً على قتل أغلب الجراثيم وبعض الفطور والفيروسات المغلفة دون التأثير على عصيات السل والفيروسات غير المغلفة [38].

– يعد التلوث الجرثومي واحدًا من أكبر المشاكل الصحية في المستشفيات لما يسببه من الاخماج للمرضى الراقدين في المستشفى، وتسمى هذه الأخماج بأخماج المستشفيات Nosocomial Infection وأكثر المرضى إصابة بها مرضى وحدات العناية المركزة ICU_s (Intensive– Care Units) [39–40]

– كما تشير التقارير بأن حوالي 10–5 % من الراقدين في وحدات العناية المركزة في مستشفيات الولايات المتحدة يكتسب الإصابة بهذا النوع من الأخماج [41]، كما أشارت إحدى البحوث إلى أن من بين 100–60 ألف مريض مصاب بخمج المستشفيات يموت منهم نحو 10–5 ألف سنويا في فرنسا [42].

– يعتمد حصول الخمج وتطوره على عدة عوامل مهمة تشمل: مصدر وعدد وفوعة وطبيعة الجراثيم المسببة للخمج، أو طريقة تعرض المريض للعدوى والوسيلة التي انتقلت بواسطتها الجراثيم، وإن ميكانيكية وتداخل هذه العوامل يطلق عليه عادة بسلسلة الخمج Chain Of Infection إذ يحدث الخمج في ظروف مناسبة وعند توافر العوامل السابقة [43].

– تستخدم المطهرات الكيميائية في العديد من المستشفيات والمختبرات بشكل عشوائي ودون الرجوع إلى تعليمات الشركة المصنعة والمثبتة على العبوة الخاصة بالمطهر الكيميائي، مما يجعل المطهرات تفقد فعاليتها بسبب الاستعمال غير المناسب وفي المكان غير المناسب أو لكونها مستخدمة بتراكيز غير ملائمة، فالتلوث يحدث بسبب

التراكيز غير الملائمة المستعملة للمطهرات الكيميائية، إذ ساهم الاستعمال العشوائي للمطهرات الكيميائية في المستشفيات في ظهور العديد من السلالات الجرثومية المقاومة للعديد من المطهرات والصادات على حد سواء، مما ينجم عنه مشكلة خطيرة تكمن في صعوبة السيطرة على الأمراض المعدية، وقد أظهرت الدراسات أن للمطهرات دوراً كبيراً في حدوث الإصابات المكتسبة من المستشفيات وذلك عند استعمالها بشكل عشوائي وغير مدروس وإن الأحياء المجهرية المعزولة من محاليل تلك المطهرات تعد دليلاً واضحاً على مقاومة تلك الأحياء لها مما يجعلها مصدراً لحدوث تلك الإصابات[35].

أهمية البحث وأهدافه :

1. أهمية البحث:

إن زيادة مقاومة الجراثيم للعوامل المضادة للأحياء الدقيقة Antimicrobial agents شكل مشكلة منتشرة على نطاق عالمي، وشكل المقاومة أو نموذجها يختلف باختلاف المناطق، وهي أكثر شيوعاً في البلدان النامية.

لذلك تأتي أهمية البحث من ضرورة متابعة حساسية الزوائف للصادات الحيوية المستخدمة في علاج الأخماج الناجمة عنها والتي تزداد بسبب الاستعمال العشوائي للصادات الحيوية من قبل العاملين في القطاع الصحي أو المرضى أنفسهم، والذي أدى بدوره إلى ظهور سلالات جديدة تحمل صفات مقاومة عالية لهذه الصادات.

أما المطهرات فتمتاز بتأثيرها المحدود على الجراثيم، لذلك كان لابد من توضيح أثر الاستعمال العشوائي للمطهرات بدون اتباع التعليمات الخاصة بالشركة المصنعة، والذي بدوره يؤدي إلى تهديد سلامة المرضى الراقدين في المستشفيات وتلوث بيئتها الداخلية، بالإضافة إلى ظهور سلالات مقاومة لهذه المطهرات.

لهذا لابد من إجراء الفحوصات الدورية والاختبارات الكيميائية الحيوية وتأكيد هذه النتائج بالدراسات الجزيئية لتحديد صفاتها الجديدة المكتسبة.

2. أهداف البحث:

يهدف البحث إلى التقصي عن جراثيم الزائفة الزنجارية وإجراء الاختبارات حولها وذلك نظراً لأهمية معرفة العزلات الجرثومية التي تكتسب تحوراً وراثياً يجعلها أكثر ضراوة في

الإمراضية وذات قدرة عالية على مقاومة الصادات الحيوية، وذات تأثر ضعيف بالمعقمات والمطهرات فقد ارتأينا القيام بهذه الدراسة التي تهدف إلى:

1- عزل وتشخيص عزلات الزائفة الزنجارية المسببة لأخماج الجروح والإصابات المختلفة عند المرضى والملوثة لبيئة المستشفيات من خلال اجراء الاختبارات الكيميائية الحيوية لها.

2- التحري عن مدى حساسية الجراثيم المعزولة لبعض الصادات الحيوية، وتحديد العزلات المقاومة.

3- قياس فعالية بعض المطهرات المتداولة في مستشفيات مدينة حمص في تثبيط أو قتل الجراثيم ضمن تراكيز محددة.

المواد وطرائق العمل:

1. المواد المستخدمة:

i. أقراص الصادات الحيوية:

استخدمت في الدراسة الصادات التالية الموضحة في الجدول (1) المجهزة من شركة **Abtek** (Liverpool L9 7AR, UK)

جدول (1) : أقراص الصادات المستخدمة في الدراسة مع رمزها العلمي وتركيزها بالميكروغرام

الصاد الحيوي	الرمز العلمي	التركيز بالميكروغرام
الأزيترزمايسين	AZM	15
الاميبينيم	IMP	10
سيبروفلوكساسين	CPR	5
سيفتازيديم	CAZ	30
أمبسيلين	AM	10

i. الأوساط الزرعية:

استخدمت مجموعة من الأوساط الزرعية في الدراسة موضحة في الجدول (2) مع الشركات المصنعة لها:

الجدول (2): يوضح الأوساط الزرعية المستخدمة في الدراسة مع الشركات المصنعة لها

الوسط الزرعي	الشركة المصنعة
Broth Agar	Titan Biotech LTD / India
Nutrien Agar	Microxpress
Blood Agar	Himedia
Simmons Citrate Agar	Himedia
Mueller Hinton Agar	Himedia
Kligler Agar	Merck KGaA / Germany

i. المطهرات:

استخدمت نوعين من المطهرات الأكثر شيوعا في غرف العمليات لتطهير الجروح وتعقيم الأسطح وهي موضحة في الجدول رقم (3) مع الشركات المصنعة لها:

الجدول (3) يوضح المطهرات المستخدمة في الدراسة

المطهر	الاسم التجاري	الشركة المصنعة	التركيز
البوفيدون	بوفيلان رغوي	HCH Damascus	%4
سايديكس	كومبي انسترومنت N	Antiseptica الألمانية	كل 100 مل تحوي 8 غ غلوتر الدهيد 5.75 غ فورم أسيتال

2. طرائق العمل:

i. الأوساط الزرعية:

حضرت الأوساط الزرعية حسب تعليمات الشركة المصنعة، وعقمت بجهاز الصاد الموصد بدرجة حرارة 121 مْ لمدة 15 دقيقة.

A- المرق المغذي Broth Agar

B- الأغار المغذي Nutrient Agar

C- آغار الدم Blood Agar

D- آغار كليجلر Kliglar Agar

E- سيترات سيمون Cimmons Citrat

ii. جمع العينات:

جمعت العينات من المرضى في الفترة ما بين 1 تشرين الأول 2018 حتى 21 كانون الأول 2020 حيث تم جمع 200 عينة من حالات مرضية مختلفة ومن اسطح وأجهزة طبية حيث تضمنت العينات الايجابية ما يلي:

- 10 عينات إدرار.
- 5 عينات قيح توزعت 4 عينات قيح من أذن وعينة قيح جرح في القدم
- 1 عينة قشع.
- 1 عينة سائل منوي.
- 3 عينات أسطح (جهاز سحب مفرزات – سرير غرفة عمليات – حاضنة خدج)

iii. العزل والتشخيص الجرثومي:

A- العزل:

زرعت العينات المنشطة على وسط أغار الدم للتحري عن الجراثيم الملوثة للعينات وحضنت بدرجة حرارة 37 مْ لمدة 24 ساعة للحصول على المستعمرات وأعيد زرعها للحصول على جراثيم نقية.

بعد الحصول على مستعمرات نقية للعينات المدروسة تم اكثارها على وسط المرق المغذي بالحضن لمدة 24 ساعة بالدرجة 37 مْ، وتم الاحتفاظ بها على وسط آغار مغذي مائل (Salint) لتصبح جاهزة لإجراء الاختبارات الجرثومية.

B- التشخيص:

1.B. الخصائص الشكلية:

اعتمد على الصفات الزرعية للمستعمرات النامية على الأوساط الانتقائية و التفريقية إذ اعتمد على لون المستعمرة ، وحواف المستعمرة ، وارتفاعها ، وقوامها ، وقطرها وتكوين الصبغات على الوسط الغذائي وغيرها [50].

2.B. الخصائص المجهرية:

أجري الفحص المجهري للخلايا الجرثومية من خلال صبغها بصبغة غرام وفحصها تحت العدسة الزيتية للمجهر الضوئي .

C- التشخيص:

3.B. الاختبارات الكيموحيوية:

- **اختبار الاوكسيداز:**

نقلت مستعمرة واحدة نقية منماة على وسط الأغار المغذي بعمر 18-24 ساعة إلى شريحة زجاجية ووضعت فوق قطرة من المصل الفيزيولوجي ووضع فوقها قرص من الأوكسيداز فتحول لون القرص إلى اللون البنفسجي الغامق مباشرة دليل إيجابية الاختبار وقدرة الجراثيم على إمتلاك انزيم الاوكسيداز. [1]

- **اختبار الكاتالاز:**

وضع جزء من النمو الجرثومي على شريحة زجاجية وأضيف إليها قطرة من كاشف بيروكسيد الهيدروجين، وإن ظهور الفقاعات دليل على إيجابية الاختبار وقدرة الجرثوم على إنتاج الكاتالاز الذي يحفز تحرير غاز الأوكسيجين من تحلل المركب السام بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2).[1]

- **اختبار استهلاك السترات:**

لقحت الأنابيب الحاوية على وسط سيمون سترات المائل، بالطعن والتخطيط، وحضنت الأنابيب بدرجة حرارة 37 مْ ولمدة 24 ساعة، تحول اللون من الأخضر إلى الأزرق دليل على قدرة العزلات على استهلاك السترات كمصدر وحيد للطاقة.[2]

- **اختبار كليجلر:**

استعمل وسط Kligler Agar للكشف عن قدرة الجراثيم على تخمير سكر اللاكتوز والغلوكوز من خلال تغير لون الوسط بفعل كاشف الفينول الأحمر إلى اللون الأصفر او عدم تغير اللون، إذ لقحت موائل الوسط بالطعن إلى اسفل الانبوب والتخطيط على السطح المائل للوسط، إن تغير لون القعر فقط دون تغير لون المائل دليل تخمر الغلوكوز فقط.[1]

- **اختبار الحركة:**

استعمل وسط الحركة (Motility medium) الذي حضر بإضافة 4 غ من مسحوق الاغار إلى 20 غ من مسحوق المرق المغذي وأذيبت المحتويات في لتر من الماء المقطر وبعد التعقيم لقحت الأنابيب بالجراثيم بطريقة الطعن ثم حضنت الانابيب الملقحة بدرجة حرارة 37 مْ لمدة24 ساعة بوضع عامودي، استعمل هذا الاختبار للكشف عن قابلية الجراثيم على الحركة إذ إن انتشار النمو الجرثومي خارج حدود الطعنة دلالة على قابليتها على الحركة.[2]

- **الهيمولايسين:**

استعمل وسط أغار الدم الذي حضر حسب إرشادات الشركة المصنعة وبعد التعقيم تم زراعة الوسط بالجراثيم وحضنت بدرجة حرارة 37 مْ، لمدة 24 ساعة، نمت مستعمرات بلون غامق وحولها هالة شفافة بسبب قدرتها على حل الدم من النمط بيتا.[50]

الجدول(4): يوضح الفحوصات الكيموحيوية المستخدمة في تشخيص بكتريا *P. aeruginosa*

الاختبارات الكيموحيوية	*Ps.aeruginosa*
الأوكسيداز	+
الكاتالاز	+
كليجلر	-
اختبار الحركة	+
انتاج الصبغة	+
النمو بالدرجة 42 مْ	+
الهيمولايسين	+
استهلاك السيترات	+

i. حساسية الجراثيم للصادات:

أجري اختبار الحساسية للعزلات اتجاه 10 صادات متداولة صحيا في المستشفيات وذلك باتباع طريقة Kirby Bauer (1966) شملت الصادات الموضحة في الجدول (5).

فقد تم زراعة الجراثيم على وسط آغار موللر – هنتون المعقم بنشر 100 ميكروليتر من عالق الجراثيم (البالغ عددها 10^8 خلية لكل مل) على سطح الطبق وترك ليجف بدرجة حرارة الغرفة لمدة 10 دقائق ووضعت أقراص الصادات الحيوية على سطح الطبق، ثم حضنت بدرجة حرارة 37 مْ لمدة 24 ساعة، وسجلت النتائج وفق قطر منطقة التثبيط المتكونة حول القرص واعتماداً على المسافات القياسية لقطر منطقة التثبيط الواردة في [37].

وتم اختبار كفاءة الصادات الحيوية عن طريق اجراء الاختبار السابق على السلالة القياسية

Ecoli K_{12} (Atcc 25922)

ii. فحص حساسية العزلات الجرثومية للمطهرات :

تم استخدام نوعين من المطهرات المستخدمة في غرف العمليات في المستشفيات لتعقيم الأسطح وتطهير الجروح، الموضحة في الجدول(3).

- تحضير تراكيز المطهرات Preparation of disinfectants concentration

حضر المحلول الخزين Stock solution لنوعي المطهرات وهي (البوفيدون – انسترومنت N) حسب تعليمات الشركة المصنعة وتحت ظروف التعقيم حضرت التراكيز الاتية (12.5 ،25 ،50 ،100)%، [44]، تم استخدام طريقة الانتشار في الأقراص لتحديد فعالية المطهرات.

– طريقة الانتشار في الأقراص:Disc Diffusion Method

استعملت في الدراسة أقراص ورقية من ورق الترشيح (نوع واتمان عدد 1) قطرها 8 مم بعد تعقيمها، تم في البداية فرش المعلق الجرثومي الموافقة للتركيز 10^8 x 1 CFU/ml على سطح أطباق موللر هنتون أغار حتى الحصول على التوزع الكامل المتجانس للمعلق على السطح بعد حوالي 15 دقيقة من توزيع المعلق الجرثومي تم تطبيق الأقراص الورقية المشبعة بالمطهر المطلوب دراسة تأثير تركيزه على الأطباق.

(حيث أشبع كل قرص ورقي ب 50 ميكروليتر من محلول المطهر المدروس قبل نقله إلى الوسط الزرعي).

حضنت الأطباق بالدرجة 37 مْ ولمدة 18–24 ساعة ثم تم قياس قطر هالة التثبيط المتشكلة حول الأقراص بعد انتهاء فترة الحضن.

أجريت اختبارات الانتشار في الأقراص ثلاث مرات لكل عينة. [45] [44]

النتائج:

كان الهدف الأساس من جمع العينات هي عزل جراثيم *P.aeruginosa* وشخصت اعتماداً على الصفات الشكلية للمستعمرات النامية إذ ظهرت على وسط آغار الدم بلون غامق ومحاطة بهالة شفافة.

أظهرت نتائج الفحص المجهري للخلايا الجرثومية المعزولة بأنها عصوية الشكل، متحركة، مفردة أو ثنائية الترتيب، سالبة لصبغة غرام.

كما بينت الفحوصات الكيميائية الحيوية التي أجريت على العزلات جميعها بأنها إيجابية الأوكسيداز والكاتالاز وذلك لقدرتها على انتاج هذه الإنزيمات.

كذلك كانت النتيجة إيجابية في اختبار السترات واتصفت جميعها بعدم قدرتها على انتاج غاز H_2S (غاز كبريتيد الهيدروجين) وغير مخمرة للغلوكوز واللاكتوز في اختبار كليجلر.

بينت جميع العزلات قدرتها على النمو بدرجة حرارة 42 مْ، وكذلك قدرة معظمهاعلى انتاج الأصبغة في وسط الأغار المغذي وأبدت جميعا نمواً قمياً في التيوغليكولات.

1. حساسية الجراثيم للصادات:

تم اختبار حساسية العزلات تجاه 5 صادات متداولة في المستشفيات ومختبرات التحاليل الطبية وبطريقة الأقراص، شملت:

سيبروفلوكساسين – ايميبينيم – ازيرومايسين – أمبيسيلين – سيفتازيديم.

إذ اختيرت هذه الصادات لشيوع استعمالها في معالجة بعض الأخماج الناجمة عن الإصابة بالزائفة الزنجارية

والجدول (5) يوضح نسب المقاومة والحساسية وما بينهما لهذه الجراثيم اتجاه الصادات المستخدمة بالدراسة، وبالاعتماد على نتائج الفحص (قياس قطر هالة التثبيط حول قرص الصاد) ومقارنتها مع الجداول القياسية وبحسب [3] وذلك لمعرفة مدى مقاومة الجراثيم للصادات المستعملة في مستشفيات ومخابر محافظة حمص وخطورة تلك المقاومة التي تمتد لتشمل طيف واسع من الصادات المختلفة.

جدول (5): يوضح نسب عزلات *P.aeruginosa* الحساسة والمتوسطة الحساسية والمقاومة للصادات قيد الدراسة

الصادات المستخدمة	العزلات الحساسة S		العزلات المتوسطة الحساسية I		العزلات المقاومة R	
	العدد	النسبة	العدد	النسبة	العدد	النسبة
AZM	8	%40	4	%20	8	%40
IMP	20	%100	0	%0	0	%0
CPR	14	%70	2	%10	4	%20
CAZ	6	%30	4	%20	10	%50
AM	0	%0	0	%0	20	%100

نلاحظ من الجدول السابق أن العزلات قد أظهرت مقاومة بلغت 100% اتجاه AM، كما لوحظ وجود مقاومة عالية اتجاه الصاد CAZ بنسبة 50%، أما بالنسبة للصاد AZM فكانت النسبة 40% .

كما حقق CPR نسبة مقاومة ضعيفة حيث بلغت 20%.

كما تميزت العزلات بحساسيتها العالية IMP إذ بلغت نسبة المقاومة 0%.

2. تحديد فعالية المطهرات:

أبدت العزلات الجرثومية مقاومة مختلفة تجاه تراكيز المطهرات المستخدمة، وقد يعود سبب المقاومة إلى اكتساب العزلات الجرثومية قيد الدراسة صفة المقاومة للمطهرات الكيمياوية عن الطفرات التي تؤدي إلى حصول تحورات في الاستقلاب الخلوي الذي يؤدي إلى زيادة محتوى الدهون ومن ثم مقاومتها لتلك المطهرات أو نتيجة لاكتساب مورثات المقاومة من البلازميدات أو المورثات القافزة Transposom [32].

أظهرت نتائج الدراسة أن السايدكس (انسترومنت N) بتركيز 100% و 50% و 25% هو الأكفأ في السيطرة على العزلات الجرثومية وهذه النتيجة جاءت مطابقة لما أورده [53].

أما عن البوفيدون فقد أظهرا انخفاضا في قطر هالة التثبيط وهذا دليل عدم كفائته اتجاه هذه العزلات.

المناقشة:

– أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن سلالات *P.aeruginosa* هي واحدة من أكثر المسببات المرضية المرتبطة بالمستشفيات، إذ إن من الظواهر الشائعة في معظم المستشفيات العامة ازدياد نسبة حدوث الإصابة بهذه الجراثيم التي لها القابلية على استعمار مواقع مختلفة من الجسم، إذ تفضل المناطق الرطبة مثل الأغشية المخاطية للأنف والأذن، الحلق، الإدرار، بالإضافة إلى البراز.

– عند عزل وتشخيص جراثيم *P.aeruginosa* بالاعتماد على الصفات المظهرية للمستعمرات النامية حيث ظهرت على وسط آغار الدم بلون غامق ومحاطة بهالة شفافة مما يدل على قدرتها على تحلل الدم .

– أظهرت العزلات مقاومة عالية اتجاه الأمبيسيلين وقد يعود ذلك إلى انتاج انزيمات البيتالاكتماز [49]، حيث أظهرت الدراسة [48] نتائج مطابقة لدراستنا حيث كانت نسبة المقاومة 100%.

– تطابقت نتائج دراستنا مع ما اظهرته [54] حيث كانت نسبة المقاومة للسيبروفلوكساسين تساوي 20%، وكانت قريبة جداً مما توصل إليه الباحث [21] الذي وجد أن نسبة المقاومة 18% في حين أن [22] ذكر أن نسبة المقاومة 29.2%.

– تخالفت نتائج الدراسة مع [20] و [47] حيث كانت نسب المقاومة 0% و 8% على الترتيب.

يعود السيبروفلوكساسين لزمرة الفلوروكينولينات والتي عرفت بفعاليتها العالية في مقاومة نمو هذه الجراثيم،حيث تعمل على تثبيط بناء DNA الجرثومي عن طريق إعاقة انزيم DNAgyrase مثبطة بذلك تضاعف واستنساخ DNA، أما مقاومة الزائفة الزنجارية لهذه المجموعة من الصادات فيعود إلى حدوث طفرة في الانزيم الهدف DNAgyrase [46]، أو بفعل نظام الدفق الخارجي [19].

