

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 4

1444 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. محمود حديد
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث
بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث:

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

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
32-11	ايناس احمد د. عبلة الزعبي د. ناصر سعد الدين	اصطناع المحاليل الصلبة $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ النانوية ودراسة خصائصهما البنيوية
56-33	حنان جاسم د. أحمد الفلاح	تحضير ودراسة بعض الخواص الفيزيائية لمتراكبات (بولي فينيل البيريليدون / PVP / ملح كبريتات الزنك)
78-57	خضر منهل الصالح	طريقة التراكيب لحل مسألة الوصف التقليدي (العام) لحالة التناظر المحوري الأولى للاتفاعلات المرنة للجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب
108-79	سوسن طراف د. محمود مصطفى	دراسة بتروغرافية للصخور البازلتية في مواقع النبي متى، قلعة الشيخ ديب، النبي صالح في جنوب سلسلة الجبال الساحلية السورية

140-109	د. عبد الكريم عبد الله د. خديجة عثمان	تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق في بنيات غرب سوريا
---------	--	---

اصطناع المحاليل الصلبة $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ النانوية والنانوية ودراسة خصائصهما البنيوية

ايناس احمد * د. عبلة الزعبي ** أ. د. ناصر سعد الدين ***

ملخص :

تم في هذا البحث تحضير المحاليل الصلبة $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ النانوية، حيث $x: [0 - 0.8]$ بخطوة 0.2، انطلاقاً من المركب $ZnFe_2O_4$ المتشكل من الأكاسيد الأولية المكونة له وصولاً إلى المركب $CuFe_2O_4$ ، بطريقة الاصطناع الصلب (الطريقة السيرميكية). تم دراسة تأثير أيونات النحاس على البنية البلورية والخصائص البنيوية للمركبات المحضرة باستخدام تقنية انعراج الأشعة السينية (XRD). بينت دراسة انعراج الأشعة السينية أن مركب فرايت الزنك يتبلور ببنية مكعبية متمركز الوجوه وينتمي لمجموعة التناظر الفراغية (F3dm) وأن المركب المتشكل يحافظ على البنية المكعبية حتى القيمة 0.8. يتبلور مركب فرايت النحاس ببنية رباعية وينتمي إلى مجموعة التناظر الفراغية $I41/amd$.

تم حساب ثوابت الشبكة البلورية وحجم وحدة الخلية الأساسية للعينات المحضرة ووجد أنهما يتناقضان بازدياد تركيز أيونات النحاس. وازدادت الكثافة النظرية لمركبات المحلول الصلب مع زيادة قيمة x.

ازداد الحجم الوسطي للحبيبات البلورية مع ازدياد قيمة x ضمن المجال [29.5-37.08]nm.

كلمات مفتاحية : محلول صلب، ثابت الشبكة البلورية، الاصطناع الصلب، فرايت مختلط.

* طالبة دراسات عليا (دكتوراه) في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة البعث.

** أستاذ مساعد في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة البعث.

*** أستاذ في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة البعث.

Synthesis of nano $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ solid solutions and study of their structural properties

*Enass Ahmad, Dr. Abla Al-Zoubi, Dr. Nasser Saad Al-Din,
University of Al-Baath Faculty of science
Dept. of Physics –Homs-Syria*

Abstract

in this research, the solid solution of the $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ nanocomposites (x : [0 – 0.8] with a step of 0.2) were prepared from $ZnFe_2O_4$ compound that synthesized from their primary oxides, until it reached to $CuFe_2O_4$ by the Solid state reaction method (ceramic method). The effect of copper ions on the crystal structure was studied, and the structural properties were studied using the X-ray diffraction (XRD) technique. The X-ray diffraction study showed that the zinc ferrite crystallizes in a FCC cubic crystal structure and belongs to the space group (Fd3m). It was found that the crystalline structure of the compound is cubic with the increase in the amount of substituted copper until 0.8. The copper ferrite had a tetragonal crystal structure with a space group ($I41/amd$). The crystalline lattice constants and unit cell volumes were calculated and it was found that their values decreased with the increase of the copper ions concentration. The density of solid solution compounds increased with the increase of the copper ions concentration. The average grain sizes increased with the increase of the copper ions concentration within the range [29.5-37.08]nm.

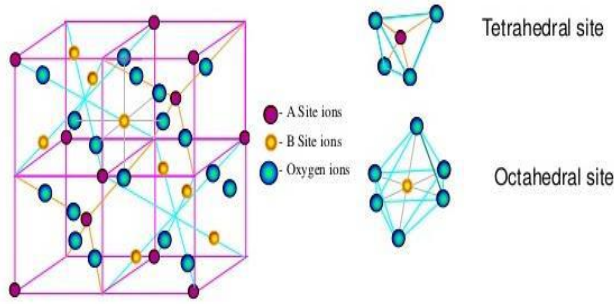
Keywords: solid solution, lattice constant, solid state reaction, mixed ferrite.

1 - مقدمة

تتميز مواد الفريت (Ferrite Materials) بأنها مواد مستقرة وسهلة التصنيع وتتمتع باستقرار بيئي [1]، لذا تم استخدامها بشكل واسع في مجال التطبيقات الطبية والالكترونية والمغناطيسية، ولاسيما الفريتات التي تمتلك بنية السبينل (Spinal Ferrite Structure)، والتي نالت الاهتمام مؤخراً بسبب الخصائص المغناطيسية والحرارية والميكانيكية المميزة التي وظفت في العديد من التطبيقات التقنية [2,3] مثل: أنظمة التخزين المغناطيسي والتصوير بالرنين المغناطيسي وتوصيل الأدوية باستخدام حقن تحقن داخل جسم المريض وحساسات الرطوبة [3] وكمحفزات فعالة والحساسات الغازية [4] وذواكر الكمبيوتر وأجهزة الأمواج الميكروية [5]، كما وتعتبر الفريتات اللينة من أكثر المواد المغناطيسية استخداماً في التطبيقات المنخفضة التكلفة وذات الأداء الأعلى في التطبيقات ذات الترددات العالية [6]، مما دفع بالباحثين لدراسة تلك المواد ودراسة خصائصها البنيوية بشكل واسع لاستثمارها في هذه التطبيقات إما بحالتها الطبيعية أو عن طريق الاشابة بمواد أخرى لتحسين خصائصها أو من خلال استبدال عنصر مكان آخر لتبيان تأثيره على الخصائص البنيوية والمغناطيسية والضوئية وغيرها.

يكون الشكل العام لبنية الفريت نوع سبينل $M^{2+}[Fe_2^{3+}]O_4^{2-}$ حيث M^{2+} أيون معدني ثنائي التكافؤ ($Cu^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Mn^{2+} \dots$) حيث يشغل الأيون المعدني Fe_2^{3+} المواقع ثمانية الوجوه (المواقع B في بنية سبينل AB_2O_4)، ويشغل الأيون المعدني M^{2+} المواقع رباعية الوجوه (المواقع A) ويعتمد موقع الأيون المعدني في المواقع الرباعية أو الثمانية على نوع الفريت إما فريت طبيعي ويعطى بالشكل $M^{2+}[Fe_2^{3+}]O_4^{2-}$ أو معكوس $Fe^{3+}[M^{2+}Fe^{3+}]O_4^{-}$ أو فريت سبينل مختلط يشكل مزيج من الكاتيون لمعدنين ثنائيي التكافؤ موزع بين كلا الموقعين [5].

تتكون وحدة الخلية لفرايت السبينل [3,7] من 32 ذرة أوكسجين موزعة في بنية مكعبية متمركزة الوجود و16 أيون من الحديد ثلاثي التكافؤ و8 أيونات معدنية ثنائية التكافؤ كما هو موضح بالشكل (1).



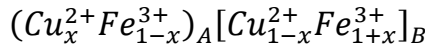
الشكل 1 وحدة الخلية لفرايت السبينل.

تتعلق أهمية الفرايت بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد وتعتمد على العديد من العوامل منها شروط التحضير ودرجة حرارة التلدين وزمن التلدين ومعدلات التسخين والتبريد وزمن الخلط وتعتمد أيضاً على التركيب الكيميائي للمواد المضافة والمستبدلة في بنية السبينل [3,6,8] عند دراسة السبينل المختلط وتعتمد هذه الخصائص بشكل أساسي على التركيز، نوع أيون المعدن المستبدل وتوزعاتهم على المواقع رباعية وثمانية الوجوه [8].

جذبت فرايتات السبينل المستبدلة الكثير من الاهتمام بسبب تطبيقاتها التكنولوجية مثل الأجهزة الالكترونية والمغناطيسية والأمواج الميكروية [8]. لذا تم دراستها بشكل واسع في السنوات الأخيرة من خلال استبدال عنصر ثنائي التكافؤ مكان آخر وينسب مختلفة بغرض دراسة تأثير تغيير الكاتيونات بين المواقع الرباعية والثمانية وبالتالي تغيير الخصائص المغناطيسية والكهربائية والعازلية للمركب الناتج.

يعتبر فرايت الزنك المختلط من أهم أنواع الفرايت تكنولوجياً منذ سنوات عدة [6] حيث يستخدم في الأجهزة عالية التردد (الترددات الراديوية) وفي أفراس التسجيل ذات سرعات عالية للكتابة والقراءة [9]، لذا تم دراسة مواد فرايت الزنك بأبحاث سابقة عدة وبمعايير استبدال عديدة مثل $(Zn\ Cu, Zn\ Mn, Zn\ Ni, Zn\ Co, \dots)Fe_2O_4$ [3,6,8,10,11,12,13,14,15].