– أما بالنسبة للسيفتازيديم فكانت النتائج متباعدة جدا حيث ظهر في احدى الدراسات نسبة مقاومة 9.1% [20] وفي دراسة أخرى [48] كانت النسبة 100%.

في حين تصدر الامبينيم الصادات بانه أكثر الصادات حساسية اتجاه الزائفة الزنجارية إذ بلغت نسبة المقاومة 0% وهذا ما أوردته معظم الدراسات مثل [48] و [49] و[47] في حين خالفت الدراسة [20] التي أظهرت نسبة مقاومة تساوي 90.90%.

– تعود حساسية العزلات إلى أن معظم سلالات *P.aeruginosa* قابلة للحث على صبغيات البيتالاكتاماز الموزعة في المجموعة (1) من تصنيف Bush [31]، والفئة C من تصنيف Ambler [26]، والفئة الأولى من مخطط ريتشموند وسايكس Richmond and Sykes [15].

– يحفز الايميبينم انزيم البيتالاكتاماز بقوة ويتحلل ببطئ بوساطته حيث يستغرق حوالي دقيقة واحدة (Turnover Number{ K_{cat}} = 1/min) بالمقارنة مع السيفوتاكسيم الذي يتحلل ب 15/min.

وهكذا فإن قيم ال MIC_S للايمبنيم الخاص بسلالات البيتالاكتاماز المحفزة وطفراتها الخاصة بها تساوي (1 to 2) ميكروغرام/مللتر.

في حين أن الطفرات التي تعاني من نقص البيتالاكتاماز تكون قيمة ال MIC_S لها مابين (0.125 to 0.25) ميكروغرام/مللتر [7].

يتم تحلل معظم السيفالوبورينات والبنسيلينات المضادة للزوائف بسرعة أكبر من الامبنيم بوساطة البيتالاكتاماز ولكنها لاتحفز تركيبها وبالتالي فإن ال MIC_S الخاصة بسلالات البيتالاكتاماز التي تحفزها منخفضة مثل تلك الخاصة بالطفرات القاعدية، في حين ان الطفرات غير المحفزة تكون أكثر مقاومة [7،8].

إحدى النتائج المهمة لهذه الملاحظات هي أن البنسيلينات والسيفالوسبوريبنات تميل إلى اختيار المطفرات من المجموعة المحفزة في حين أن الامبينيم لا يميل إلى هذه المجموعة [7،9].

مع ذلك يمكن أن تنشأ مقاومة الامبنيم بسهولة في *P.aeruginosa* عن طريق الفقد الطفري ل D_2 porin [10،11]، ويشكل هذا البروتين مسام الغشاء الخارجي القابل للنفاذ للكاربمينات ولكن ليس للبنسيلين والسيفالوسبورين [12]، ومع ذلك لا يزال من غير المؤكد ما اذا كانت خسارة D_2 porin وحدها تسبب مقاومة الامبينيم أو ما إذا كان النشاط الضعيف للبيتالاكتاماز ضروري ايضاً.

جاءت نتيجة هذه الدراسة أيضاً أن السايدكس (انسترومنت N) بتركيز 100% و 50% و 25% هو الأكفأ في السيطرة على العزلات الجرثومية مطابقة لما أورده [53].

في حين أبدت بعض العزلات مقاومة عالية اتجاه هذا المطهر بالتراكيز الدنيا وقد يعود السبب إلى امتلاك الجراثيم السالبة لصبغة غرام مقاومة داخلية Intrinsic resistant المتمثلة بالطبقة الخارجية الحاوية على الدهون المتعدد السكريد، اذ تعمل هذه الطبقة على اعاقة دخول المركبات الكيمياوية إلى داخل الخلية الجرثومية [36]، أو قد يكون سبب المقاومة هو وجود خلل في استخدام المطهرات والصادات الحياتية في المستشفيات أو في أي مركز صحي من شأنه ان يؤدي إلى زيادة مقاومة الجراثيم لتلك المركبات الكيمياوية وفشل في عمليات التطهير والتعقيم ومن ثم تصبح تلك المراكز أو المؤسسات مواقع لانتشار العدوى بتلك الجراثيم رغم كونها المكان الذي يتلقى فيه المريض علاجه [34].

لذلك ينصح Autton (2000) [33] إلى ضرورة الانتباه إلى عمليات التعقيم والتطهير في المستشفيات والاهتمام بكل ما من شانه ان يعزز من تطبيق هذه العملية بصورة دقيقة لأنه ان حدث هذا فليس فقط لإنقاذ حياة المرضى الراقدين وإنما لإيقاف كوارث صحية قد تحل بالعالم كله.

أما عن البوفيدون فقد أظهر انخفاضاً في قطر هالة التثبيط وهذا دليل عدم كفاءته اتجاه هذه العزلات وهذا جاء موافقاً للدراسة [45] الذي برر عدم كفاءة البوفيدون بأحد العاملين:

- يصبح اليود I2 لدى تحرره من معقد PVP–I بالتمديد غير ثابت وأكثر عرضة للتصعد

  و/أو التحول لصيغ أخرى غير فعالة من اليود.
- من ناحية أخرى، إن انخفاض تركيز PVP كنتيجة للتمديد يقلل من دوره المساعد في إيصال جزيئات اليود لتصبح على تماس مع الخلايا الجرثومية.

الاستنتاجات والتوصيات:

1. الاستنتاجات:

تميزت جميع عزلات *Psedumonas aeruginosa* بحساسيتها التامة اتجاه الصاد الحيوي الايمبنيم مما يعطي مؤشراً على إمكانية استعمالها في علاج الأخماج التي تسببها هذه الجرثومة وخاصة القيحية منها، وأظهرت العزلات مقاومة متوسطة اتجاه الصادين الحيويين السيفتازيديم والأزيتروميسين والتي يمكن ان تساعد في علاجها.

بينت الدراسة أن الامبيسيلين غير فعال في العلاج حيث أظهرت العزلات مقاومة عالية جداً نحو هذا الصاد.

كما توصلت دراستنا إلى معرفة فعالية المطهرات وقدرتها على قتل الجراثيم الضارة ومعرفة أفضل التراكيز الفعالة ضد الأنواع المستخدمة في هذه الدراسة، وبناءً على مجمل النتائج المستخلصة نلاحظ أن مطهر السايدكس فعالا في جميع العزلات وبكافة التراكيز في حين كان البوفيدون قليل الفعالية اتجاهها.

2. التوصيات:

توصي هذه الدراسة بما يلي:

1. اجراء فحص الحساسية للصادات الحيوية للجراثيم المعزولة قبل إعطاء العلاج للمريض.
2. استخدام المطهرات ذات المواد الفعالة المعلومة في مخابر الاحياء الدقيقة.
3. عدم استخدام المطهرات عشوائياً.
4. استخدام كل مطهر أو معقم على حسب الغرض المصنع لأجله.

المراجع References:

[1] MacFaddin, J. F. (2000). Biochemical tests for identification of medical bacteria. 3rd ed. Lippincott Williams and Wilkins, USA.

[2] Collee, J. G.; Fraser, A. G.; Marmiom, B. P. and Simmon, A. (1996). Mackie and McCarteny, Practical Medical Microbiology. 4th ed. Churchill Livingstone inc.; USA.

[3] Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2012). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; 22ed. Informational Supplement. 32(3)**.**

[4] **Gawish**, A.; Mohammed, N.; El-Shennawy, G. and Mohammed, H. (2013). An investigation of type 3 secretion toxins encoding-genes of *Pseudomonas*
aeruginosa isolates in a university hospital in Egypt. J. of Microbio. and Infec. Dise, 3 (3): 116-122.

[5] Cicek, A.C.; Saral, A.; Duzgun, A.O.; Cizmeci, Z.; Kayman, T.; Balci, P.O.; Dal, T; Firat, M.; Yazici, Y.; Sancaktar, M.; , Osman Birol Ozgumus, O.B. and Sandalli, C. (2013). Screening of class 1 and class 2 integrons in clinical isolates of *Pseudomonas aeruginosa* collected from seven Hospitals in Turkey: A Multicenter Study. J. Med. Microb., 3:227-233 .

[6] Pellegrino , F. P. C. ; Teixeira , L. M. ;Carvalho , M. G. S. ; Nouer , S.A. ;Oliveire , M. P. ; Sampaio , J. L. M. ;Freitas , A. D. ; Ferreira , A. L. P. ;Amorim , E.L.T. ; Riley , L. W. andMoreira, B. M. (2002). Occurrence of amultidrug resistant Pseudomonasaeruginosa clone in different hospitals in Rio de Janeiro, Brazil. J Clin Microb.40(7):2420-2424.

[7] Livermore, D. M., and Y.-J. Yang. 1987. ,-Lactamase-lability and inducer power of newer P-lactam antibiotics in relation to their activity against 13-lactamase-inducibility mutants of Pseudomonas aeruginosa. J. Infect. Dis. 155:775-782.

[8] Curtis, N. A. C., R. L. Eisenstadt, C. Rudd, and A. J. White.1986. Inducible type I P-lactamase of Gram-negative bacteria and resistance to P-lactam antibiotics. J. Antimicrob. Chemother.17:51-61.

[9] Ashby, J., B. J. Kirkpatrick, L. J. V. Piddock, and R. Wise.1987. The effect of imipenem on strains of Enterobacteriaceae

expressing Richmond and Sykes class I P-lactamases. J. Antimicrob.Chemother. 20:15-22.

[10] Buscher, K.-H., W. Cullmann, W. Dick, and W. Opferkuch.1987. Imipenem resistance in Pseudomonas aeruginosa resulting from diminished expression of an outer membrane protein.Antimicrob. Agents Chemother. 31:703-708.

[11] Quinn, J. P., E. J. Dudek, C. A. Divencenzo, D. A. Lucks, and S. A. Lerner. 1986. Emergence of resistance to imipenem during therapy for Pseudomonas aeruginosa infection. J. Infect. Dis.154:289-294.

[12] rias, J., and H. Nikaido. 1990. Outer membrane protein D2 catalyzes facilitated diffusion of penems and carbapenems through the outer membrane of Pseudomonas aeruginosa. Antimicrob.Agents Chemother. 34:52-57.

[13] Todor,K.(2004).University ofWisconsin-Madison.Departement of Bacteriology. Pseudomonas aeruginosa.

[14] Marthez,J.L. and Baquero,F.(2002).Interactions among strategies associated with bacterial infection pathogenicity, Epidemicity and antibiotic resistance.Clinical Microbiology Revews.15(4):647-679.

[15] Cotter , C.S. ; Avidano , M. A. ; Stringer ,S.P. and Schultz , G.S. (1996).Inhibition of proteases in Pseudomonas otitis media in chinchillas . Otolaryngol Head Neck Surg. 115 (4): 342-51.

[16] Van Delden, C.; Pesci, E. C.; Pearson, J. P. & Iglewski, B. H. 1998. Starvation selection restores elastase and rhamnolipid production in a Pseudomonas aeruginosa quorum-sensing mutant. Infect. Immun., 66:4478-4502.

[17] King, A. & Phillips, I. 1985. Pseudomonas and related bacteria in isolation and identification of microorganisms of medical and veterinary importance. Academic press. PP. 1-12. .

[18] Kates, S. G.; Me Ginley, K. J.; larson, E. L. & Leyden, J. J. 1993. Indigenous multiresistant bacteria from flowers in hospital environments. Am. J. Infect. Control. 19: 156-161. In year book of Infections Disease.

[19] Sheng, W.H.; Chen, Y.C.; Wang, J.T.; Chang, S.C.; Luh, K.T. and Hsieh, W.C. (2002). Emerging fluoroquinolone-resistance for

common clinically important gram negative bacteria in Taiwan. Diagn. Microbiol. Infect. Dis., 43:141–147.

[20] Al-Dahmoshi,Hussin Oleiwi Muttaleb,(2013). Genotypic and Phenotypic Investigation of Alginate Biofilm Formation among *Pseudomonas Aeruginosa* Isolated from Burn Victims in Babylon, Iraq**.** Babylon University, Science Faculty-Biology Department, Iraq.

[21] DeMiguel Martinez, I.;Del Rosario Quintana, C.; Bolanos, Rivero, M. and Ramos Macias, A. (2005). Aetiology and therapeutic considerations in chronic otitis media. Analysis of a 5 years period. Acta. Otorrinolaringol. Esp. 56 (10): 459 – 462.

[22] Abdul-Wahid, A.A.(2014). Dissemination of Aminoglycosides Resistance in *Pseudomonas aeruginosa* Isolates in Al-Nasseryia Hospitals. M.Sc. Thesis. College of Medicine. University of Kufa.

[23] J.R.W.Govan.Practical Medical Micropiology.(1996).314-424.

[24] P.R.Murray,k.Rostental.Medical Micropiology.Edition(1998)-chap32.page258-561.

[25] Westwood, S.; Tommassen, J. and Jaeger, K.E. (2005). A novel lipolytic enzyme located in the outer membrane of *Pseudomonas aeruginosa*. J. Bacteriol.181(22): 6977-6986.

[26] Knott-Hunziker, V., S. Petursson, S. G. Waley, B. Jaurin, and T.

Grundstrom. 1982. The acyl enzyme mechanism for P-lactamas action. The evidence for class C P-lactamases. Biochem.J. 207:315-322.

[27] Block, S. S. (1991)**.** Historical review. *In* Block, S. S. Disinfection, sterilization, and preservation. (4th ed). Philadelphia: Lea & Febiger. (3–17).

[28] Larson, E. L. (1996). Antiseptics. *In* Olmstad, R. N. APIC infection control & applied epidemiology: principles and practices. (191–197). U.S: Mosby-Year Book, Inc. St. Louis, Mo.

[29] Rutala, WA. APIC *guidelines for selection and use of disinfectants*. American Journal of Infection Control. **23,** 1995**,** 313–342.

[30] Drosou, A; Falabella, A; Kirsner, RS. *Antiseptics on wounds: an area of controversy.* Wounds. **15**, 2003, 149-166.

[31] Bush, K. 1989. Classification of ,-lactamases. Antimicrob. Agents Chemother. 33:259-276.

[32] McDonell,G.and Russell,A.(1999). Antiseptic and disinfectants Activity ,Action and Resistance ,Clin .Microbiol.Rev.12:147-176.

[33] Autton,M.E.(2000). Principle of sterilization In :Pharmceutic .the science of dosage from design .P.475**.**

[34] Mims, C. A.; Dockrell , H. M.; Goering , R. V.; Roitt , I.; Wakelin , D. and Zuckerman , M. (2004). Medical Microbiology .3rd ed. Mosby Company .USA.

[35] Wilson, G. (1983). "Bacterial resistance disinfections and Sterilization. P: 70-96. In: Topley andWilson's principles of Bacteriology, Virology and Immunity.", Vol. 1, 7th ed., Edward Arnold.

[36] Kim, J.Y.; Park, Y.J.; Kwon, H.J.; Han, K.; Kang, M.W. and Woo, G.J. (2008). Occurrence and mechanisms of amikacin resistance and its association with b-lactamases in *Pseudomonas aeruginosa*: a Korean nationwide study. J Antimicrob Chemother. 62:47983,doi:10.1093.

[37] Clinical and Laboatory Standerds (CLSI).(2010) Performance Standerard for antimicrobial disk susceptibity Test ,Vol. (30),No.(1).

[38] Fraise, A. P; Lambert, P. A; Maillard, JY. (2008). Russell, Hugo and Ayliffe's Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization. (4th ed). England: John Wiley & Sons.

[39] Koseoglu, O., Kocagoz, S. Gur, D., and Akova, M. (2001)."Nosocomial blood streaminfection in a Turkish University Hospital: Study of Gram-negative bacilli and their sensitivity patterns.", *Inter. J. of Antimicrobial Agents.*, 17: 477-481.

[40] Deep, A.; Ghildiyal, R.; Kandian, S. and Shinker, N. (2004).“Clinical andMicrobiological Profile of Nosocomial Infections in the Pediatric Intensive unit (PICU).”, *Indian Pediatrics*, 41: 1238.

[41] Porbes, B. A.; Saham, D. F. and Weissfeld, A.S. (2002). "Baily and Scott's Diagnostic Microbiology.", 10th ed.,Mosby Company.Missouri.

[42] Dorchis, F. (2005). "Nosocomial infection and air filtration in operating Suites-Application of French Standard NFS 90-351:2003.".

[43] Baron, E. J., and Finegold, S. M. (1990). "Baily and Scotts diagnostic microbiology.", 8th ed., Mosby company. Missouri.

[44] Pommerville, J. C. (2013). Fundamentals of Microbiology. (10th ed). U.S: Jones & Bartlett Learning.

[45] Pelczer, M. J; Chan, E; Krieg, N. R. (2010). Microbiology: An Application Based Approach. New delhi: Tata McGraw Hill Education Private Limited.

[46] Martinez, J. L. and Baquero, F. (2002). Interactions among strategies associated with bacterial infections: Pathogenicity, epidemicity and antibiotic resistance. C. M. R. 15 (4): 647 – 679.

المراجع العربية

[47] أحمد،.زهراءعابد. زين العابدين، صلاح سلمان،(2015). التحري عن انزيمات البيتالاكتميز المستحثة في بكتريا الزائفة المعزولة من نماذج مرضية *Pseudomonas aeruginosa*الزنجارية مختلفة في مدينة كركوك .رسالة ماجستير،كلية العلوم، جامعة كركوك.

[48] الدوري،لؤي مناع إبراهيم.معروف،محمد نظير ،(2018).عزل وتشخيص أنواع من البكتريا اللاشائعة من أخماج مختمفة والتحري عن بعض عوامل ضراوتها. مجلة علوم الرافدين، المجلد 27، العدد 4/ عدد خاص بالمؤتمر العلمي الثالث لعلوم الحياة ، ص321-333.

[49] الفحام، سجاد كاظم حسين،(2017).دراسة جزيئية مقارنة لحساسية جرثومتي Pseudomonas aeruginosa و Proteus mirabilis لعدد من المضادات الحيوية والمستخلصات النباتية. رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة القادسية.

[50] عبد الفتاح،سئلى،(2004).دور الزوائف الزنجارية في الأخماج البولية المشفوية وتحسسها للصادات. رسالة ماجستير، كلية الطب البشري-قسم الأحياء الدقيقة، جامعة دمشق.

[51] سمرة، سوزان، الزوائف Psedomonads والراكدات Actinobacters والجراثيم سالبة الغرام غير الشائعة. المحاضرة التاسعة، ميكروبيولوجيا(1)، كلية الصيدلة، جامعة الشام الخاصة.

[52] تكريتي، عدنان، (1993). الجراثيم الممرضة ومداواة أمراضها، الطبعة الأولى، دار ابن النفيس للنشر، الصفحة (244-239).

[53] الناشي، علي عبدالرحيم، الأوسي،غيداء رحيم لطيف،(2013). عزل وتشخيص البكتريا المتواجدة في مستشفيات مدينة الديوانية وبيان آليات السيطرة عليها باستخدام المضادات والمطهرات. مجلة القادسية للعلوم الصرفة، المجلد18، العدد3.

[54] العادلي،زينب فالح،الرماحي،سيوف خومان،(2016).مقاومة بعض أنواع المضادات الحيوية لعزلات*Pseudomonas aeruginosa* في مستشفيات مدينة الديوانية. رسالة ماجستير ،كلية العلوم، جامعة القادسية.

تأثير الاستقطاب و خصائص العزل على تفاعل الحقل الكهرطيسي في الاوساط غير الايزوتروبية

م. نذير شورى[1] د. محمد موسى[2]

د. سلام محمود[3]

ملخص البحث

يتناول هذا البحث تأثير ثابت العازلية والاستقطاب في الاوساط غير الايزوتروبية على انتشار الامواج الكهرطيسية.

يمتاز الوسط غير الايزوتروبي بخصائص كهربائية ومغناطيسية مختلفة ومتباينة في كل محور من المحاور الاحداثية الثلاثة على حدى وهذا التباين سينعكس على خصائصه الكهربائية كالاستقطاب والعازلية وغيرها، مما يؤدي إلى صعوبات كبيرة في طرائق حلول معادلات ماكسويل لتحليل الظواهر الكهرطيسية وتفاعلاتها.

تلاقي مثل هذه الابحاث تطبيقات هندسية هامة باعتبار ان المواد النصف الناقلة والعناصر الحساسة وشاشات الاظهار أغلبها تشكل مواد غير ايزوتروبية. تفيد هذه المواد في مجالات التحكم و الاتمتة وخاصة في حالات المواد ذات ثوابت عازلية عالية والتي يمكن ان تستخدم كذلك في تخامد الموجة والتحجيب الكهرطيسي.

تمت متابعة هذا التفاعل بمساعدة البيئة البرمجية CST والمعتمدة على طريقة الفرق المتناهي في المجال الزمني FDTD في الفراغ والزمن.

الكلمات المفتاحية : الأوساط الايزوتروبية ، الأوساط غير الايزوتروبية ، الحقول الكهرطيسية، طريقة الفرق المتناهي في المجال الزمني FDTD ، البيئة البرمجية CST .

(1) مهندس / طالب دكتوراة –قسم هندسة الطاقة الكهربائية في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة دمشق

(2) أستاذ –قسم هندسة الطاقة الكهربائية في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة دمشق

(3) أستاذ مساعد–قسم هندسة الطاقة الكهربائية في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة دمشق

Effect of polarization and insulation characteristics on EM interaction in anisotropic mediums

Nazir Shora(1) PhD.Mohamed mousa(2) PhD.Salam mahmoud(3)

Abstract

This research concentrate on the effect of dielectric constant and polarization in anisotropic mediums on electromagnetic waves propagation. The Anisotropic mediums particularized with different electrical and magnetic characteristics which varied in value from spatial direction to another in three dimensional coordinate system. This variation will be reflected on electrical characteristics such as polarization, insulation and others, which leads to huge difficulties in Maxwell's equations solution methods in EM Phenomena's analysis and interaction. Such researches are found in engineering applications because semiconductors, sensitive devices, display monitors, etc. are anisotropic materials in general. This materials are important in control, automation and Especially in materials with high anisotropic constants, which is used in wave attenuation or damping and EM Shielding. This interaction has been followed up by aid of advanced simulation environment (CST), which depend on finite difference time domain method "FDTD" in Space and time.