تناولنا في هذا البحث استبدال عنصر النحاس بالزنك وبنسب مختلفة حيث يملك فرايت الزنك الطبيعي بنية مكعبية أحادية الطور ذات التركيب البلوري $(Zn^{2+})_A[Fe_2^{3+}]_BO_4^{2-}$ [6]. وينتمي لمجموعة التناظر الفراغية $(Fd3m)$. يعتبر فرايت النحاس مادة حديدية المغنطة ويتبلور ببنية سبينل ويأخذ التركيب البلوري له الشكل $[Fe^{3+}]_{tet}[Cu^{2+}Fe^{3+}]_{oct}O_4^{2-}$ وبنيته إما مكعبية أو رباعية تبعاً لتركيز أيونات النحاس والمعالجة الحرارية [2]، حيث تتوزع الكاتيونات في فرايت النحاس على النحو:



حيث x عامل توزع الكاتيونات فمن أجل $x = 1$ يأخذ طور رباعي ومن أجل $x = 0$ يأخذ طور مكعبي. ويلعب توزع الكاتيونات في المواقع الاستبدالية في شبكة السبينل دوراً مهماً في تغيير الخصائص المغناطيسية والعازلية وغيرها من الخصائص حيث يعتمد توزع الكاتيونات بين المواقع A و B على نصف القطر الأيوني ونوع الرابطة وطريقة التحضير التي تمتلك دور فعال في الخصائص البنيوية والمغناطيسية للفرايت.

يمكن تحضير فرايت السبينل وكذلك الفرايتات المستبدلة بعدة طرائق [4,14,16] منها طريقة Sol-Gel وطريقة الترسيب المشترك وطريقة مطحنة الكرات وطريقة الاصطناع الصلب [16]، والتي تعتبر من الطرائق المستخدمة في تصنيع مواد الفرايت واستبدالها بعنصر آخر لسهولة العمل فيها فهي تعتمد على عملية طحن المواد الأولية ذات النقاوة

العالية الداخلة في تركيب المركب المراد تشكيله وبالنسب الوزنية المطلوبة وخطها للحصول على مزيج متجانس كيميائياً وبمعدات تحضير بسيطة ولا تحتاج لوقت طويل للحصول على المركب المطلوب، بالإضافة إلى أنها منخفضة التكلفة [16,17].
يعتبر فرايت الزنك المستبدل بالنحاس مادة واعدة في العديد من التطبيقات حيث يمكن استخدامه كنواة انحراف في أنابيب صور التلفزيون وفي أجهزة الكمبيوتر وفي الهوائيات والمحرضات وفي أجهزة الذواكر والتشغيل والمحولات و..... [1,13].

2- أهداف البحث:

يهدف البحث إلى:

- 1 - تحضير مركبات المحلول الصلب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ من خلال استبدال عنصر الزنك في مركب فرايت الزنك $ZnFe_2O_4$ بعنصر النحاس (بطريقة الاصطناع الصلب) لتشكيل محلول صلب من مركبي الفرايت $ZnFe_2O_4$ و $CuFe_2O_4$.
- 2 - دراسة الخصائص البنيوية للمركبات المحضرة.

3 - مواد وطرق البحث:

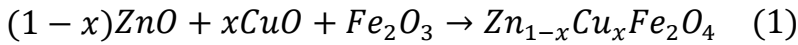
3-1- الأجهزة والمواد المستخدمة:

- 1 - ميزان تحليلي حساس بدقة 0.0001gr نوع Precisa 125A.
- 2 - هاون عقيق لطحن العينات وبوتقات خزفية تتحمل درجات حرارة عالية تصل إلى $1200^{\circ}C$.
- 3 - مرمدة لتلدين العينات نوع CARBOLITE CWF 1200.
- 4 - جهاز انعراج الأشعة السينية (PW 1840) ذو مصعد من الكوبالت Co إنتاج شركة (PHILIPS) متصل مع حاسب مزود ببرنامج لمعالجة طيوف الانعراج.
- 5 - مواد كيميائية نقية: أكسيد الزنك ZnO نقاوته 99% وأكسيد النحاس نقاوته 99.2% وأكسيد الحديد Fe_2O_3 نقاوته 99% وأسيبتون نقاوته 99%.

2-3- تحضير المركب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$:

تم تحضير المركب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ بطريقة الاصطناع الصلب، التي تعتمد على الخلط الميكانيكي للأكاسيد الأولية المشكلة للمركب واستبدال عنصر النحاس ثنائي التكافؤ مكان عنصر الزنك بنسب مختلفة وفق الخطوات الآتية:

في البداية تم وزن مواد الأكاسيد الأولية ZnO و CuO و Fe_2O_3 لتشكيل المركب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ من أجل كمية مقدارها 5 gr مثلاً من العينة المدروسة وفق النسب المولية المطلوبة، حيث حُسبت النسب الوزنية لكل مادة من المواد الداخلة في اصطناع المركب بالاعتماد على المعادلة (1):



حيث تتغير قيم تركيز عنصر النحاس في المجال $x = [0 - 0.8]$ بخطوة 0.2 فمن أجل الخطوة الأولى $x = 0$ نحصل على النسب الوزنية لهذه القيمة الموضحة بالجدول (1).

بعد أخذ الأوزان وضعت في هاون عقيق وطُحنت لمدة 15 دقيقة بإضافة الأسيتون بغرض الحصول على خليط متجانس. تكرر عملية إضافة الأسيتون ثلاث مرات متتالية بهدف تسهيل عملية الخلط والحصول على أفضل تجانس للخليط وتستمر عملية الطحن حتى جفاف الأسيتون في كل مرة. لإكمال عملية الاصطناع تم تليدين العينات المحضرة عند درجات حرارة مختلفة للحصول على أفضل درجة حرارة تحضير وهي الدرجة 675°C لهذه النسبة.

من أجل الخطوة $x = 0.2$ نحصل على النسب الوزنية لهذه القيمة كما هو موضح بالجدول (1).

لإكمال عملية الاصطناع تم تليدين العينات المحضرة عند درجات حرارة مختلفة هي الدرجة 700°C و 800°C و 900°C و 1000°C مدة ست ساعات. ودراسة طيف الانعراج لكل منها باستخدام جهاز انعراج الأشعة السينية (XRD).

تم زيادة نسبة تركيز النحاس من أجل النسب $x = 0.4, 0.6, 0.8$ فكانت النسب الوزنية من أجل هذه القيم كما في بالجدول (1).

ونتبع نفس الخطوات السابقة في عملية الطحن وتلدين العينات عند درجات حرارة مختلفة مدة ست ساعات حتى الحصول على المركب المطلوب. ودراسة طيف الانعراج لها باستخدام جهاز (XRD).

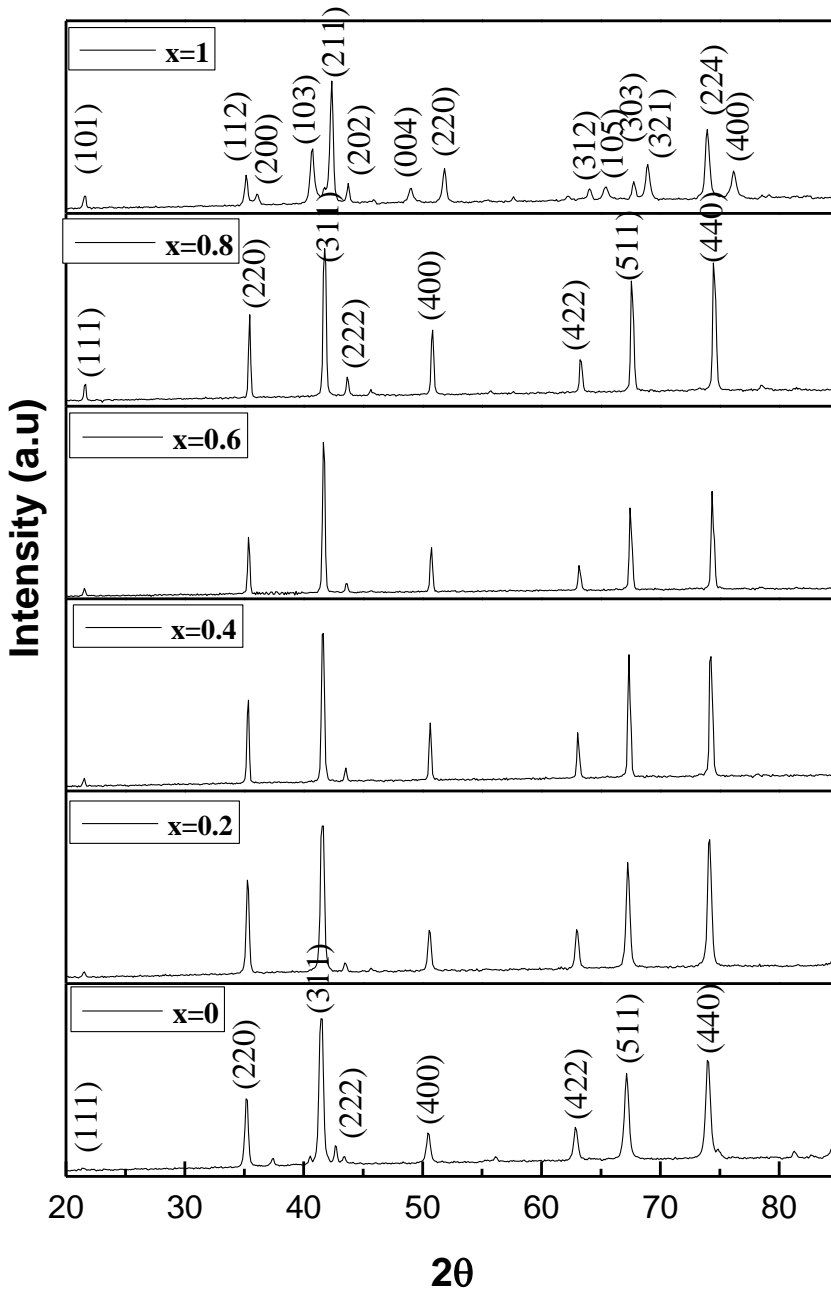
الجدول (1) النسب الوزنية المستخدمة في تحضير المحلول الصلب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$

Fe_2O_3	CuO	ZnO	الأكسيد	تركيز النحاس
3.312	0	1.688	وزن الأكسيد (gr)	$x = 0$
3.317	0.330	1.355	وزن الأكسيد (gr)	$x = 0.2$
3.322	0.661	1.015	وزن الأكسيد (gr)	$x = 0.4$
3.327	0.994	0.678	وزن الأكسيد (gr)	$x = 0.6$
3.332	1.327	0.339	وزن الأكسيد (gr)	$x = 0.8$

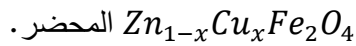
4 - النتائج والمناقشة

تمت دراسة البنية البلورية للمحلول الصلب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ المحضر باستخدام تقنية انعراج الأشعة السينية XRD في المجال الزواي (20 – 85): 20.