Key words: Anisotropic materials, Isotropic materials, electromagnetic Fields, Finite Difference Time Domain FDTD, CST software.

(1)Electrical Engineer/ PhD Student - Electrical Power Department- Faculty of Mechanical &Electrical Engineering-Damascus University

(2) Professor - Electrical Power Department- Faculty of Mechanical &Electrical Engineering-Damascus University

(3)Professor Assistant- Electrical Power Department- Faculty of Mechanical &Electrical Engineering-Damascus University

مقدمة

تنتشر الامواج الكهرطيسية المستوية المنتظمة في الخلاء بسرعة الضوء، بحيث تقع جبهة الموجة في مستويات عمودية على اتجاه الانتشار، وعند انتشارها في الأوساط المادية ستنخفض سرعتها نسبيا، يضاف إلى ذلك حدوث ظاهرة الاستقطاب الكهربائي. تختلف صورة التفاعل للموجة الكهرطيسية في الأوساط غير الايزوتروبية مثل المواد الكريستالية، عندئذ فإن هذه الأمواج ستتعرض لظواهر الانكسار والانعكاس وتغيير السرعة وطول الموجة من جانب ومن جانب آخر تكون الاستقطابات الكهربائية للمادة غير الايزوتروبية متباينة في الاتجاهات المختلفة بتأثير من الحقول الكهرطيسية.

يتم تطوير مواد وتراكيب صنعية بخصائص غير ايزوتروبية لاستخدامها في العديد من التطبيقات الهندسية مثل شاشات LCD وأجهزة الجوال الذكية وفي تقنيات الرادار وغيرها.

تجري حاليا العديد من الابحاث في مجال التفاعلات الكهرطيسية في المواد غير الايزوتروبية للاستفادة من نتائجها في مجال التحجيب الكهرطيسي وامتصاص الموجة وتبعثرها.

يتناول هذا البحث تحليل التفاعل للأمواج الكهرطيسية مع المواد غير الايزوتروبية، من خلال متابعة الاستقطاب في المناحي المختلفة كصورة لهذا التفاعل[8,10,11,19,20].

مشكلة البحث

يرافق انتشار الأمواج الكهرطيسية بترددات مختلفة عبر أوساط غير ايزوتروبية، مجموعة من الظواهر منها التبعثر والتخامد والانكسار والتقزح. يمكن أن تظهر تبعا للعلاقة التفاعلية مع هذه الأوساط خصائص جديدة قد يستفاد منها في التحجيب والتبعثر التام للموجة الكهرطيسية، يتوقف ذلك على قابليتها للاستقطاب والخصائص الاهتزازية لشبكتها البنيوية.

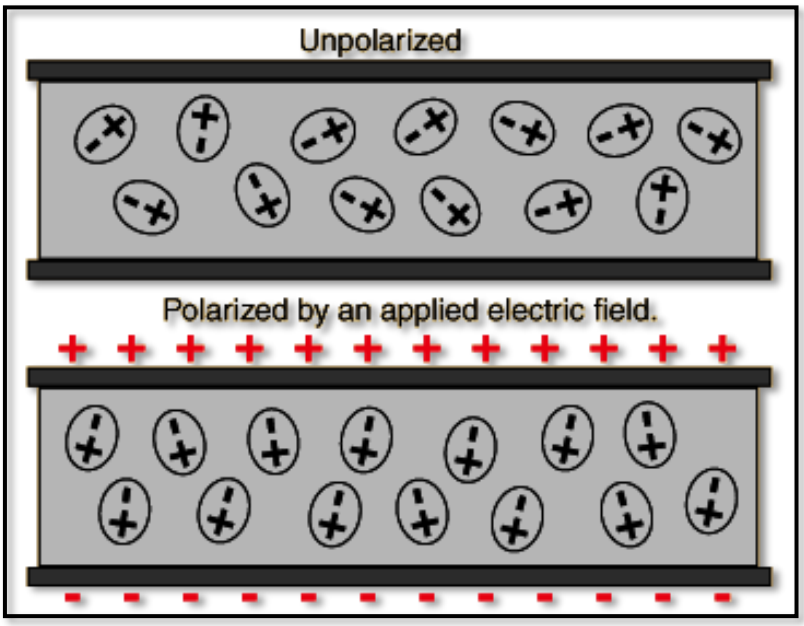
تتطلب هذه الظواهر دراسة الاستقطاب الكهربائي في المواد الايزوتروبية وغير الايزوتروبية والمعاملات المتعلقة بالحقول والأمواج الكهرطيسية.

تمتاز الأوساط غير الايزوتروبية بخصائص كهربائية مختلفة في الفراغ، ويعد تحليل الحقول هذه في عصرنا الراهن ذو أهمية بالغة وخاصة في التطبيقات الهندسية الحديثة النانوية والميكروية.

1- الاستقطاب الكهربائي في المواد الايزوتروبية وغير الايزوتروبية:

تحدث ظواهر مختلفة للأمواج الكهرطيسية في الأوساط غير الايزوتروبية كتغير خصائص الانتشار والانكسار والحيود والتقزح والتبعثر، تنعكس الخصائص غير الايزوتروبية في حدوث تفاعلات غير نمطية للأمواج الكهرطيسية. تحتاج دراسة وتحليل التفاعلات المعقدة والمركبة المشار إليها إلى تحديد التغيرات الدقيقة ومتابعة تحولاتها الزمنية من خلال ظاهرة الاستقطاب غير الايزوتروبي.

تتكون المواد العازلة الخالية من الشحنات الحرة، من ذرات معتدلة كهربائيا تضم إلكترونات سالبة وبروتونات موجبة مكافئة في النوى، وتتكون بعض المواد الأخرى في طبيعتها من ثنائيات أقطاب أو ديبولات (شحنة موجبة وسالبة مقيدتان اي بمراكز للشحنات غير متطابقة). عند تعرض النوع الأول ذي البنى الذرية إلى الحقول الكهربائية الخارجية تتشكل الديبولات، وتنزاح الشحنات الموجبة والسالبة ضمن غلاف الجزيء، وتدور حول محورها لتنتظم باتجاه خطوط الحقل، بينما في النوع الثاني تتوزع الديبولات عشوائيا بغياب الحقل وتنتظم عند تأثيره[3,19,20].



الشكل (1) الاستقطاب لوسط عازل قبل وبعد تطبيق الحقل الكهربائي

يدعى جداء شحنة الديبول والمسافة بين الشحنتين بعزم الديبول الكهربائي، ومجموعة هذه العزوم المنتظمة بتأثير من الحقل في واحدة الحجم تسمى بالاستقطاب الكهربائي (Polarization) كما مبين في الشكل (1)، وعندما يتساوى شعاع الاستقطاب الكهربائي في كل المناحي يكون العازل ايزوتروبيا. عند تعرض مثل هذه العوازل إلى الحقول الخارجية سينشأ إضافة إلى شعاع كثافة التدفق في الفراغ $(\mathbf{D_0})$، سينشأ شعاع استقطاب المادة. بعبارات أخرى سيظهر تأثير الحقل الخارجي على المادة في صورة شعاع الاستقطاب $(\mathbf{P})$ وفق العلاقات التالية[3,4,19,20]:

$$\mathbf{D}_o = \varepsilon_o \mathbf{E} \quad (1)$$

$$\mathbf{P} = \varepsilon_o X \mathbf{E} \quad (2)$$

$$\mathbf{D} = \varepsilon_o(1 + X)\mathbf{E} = \varepsilon \mathbf{E} = \varepsilon_o \varepsilon_r \mathbf{E} = \varepsilon_o E + \boldsymbol{P} \quad (3)$$

حيث:

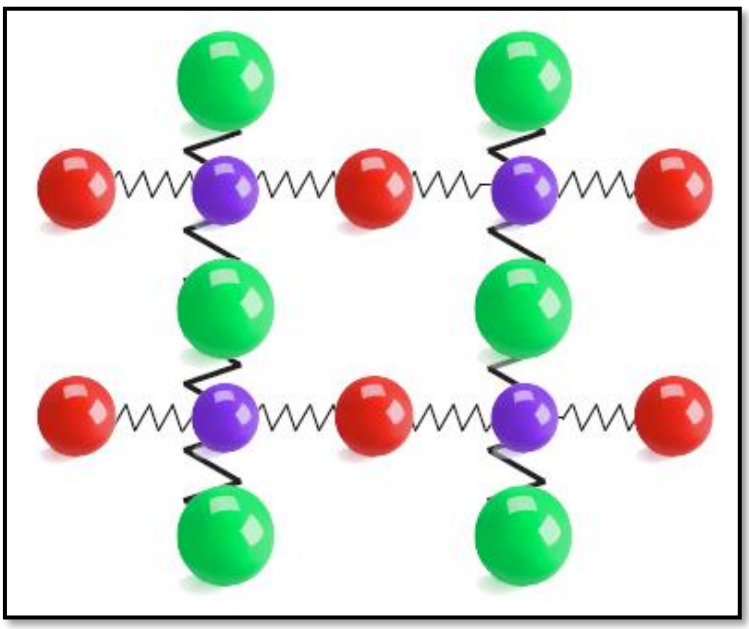
- $\boldsymbol{E}$ – شعاع شدة الحقل الكهربائي V/m
- $\mathbf{D}$ – كثافة التدفق الكهربائي (شعاع الإزاحة) C/m^2
- ε – السماحية الكهربائية F/m
- $\varepsilon_0 =$ السماحية الكهربائية للخلاء $F/m \quad 8.85 \times 10^{-12}$
- ε_r – السماحية الكهربائية النسبية (ثابت العازلية)
- $\boldsymbol{P}$ – الاستقطاب الكهربائي C/m^2
- X – تآثرية المادة Susceptibility للاستقطاب

يبين الجدول (1) [14] ثوابت العازلية الكهربائية لمجموعة من المواد.

Material	Relative Permittivity
Vacuum	1 (by definition)
Air	1.00058986
Polytetrafluoroethylene (PTFE, Teflon)	2.1
Paper	3.85
Diamond	5.5-10
Methanol	30
Water	80.1
Titanium dioxide (TiO_2)	86-173
Strontium titanate ($SrTiO_3$)	310
Barium titanate ($BaTiO_3$)	1,200 - 10,000
Calcium copper titanate ($CaCu_3Ti_4O_{12}$)	>250,000

الجدول (1) قيم ثابت العازلية لبعض المواد

تكون الأوساط غير الايزوتروبية بشعاع استقطاب يختلف تبعا للمناحي، أي أن استجابة المادة لتأثير الحقل الخارجي تتبع لاستقطابها وفق بناها وخصائصها. تشير العلاقة (3) إلى أن محصلة شعاع شدة الحقل الكهربائي لن تبقى مسايرة لشعاع كثافة التدفق الكهربائي **D** ، كما مبين في الشكل (2) [15] .



الشكل (2) الاستقطاب غير الايزوتروبي المتباين تبعا للمنحى لمادة عازلة عند تطبيق حقل كهربائي

سيختلف تفاعل المادة غير الايزوتروبية مع الموجة الواردة تبعا لاتجاهات شعاع الاستقطاب الكهربائي، حيث ستخضع الشحنات المقيدة أو الديبولات إلى تأثير قوى الحقل الكهربائي (الاستقطاب)، ويكون على محور ما مثل x اكبر منه على محور y أو z أو كليهما[3,16,18].

ستبدي تلك الشحنات أو الديبولات استجابة متباينة على المحاور الاحداثية، حيث تكون شديدة على أحد المحاور وضعيفة على الآخر، يتم تمثيل الروابط بنوابض بمرونة مختلفة، فمثلا تكون المرونة على المحور x أكبر منها على المحور y أو z أو كليهما. وهكذا فإن العلاقة بين شعاع كثافة التدفق الكهربائي و–شدة الحقل الكهربائي تصبح تنسورية–Tensors (وهي مصفوفة عددية تتحدد قيمها وفقا للاتجاه الفراغي أو المنحى ضمن المادة)، وتكتب الخصائص المصفوفية (التنسورية) لـ $[\boldsymbol{\varepsilon}]$ كما يلي [12,16,19,20]:

$$[\mathbf{D}] = [\boldsymbol{\varepsilon}].[\mathbf{E}] \tag{4}$$

$$[\mathbf{D}] = [\boldsymbol{\varepsilon}].[\mathbf{E}] = \varepsilon_o[\mathbf{E}] + [\mathbf{P}] \tag{5}$$

حيث:

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{D_x} \\ \mathbf{D_y} \\ \mathbf{D_z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} & \varepsilon_{xy} & \varepsilon_{xz} \\ \varepsilon_{yx} & \varepsilon_{yy} & \varepsilon_{yz} \\ \varepsilon_{zx} & \varepsilon_{zy} & \varepsilon_{zz} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{E_x} \\ \mathbf{E_y} \\ \mathbf{E_z} \end{bmatrix} \tag{6}$$

لا تستجيب الديبولات البنيوية آنيا لتأثير الحقل الكهربائي الخارجي، وتحتاج إلى فترة زمنية لانتظامها بسبب عزم عطالتها، وبعد انتظامها في الأوساط الايزوتروبية سيتطابق الشعاع **D** مع اتجاه شعاع الاستقطاب **P** . ستحدث صورة مختلفة أكثر تعقيدا للتفاعل في الأوساط غير الايزوتروبية، حيث سيتأخر الشعاع **D** في الوسط غير الايزوتروبي ولن يساير شدة الحقل الكهربائي **E** في الاتجاه، باعتبار أن شعاع الاستقطاب على كل محور يختلف عن المحور الآخر، فإن أشعة شدة الحقل الكهربائي **E** ستنزاح عن أشعة كثافة التدفق الكهربائي **D** تبعا للأبعاد الفراغية[3,20].

2- الانتشارات الكهرطيسية في الاوساط غير الايزوتروبية

عند انتشار الأمواج الكهرطيسية في الاوساط الايزوتروبية ، كما هو معروف فإن الموجة المستوية المنتظمة ستحافظ على استقطابيتها الكهربائية، وستعاني من الانكسار وتغيير سرعتها، حيث يتوقف ذلك على قيمة ε_r أو شعاع الاستقطاب الكهربائي، وتعطى قرينة الانكسار n بالعلاقة التالية [8]:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{1/\sqrt{\mu_0 . \varepsilon_0}}{1/\sqrt{\mu_0 . \varepsilon_0 . \varepsilon_r}} = \sqrt{\varepsilon_r} \qquad (7)$$

حيث:

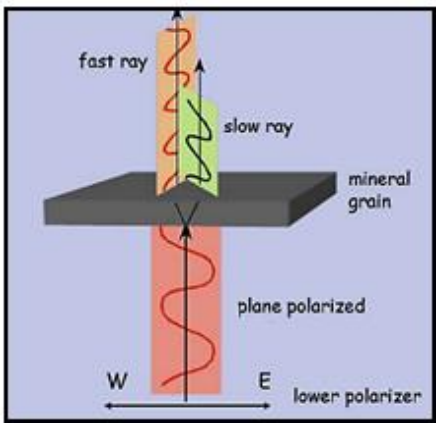
$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_o . \mu_o}}$ سرعة الموجة في الخلاء وتساوي سرعة الضوء m/s

$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_o . \mu_o . \varepsilon_r}}$ سرعة الموجة في الوسط غير الايزوتروبي

تصبح علاقة قرينة الانكسار عند الأخذ بالحسبان أن الوسط غير ايزوتروبي بخصائص ε_r مصفوفية (تنسورية)، كالتالي:

$$[n]^2 = [\varepsilon_r] \qquad (8)$$

يتضح من المعادلة (8) حدوث انكسارات متعددة ضمن المادة غير الايزوتروبية ويرافق ذلك اختلافات في السرعة الطورية للموجة في الاتجاهات المختلفة، وتتمثل بظاهرة التقزح، مما يؤدي إلى تحليل الشعاع الوارد للحقل إلى عدة مركبات [7,8]، كما مبين بالشكل (3).



الشكل (3) تحلل شعاع الحقل الكهرطيسي الوارد على وسط غير ايزوتروبي إلى عدة مركبات

تخضع الموجة الكهرطيسية عند ورودها بزاوية على سطح المادة إلى قانون سنيل في الانكسار والانعكاس [8] وفق العلاقة الآتية:

$$n_1 . \sin\theta_1 = n_2 . \sin\theta_2 \qquad (9)$$

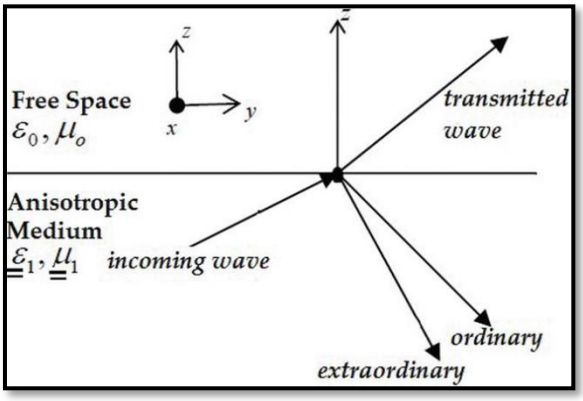
حيث :

θ_1:زاوية الورود

θ_2:زاوية الانكسار في الوسط الثاني.

ستتعرض الموجة الكهرطيسية عند انتشارها في وسط ما، ومواجهتها للحد البيني مع مادة أخرى إلى الانعكاس الجزئي بزوايا تختلف في الوسط غير الايزوتروبي عنها في الوسط الايزوتروبي [الشكل (4)]، وسيأخذ عندها قانون سنيل الصورة التنسورية التالية:

$$[n]_1 . \sin[\theta]_1 = [n]_2 . \sin[\theta]_2 \qquad (10)$$



الشكل (4) تباين زوايا الانعكاس على الحد الفاصل بين وسط غير ايزوتروبي ووسط آخر مثل الخلاء

حيث سيحدد تينسور tensor قرائن الانكسار سرعات الانتشار في الوسط غير الايزوتروبي وفق العلاقة التالية:

$$[\boldsymbol{v}]_{\emptyset} = \frac{c}{[n]} \qquad (11)$$

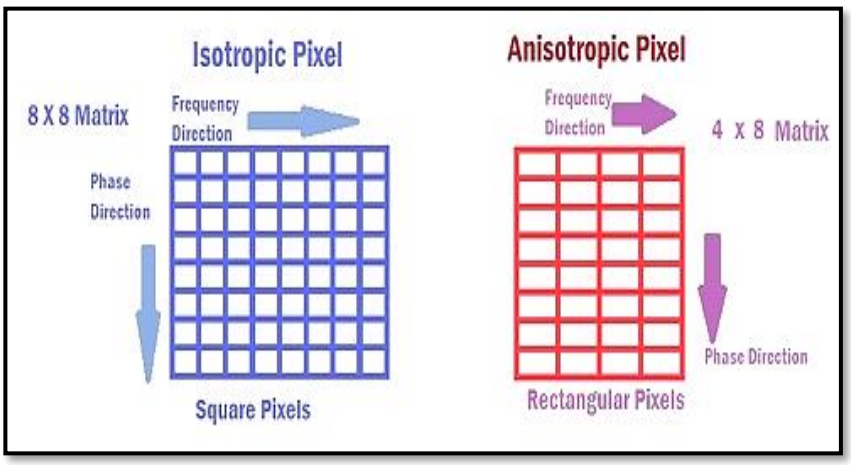
تشير هذه العلاقة إلى اختلاف سرعة انتشار الموجة في الوسط غير الايزوتروبي، اي ان الموجة ستنتشر بمركبات موجية لها سرعات مختلفة من محور لآخر في المحاور الفراغية

للمادة. ومن هنا وعند دراسة هذه الاوساط بالطرائق العددية، سنحتاج إلى ادخال تعديلات معينة إما في شبكة الحل (ستختلف ابعاد الشبكة الفراغية تبعا للاتجاه) أو بادخال تعديلات في خوارزمية حل هذه الطرائق كما سنوضح ذلك لاحقا.

تعد طريقة الفرق المتناهي في المجال الزمني FDTD – Finite Difference Time Domain في البيئة البرمجية CST الاساس لمتابعة تغيرات الحقول الكهربائية والمغناطيسية في الأوساط الايزوتروبية وغير الايزوتروبية التي تستند إلى معادلات ماكسويل وحلولها التقريبية. تعتمد النمذجة لفضاء الحل وفق هذه التقنية في الوسط غير الايزوتروبي على خلايا Yee مكعبة الشكل وتتيح حساب شدة الحقل في عقد الشبكة باستخدام قاعدة قفزة الضفدع Leap–Frog بخطوات زمنية وفراغية محددة [22,23].

تنشأ صعوبات في النمذجة والمحاكاة لانتشار الأمواج الكهرطيسية في الأوساط غير الايزوتروبية نظرا لخصائصها التينسورية،كما تشير العلاقة (11) والتي تؤكد على اختلاف سرعات الانتشار وفقا للمحاور الفراغية الثلاثة.

تنعكس الخصائص غير الايزوتروبية على تقطيع فضاء الحل إلى عناصر خلايا Yee غير منتظمة، وبالتالي لن تحافظ على شكلها المكعب المنتظم، بل ستصبح على شكل متوازي اضلاع فراغيا ومستطيلات في مستويات ببعدين [الشكل(5)].