يبين الشكل (2) طيف انعراج الأشعة السينية XRD للمركبات المحضرة انطلاقاً من المركب $ZnFe_2O_4$ ونسب الاستبدال لعنصر النحاس بالزنك وصولاً للمركب $CuFe_2O_4$ ، حيث تم تلدين العينات للدرجة $1000^\circ C$ للحصول على المركب المطلوب.



الشكل (2) طيف انعراج الأشعة السينية XRD لمركبات المحلول الصلب



لُوحظ من طيوف انعراج الأشعة السينية أن المركبات المحضرة تظهر تبلوراً جيداً وأن قمم الانعراج للمركب $ZnFe_2O_4$ النقي تتوافق مع البنية المكعبية نوع سبينل، حيث لم يلاحظ وجود إلا طور واحد مكعبي بما يتوافق مع البطاقة المرجعية (22-1012) من بنك المعلومات (JCPDS) (تم دراسته بشكل مفصل في عمل سابق) مع عدم وجود أي قمة لعناصر المواد الأولية. باستبدال عنصر النحاس بالزنك لتشكيل المحلول الصلب لوحظ أنه من أجل النسبة $x = 0.2$ أن قمم المركب تتشكل عند درجة الحرارة $900^\circ C$ وفق بنية مكعبية أحادية الطور وقرائن ميلر لها (422) (400) (222) (311) (220) (111) (400) (511) بما يتوافق مع بيانات البطاقة المرجعية (22-1012) من بنك المعلومات (JCPDS). لوحظ حدوث انزياح في قمم الانعراج عند هذه النسبة باتجاه الزوايا الأكبر مقارنة مع طيف الانعراج والبطاقة المرجعية لفرايت الزنك النقي.

وزيادة نسبة محتوى النحاس لإتمام عملية الاستبدال لتشكيل المحلول الصلب نجد أنه من أجل القيمة $x = 0.4$ تتشكل قمم المركب المتشكل نتيجة عملية الاستبدال عند درجة حرارة تليدين $1000^\circ C$ وتظهر القمم انزياح باتجاه مركب فرايت النحاس المكعبي أي باتجاه الزوايا الأكبر.

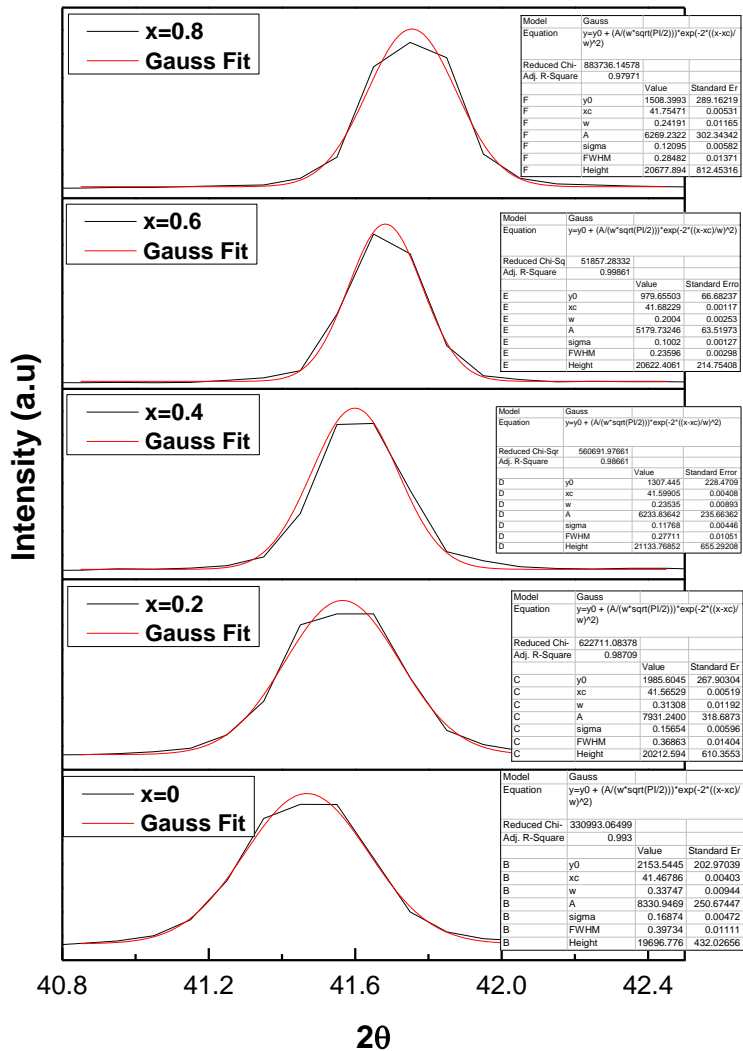
عند النسبة $Zn_{0.4}Cu_{0.6}Fe_2O_4$ لوحظ تشكل قمم بانزياحات لا تتجاوز 10% باتجاه الزوايا الأكبر لتشكيل فرايت النحاس بالطور المكعبي.