الشكل (5) تأثير الخصائص غير الايزوتروبية على نمط خلية Yee مقارنة بالطريقة التقليدية

يتضح مما سبق ظهور صعوبات كبيرة جدا في تنفيذ النمذجة والمحاكاة وتشكيل شبكة الحل الفراغية بأبعاد مختلفة وفق المنحى وذلك عند مراعاة الخصائص التنسورية للوسط. تمت معالجة هذه المشكلة باتخاذ اجراءات مناسبة لمواءمة معادلات ماكسويل وحلولها من أجل الحفاظ على أبعاد متساوية لخلايا Yee في شبكة الحل للوسط غير الايزوتروبي ذو الخصائص التينسورية، وترتكز اجراءات المواءمة على متابعة شعاع كثافة التدفق الكهربائي **D** المستقل عن خصائص الوسط والمطابق في الاتجاه لشعاع الاستقطاب الكهربائي في حلول معادلات ماكسويل. نحصل على قيمة الحقل الكهربائي في أوجه خلية Yee من قيم شعاع كثافة التدفق الكهربائي **D** [العلاقة (6)]، والتي تعوض قيمه في العلاقة (12) لحساب مركبات الحقل الكهربائي دون الحاجة للتعديل في خلايا طريقة FDTD [1].

$$[\boldsymbol{E}] = [\varepsilon]^{-1}.[\boldsymbol{D}] \qquad (12)$$

وتحسب التغيرات الزمنية للحقول الكهرطيسية بفواصل زمنية Δt وفراغية ثابتة لشبكة أبعادها dzو dyو dx. يكون اختيار الخطوات الزمنية بأصغر ما يمكن لتحقيق دقة حلول النمذجة، بحيث يتحقق $\frac{\mathrm{dr}}{\mathrm{dt}} > v$ حيث v سرعة قطع الموجة لأبعاد الخلية $\mathrm{d}r$ على المحاور الثلاث في الوسط. يمكن التعبير عن ذلك من خلال اختيار التزايد الزمني Δt أصغر من زمن انتقال الموجة بين عقدتين متتاليتين في شبكة الحل، وبمراعاة دقة الحل تكون ابعاد الخلية الفراغية dzو dyو dx أصغر من عشر طول الموجة المطبقة، $(\mathrm{dx}, \mathrm{dy}, \mathrm{dz}) \leq \lambda/10$. تحتاج متابعة هذه الحسابات خبرة المصمم واتقانه لهذه التقنيات المحوسبة، والتمكن من تفاصيل استخدام البيئة البرمجية بمراعاة الشروط الحدية وتصميم النموذج الملائم الذي يحاكي التطبيق الهندسي المدروس [22,23].

3-تحليل نتائج تأثير الاستقطاب الكهربائي لعازل غير ايزوتروبي على انتشار الموجة الكهرطيسية

أجريت دراسات للحقول والأمواج الكهرطيسية في الأوساط بخصائص كهربائية ثابتة (ايزوتروبية) في مختلف المناحي داخل المادة، ولكن يؤكد الواقع العملي في الحقيقة أن الأوساط والمواد في مختلف التطبيقات تشكل في أغلبها موادا غير ايزوتروبية بخصائص

مصفوفية (تنسورية). يشكل الاستقطاب الأساس في تقييم تفاعل الوسط مع الموجة أو الحقل، ويختلف رد فعل المادة واستقطابها باختلاف المنحى في الأوساط غير الايزوتروبية في الفراغ ثلاثي الأبعاد وفقا لمحاور الاحداثيات.

اجريت النمذجة والمحاكاة للتفاعل الكهرطيسي في الأوساط بخصائص مصفوفية تنسورية استنادا إلى إلى تقنية Finite Difference Time Domain– FDTD في البيئة البرمجية CST باستخدام معادلات ماكسول التينسورية وحلولها التقريبية.

نطبق في النمذجة والمحاكاة موجة كهرطيسية مستوية منتظمة وباستقطابية خطية، على مادة ذات خصائص غير ايزوتروبية أحادية المحور– Uniaxial على المحور x. أشرنا إلى الدور الأساسي لاستقطاب الأوساط العازلة في التفاعل الكهرطيسي، سواء كانت ايزوتروبية أو غير ايزوتروبية. لا يتغير الاستقطاب من موضع إلى آخر في المواد الايزوتروبية وفق المناحي الفراغية. يقابل ذلك حدوث استقطاب للوسط غير الإيزوتروبي بقيم مختلفة وفق المنحى في المادة، وينعكس ذلك بانزياح شعاع الاستقطاب عن شعاع شدة الحقل الكهربائي، عندها لن يبق شعاع كثافة التدفق الكهربائي (الازاحة) **D** مسايرا لشعاع الحقل الكهربائي. تعد حلول معادلات ماكسويل الشعاعية معقدة، ويزيدها تعقيدا الخصائص غير الايزوتروبية باستقطابها المتباين في المناحي المختلفة، من هنا تم اختيار وسط بخصائص مصفوفية تنسورية أحادية المحور (على المحور x)، أي أن الخصائص ثابتة على المحورين y,z ومتغيرة على x $(\varepsilon_z = \varepsilon_y \neq \varepsilon_x)$ ، كما تبين المعادلة (13) [1,3,17,20].

$$[\varepsilon] = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_y & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_y \end{bmatrix} \qquad (13)$$

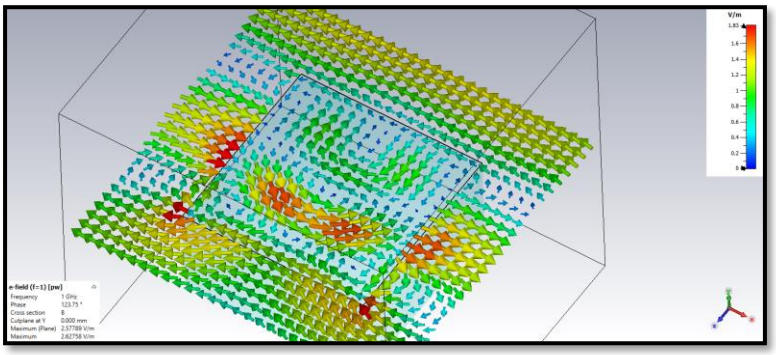
ستنعكس خصائص الاستقطاب على طول الموجة وقرينة الانكسار وسرعة الانتشار في الوسط، وتتعرض أيضا الموجة إلى الانكسار والانعكاس والتشتت، وستنخفض سرعة الانتشار بدرجات متباينة في المناحي المختلفة في المادة.

تمت متابعة التفاعل الكهرطيسي في الوسط غير الايزوتروبي بتطبيق موجة منبع منتظمة ومستوية بتردد 1GHz، وبمركبة كهربائية مستقطبة على المحور x (محور الخاصية غير الايزوتروبية ε_x)، وبمطال $1\ V/m$. أجريت الدراسة عند خصائص ثابت عازلية

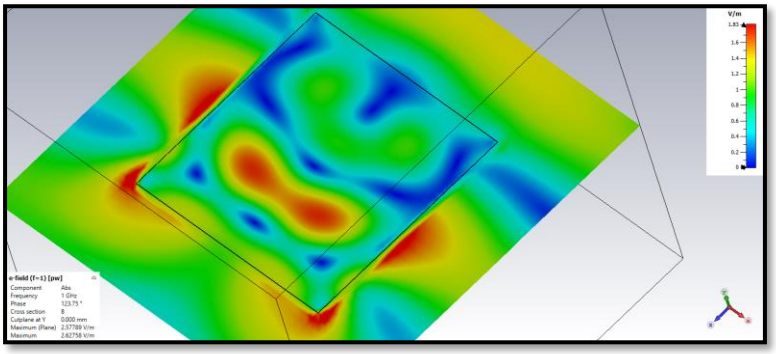
$\varepsilon_x = 10$ ثـم $\varepsilon_x = 50$ ثـم $\varepsilon_x = 100$ و $\varepsilon_x = 500$ علـى التـوالي، بينمـا كانـت خصائص ثابت العازلية على المحورين الآخرين $\varepsilon_y = \varepsilon_z = 2$ أو $\varepsilon_y = \varepsilon_z = 5$، علما أن أبعاد المادة المدروسة تساوي ضعفي طول الموجة.

حصلنا على نتائج النمذجة والمحاكاة في الوسط غير الايزوتروبي أحادي المحور عند $\varepsilon_x = 10$ و $\varepsilon_y = \varepsilon_z = 5$. يتم متابعة هذا التفاعل من خلال المركبة الكهربائية للموجة المنتشرة بتقنية الاظهار اللوني واللوني الشعاعي الفراغي. اخذت عينات بمقاطع افقية في فضاء الحل للمادة المدروسة، ومقاطع فراغية في الأبعاد الثلاثة، مبينة في الأشكال (6–a,b,c) على التوالي:

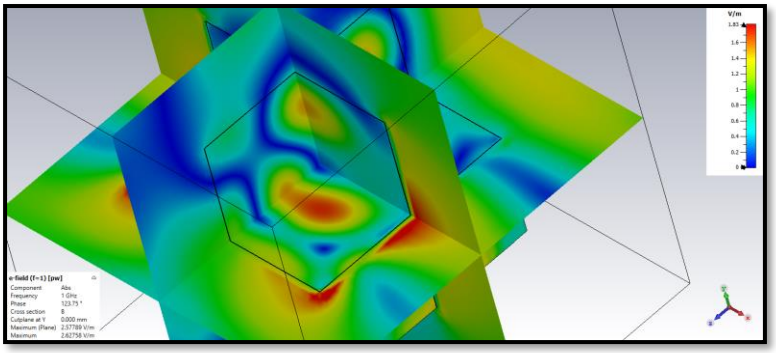
(a)



(b)



(c)



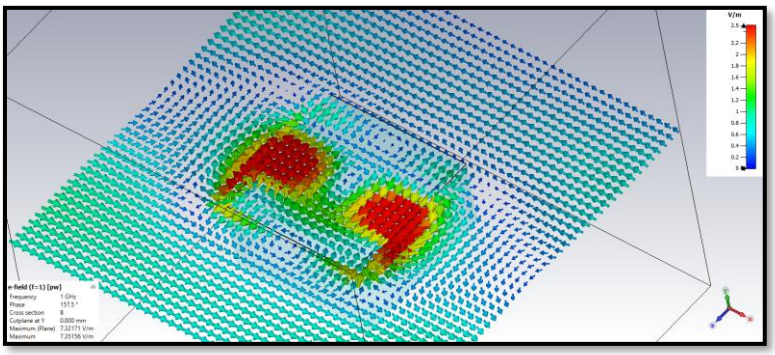
الشكل (6) تفاعل الحقل الكهربائي مع الوسط غير الايزوتروبي بخصائص
$\varepsilon_y = \varepsilon_z = 5$ و $\varepsilon_x = 10$

تبين النتائج لتوزع الحقل الكهربائي في المادة غير الايزوتروبية المدروسة تمركز طاقة الحقل داخل المادة في منطقة الخروج منها وعند حواف المادة وبقيمة أعظمية $2.4\ V/m$.

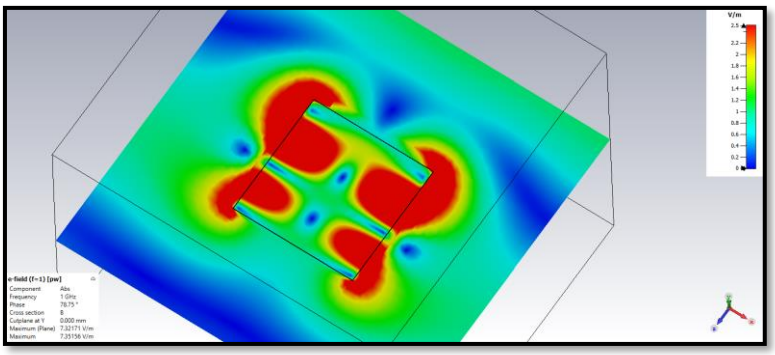
تحتاج متابعة التفاعل الكهرطيسي مع المادة غير الايزوتروبية إلى تغيير قيم ثابت العازلية للوسط مثل ε_x=50 و ε_y=$\varepsilon_z = 5$، مع الحفاظ على أبعاد الوسط وخصائص الموجة المطبقة كما أشرنا سابقا، تم الحصول على النتائج المبينة في الشكل (7) ، (a) الاظهار اللوني الشعاعي، (b) توزع الحقل في مستوي مع الاظهار بالتمييز اللوني ، (c)المقطع الفراغي ثلاثي الأبعاد في المادة المدروسة.

تبين النتائج ازدياد بؤر تمركز الحقل، وحدوث انزياح أكبر لهذه البؤر باتجاه حواف المادة بقيمة أعظمية $7.3\ V/m$ ، وظهور مجالات انخفاض شدة الحقل الكهربائي وتمركزها في المنتصف تقريبا.

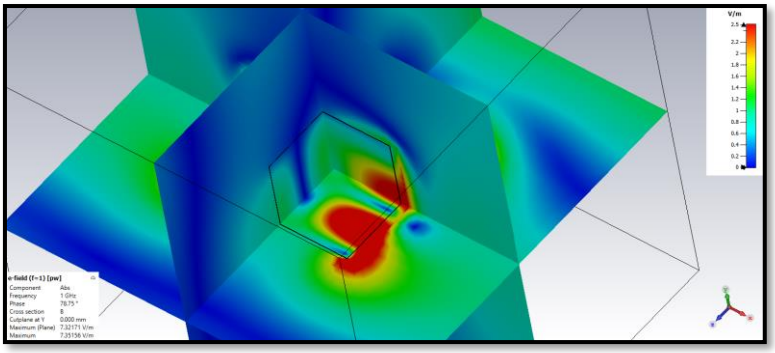
(a)



(b)



(c)

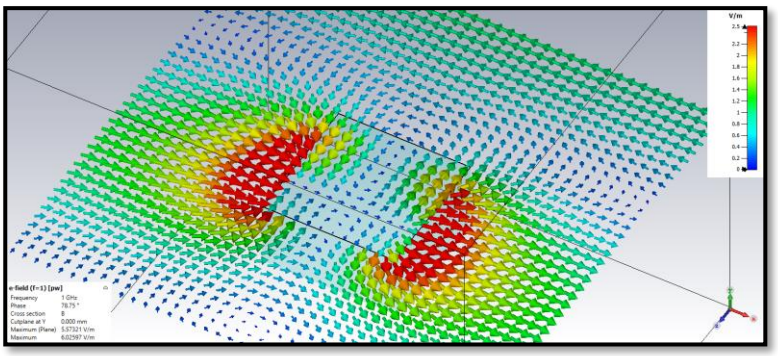


الشكل (7) تفاعل الحقل الكهربائي مع الوسط غير الايزوتروبي بخصائص

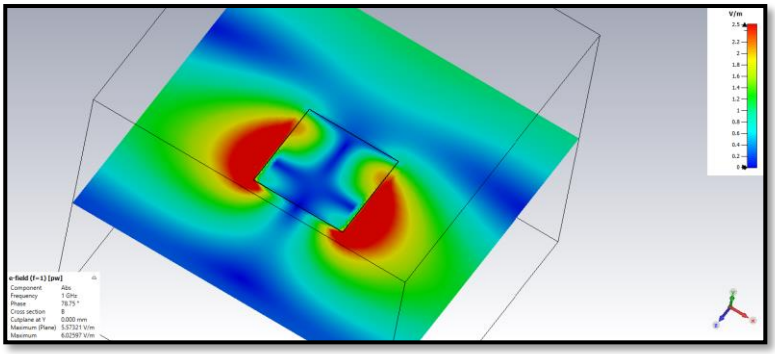
$\varepsilon_y = \varepsilon_z = 5$ و $\varepsilon_x = 50$

أعيدت الاجراءات عند ε_x=100 و ε_y=$\varepsilon_z = 5$، تم اظهار النتائج بتقنية الاظهار اللوني بالأشعة لمقطع مستوي في المادة، كما يبين الشكل(8,a)، ومقطع مستوي بالتمييز اللوني (b)، ومقطع في الفراغ ثلاثي الأبعاد في المادة المدروسة (c).

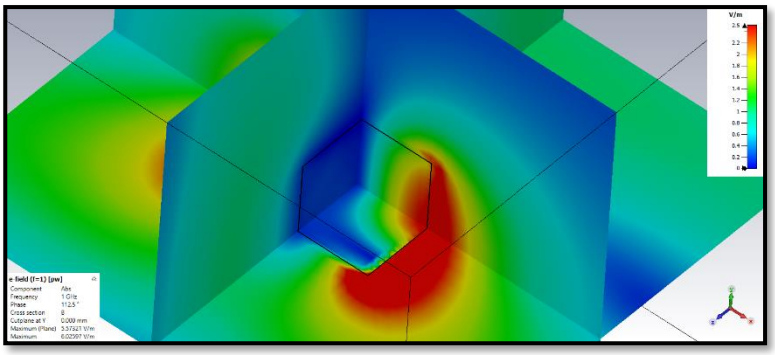
(a)



(b)



(c)



الشكل (8) تفاعل الحقل الكهربائي مع الوسط غير الايزوتروبي بخصائص

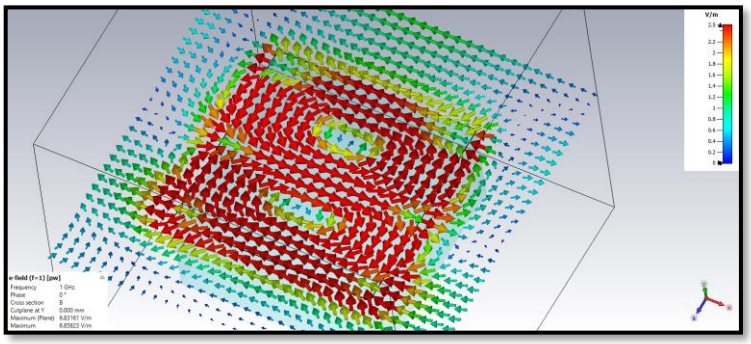
$\varepsilon_x = 100$ و $\varepsilon_y = \varepsilon_z = 5$

يتضح انخفاض تمركز الطاقة الكهربائية داخل المادة لقيم أدنى من $0.8\ V/m$، وانزياح شدة الحقل الأعظمية $6\ V/m$ نحو الحواف بشكل ملحوظ.

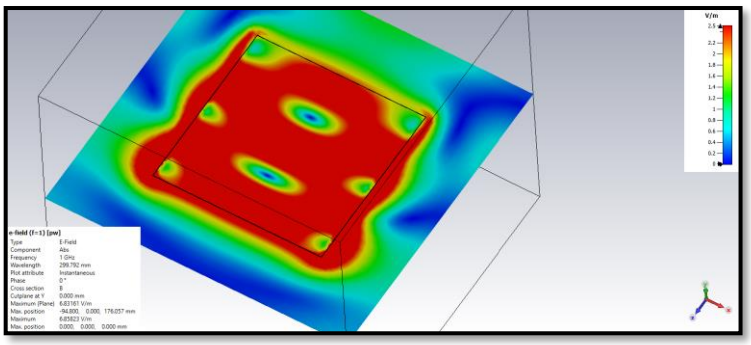
تم متابعة التفاعل الكهرطيسي في الوسط غير الايزوتروبي عند ذات القيم السابقة لـ ε_x وبتغيير خصائص الوسط باتجاه المحاور y وz إلى $\varepsilon_y=\varepsilon_z = 2$.

أظهرت نتائج تأثير الحقل من أجل $\varepsilon_x = 10$ و $\varepsilon_y=\varepsilon_z = 2$، والمبينة في الشكل (9) توزع المركبة الكهربائية للموجة الكهرطيسية بمقطع مستوي واستخدام تقنية التمييز اللوني بالأشعة (a)ومقطع مستوي بالتمييز اللوني (b) ومقطع فراغي (c,d) في الأبعاد الثلاث.

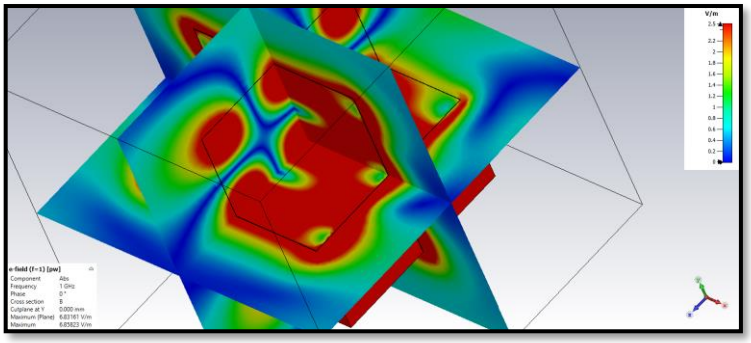
(a)



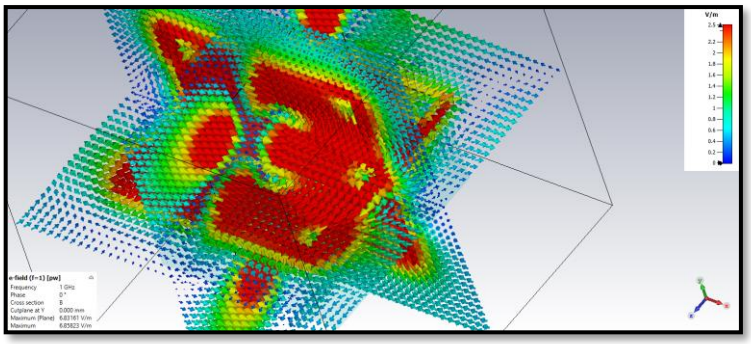
(b)



(c)



(d)



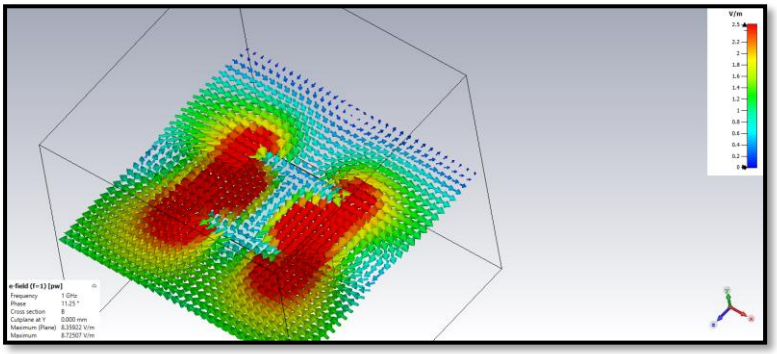
الشكل (9) تفاعل الحقل الكهربائي مع الوسط غير الايزوتروبي بخصائص

$\varepsilon_x = 10$ و $\varepsilon_y = \varepsilon_z = 2$

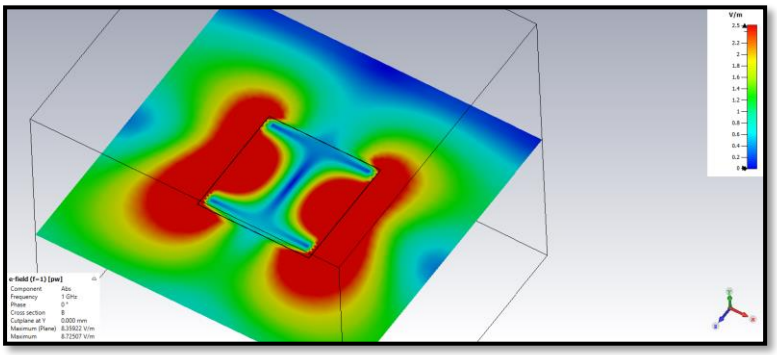
يتضح من الشكل(9) تمركز الطاقة الكهرطيسية ضمن المادة غير الايزوتروبية أحادية المحور حيث تجاوزت الشدة الأعظمية للحقل 6.8 V/m.

يبدأ تمركز الطاقة بالانخفاض بشكل ملحوظ في محاور مركز المادة المدروسة عندما تزداد ε_x إلى 50 والحفاظ على $\varepsilon_y=\varepsilon_z = 2$. تنزاح كثافة الطاقة نسبيا نحو الاطراف كما مبين في مقاطع الشكل(10)، تتوزع المركبات الكهربائية للموجة الكهرطيسية بمقطع مستوي عند استخدام تقنية التمييز اللوني للأشعة الكهرطيسية (شعاع شدة الحقل الكهربائي) كما في الشكل (10,a) وبتقنية التمييز اللوني المستوي المتواصل(b) وتمثيل فراغي لهذا التوزع (c).

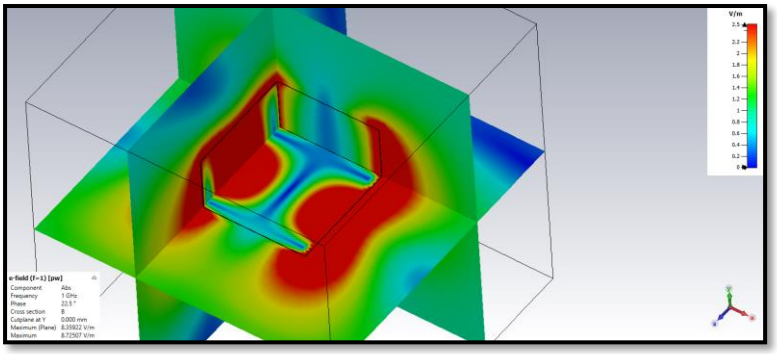
(a)



(b)



(c)



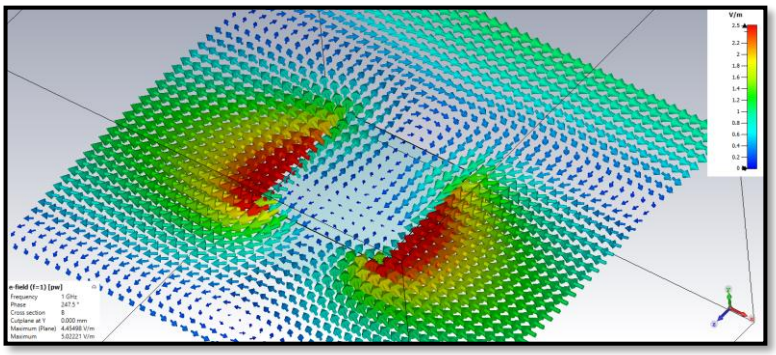
الشكل(10) تفاعل الحقل الكهربائي مع الوسط غير الايزوتروبي بخصائص

$$\varepsilon_y = \varepsilon_z = 2 \text{ و } \varepsilon_x = 50$$

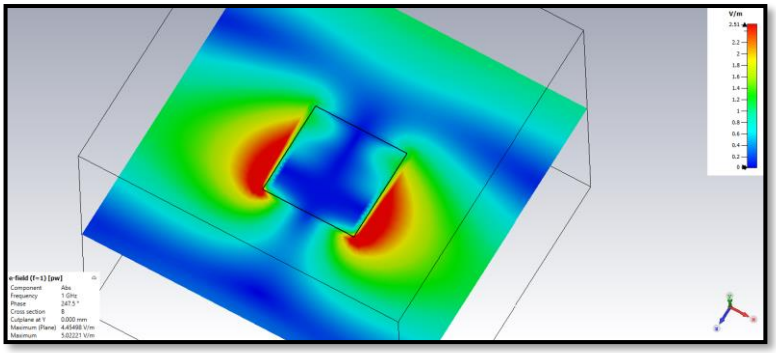
تبين نتائج التفاعل في الشكل(10) انخفاض قيم شدة الحقل الكهربائي على المحاور في مركز المادة وحدوث انزياح نسبي لكثافة طاقة الحقل نحو الأطراف وبشدة حقل أعظمية 8.7 V/m. اجريت الحسابات على وسط بثابت عازلية ε_x=100 و ε_y=ε_z = 2، وتم اظهار النتائج في مقطع مستوي بتقنية الاظهار اللوني والأشعة في الشكل (11–a)، ويبين الشكل (11–b) مقطعا مستويا لتوزيع شدة الحقل الكهربائي في المادة، ويظهر الشكل (11–c) مقطعا فراغيا لتوزع الحقل الكهربائي.

تبين النتائج على الشكل(11) في مقاطعه الثلاثة، انزياح الطاقة الكهرطيسية نحو الحواف الخارجية للمادة، وانخفاضها بشكل ملحوظ داخل المادة تصل قيمة شدة الحقل داخل المادة إلى أقل من 0.4 V/m.

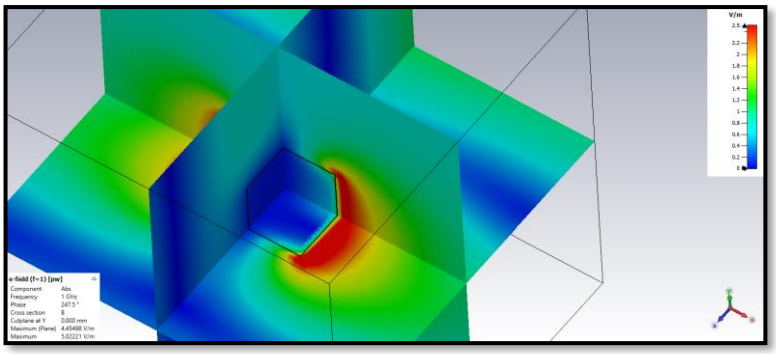
(a)



(b)



(C)



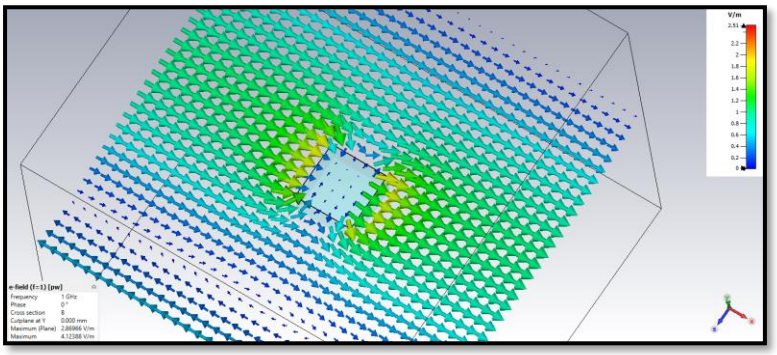
الشكل (11) تفاعل الحقل الكهربائي مع الوسط غير الايزوتروبي بخصائص

$\varepsilon_y = \varepsilon_z = 2$ و $\varepsilon_x = 100$

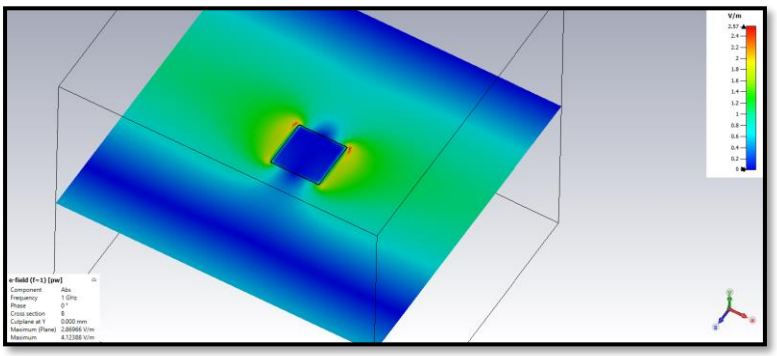
أشرنا إلى أهمية دراسة الخصائص غير الايزوتروبية للأوساط، والتي تمثل خصائص أغلب المواد في الواقع العملي ذات البنى البللورية الكريستالية، هذا من ناحية ومن ناحية أخرى هناك تراكيب جديدة لمواد وبنى في مختلف التطبيقات العملية. تحتل الدراسات الكهرطيسية لهذه المواد أهمية كبيرة. تم في هذا الصدد إجراء الحسابات وتكرارها على مواد عازلة غير ايزوتروبية مع تغير في قيم ε_x للتأكيد من النتائج السابقة، حيث اجريت الحسابات عند ε_x=500 ε_y=$\varepsilon_z = 2$ ، وتكرارها عند ε_y=$\varepsilon_z = 5$

يبين الشكلين (12) و(13) النتائج للحالتين المشار إليهما من خلال ثلاثة مقاطع للمجال المدروس في المستوي وفي الفراغ ثلاثي الأبعاد، حيث تظهر الأشكال توزع الطاقة الكهرطيسية في المادة وبجوارها.

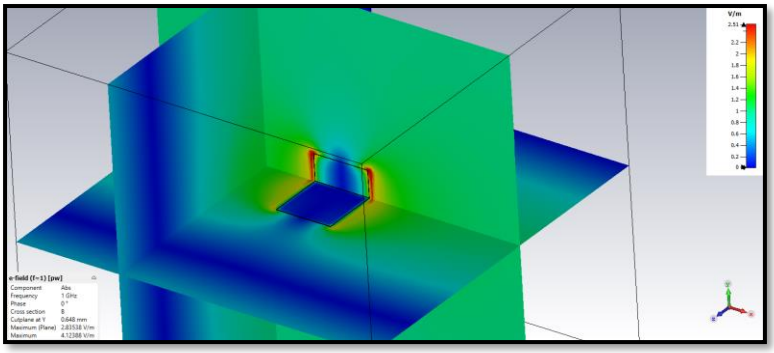
(a)



(b)



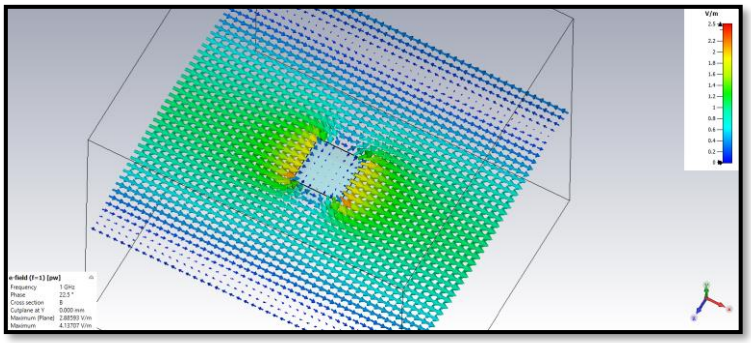
(c)



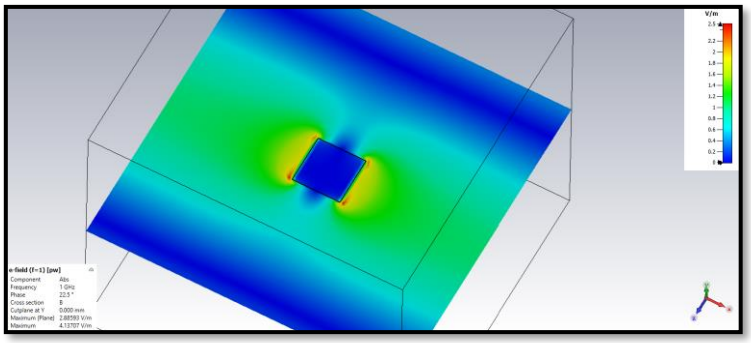
الشكل (12) تفاعل الحقل الكهربائي مع الوسط غير الايزوتروبي بخصائص

$\varepsilon_y = \varepsilon_z = 2$ و $\varepsilon_x = 500$

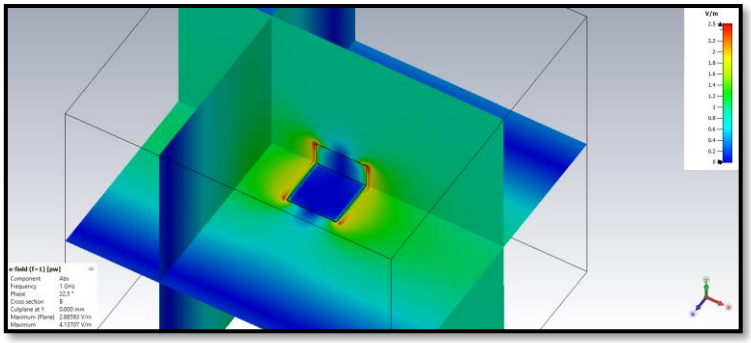
(a)



(b)



(c)



الشكل (13) تفاعل الحقل الكهربائي مع الوسط غير الايزوتروبي بخصائص

$\varepsilon_x = 500$ و $\varepsilon_y = \varepsilon_z = 5$

تبين النتائج على الشكل (12–a,b,c) بالمقاطع الثلاث في المادة المدروسة وبجوارها، انخفاض شدة الحقل عند الحواف وشبه تلاشي الحقل داخل المادة أقل من V/m 0.2 . تظهر النتائج اكتساب خاصية التحجيب التي تشكل أهم ما يميز المواد العازلة غير الايزوتروبية.

تماثل النتائج في الشكل (13) من أجل ε_x=500 و ε_y=ε_z = 5 تقريبا النتائج المشار إليها في الشكل (12).

مناقشة النتائج :

أجري هذا البحث على المواد غير الايزوتروبية بثوابت العازلية الكهربائية بغض النظر عن تركيبها و نمطها وعناصرها التركيبية ، حيث يمتاز الوقت الراهن بامكانيات تقنية لتصنيع مواد غير ايزوتروبية بللورية بمنحنيات خواص هندسية تخدم الهدف التصميمي منها ومجال استخدامها.

- تعد المواد الكريستالية الصنعية بنيويا غير ايزوتروبية أي أن قرائن الانكسار مختلفة باختلاف الاتجاه في المادة، ويمكن الاستفادة من هذه الخاصية للتحجيب في التطبيقات الهندسية الحديثة ومنها نظم القياس وغيرها.
- تشير النتائج السابقة إلى أنه كلما ازداد تباين الخاصية غير الايزوتروبية، رافقها انزياح أكبر للطاقة نحو حواف المادة وخارجها، بمعنى أنه سيؤثر تغير الاستقطاب غير الايزوتروبي عند التردد 1 GHz وابعاد المادة ضعفي طول الموجة سيؤثر على انزياح شدة الحقل الكهربائي والطاقة الكهرطيسية نحو الخارج. يعود ذلك إلى

الخصائص المكتسبة كالامتصاص والتخامد والانكسارات المتعددة العائدة إلى التفاعل بين الوسط غير الايزوتروبي واستقطابه بتأثير الموجة الكهرطيسية.

- يتضح أنه عندما ε_x=10 و ε_y=$\varepsilon_z = 2$ تتمركز الطاقة الكهرطيسية ضمن المادة، أي أنها تمتص الجزء الأكبر من طاقة الموجة وتختزنه في المادة.
- يؤدي ارتفاع شعاع الاستقطاب الكهربائي من أجل ε_x=500 و ε_y=$\varepsilon_z = const$ إلى انخفاض شدة الحقل وتلاشيه تقريبا داخل المادة. يمكن تفسير ذلك بسبب الاستقطابات العالية في العازل غير الايزوتروبي والمعاكس لشدة الحقل الكهربائي المؤثر كمركبة للموجة الكهرطيسية، وامتصاص طاقة الموجة في الديبولات المهتزة.
- تبين نتائج الدراسة من أجل ε_x=500 (عالية) أن التأثير شبه مستقل عن قيم ε_y وε_z .
- أظهرت النتائج وجود تأثير ملحوظ لقيم ε_z وε_y عند قيم صغيرة نسبيا لـ ε_x.

الخلاصة

تم انجاز هذا البحث بمحاكاة التفاعل الكهرطيسي في الوسط غير الايزوتروبي في البيئة البرمجية CST والتي تسمح بمتابعة التأثير المتبادل في الزمن الحقيقي بين الموجة وخصائص المادة، بينت النتائج أنه عند خصائص غير ايزوتروبية للعازل، يمكن أن تلعب دور تخزين طاقة الموجة وعدم انعكاسها وتبعثرها وعند قيم أخرى يمكن أن تلعب دور التحجيب للموجة الكهرطيسية.

تحتاج هذه الدراسات إلى مزيد من الأبحاث وتحليل النتائج والبحث في آفاق الاستفادة منها في مختلف مجالات التطبيقات الهندسية التقنية لامتصاص طاقة الموجة أو في التحجيب للتجهيزات والنظم

المراجع references

1- Dou, L., & Sebak, A. R. (2006). **3D FDTD method for arbitrary anisotropic materials**. *Microwave and Optical Technology Letters*, *48*(10), 2083-2090.

2- Fakhte, S., & Oraizi, H. (2016). **Analysis and design of rectangular uniaxial and biaxial anisotropic dielectric resonator antennas**. *Progress In Electromagnetics Research C*, *62*, 43-50.

3- Chakravorti, S. (2017). ***Electric field analysis***. CRC Press.

4- *Eroglu, A. (2010).* ***Wave propagation and radiation in gyrotropic and anisotropic media****. Springer Science & Business Media..*

5- Hong, S. Y., Kim, Y. C., Wang, M., Nam, J. D., & Suhr, J. (2020). **Anisotropic electromagnetic interference shielding properties of polymer-based composites with magnetically-responsive aligned Fe3O4 decorated reduced graphene oxide**. *European Polymer Journal*, *127*, 109595.

6- Hu, Y., Fang, Y., Wang, D., Zhong, Y., & Liu, Q. H. (2018). **Electromagnetic waves in multilayered generalized anisotropic media**. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *56*(10), 5758-5766.

7- *Jayet, B. (2015).* ***Acousto-optic and photoacoustic imaging of scattering media using wavefront adaptive holography techniques in NdYO4*** *(Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).*

8- Kasap, S O. (2013). ***Electromagnetic theory for microwaves and optoelectronics*** (pp. 274-283) Second edition. England: Pearson.

9- Komeylian, S., & Mohammadi, F. (2020). **Conical Swiss Roll Metamaterial Application for Slow-light Waveguides**. *Canadian journal of electrical and computer engineering*, *43*(3), 163-169

10- Lei, Q., Wang, J., & Shi, L. (2018). **Shielding Analysis of Uniaxial Anisotropic Multilayer Structure by Impedance**

Network Boundary Condition Method. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, *67*(4), 2462-2469.

11- *Sadiku, M. N. (2005). **Elements of electromagnetics** (Vol. 428). New York: Oxford university press*

12- Mickelson, A. R. (1992). **Geometrical Optics. In *Physical Optics*** (pp. 171-225). Springer, Boston, MA.

13- Mencagli, M., Martini, E., & Maci, S. (2015). **Surface wave dispersion for anisotropic metasurfaces constituted by elliptical patches**. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, *63*(7), 2992-3003.

14- *M Raja. Parvan, Barron. Andrew, **Electrical Permittivity Characterization of aqueous solutions** . **Chemistry libretexts. 31. 3. 2021. www.chem.libretexts.org***

15- *Peter .B, (2008) **Physics electro-optics** ,san Jose state University, (chapter4,physics 208)*

16- Pinho, P. (Ed.). (2018). ***Antennas and Wave Propagation***. BoD–Books on Demand.

17- *Roland H.Tarkhanyan, **Volume electromagnetic waves in anisotropic crystals with electronic plasma**,Willy-VCH,2006*

18- Tholin, F., Chemartin, L., & Lalande, P. (2017, September). **Simulation of the Lightning Arc Root Interaction with Anisotropic Materials**. In *ICOLSE 2017*

19- *Vladimir V. Mitin Dmitry I. Sementsov, **An Introduction to Applied Electromagnetics and Optics**,CRC press,2017*

20- Zhang, K., Li, D., Chang, K., Zhang, K., & Li, D. (2008). ***Electromagnetic theory for microwaves and optoelectronics*** (pp. 274-283) Second edition. Berlin: Springer.

21- Zhang, J., Fu, H., & Scales, W. (2018). **FDTD analysis of propagation and absorption in nonuniform anisotropic magnetized plasma slab**. *IEEE Transactions on Plasma Science*, *46*(6), 2146-2153.