ومن أجل النسبة $Zn_{0.2}Cu_{0.8}Fe_2O_4$ أي أن نسبة النحاس زادت فإن القمم تعود لمركب فرايت النحاس ذو البنية المكعبية مع ظهور بعض القمم للأكاسيد الأولية بشدات منخفضة جداً وحصول تشوه للنحاس باتجاه البنية الرباعية ولكن بنسبة ضئيلة ويعزى ذلك التشوه إلى زيادة كمية النحاس في المركب المحضر.

لُوحظ أيضاً من الشكل (2) أنه بالإضافة إلى حدوث انزياح للقمم باتجاه الزوايا الأعلى فإن شدات أغلب قمم زوايا الانعراج تزداد بما يتوافق مع الشدات في البطاقة المرجعية لمركب فرايت النحاس وخاصة عند النسبة $x = 0.8$. ومن أجل النسبة $x = 1$ لُوحظ حدوث تشوه لبنية فرايت النحاس بحالته النقية من البنية سينل المكعبية إلى البنية الرباعية بما يتوافق مع البطاقة المرجعية ذات الرقم (34-0425)

في بنك المعلومات، ويعود ذلك التشوه في الزوايا إلى تأثير *Jahn-Teller*. حددت قرائن ميلر لمركبات المحلول الصلب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ المحضرة بالمقارنة مع بنك المعلومات (البطاقات (34-0425)، (22-1012)، (25-0283)). تبين أن المركب $ZnFe_2O_4$ يتبلور وفق البنية البلورية المكعبية وينتمي للمجموعة الفراغية $Fd3m$. لُوحظ من الشكل (2) أن المحلول الصلب يحافظ على البنية المكعبية متمركزة الوجوه FCC من نمط سباينل ومجموعة تناظر فراغية $Fd3m$ ، فالاستبدال يكون استبدالاً إيزومورفياً لأن المحلول الصلب حافظ على بنيته البلورية أثناء عملية الاستبدال ويكون المحلول الصلب مستمراً. تبين أيضاً أن المركب $CuFe_2O_4$ يتبلور وفق البنية البلورية الرباعية وينتمي للمجموعة الفراغية $I41/amd$.

تم إجراء عملية محاكاة *Fitting* لبيانات انعراج الأشعة السينية على المركبات المحضرة لتوضيح تغير مواقع القمم وانزياحها تدريجياً عند حصول عملية الاستبدال. يبين الشكل (3) عملية المحاكاة لقمة الانعراج الأعلى شدة الموافقة للمستوي (311). بزيادة نسبة النحاس في المحلول الصلب لُوحظ أن هذه القمة تنزاح تدريجياً نحو الزوايا الأعلى باتجاه تشكل مركب فرايت النحاس.



الشكل (3): عملية محاكاة غاوصية لقمة الاتعراج الموافقة للمستوي (311) ضمن المجال الزاوي

$.Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ للمحلول الصلب $(40.8 - 42.5)^\circ$

يبين الجدول (2) موقع القمة 2θ والتعريض $FWHM$ والشدة النسبية $Int\%$ للقمة الأعلى شدة التي تم الحصول عليها من خلال عملية المحاكاة الغاوسية Gauss Fitting لأطياف انعراج الأشعة السينية ضمن مجال زاوي $2\theta = (40.8 - 42.5)^\circ$. الجدول (2): موقع القمة 2θ والتعريض $FWHM$ والشدة النسبية $Int\%$ التي تم الحصول عليها باستخدام المحاكاة الغاوسية لقمة الانعراج الموافقة للمستوي (311).

x	$2\theta^\circ$	$FWHM$	High%	R-square
0	41.4679	0.3973	100	0.993
0.2	41.5653	0.3686	100	0.987
0.4	41.5991	0.2771	100	0.987
0.6	41.6823	0.236	100	0.999
0.8	41.7547	0.2848	100	0.98

تم حساب ثوابت الشبكة البلورية لمركبات المحلول الصلب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ المحضرة من أجل النسب $x = 0 - 0.8$ باستخدام علاقة البعد بين المستويات البلورية في حالة البنية المكعبية [7,10]:

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (1)$$

وباستخدام العلاقة (2) في حالة البنية الرباعية [16]:

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2} \quad (2)$$

وتم حساب حجم وحدة الخلية بالعلاقة (3) للبنية المكعبية:

$$V = a^3 \quad (3)$$

وبالعلاقة (4) للبنية الرباعية:

$$V = a^2c \quad (4)$$

تم تحديد الكثافة النظرية لمركبات المحلول الصلب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ من معطيات الأشعة السينية باستخدام العلاقة الآتية [7,18]:

$$\rho_{th} = \frac{ZM}{N_A V} \quad (5)$$

حيث Z عدد الصيغ في وحدة الخلية ويساوي 8 لمركبات الفرايت المتبلورة ببنية مكعبية و M الكتلة المولية و N_A عدد أفوغادرو و V حجم وحدة الخلية.