22- Shora. N, Mahmoud. S, Moussa. M, (2011)- **Modeling & Simulation of Bio electromagnetics in FDTD**, Damascus university journal, Vol 27, In Arabic.

23-Shora. N, (2011)- **Using Numerical methods for EM analysis in three Dimensions**, Thesis. Power department. MEE engineering college. Damascus University. Damascus .Syria. P106.In Arabic

التكاملات في المناطق الكروية في الفضاء $\Re^n$ بطريقة النواة المولدة

[1] د. حامد عباس [2] هبه زكريا اصلان

جامعة البعث_ كلية العلوم_ قسم الرياضيات

ملخص:

تم في هذه المقالة إيجاد قيم التكاملات في المنطقة الكروية في الفضاء $\Re^n$ باستخدام طريقة النواة المولدة وذلك بإيجاد الدستور التكاملي, الذي نعتمد عليه في عمليات التعامد والنظيم من أجل إيجاد كثيرات الحدود المتعامدة والمنظمة على الكرة $B_n^{(r)}$ التي نصف قطرها r , ومن ثم تشكيل النواة المولدة التي تساعد في إيجاد ثوابت العلاقة التكعيبية والتي تفيد في تشكيل دستور يساعد في إيجاد قيمة التكاملات المضاعفة لأي دالة في المنطقة $B_n^{(r)}$.

الكلمات المفتاحية: طريقة النواة المولدة, العلاقة التكعيبية, كثيرات الحدود المتعامدة والمنظمة.

[1] عضو هيئة تدريسية, جامعة البعث_ كلية العلوم_ قسم الرياضيات

[2] طالبة دكتوراة, معيدة موفدة, جامعة البعث_كلية العلوم_قسم الرياضيات

The Integrals In Spherical Regions In The Space $\Re^n$ By The Generative Kernal Method

[1] Dr, Hamed Abbas [2] Hiba Zakaria Aslan

Albaath University_ Faculty Of Science_ Department f Mathematics

Abstract:

In this article, the values of the integrals in the spherical region in space $\Re^n$ were found by using The Generative Kernal Method by finding the integrative constitution that we adopt in the orthogonal and regular operations in order to find Orthonormal Polynomials on the sphere with radius r, then forming the Generative Kernal that helps in finding the constants of the Cubature Formulae and that is useful in forming a relation that helps in finding the values of the double integrals of any function in $B_n^{(r)}$

Key words: By The Generative Kernal Method, Cubature Formulae, Orthonormal Polynomials.

[1] A Faculty member_ Albaath university_faculty of science_ department of mathematics

[2] Doctoral student__ Albaath university_faculty of science_ department of mathematics

1. مقدمة:

اكتشفت طريقة النواة المولدة للمرة الأولى عام 1968على يد العالم ميسوفسكيخ من أجل حساب التكاملات المضاعفة في المناطق التي تمتلك مركز تناظر والتي لا تمتلك مركز تناظر[5,6], أمّا التطور الهام لطريقة النواة المولدة حصل عليه ميولر عام 1973حيث تمكن من إثبات المبرهنات, وأوجد العلاقة التكعيبية بـ $2k+1$ دقة جبرية في حالة المناطق المتناظرة, و $2k$ في حالة المناطق غير المتناظرة [2,3,4], وفي عام 1975 تمكن غيغل من إيجاد العلاقة التكعيبية من أجل الكرة الواحدية في الفضاء رباعي الأبعاد, إنَّ البحوث الجارية في هذا المجال تدور حول دراسة خواص النواة المولدة وتطبيق هذه الطريقة في مناطق تكاملية أوسع، والحصول على علاقات تكعيبية جديدة يمكن استخدامها من أجل حساب القيمة التقريبية للتكاملات المضاعفة.

2. هدف البحث:

يهدف البحث إلى إيجاد القانون العام للدستور التكاملي الذي سوف نستخدمه في عمليات التعامد والتنظيم في المنطقة الكروية $B_n^{(r)}$, وإيجاد الصيغة العامة لكثيرات الحدود المتعامدة والمنظمة المطلوبة على المنطقة التكاملية المفروضة بـ nمتغير ومن عدة درجات, واستنتاج الصيغة العامة لكل درجة, ثم تشكيل النواة المولدة واستنتاج الدستور العام لها, والذي يزداد صعوبة كلما زادت درجة كثيرة الحدود.

3. مواد البحث:

3-1. بعض المبرهنات والتعاريف الهامة:

قبل عرض طريقة النواة المولدة لتشكيل العلاقات التكعيبية، لابد من توضيح بعض المفاهيم الأساسية, إن العلاقة التكعيبية هي مساواة تقريبية من الشكل:

$$\int_{\Omega} \omega(x)\, f(x)dx \cong \sum_{j=1}^{N} C_j\ f\left(x_j\right) \qquad (1)$$

حيث إنَّ x_j هي نقاط مختلفة مثنى مثنى وتدعى نقاط المكاملة (النقاط التكاملية) أو عقد العلاقة التكعيبية, N عدد النقاط التكاملية و C_j الثوابت الموافقة لتلك النقاط, $f(x)$ الدالة المراد مكاملتها و $\omega(x)$ دالة الوزن، أما Ω فهي المنطقة التكاملية.

مبرهنة (1): [7] بفرض أن Ω منطقة تحوي نقاط داخلية, وبفرض أن $\omega(x)$ تحقق الشرط: $\omega(x)\geq 0 \;\&\; \int_{\Omega}\omega(x)dx>0\;;x\in\Omega$ ، والعلاقة التكعيبية (1) تملك دقة جبرية [1] d, ومن أجل $d\geq 0$ ، عند ذلك يكون:

$$N \geq \partial = M(n,k) = \frac{(n+k)!}{n!.k!} \quad : \quad k = \left\lfloor \frac{d}{2} \right\rfloor$$

الرمز $k = \left\lfloor \frac{d}{2} \right\rfloor$ يعني القسم الصحيح من الكسر $\frac{d}{2}$, n بعد الفضاء.

تعريف (2): [7] النواة المولدة هي كثيرة حدود من الدرجة k تحتوي على $2n$ من المتحولات يرمز لها بـ $k_k(u,x)$ حيث $x=(x_1,x_2,....,x_n)$ و $u=(u_1,u_2,...,u_n)$ تدعى مولدة لأنها تحقق الخاصة التالية:

$$F(u) = \int_{\Omega}\omega(x).K_K(u,x).F(x)dx$$

حيث $dx = dx_1.dx_2 \;....dx_n$ و k هي درجة كثيرة الحدود المتعامدة النظامية $F(x)$

يمكننا إيجاد النواة المولدة بالشكل التالي:

---

[1] نقول عن العلاقة التكعيبية (1) إنها تمتلك دقة جبرية d, إذا تحولت إلى مساواة صحيحة, بحيث تكون درجة كثيرة الحدود المُكاملة $f(x)$ لا تتجاوز d

$$\tilde{K}_k(u,x)=\sum_{j=1}^{n'}F_j^k(u)F_j^k(x) \qquad (2)$$

حيثُ إنَّ إشارة الفتحة فوق المجموع تعني أن عملية الجمع بـ j التي توافق كثيرة الحدود $F_j^k(x)$ والتي تمتلك نفس الفردية (الزوجية) مع k في حال كان k عدد فردي (زوجي), و $\tilde{K}_k(u,x)$ كثيرة حدود ذات $2n$ متغير, درجتها k والتي تمتلك نفس الفردية (الزوجية) مع k, ويمكننا من خلالها تشكيل العلاقة التكعيبية بدقة جبرية $2k$ولتشكيل العلاقة التكعيبية بدقة فردية $2k+1$ نستخدم الصيغة:

$$K_k(u,x)=\tilde{K}_k(u,x)+\tilde{K}_{k-1}(u,x) \qquad (3)$$

نستخدم الدقة الزوجية في حالة كون كل من الوزن $\omega(x)$ والمنطقة Ω تمتلك خاصة التناظر المركزي, أي أن :

$$x\in\Omega\Rightarrow -x\in\Omega \quad ,\omega(x)=\omega(-x) \qquad (4)$$

نظرية 1:

لنفرض أن $\omega(x)$ تحقق $\omega(x)\geq 0$ & $\int_{\Omega}\omega(x)dx>0$, وتمتلك Ω نقاط داخلية, فإذا كانت العلاقة التكعيبية (1) تمتلك m دقة جبرية, فإن N عدد عقد العلاقة التكعيبية تحقق المتراجحة:

$$N\geq\chi=M(n,k)=\frac{(n+k)!}{n!\,k!} \qquad ;k=\left[\frac{m}{2}\right]$$

نظرية 2:

لنفرض أن $\omega(x)$ تحقق $\omega(x)\geq 0$ & $\int_{\Omega}\omega(x)dx>0$, وتمتلك Ω نقاط داخلية, بحيث $\omega(x),\Omega$ تحققان الخاصة التناظرية بالنسبة لـ $\theta=(0,0,.....,0)$ كما في (4)

فإذا كانت العلاقة التكعيبية (1) تمتلك $d = 2k+1$ دقة جبرية, وإذا لم تكن θ من بين عقد العلاقة التكعيبية, فإن عدد عقد العلاقة التكعيبية تحقق المتراجحة:

$$N \geq \begin{cases} 2(\chi - \nu) & ;k : odd \\ 2\nu \end{cases}$$

وإذا كانت θ من بين عقد العلاقة التكعيبية, فإن عدد عقد العلاقة التكعيبية تحقق المتراجحة:

$$N \geq \begin{cases} 2(\chi - \nu) - 1 & ;k : odd \\ 2\nu + 1 \end{cases}$$

حيث ν عدد وحيدات الحد غير الزوجية التي درجتها لا تتجاوز k بـ n متغير.

لتشكيل العلاقات التكعيبية نستخدم المبرهنتين الآتيتين:

مبرهنة (2): [7] بفرض أن النقاط $u^1, u^2, ..., u^n$ تحقق الشرط $K_k(u^i, u^j) = b_i \delta_{ij}$ حيث $b_i = K_k(u^i, u^i)$ ويتألف $\bigcap_{i=1}^{n} H_i$ من النقاط x^j , $j = 1, 2, ..., s$, $s = k^n$,

نأخذ u^1 نقطة اختيارية من الكرة $B_n^{(r)}$ ونتيجة تعويض احداثياتها في (3) نحصل على معادل السطح H_1 ونحصل على النقطة u^2 من التقاطع $B_n^{(r)} \bigcap H_1$ والتي تعيّن السطح H_2 ومن $B_n^{(r)} \bigcap H_1 \bigcap H_2$ نحصل على u^3, وهكذا...عندئذ يمكن تشكيل العلاقة التكعيبية التي دقتها $2k$:

$$\int_{\Omega} \omega(x) f(x) dx \cong \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{b_i} f(u^i) + \sum_{j=1}^{s} C_j f(x^j) \qquad (5)$$

مبرهنة (3): [7] بفرض أن كلا من $\omega(x)$ و Ω تحقق خاصة التناظر المركزي(4)، والنقاط $a^{(i)}$ تحقق الشرط $\tilde{K}_k(u^i, u^j) = b_i \delta_{ij}$ ويتألف $\bigcap_{i=1}^{n} H_i$ من النقاط المختلفة مثنى مثنى $x^{(1)}, x^{(2)}, ...x^{(s)}$, $s = k^n$,عندئذ يمكن تشكيل العلاقة التكعيبية التي دقتها $2k+1$:

$$\int_{\Omega}\omega(x)\,f(x)dx\cong\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{2b_i}\left(f\left(u^i\right)+f\left(-u^i\right)\right)+\sum_{j=1}^{s}C_j\;f\left(x^j\right)\qquad(6)$$

3-2. إيجاد الدستور التكاملي:

لتكن لدينا B_n كرة في الفضاء $\Re^n$ حيث إن
$B_n^{(r)}=\left\{x\in\Re^n;{x_1}^2+.....+{x_n}^2=r^2\right\}$ و r نصف قطر الكرة, ولنوجد قيمة التكامل

$$P_\alpha=\int_{B_n}x^\alpha\quad dx\qquad(7)$$

حيث أن $\alpha=(\alpha_1,\alpha_2,....,\alpha_n)$, $x=(x_1,x_2,.....,x_n)$, إذا كانت أحد القوى α_i عدداً فردياً فإن $P_\alpha=0$, أمّا إذا كانت القوى α_i أعداد زوجية, فإننا نستطيع كتابتها بالشكل $\alpha_i=2q_i$ حيث إن $i=1,2,...,n$, فنجد [1]:

$$P_\alpha=r^{|\alpha|+n}\frac{\prod_{i=1}^{n}\Gamma\left(\frac{\alpha_i+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{|\alpha|+n}{2}+1\right)}\qquad;|\alpha|=\alpha_1+\alpha_2+.....+\alpha_n\qquad(8)$$

3-3: إيجاد كثيرات الحدود المتعامدة والمنظمة:

لإيجاد كثيرات الحدود المتعامدة والمنظمة, سوف نعتمد على مبدأ غرام شميث في التعامد والتنظيم:

$$F_0^0=\frac{1}{\sqrt{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}}\qquad(9)$$

$$F_i^1=\frac{\sqrt{n+2}}{r\sqrt{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}}x_i\quad;i=1,2,3,.....,n\qquad(10)$$

[1] تم إيجاد قيمة التكامل (7) في الفضاء $\Re^n$ تدريجياً من أجل $n=1,2,3,4$, ثم نعمم الناتج لنحصل على (8).

(11)

$$F_{ij}^2=\begin{cases}F_{ii}^2=\sqrt{\dfrac{(n+3-i)(n+2)(n+4)}{2r^4(n+2-i)\mu(B_n^{(r)})}}\left[x_i^2+\dfrac{1}{n+3-i}\left(\sum_{j=1}^{i-1}x_j^2-r^2\right)\right] & ;i=j\\ F_{ij}^2=\sqrt{\dfrac{(n+2)(n+4)}{r^4\mu(B_n^{(r)})}}\,x_ix_j & ;i\neq j\end{cases}$$

(12)

$$F_{ijk}^3=\begin{cases}F_{iij}^3=\sqrt{\dfrac{(n+5-i)\lambda}{2(n+4-i)r^6\mu(B_r^{(n)})}}\left[x_i^2+\dfrac{1}{n+5-i}\left(\sum_{s=1}^{i-1}x_s^2-r^2\right)\right]x_j & ;i<j\\ F_{iii}^3=\sqrt{\dfrac{(n+5-i)\lambda}{6r^6\mu(B_r^{(n)})(n+2-i)}}\left(x_i^2+\dfrac{3}{n+5-i}\left(\sum_{s=1}^{i-1}x_s^2-r^2\right)\right)x_i & ;i=j=k\\ F_{ijk}^3=\sqrt{\dfrac{\lambda}{r^6\mu(B_r^{(n)})}}\,x_ix_jx_k & ;i\neq j\neq k\\ F_{iij}^3=\sqrt{\dfrac{(n+3-i)\lambda}{2(n+2-i)r^6\mu(B_n^{(r)})}}\left[x_i^2+\dfrac{1}{n+3-i}\left[\left(\sum_{t=1}^{i-1}x_t^2-r^2\right)\right]x_j\right] & ;i>j\end{cases}$$

حيث إن: $\mu(B_n^{(r)})=\dfrac{r^n\left(\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\right)^n}{\Gamma\left(\frac{n}{2}+1\right)}$, $\lambda=(n+2)(n+4)(n+6)$.

3-4: إيجاد صيغة النواة المولدة [9,10]:

3-4-1. النواة المولدة لكثيرات الحدود من الدرجة الأولى:

نعوض (10) في (2), فنجد:

$$\tilde{K}_1(u,x)=\frac{n+2}{r^2\ \mu(B_n^{(r)})}\sum_{j=1}^{n}u_jx_j \qquad (13)$$

وبالتعويض في (3), حيث أن $\widetilde{K}_0(u,x)=\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}$, نجد:

$$K_1(u,x)=\widetilde{K}_1(u,x)+\widetilde{K}_0(u,x)=\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}+\frac{n+2}{r^2\ \mu\left(B_n^{(r)}\right)}\sum_{j=1}^{n}u_j x_j \qquad (14)$$

3-4-2. النواة المولدة لكثيرات الحدود من الدرجة الثانية:

تعطى النواة المولدة بالصيغة:

$$\widetilde{K}_2=\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}+\sum_{j=1}^{n}F_j^2(x)F_j^2(u)+\sum_{i\neq j}F_i^2(x)F_j^2(u) \qquad (15)$$

بتعويض كثيرات الحدود من الدرجة الثانية ومن الدرجة الصفرية, نجد:

(16)

$$\widetilde{K}_2(u,x)=\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}+N\sum_{j=1}^{n}\frac{n+3-j}{n+2-j}\left(U_j\right)\left(X_j\right)+\sum_{i\neq j}F_i^2(x)F_j^2(u)$$

حيث إن: $N=\frac{(n+2)(n+4)}{2r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}$

$$\begin{aligned}U_j&=u_j^2+\frac{1}{n+3-j}\left(\sum_{s=1}^{j-1}u_s^2-r^2\right)\\ X_j&=x_j^2+\frac{1}{n+3-j}\left(\sum_{s=1}^{j-1}x_s^2-r^2\right)\end{aligned} \qquad (17)$$

يمكن كتابة (16) بالشكل:

$$\tilde{K}_2(u,x)=\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}+N\sum_{j=1}^{n}\frac{n+3-j}{n+2-j}\left[U_j\left[x_j^2+\frac{1}{n+3-j}\sum_{s=1}^{j-1}x_s^2-\frac{r^2}{n+3-j}\right]\right.$$
$$\left.+\sum_{i\neq j}F_i^2(x)F_j^2(u)\right.$$
$$=\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}+N\sum_{j=1}^{n}\frac{n+3-j}{n+2-j}\left[U_j\right]x_j^2+N\sum_{j=1}^{n}\frac{\left[U_j\right]}{n+2-j}\sum_{s=1}^{j-1}x_s^2$$
$$-N\sum_{j=1}^{n}\frac{\left[U_j\right]}{n+2-j}r^2+\sum_{i\neq j}F_i^2(x)F_j^2(u)$$

(18)

$$\tilde{K}_2(u,x)=\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}+N\left[S_1+S_2+S_3\right]+\frac{(n+2)(n+4)}{r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\sum_{i\neq j}x_ix_ju_iu_j$$

لنوجد كلاً من S_1, S_2, S_3: نخرج في S_1 المجموع ذو الدليل n, ثم نبدل كل j ب s فنجد:

$$S_1=\frac{3}{2}U_nx_n^2+\sum_{s=1}^{n-1}\frac{n+3-s}{n+2-s}\left[U_s\right]x_s^2 \qquad (19)$$

نجري في S_2 تبديل في عملية الجمع, فنجد:

$$S_2=\sum_{s=1}^{n-1}x_s^2\sum_{j=s+1}^{n}\frac{U_j}{n+2-j} \qquad (20)$$

بجمع (19) و (20), نجد:

$$S_1+S_2=\frac{3}{2}U_nx_n^2+\sum_{s=1}^{n-1}x_s^2.S_4 \qquad (21)$$

حيث إن:

$$S_4 = U_s + \sum_{j=s}^{n} \frac{U_j}{n+2-j} \tag{22}$$

بتعويض (17) في (22), نجد:

$$S_4 = u_s^2 + \frac{1}{n+3-s}\left(\sum_{t=1}^{s-1} u_t^2 - r^2\right) + \sum_{j=s}^{n} \frac{1}{n+2-j}\left[u_j^2 + \frac{1}{n+3-j}\left(\sum_{t=1}^{j-1} u_t^2 - r^2\right)\right]$$

$$\begin{aligned} S_4 = {} & u_s^2 + \frac{1}{n+3-s}\sum_{t=1}^{s-1} u_t^2 - \frac{r^2}{n+3-s} + \sum_{j=s}^{n} \frac{1}{n+2-j} u_j^2 \\ & + \sum_{j=s}^{n} \frac{1}{(n+2-j)(n+3-j)} \sum_{t=1}^{j-1} u_t^2 - \sum_{j=s}^{n} \frac{r^2}{(n+2-j)(n+3-j)} \end{aligned} \tag{23}$$

نجري تبديل في ترتيب المجموع في الحد الخامس والذي سنرمز له بالرمز S_5 في (23), فنجد:

(24)

$$S_5 = \sum_{t=1}^{s-1} u_t^2 \sum_{j=s}^{n} \frac{1}{(n+2-j)(n+3-j)} + \sum_{t=s}^{n-1} u_t^2 \sum_{j=t+1}^{n} \frac{1}{(n+2-j)(n+3-j)}$$

أما المجموع في (24), يمكن كتابته بالصيغة:

$$\begin{aligned} \sum_{j=s}^{n} \frac{1}{(n+3-j)(n+2-j)} &= \sum_{j=s}^{n} \frac{1}{n+2-j} - \frac{1}{n+3-j} = \frac{1}{2} - \frac{1}{n+3-s} \\ \sum_{j=t+1}^{n} \frac{1}{(n+2-j)(n+3-j)} &= \sum_{j=t+1}^{n} \frac{1}{n+2-j} - \frac{1}{n+3-j} = \frac{1}{2} - \frac{1}{n+2-t} \end{aligned} \tag{25}$$

بتعويض (25) في (24), نجد:

$$S_5 = \sum_{t=1}^{s-1} u_t^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n+3-s}\right) + \sum_{t=s}^{n-1} u_t^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n+2-t}\right) \tag{26}$$

بتعويض (26) في (23), نجد:

$$S_4 = u_s^2 + \frac{1}{n+3-s}\sum_{t=1}^{s-1} u_t^2 - \frac{r^2}{n+3-s} + \sum_{j=s}^{n}\frac{1}{n+2-j}u_j^2 + \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{s-1} u_t^2 - \frac{1}{n+3-s}\sum_{t=1}^{s-1} u_t^2 + \frac{1}{2}\sum_{t=s}^{n-1} u_t^2 - \sum_{t=s}^{n-1}\frac{1}{n+2-t}u_t^2 - \frac{r^2}{2} + \frac{r^2}{n+3-s} \quad (27)$$

بتجميع الحدود, نجد:

$$S_4 = u_s^2 + \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{n} u_t^2 - \frac{r^2}{2} \quad (28)$$

بتعويض (28) في (21), نجد:

$$S_1 + S_2 = \frac{3}{2}U_n x_n^2 + \sum_{s=1}^{n-1} x_s^2\left(u_s^2 + \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{n} u_t^2 - \frac{r^2}{2}\right)$$

$$= \frac{3}{2}x_n^2\left(u_n^2 + \frac{1}{3}\left(\sum_{s=1}^{n-1} u_s^2 - r^2\right)\right) + \sum_{s=1}^{n-1} x_s^2\left(u_s^2 + \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{n} u_t^2 - \frac{r^2}{2}\right)$$

$$= \sum_{s=1}^{n} x_s^2\left(u_s^2 + \frac{1}{2}\sum_{s=1}^{n} u_s^2 - \frac{r^2}{2}\right)$$

$$S_1 + S_2 = \sum_{s=1}^{n} x_s^2\left(u_s^2 + \frac{1}{2}\sum_{s=1}^{n} u_s^2 - \frac{r^2}{2}\right) \quad (29)$$

لنوجد S_3:

$$-S_3=\sum_{j=1}^{n}\frac{\left[U_j\right]}{n+2-j}r^2=\sum_{j=1}^{n}\frac{r^2}{n+2-j}\left(u_j^2+\frac{1}{n+3-j}\left(\sum_{s=1}^{j-1}u_s^2-r^2\right)\right)$$

$$=\sum_{j=1}^{n}\frac{r^2}{n+2-j}\,u_j^2+\sum_{j=1}^{n}\frac{r^2}{(n+2-j)(n+3-j)}\sum_{s=1}^{j-1}u_s^2-\sum_{j=1}^{n}\frac{r^4}{(n+2-j)(n+3-j)}$$

وبالتالي:

$$-S_3=\frac{r^2}{2}\sum_{s=1}^{n}u_s^2-r^4\left(\frac{n}{2(n+2)}\right) \qquad (30)$$

بجمع (29) و (30), نجد:

$$S_1+S_2+S_3=\frac{1}{2}\left[2\sum_{s=1}^{n}x_s^2u_s^2+\sum_{s=1}^{n}x_s^2\sum_{s=1}^{n}u_s^2-r^2\left(\sum_{s=1}^{n}u_s^2+\sum_{s=1}^{n}x_s^2\right)+r^4\left(\frac{n}{n+2}\right)\right]$$

بالتعويض في (18), نجد:

$$\tilde{K}_2(u,x)=\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}+\frac{(n+2)(n+4)}{4r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\left[\begin{array}{l}2\sum_{s=1}^{n}x_s^2u_s^2+\sum_{s=1}^{n}x_s^2\sum_{s=1}^{n}u_s^2\\-r^2\left(\sum_{s=1}^{n}u_s^2+\sum_{s=1}^{n}x_s^2\right)+r^4\left(\frac{n}{n+2}\right)\end{array}\right]$$

$$+\frac{(n+2)(n+4)}{r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\sum_{i\neq j}x_ix_ju_iu_j$$

يمكن كتابة العلاقة الأخيرة بالشكل:

(31)

$$\widetilde{K}_2(u,x)=\frac{(n+2)}{r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\left\{\begin{array}{l} r^4\,\frac{n+2}{4}+(n+4)\sum_{i\neq j}x_ix_ju_iu_j+\\ \frac{(n+4)}{4}\left[2\sum_{s=1}^{n}x_s^2u_s^2+\sum_{s=1}^{n}x_s^2\sum_{s=1}^{n}u_s^2-r^2\left(\sum_{s=1}^{n}u_s^2+\sum_{s=1}^{n}x_s^2\right)\right]\end{array}\right\}$$

ولإيجاد $K_2(u,x)$:

(32)

$$\begin{aligned}K_2(u,x)&=\widetilde{K}_2(u,x)+\widetilde{K}_1(u,x)\\&=\frac{(n+2)}{r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\left\{\begin{array}{l} r^4\,\frac{n+2}{4}+(n+4)\sum_{i\neq j}x_ix_ju_iu_j+r^2\sum_{j=1}^{n}u_jx_j\\ \frac{(n+4)}{4}\left[2\sum_{s=1}^{n}x_s^2u_s^2+\sum_{s=1}^{n}x_s^2\sum_{s=1}^{n}u_s^2-r^2\left(\sum_{s=1}^{n}u_s^2+\sum_{s=1}^{n}x_s^2\right)\right]\end{array}\right\}\end{aligned}$$

لنفرض أنّ $(u_1,u_2,.....,u_n)\in S_{n-1}^{(r)}$ وبالتالي فإنّ $\sum_{s=1}^{n}u_s^2=r^2$, نعوض في (31) و (32), فنجد

$$\widetilde{K}_2(u,x)=\frac{(n+2)(n+4)}{2r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\left\{\left(\sum_{s=1}^{n}x_su_s\right)^2-\frac{r^4}{n+4}\right\}$$

وبالتالي فإن الصيغة النهائية ل $\widetilde{K}_2(u,x)$ هي:

$$\widetilde{K}_2(u,x)=\frac{(n+2)(n+4)}{2r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\left(\sum_{s=1}^{n}x_su_s+\frac{r^2}{\sqrt{n+4}}\right)\left(\sum_{s=1}^{n}x_su_s-\frac{r^2}{\sqrt{n+4}}\right)\quad(33)$$

وبنفس الطريقة السابقة, نجد أن الصيغة النهائية ل $K_2(u,x)$ هي:

(34)

$$K_2(u,x)=\frac{(n+2)(n+4)}{2r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\left(\sum_{s=1}^{n}x_s u_s+\frac{1+\sqrt{n+5}}{n+4}r^2\right)\left(\sum_{s=1}^{n}x_s u_s+\frac{1-\sqrt{n+5}}{n+4}r^2\right)$$

3-4-3. النواة المولدة لكثيرات الحدود من الدرجة الثالثة:

باتباع الخطوات نفسها في الفقرة 3-4-2, حيث تم استنتاج صيغة النواة المولدة والتي هي بالشكل:

$$\widetilde{K}_3(x,u)=\frac{(n+2)(n+4)(n+6)}{6r^6\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\left[\left(\sum_{i=1}^{n}u_i x_i\right)^3-\frac{3r^4}{(n+6)}\sum_{i=1}^{n}u_i x_i\right] \quad (35)$$

$$K_3(u,x)=\frac{(n+2)(n+4)(n+6)}{6r^6\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\left[\begin{array}{l}\left(\sum_{i=1}^{n}u_i x_i\right)^3+\frac{3r^2}{n+6}\left(\sum_{i=1}^{n}x_i u_i\right)^2\\ -\frac{3r^4}{(n+6)}\sum_{i=1}^{n}u_i x_i-\frac{3r^6}{(n+4)(n+6)}\end{array}\right] \quad (36)$$

4. النتائج ومناقشتها [1,8,11,12]:

4-1. تشكيل العلاقة التكعيبية للنواة المولدة $K_1(u,x)$ و $\widetilde{K}_1(u,x)$:

لنوجد العلاقة التكعيبية من أجل $d=2k+1=3$ نختار النقطة $a^1=(\alpha_1,0,0,.....,0)$ حيث أن $-r<\alpha_1<r$ نعوض في (13) فنحصل على المستوي:

$$H_1:=\frac{n+2}{r^2}\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\alpha_1 x_1=0 \quad (37)$$

نختار من $H_1\cap B_n^{(r)}$ نقطة a^2, من (37) $x_1=0$ نعوض في المتراجحة $x_1^2+x_2^2\le r^2$ فنجد أن $x_2\le r$ ولنفرض أن $x_2=\alpha_2$ فنجد أن $a^2=(0,\alpha_2,0,.....,0)$ والتي بدورها تعين المستوي H_2

$$H_2:=\frac{n+2}{r^2}\frac{1}{\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\alpha_2 x_2=0 \quad (38)$$

فنختار من $B_n^{(r)} \bigcap (H_1 \bigcap H_2)$ نقطة a^3, من (38) ومن (39) $x_1 = x_2 = 0$ بالتعويض في المتراجحة $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 \le r^2$ نجد أن $a^3 = (0,0,\alpha_3,0,.....,0)$ وهكذا..... فنجد أن المستويات تتقاطع في نقطة واحدة هي $x = (0,0,.....,0)$

عدد النقاط التكاملية $2n+1$ والحد الأدنى لعدد النقاط هو $N \ge 2\nu + 1 = 2[M(n-1,1)] + 1 = 2n+1$, نعوض في العلاقة التكعيبية (6) حيث: $\frac{1}{2b_i} = \left[2\tilde{K}_1(u^i, u^i)\right]^{-1} = r^2 \frac{\mu(B_n^{(r)})}{2(n+2)\alpha_i^2}$ إن العلاقة التكعيبية (6) دقيقة من أجل $f(x) = 1, x_i, x_i^2, x_i^3$ لإيجاد الثابت C, نأخذ الدالة $f(x) = 1$ ونعوض في (6), نجد:

$$C\, f(x) = \int_{B_n^{(r)}} 1\, dx - \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2b_i}\left[f(u^i) + f(-u^i)\right] \Rightarrow C = \mu(B_n^{(r)})\left(\frac{(n+2)\alpha_i^2 - r^2 n}{(n+2)\alpha_i^2}\right)$$

لنوجد العلاقة التكعيبية من أجل $d = 2k = 2$ نختار النقطة $u^1 = (r,0,0,.....,0)$ نعوض في (14) فنحصل على المستوي:

$$H_1 := 1 + \frac{n+2}{r} x_1 = 0 \qquad (39)$$

نختار من $H_1 \bigcap B_n^{(r)}$ نقطة u^2, من (39) $x_1 = -\frac{r}{(n+2)}$ نعوض في المساواة $x_1^2 + x_2^2 = r^2$ فنجد أن $x_2 = \frac{r}{(n+2)}\sqrt{(n+1)(n+3)}$

وبالتالي $u^2 = \left(-\frac{r}{(n+2)}, \frac{r}{(n+2)}\sqrt{(n+1)(n+3)}, 0, ...,0\right)$ والتي بدورها تعين المستوي H_2

$$H_2 := 1 - \frac{1}{r} x_1 + \frac{1}{r}\sqrt{(n+1)(n+3)}\, x_2 = 0 \qquad (40)$$

فنختار من $B_n^{(r)} \bigcap (H_1 \bigcap H_2)$ نقطة u^3, من (39) ومن (40) $x_2 = \frac{-r}{(n+2)}\sqrt{\frac{n+3}{n+1}}$ بالتعويض في المساواة $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = r^2$ نجد أن

$x_3 = r\sqrt{\frac{n(n+3)}{(n+1)(n+2)}}$ وبالتالي فإن

$u^3 = \left(\frac{-r}{n+2}, \frac{-r}{n+2}\sqrt{\frac{n+3}{n+1}}, r\sqrt{\frac{n(n+3)}{(n+1)(n+2)}}, 0, 0, \ldots\ldots, 0\right)$ والتي تعين المستوي

$$H_3 := 1 - \frac{1}{r}x_1 - \frac{1}{r}\sqrt{\frac{(n+3)}{(n+1)}}\,x_2 + \frac{1}{r}\sqrt{\frac{n(n+2)(n+3)}{n+1}}\,x_3 = 0 \qquad (41)$$

فنختار من $B_n^{(r)} \cap (H_1 \cap H_2 \cap H_3)$ نقطة u^4, من (40) ومن (41) $x_3 = -r\sqrt{\frac{n+3}{n(n+1)(n+2)}}$ بالتعويض في المساواة $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = r^2$ نجد أن $x_4 = r\sqrt{\frac{(n+3)(n-1)}{n(n+2)}}$ وبالتالي فإن

$u^4 = \left(\frac{-r}{n+2}, \frac{-r}{n+2}\sqrt{\frac{n+3}{n+1}}, -r\sqrt{\frac{(n+3)}{(n+1)(n+2)}}, r\sqrt{\frac{(n+3)(n-1)}{n(n+2)}}, 0, \ldots\ldots, 0\right)$

والتي تعين المستوي:

$$H_3 := 1 - \frac{1}{r}x_1 - \frac{1}{r}\sqrt{\frac{(n+3)}{(n+1)}}\,x_2 + \frac{1}{r}\sqrt{\frac{n(n+2)(n+3)}{n+1}}\,x_3 = 0 \qquad (42)$$

وبالتالي بالتعميم, نختار من $B_n^{(r)} \cap (H_1 \cap H_2 \cap H_3 \cap \ldots\ldots \cap H_i)$ النقطة u^i والتي تعطى بالشكل:

$$u^i = \left(\begin{array}{l} \frac{-r}{n+2}, \frac{-r}{n+2}\sqrt{\frac{n+3}{n+1}}, -r\sqrt{\frac{(n+3)}{n(n+1)(n+2)}}, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ -r\sqrt{\frac{(n+3)}{(n+4-(i-1))(n+3-(i-1))(n+2)}}, r\sqrt{\frac{(n+3)(n-i+3)}{(n+4-i)(n+2)}}, 0, \ldots\ldots, 0 \end{array}\right)$$

وبالتالي فإن المستويات H_i , $i = 1, \ldots, n$ تتقاطع في نقطة واحدة هي:

$$x=\left(\frac{-r}{n+2},\frac{-r}{n+2}\sqrt{\frac{n+3}{n+1}},-r\sqrt{\frac{(n+3)}{n(n+1)(n+2)}},.....,-r\sqrt{\frac{(n+3)}{20(n+2)}},r\sqrt{\frac{3(n+3)}{4(n+2)}}\right)$$

عدد النقاط التكاملية يساوي $n+1$ والحد الأدنى لعدد هذه النقاط $N=M(n,k)=M(n,1)=n+1$, نعوض في العلاقة التكعيبية (14) حيث: $\frac{1}{b_i}=\left[K_1(u^i,u^i)\right]^{-1}=\frac{\mu(B_n^{(r)})}{n+3}$, إن العلاقة التكعيبية (5) دقيقة من أجل $f(x)=1,x_i,x_i^2$ ولنحسب قيمة الثابت C, نأخذ الدالة $f(x)=1$, نجد

$$C\,f(x)=\int_{B_n^{(r)}}1\,dx-\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{b_i}\left[f(u^i)\right]\Rightarrow C=\mu(B_n^{(r)})\frac{n+2}{n+3}$$

4-2. تشكيل العلاقة التكعيبية للنواة المولدة $K_2(u,x)$ و $\tilde{K}_2(u,x)$:

4-2-1. تشكيل العلاقات التكعيبية من أجل $\tilde{K}_2(u,x)$:

أولاً: من أجل $n=2$:

لنشكل العلاقة التكعيبية من أجل النواة المولدة في (33), ومن أجل الدقة الجبرية $d=2k+1=5$ ومن أجل $n=2$, نعوض في (33), فنجد:

$$\tilde{K}_2(u,x)=\frac{12}{r^4\mu(B_2^{(r)})}\left(x_1u_1+x_2u_2+\frac{r^2}{\sqrt{6}}\right)\left(x_1u_1+x_2u_2-\frac{r^2}{\sqrt{6}}\right)\quad(42)$$

لنأخذ النقطة $u^1=(r,0)$, نعوض في (42), فنحصل على معادلة السطح:

$$H_1:\left(rx_1+\frac{r^2}{\sqrt{6}}\right)\left(rx_1-\frac{r^2}{\sqrt{6}}\right)=0\quad(43)$$

نختار من $H_1 \bigcap B_2^{(r)}$ نقطة u^2, من (43) $x_1 = -\frac{r}{\sqrt{6}}$ نعوض في المساواة $x_1^2 + x_2^2 = r^2$ فنجد أن $x_2 = \sqrt{\frac{5}{6}}r$ وبالتالي فإن $u^2 = \left(-\frac{r}{\sqrt{6}}, \sqrt{\frac{5}{6}}\, r\right)$ والتي تعيين السطح:

$$H_2 : \left(-\frac{r}{\sqrt{6}}x_1 + \sqrt{\frac{5}{6}}\, r\, x_2 + \frac{r^2}{\sqrt{6}}\right)\left(-\frac{r}{\sqrt{6}}x_1 + \sqrt{\frac{5}{6}}\, r\, x_2 - \frac{r^2}{\sqrt{6}}\right) = 0 \quad (44)$$

تتقاطع السطوح $i = 1,2;\ H_i$ ب $s = k^n = 2^2 = 4$ أربع نقاط, هي:

$$x^1 = \left(-\frac{r}{\sqrt{6}}, -\frac{r}{\sqrt{5}}\left(1+\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right),\ x^2 = \left(-\frac{r}{\sqrt{6}}, \frac{r}{\sqrt{5}}\left(1-\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right) \quad (50)$$
$$x^3 = \left(\frac{r}{\sqrt{6}}, \frac{r}{\sqrt{5}}\left(-1+\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right),\ x^4 = \left(\frac{r}{\sqrt{6}}, \frac{r}{\sqrt{5}}\left(1+\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right)$$

عدد النقاط التكاملية يساوي 8 والحد الأدنى لعدد النقاط هو $N \geq 2[\chi - \nu] = 2[M(n,k) - M(n-1,1)] = 8$, ونلاحظ أن جميع النقاط تقع داخل الدائرة, حيث تقع العقدتان x^1, x^4 على سطح الدائرة $x^2 + y^2 = \frac{6+\sqrt{6}}{15}r^2$ فلها الثابت نفسه, وتقع العقدتان x^2, x^3 على سطح الدائرة $x^2 + y^2 = \frac{6-\sqrt{6}}{15}r^2$ فلها الثابت نفسه, نعوض في العلاقة التكعيبية حيث $\frac{1}{2b_i} = \left[2K_k\left(u^i, u^i\right)\right]^{-1} = \frac{r^2\pi}{20}$, ولإيجاد الثوابت C_1, C_2, C_3, C_4 نختار الدوال الآتية:

$$f_1 = \left(x - \frac{r}{\sqrt{6}}\right)\left(y + \frac{r}{\sqrt{5}}\left(-1+\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right) \quad f_2 = \left(x - \frac{r}{\sqrt{6}}\right)\left(y + \frac{r}{\sqrt{5}}\left(+1+\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right)$$
$$f_3 = \left(x + \frac{r}{\sqrt{6}}\right)\left(y - \frac{r}{\sqrt{5}}\left(+1+\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right) \quad f_4 = \left(x + \frac{r}{\sqrt{6}}\right)\left(y + \frac{r}{\sqrt{5}}\left(+1-\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right)$$

نحصل على الثابت C_1 بتعويض الدالة f_1 في العلاقة التكعيبية (33), حيث أن الدالة f_1 تنعدم في جميع النقاط في (50) ماعدا العقدة x_1, ونوجد بقية الثوابت من أجل بقية الدوال على التتالي, فنحصل على ثوابت العلاقة التكعيبية كما في الجدول الآتي:

C_i	النقاط x_i
$\frac{8\sqrt{6}-3}{40\sqrt{6}}\pi r^2$	$x^1=\left(-\frac{r}{\sqrt{6}},-\frac{r}{\sqrt{5}}\left(1+\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right)$ $x^4=\left(\frac{r}{\sqrt{6}},\frac{r}{\sqrt{5}}\left(1+\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right)$
$\frac{8\sqrt{6}+3}{40\sqrt{6}}\pi r^2$	$x^2=\left(-\frac{r}{\sqrt{6}},\frac{r}{\sqrt{5}}\left(1-\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right)$ $x^3=\left(\frac{r}{\sqrt{6}},\frac{r}{\sqrt{5}}\left(-1+\frac{1}{\sqrt{6}}\right)\right)$

الجدول (1): ثوابت العلاقة التكعيبية (6) من أجل $\tilde{K}_2(u,x)$ و $n=2$.