وتم حساب الحجم الحبيبي للمركبات المتشكلة من أجل النسب $x = 0 - 0.8$ باستخدام علاقة ديبيي شيرر باستخدام العلاقة (6) [4,7,10]:

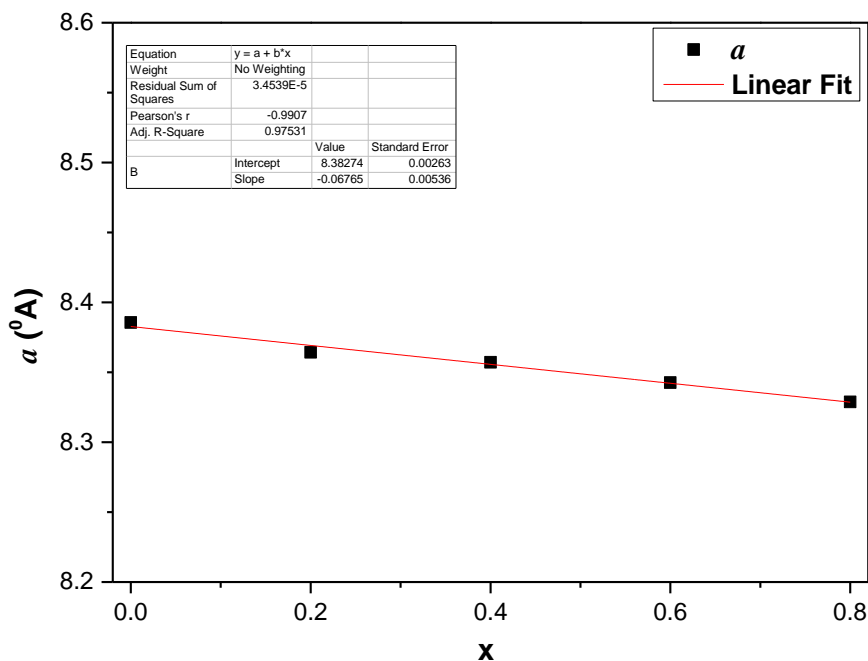
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (6)$$

حيث D الحجم الحبيبي البلوري و K ثابت يعتمد على الشكل الخطي ويساوي 0.9 و λ طول موجة منبع جهاز الأشعة السينية المستخدم و β عرض القمة عند منتصف الشدة العظمى ويقدر بالراديان و θ زاوية الانعراج.

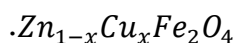
يبين الجدول (3) ثوابت الشبكة البلورية وحجم وحدة الخلية والكثافة النظرية والحجم الحبيبي للمركبات الناتجة من أجل النسب من $x = 0 - 0.8$.

x	a (°A)	V(°A ³)	$\rho_{th}(g/cm^3)$	D(nm)
0	8.3856	589.655	5.43	29.5
0.2	8.3643	585.187	5.463	31.5
0.4	8.3571	583.671	5.469	33.7
0.6	8.3426	580.629	5.489	34.97
0.8	8.3288	577.754	5.508	37.08
1	a = 5.7858	287.269	5.53	32.4
	c = 8.5815			

يبين الشكل (4) تغيرات ثابت الشبكة البلورية a بازدياد نسبة النحاس في المحلول الصلب المحضر.

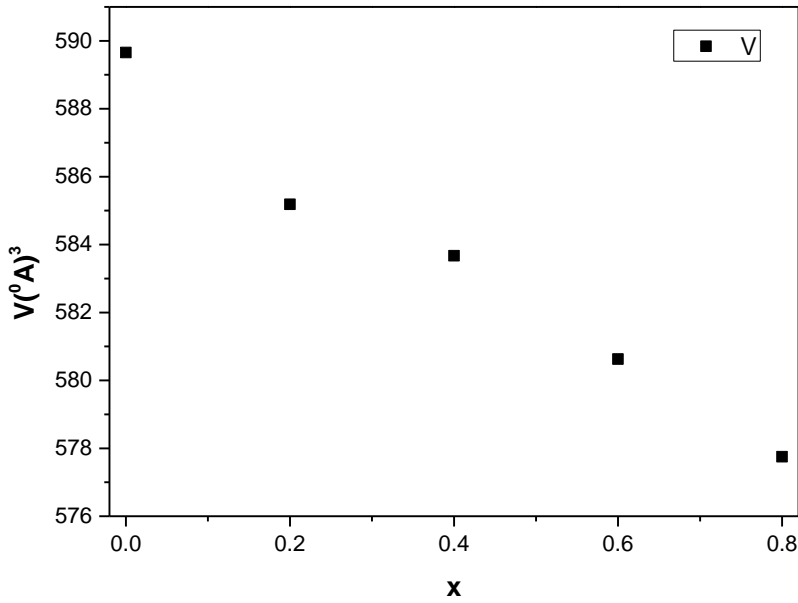


الشكل (4) تغيرات ثابت الشبكة البلورية a بازدياد نسبة النحاس في المركب



لوحظ أن ثابت الشبكة البلورية يتناقص مع زيادة نسبة النحاس الداخلة في عملية الاستبدال، ويعود ذلك إلى الاختلاف في أنصاف الأقطار الشاردية بين النحاس والزنك، أي إلى استبدال أيونات النحاس ذات نصف القطر الأصغر بأيونات الزنك، مما يسبب تغيير في مواقع الكاتيون وهذا يؤثر على ثابت الشبكة بشكل عام [1,3,18].