ثانياً: من أجل $n=3$:

لنشكل العلاقة التكعيبية من أجل النواة المولدة في (33), ومن أجل الدقة الجبرية $d=2k+1=5$ ومن أجل $n=3$, نعوض في (33), فنجد:

$$\tilde{K}_2(u,x)=\frac{35}{2r^4\mu\left(B_n^{(r)}\right)}\left(\sum_{i=1}^{3}x_iu_i+\frac{r^2}{\sqrt{7}}\right)\left(\sum_{i=1}^{3}x_iu_i-\frac{r^2}{\sqrt{7}}\right)$$

باتباع نفس الخطوات في الفقرة السابقة, نجد أن: $u^1=(r,0,0)$, $u^2=\left(\frac{r}{\sqrt{7}},\sqrt{\frac{6}{7}}\,r,0\right)$,

$u^3=\left(\frac{r}{\sqrt{7}},\frac{r}{\sqrt{6}}\left(1-\frac{1}{\sqrt{7}}\right),\frac{r}{\sqrt{3}}\sqrt{2+\frac{1}{\sqrt{7}}}\right)$ إن تقاطع السطوح الناتجة عن تعويض u^1,u^2,u^3 في (33) هو النقاط الآتية:

$$x^1=\left(\frac{r}{\sqrt{7}},\frac{r}{\sqrt{6}}\left(1-\frac{1}{\sqrt{7}}\right),\frac{r}{\sqrt{3}}\frac{4-\sqrt{7}}{\sqrt{14-\sqrt{7}}}\right),x^2=\left(\frac{r}{\sqrt{7}},\frac{r}{\sqrt{6}}\left(1-\frac{1}{\sqrt{7}}\right),-\frac{r}{\sqrt{3}}\frac{2+\sqrt{7}}{\sqrt{14-\sqrt{7}}}\right)$$

$$x^3=\left(\frac{r}{\sqrt{7}},\frac{r}{\sqrt{6}}\left(-1-\frac{1}{\sqrt{7}}\right),\sqrt{\frac{3}{14-\sqrt{7}}}r\right),x^4=\left(\frac{r}{\sqrt{7}},\frac{r}{\sqrt{6}}\left(-1-\frac{1}{\sqrt{7}}\right),-\sqrt{\frac{3}{14-\sqrt{7}}}r\right)$$

$$x^5=\left(-\frac{r}{\sqrt{7}},\frac{r}{\sqrt{6}}\left(1+\frac{1}{\sqrt{7}}\right),-\sqrt{\frac{3}{14-\sqrt{7}}}r\right),x^6=\left(-\frac{r}{\sqrt{7}},\frac{r}{\sqrt{6}}\left(1+\frac{1}{\sqrt{7}}\right),\sqrt{\frac{3}{14-\sqrt{7}}}r\right)$$

$$x^7=\left(-\frac{r}{\sqrt{7}},\frac{r}{\sqrt{6}}\left(-1+\frac{1}{\sqrt{7}}\right),\frac{r}{\sqrt{3}}\frac{2+\sqrt{7}}{\sqrt{14-\sqrt{7}}}\right),x^8=\left(-\frac{r}{\sqrt{7}},\frac{r}{\sqrt{6}}\left(-1+\frac{1}{\sqrt{7}}\right),\frac{r}{\sqrt{3}}\frac{-4+\sqrt{7}}{\sqrt{14-\sqrt{7}}}\right)$$

عدد النقاط التكاملية هو 14 والحد الأدنى لعدد النقاط هو $N\geq 2[\chi-\nu]=2[M(n,k)-M(n-1,1)]=14$, وبالتالي فإن عدد النقاط التكاملية يزيد بمقدار واحد عن الحد الأدنى, تقع النقاط x^2,x^3,x^4,x^5,x^6,x^8 على سطح الكرة $x^2+y^2+z^2=\frac{8+\sqrt{7}}{14+\sqrt{7}}r^2$ فلها الثابت نفسه, وتقع النقاط x^1,x^8 على سطح الكرة $x^2+y^2+z^2=\frac{12-3\sqrt{7}}{14+\sqrt{7}}r^2$ فلها الثابت نفسه.

لنشكل العلاقة التكعيبية حيث أن $\frac{1}{2b_i}=\left[2K_k\left(u^i,u^i\right)\right]^{-1}=2\frac{r^3\pi}{45}$ ولإيجاد الثابت C_1 نختار الدالة $f_1=\left(x-\frac{r}{\sqrt{7}}\right)\left(y+\frac{r}{\sqrt{6}}\left(1+\frac{1}{\sqrt{7}}\right)\right)\left(z+\frac{r}{\sqrt{3}}\frac{2+\sqrt{7}}{\sqrt{14-\sqrt{7}}}\right)$ التي تنعدم في جميع النقاط ماعدا العقدة x^1 , ونوجد بقية الثوابت بنفس الأسلوب, فنحصل على ثوابت العلاقة التكعيبية كما في الجدول الآتي:

C_i	x_i **النقاط**
$\frac{9\sqrt{7}-21}{90\sqrt{7}}\pi r^3$	x^2,x^3,x^4,x^5,x^6,x^8
$\frac{13\sqrt{7}+7}{90\sqrt{7}}\pi r^3$	x^1,x^8

الجدول (2): ثوابت العلاقة التكعيبية (6) من أجل $\widetilde{K}_2(u,x)$ و $n=3$.

2-5-1-2. تشكيل العلاقات التكعيبية من أجل $K_2(u,x)$:

أولاً: من أجل $n=2$:

لنشكل العلاقة التكعيبية من أجل النواة المولدة في (34), ومن أجل الدقة الجبرية $d=2k=4$, ومن أجل $n=2$, نعوض في (34), فنجد

$$K_2(u,x)=\frac{24}{2r^4\mu\left(B_2^{(r)}\right)}\left(x_1u_1+x_2u_2+\frac{1+\sqrt{7}}{6}r^2\right)\left(x_1u_1+x_2u_2+\frac{1-\sqrt{7}}{6}r^2\right)$$

حيث $u^1=(r,0)$, $u^2=\left(\frac{-1+\sqrt{7}}{6}r,\frac{\sqrt{28+2\sqrt{7}}}{6}r\right)$ إن تقاطع السطوح الناتجة عن تعويض u^1,u^2 في (34) هو النقاط الآتية

$$x^1=\left(\frac{-1+\sqrt{7}}{6}r,\frac{-7-2\sqrt{7}}{3\sqrt{28+2\sqrt{7}}}r\right),x^2=\left(\frac{-1+\sqrt{7}}{6}r,\frac{-7+4\sqrt{7}}{3\sqrt{28+2\sqrt{7}}}r\right)$$

$$x^3=\left(\frac{-1-\sqrt{7}}{6}r,\frac{-\sqrt{7}}{\sqrt{28+2\sqrt{7}}}r\right),x^4=\left(\frac{-1-\sqrt{7}}{6}r,\frac{\sqrt{7}}{\sqrt{28+2\sqrt{7}}}r\right)$$

عدد النقاط التكاملية يساوي 6 والحد الأدنى لعدد النقاط هو $N\geq M(n,k)=M\left(2,\left[\frac{d}{2}\right]\right)=M(2,2)=6$, ونلاحظ أن جميع النقاط تقع داخل الدائرة, حيث تقع العقد x^1,x^3,x^4 على السطح الدائري $x^2+y^2=\frac{14+2\sqrt{7}}{28+2\sqrt{7}}r^2$ وتقع العقدة x^2 على السطح الدائري $x^2+y^2=\frac{70-22\sqrt{7}}{84+6\sqrt{7}}r^2$, حيث $\frac{1}{b_i}=\frac{r^2\pi}{14}$ لايجاد الثابت C_1 نختار الدالة $f_1=\left(x+\frac{1+\sqrt{7}}{6}r\right)\left(y+\frac{7-4\sqrt{7}}{3\sqrt{28+2\sqrt{7}}}r\right)$ فنحصل على

الثابت C_1 بتعويض الدالة f_1 في العلاقة التكعيبية (5), حيث أن الدالة f_1 تنعدم في جميع النقاط ماعدا العقدة x_1, ونوجد بقية الثوابت من أجل بقية الدوال على التتالي, فنحصل على ثوابت العلاقة التكعيبية كما في الجدول الآتي:

C_i	**النقاط** x_i
$\frac{13-\sqrt{7}}{56}\pi r^2$	x^1, x^3, x^4
$\frac{9+3\sqrt{7}}{56}\pi r^2$	x^2

الجدول (3): ثوابت العلاقة التكعيبية (5) من أجل $K_2(u,x)$ و $n=2$.

ثانياً: من أجل $n=3$:

لنشكل العلاقة التكعيبية من أجل النواة المولدة في (34), ومن أجل الدقة الجبرية $d=2k=4$, ومن أجل $n=3$, نعوض في (34), فنجد:

$$K_2(u,x)=\frac{35}{2r^4\mu(B_3^{(r)})}\left(\sum_{i=1}^{3} x_iu_i+\frac{1+\sqrt{8}}{7}r^2\right)\left(\sum_{i=1}^{3} x_iu_i+\frac{1-\sqrt{8}}{7}r^2\right)$$

حيث $u^1=(r,0,0), u^2=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r, \frac{\sqrt{40+2\sqrt{8}}}{7}r, 0\right)$

$u^3=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r, \frac{9\sqrt{8}-16}{7\sqrt{40+2\sqrt{8}}}r, \sqrt{\frac{104+64\sqrt{8}}{7(40+2\sqrt{8})}}r\right)$ إن تقاطع السطوح الناتجة عن تعويض u^1, u^2, u^3 في (34) هو النقاط الآتية:

$$x^1=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r,\frac{-8+9\sqrt{2}}{7\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{-50+22\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$$

$$x^2=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r,\frac{-8+9\sqrt{2}}{7\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{-58+2\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$$

$$x^3=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r,\frac{-8-5\sqrt{2}}{7\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{14\left(\sqrt{8}-1\right)}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$$

$$x^4=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r,\frac{-8-5\sqrt{2}}{7\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{-22-6\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$$

$$x^5=\left(\frac{-1-\sqrt{8}}{7}r,\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{14\left(\sqrt{8}-1\right)}{\sqrt{2268+1211\sqrt{8}}}r\right)$$

$$x^6=\left(\frac{-1-\sqrt{8}}{7}r,\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{-22-6\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$$

$$x^7=\left(\frac{-1-\sqrt{8}}{7}r,\frac{-\sqrt{2}}{\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{22+6\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$$

$$x^8=\left(\frac{-1-\sqrt{8}}{7}r,\frac{-\sqrt{2}}{\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{14\left(1-\sqrt{8}\right)}{\sqrt{2268+1211\sqrt{8}}}r\right)$$

عدد النقاط التكاملية هو 11 والحد الأدنى لعدد النقاط هو $N=M(n,k)=M\left(3,\left[\frac{d}{2}\right]\right)=M(3,2)=10$, وبالتالي فإن عدد النقاط التكاملية يزيد بمقدار واحد عن الحد الأدنى و لنشكل العلاقة التكعيبية, حيث $\frac{1}{b_i}=\left[K_k\left(u^i,u^i\right)\right]^{-1}==\frac{r^2\pi}{15}$ لإيجاد الثابت C_1 نختار الدالة التي $f_1=\left(x+\frac{\sqrt{8}+1}{7}r\right)\left(y+\frac{8+5\sqrt{2}}{7\sqrt{10+\sqrt{2}}}r\right)\left(z+\frac{58-2\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$

تنعدم في جميع النقاط ماعدا العقدة x_1 , ونوجد بقية الثوابت بنفس الأسلوب, فنحصل على ثوابت العلاقة التكعيبية كما في الجدول الآتي:

C_i	**النقاط** x_i
$\frac{175\sqrt{2}+231}{240+1200\sqrt{2}}\pi r^3$	$x^1=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r,\frac{-8+9\sqrt{2}}{7\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{-50+22\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$
$\frac{81\sqrt{2}+173}{240+1200\sqrt{2}}\pi r^3$	$x^2=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r,\frac{-8+9\sqrt{2}}{7\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{-58+2\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$ $x^3=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r,\frac{-8-5\sqrt{2}}{7\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{14\left(\sqrt{8}-1\right)}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$ $x^5=\left(\frac{-1-\sqrt{8}}{7}r,\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{14\left(\sqrt{8}-1\right)}{\sqrt{2268+1211\sqrt{8}}}r\right)$ $x^8=\left(\frac{-1-\sqrt{8}}{7}r,\frac{-\sqrt{2}}{\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{14\left(1-\sqrt{8}\right)}{\sqrt{2268+1211\sqrt{8}}}r\right)$
$\frac{287\sqrt{2}-217}{240+1200\sqrt{2}}\pi r^3$	$x^4=\left(\frac{\sqrt{8}-1}{7}r,\frac{-8-5\sqrt{2}}{7\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{-22-6\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$ $x^6=\left(\frac{-1-\sqrt{8}}{7}r,\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{-22-6\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$ $x^7=\left(\frac{-1-\sqrt{8}}{7}r,\frac{-\sqrt{2}}{\sqrt{10+\sqrt{2}}}r,\frac{22+6\sqrt{8}}{\sqrt{2268+2422\sqrt{8}}}r\right)$

الجدول (4): ثوابت العلاقة التكعيبية (5) من أجل $\widetilde{K}_2(u,x)$ و $n=3$.

4-3. تشكيل العلاقة التكعيبية للنواة المولدة $K_3(u,x)$ **و** $\widetilde{K}_3(u,x)$:

أولاً: من أجل $n=2$:

لنشكل العلاقة التكعيبية من أجل النواة المولدة في (35), ومن أجل الدقة الجبرية $d=2k+1=7$ ومن أجل $n=2,$ نعوض في (35), فنجد:

$$\widetilde{K}_3(u,x)=\frac{32}{r^6\mu\left(B_2^{(r)}\right)}\left(x_1u_1+x_2u\right)\left(x_1u_1+x_2u_2+\frac{\sqrt{3}r^2}{\sqrt{8}}\right)\left(x_1u_1+x_2u_2-\frac{\sqrt{3}r^2}{\sqrt{8}}\right)$$

حيث $u^1=\left(\frac{r}{2},\frac{\sqrt{3}}{2}r\right)$ $u^2=\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}r,\frac{1}{2}r\right)$ تتقاطع السطوح الناتجة عن تعويض u^1,u^2 في (35) ب $s=k^n=3^2=9$ تسع نقاط, هي:

$$x^1=(0,0\ ) \qquad x^2=\left(\frac{-3}{4\sqrt{2}}r\ ,\frac{\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}r\ \right) \qquad x^3=\left(\frac{3}{4\sqrt{2}}r\ ,\frac{-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}r\ \right)$$

$$x^4=\left(\frac{-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}r\ ,\frac{-3}{4\sqrt{2}}r\right),x^5=\left(\frac{-\sqrt{3}-3}{4\sqrt{2}}r\ ,\frac{\sqrt{3}-3}{4\sqrt{2}}r\ \right),x^6=\left(\frac{-\sqrt{3}+3}{4\sqrt{2}}r\ ,\frac{-\sqrt{3}-3}{4\sqrt{2}}r\right)$$

$$x^7=\left(\frac{\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}r\ ,\frac{3}{4\sqrt{2}}r\right),x^8=\left(\frac{\sqrt{3}-3}{4\sqrt{2}}r\ ,\frac{\sqrt{3}+3}{4\sqrt{2}}r\ \right),x^9=\left(\frac{\sqrt{3}+3}{4\sqrt{2}}r\ ,\frac{-\sqrt{3}+3}{4\sqrt{2}}r\right)$$

عدد النقاط التكاملية يساوي 13 والحد الأدنى لعدد النقاط, $N\geq 2\nu+1=2\left[M(1,3)+M(1,1)\right]+1=13$, ونلاحظ أن جميع النقاط تقع داخل الدائرة, حيث تقع النقاط x^2,x^3,x^4,x^7 على السطح الدائري $x^2+y^2=\frac{9}{16}r^2$ فلها الثابت نفسه, وتقع النقاط x^5,x^6,x^8,x^9 على السطح الدائري $x^2+y^2=\frac{3}{4}r^2$ فلها الثابت نفسه, وإن $\frac{1}{2b_i}=\left[2K_k\left(u^i,u^i\right)\right]^{-1}=\frac{r^2\pi}{40}$ وبما أن العلاقة التكعيبية (6) صحيحة من أجل الدوال حتى الدرجة السابعة, فلإيجاد C_2 نختار الدالة $x^2\left(y^2-\frac{12-6\sqrt{3}}{32}\right)\left(y^2-\frac{12+6\sqrt{3}}{32}\right)$ ولإيجاد C_5 نختار الدالة $x^2\left(y^2-\frac{3}{32}\right)\left(y^2-\frac{9}{32}\right)$ فنجد:

الثوابت	**النقاط** x_i
$\frac{16}{135}\pi r^2$	x^2,x^3,x^4,x^7

x^5, x^6, x^8, x^9	$\frac{2}{27}\pi r^2$
x^1	$\frac{7}{54}\pi r^2$

الجدول (5): ثوابت العلاقة التكعيبية (6) من أجل $\widetilde{K}_3(u,x)$ و $n=2$.

ثانياً: من أجل $n=3$:

نعوض في (35), فنجد:

$$\widetilde{K}_3(u,x)=\frac{105}{2r^6\mu\left(B_2^{(r)}\right)}\left(\sum_{i=1}^{3}x_iu_i\right)\left(\sum_{i=1}^{3}x_iu_i+\frac{r^2}{\sqrt{3}}\right)\left(\sum_{i=1}^{3}x_iu_i-\frac{r^2}{\sqrt{3}}\right)$$

حيث $u^1=(r,0,0)$, $u^2=(0,r,0)$, $u^3=(0,0,r)$ تتقاطع السطوح الناتجة عن تعويض u^1,u^2,u^3 في (35) ب $s=k^n=3^3=27$ نقطة, هي:

$$x^1=(0,0,0), x^{2,3}=\left(\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,0,0\right), x^{4,5}=\left(0,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,0\right), x^{6,7}=\left(0,0,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r\right)$$

$$x^{8,9}=\left(\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,0\right), x^{10,11}=\left(\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,0,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r\right), x^{12,13}=\left(0,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r\right)$$

$$x^{14,15}=\left(\pm\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,0\right), x^{16,17}=\left(\pm\frac{1}{\sqrt{3}}r,0,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r\right), x^{18,19}=\left(0,\pm\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r\right)$$

$$x^{20,21}=\left(\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r\right), x^{22,23}=\left(\pm\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r\right)$$

$$x^{24,25}=\left(\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,\pm\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r\right), x^{26,27}=\left(\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,\mp\frac{1}{\sqrt{3}}r,\pm\frac{1}{\sqrt{3}}r\right)$$

عدد النقاط التكاملية يساوي 33 والحد الأدنى لعدد النقاط هو:

$$N\geq 2\nu+1=2\left[M(2,3)+M(2,1)\right]+1=27$$

تقع النقاط $x^{2,3,4,5,6,7}$ على السطح الكروي $x^2+y^2+z^2=\frac{r^2}{3}$ فلها الثابت نفسه, تقع النقاط $x^{8,9,10,11,\ldots..19}$ على السطح الكروي $x^2+y^2+z^2=\frac{2r^2}{3}$ فلها الثابت نفسه, أما

النقاط $x^{20,21,....27}$ تقع على السطح الكروي $x^2+y^2+z^2=r^2$ فلها نفس ثوابت $u^{1,2,3}$ نعوض في العلاقة التكعيبية (6) حيث $\frac{1}{2b_i}=\left[2K_k\left(u^i,u^i\right)\right]^{-1}==\frac{2r^3\pi}{105}$ وبما أن العلاقة التكعيبية (6) صحيحة من أجل الدوال حتى الدرجة السابعة, فلإيجاد C_1 نختار الدالة $\left(x^2-\frac{1}{3}\right)\left(y^2-\frac{1}{3}\right)\left(z^2-\frac{1}{3}\right)$, ولإيجاد C_2 نختار الدالة $x^2\left(y^2-\frac{1}{3}\right)\left(z^2-\frac{1}{3}\right)$, لإيجاد C_8 نختار الدالة $x^2y^2\left(z^2-\frac{1}{3}\right)$, ولإيجاد C_{20} نختار الدالة $x^2y^2z^2$, فنجد:

الثوابت	x_i **النقاط**
$\frac{8}{105}\pi r^3$	x^1
$\frac{2}{35}\pi r^3$	$x^{2,3,4,5,6,7}$
$\frac{2}{35}\pi r^3$	$x^{8,9,10,11,.....19}$
$\frac{1}{70}\pi r^3$	$x^{20,21,....27}$

الجدول (7): ثوابت العلاقة التكعيبية (6) من أجل $\widetilde{K}_3(u,x)$ و $n=3$.

5. الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال ماسبق, نجد أنه من المفيد زيادة درجة كثيرات الحدود للحصول على علاقة تكعيبية ذات دقة جبرية أعلى, ويمكن تعميم صيغة النواة المولدة من أجل أي درجة كثيرة حدود للحصول عليها دون استنتاج وهذا ما يتم العمل عليه ودراسته, ونوصي بالعمل على دراسة طريقة النواة المولدة في مناطق تكاملية جديدة, والعمل على دراستها في فضاءات مختلفة أخرى.

6. قائمة المراجع:

[1]. G. PETROVA. 2004- Cubature Formulae For Spheres, Simplices And Balls. Taxas A&M University., Journal Of Computational And Applied Mathematics. 162,483-496.

[2]. H. M. Moller, 1976- Cubature Formulae mit minimaler Knotenzahl, Numer. Math., 35, pp.185-200.

[3] H. M. Moller, 1979- Lower bounds for the number of nodes in cubature formulae, Numerical Integration, Internat. Ser. Numer. Math. Vol. 45, G. Hammerlin, ed., Birkhauser, Basel.

[4] H.M. Moller, 1973-POLYNOMIALS AND CUBATURE FORMULAE, Ph.D. Thesis, Univ. Dortmund.

[5]. I.P. MYSOVSKIKH. 1969-Cubature Formulae And Orthogonal Polynomials. Zh. Vychisl. Mat. I Mat. Fiz., 9(2): 419-425.

[6]. I.P. MYSOVSKIKH. 1969-The Construction Of Interpolation Cubature Formulae With The Least Number Of Nodes. Tr. II. Respubl. Konf. Mat. Belorussii, Pages 42-48. 1969. (Russian), ZB 194. 18703.

[7]. I.P. MYSOVSKIKH. 1981- Interpolation Cubature Formulas. Moskva: “Nauka”. 336p., Moscow-Leningrad.

[8]. I.P. MYSOVSKIKH. 1985- Cubature Formulas In The Case Of Central Symmetry. Netody Vychisl., 14:35. (Russian), MR 90f:65035, ZB 754.41028.

[9].I.P. MYSOVSKIKH. 1995-Representation Of The Reproducing Kernels Of A Ball. Metody Vychisl., 17:145-152.

[10]. I.P. MYSOVSKIKH. 1996-A representation Of The Reproducing Kernels Of A Shpere. Zh. Vychisl. Mat. I mat. Fiz., 36(3):28-34, (Russian), Comput. Maths math. Phys. 36(3), 303-308(English).

[11]. KH. A. ABBAS and I.P. MYSOVSKIKH. 1991-On The Method Of Reproducing Kernel For Constructing Cubature Formulae. Vestnik Leninger. Univ., Ser. I, 22(4): 3-11. (Russian).

[12]. R. COOLS, I.P. MYSOVSKIKH, and H.J. Schmid. 2001-Cubature Formulae And Orthogonal Polynomials . J. Comput. Apply. Math., 127:121-152.