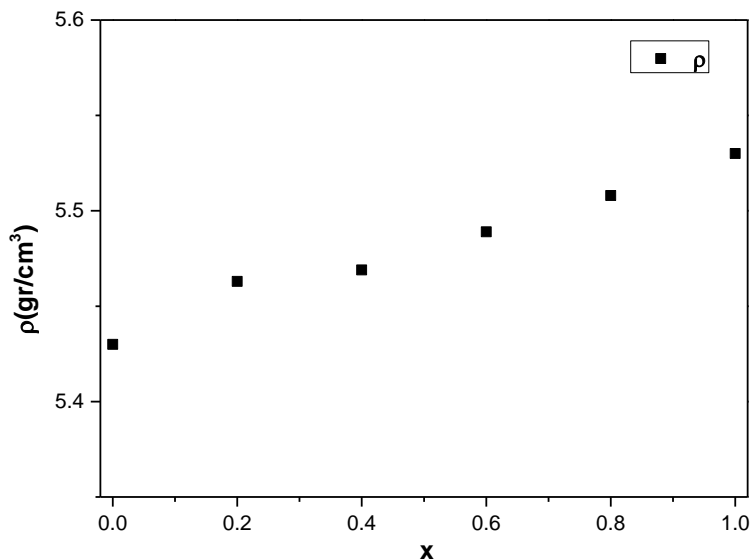
يبين الشكل (4) تغيرات حجم وحدة الخلية الأساسية مع زيادة نسبة النحاس في المحلول الصلب المحضر.



الشكل (4) تغيرات حجم وحدة الخلية الأساسية مع زيادة نسبة النحاس في المحلول الصلب المحضر.

لُوحظ من الشكل تناقص حجم وحدة الخلية الأساسية مع زيادة نسبة النحاس في المحلول الصلب وذلك بسبب تناقص ثابت الشبكة البلورية.

يبين الشكل (5) تغيرات الكثافة النظرية ρ_{th} مع زيادة نسبة النحاس في المركب المحضر.



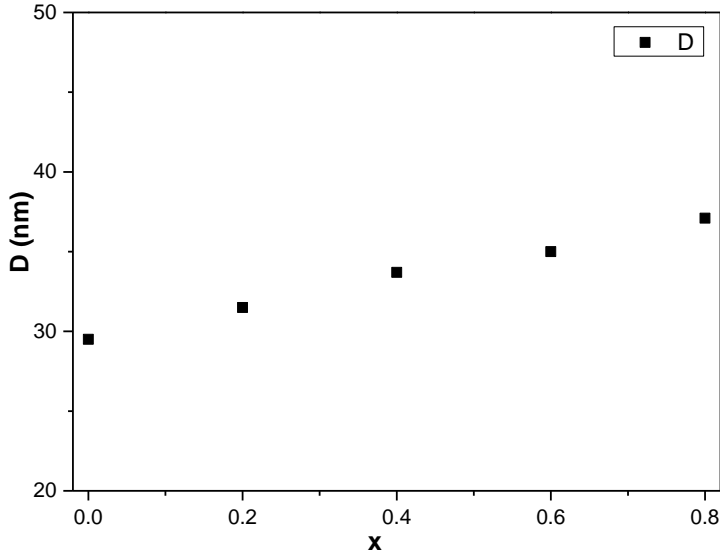
الشكل (5) تغيرات الكثافة النظرية مع زيادة نسبة النحاس في المحلول الصلب المحضر.

يُلاحظ من الشكل تزايد الكثافة بزيادة النسبة اللاستيكيومترية للنحاس في المركب المصنع و يعود ذلك إلى تناقص ثابت الشبكة البلورية مع زيادة نسبة النحاس لأن استبدال الزنك بالنحاس لم يغير بشكل كبير الكتلة المولية للمركب الناتج حيث يتم استبدال ذرة الزنك ذو الكتلة المولية 65.38 g.mol^{-1} بذرة النحاس ذو الكتلة المولية $63.546 \text{ g.mol}^{-1}$ [7,18].

يمكن القول أن استبدال عنصر النحاس بعنصر الزنك يشكل محلول صلب مستمر. يعود هذا إلى تقارب أنصاف أقطار الأيونات المستبدلة

$r_{Cu^{+2}}(0.73 \text{ \AA}) < r_{Zn^{+2}}(0.74 \text{ \AA})$ بشكل كبير. وهذا ما جعل الاستبدال الإيزومورفي للنحاس بعنصر الزنك أمراً سهلاً إذ أمكن الحصول على محلول صلب مستمر.

يبين الشكل (6) تغيرات حجم الحبيبات البلورية مع زيادة نسبة النحاس في المركب المحضّر.



الشكل (6) تغيرات حجم الحبيبات البلورية مع زيادة نسبة النحاس في المركب المحضّر. يُوحظ من الشكل (6) زيادة حجم الحبيبات بازدياد تركيز النحاس، حيث تشير القمم العريضة في طيوف الأشعة السينية إلى ذلك.

الاستنتاجات:

- 1 - حُضرت مركبات المحلول الصلب $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ بطريقة الاصطناع الصلب المنخفضة التكلفة وبمواد أولية سهلة بنجاح.
- 2 - أظهرت الدراسة البنيوية أن المركب يتشكل عند درجة الحرارة 1000°C من أجل معظم نسب الاستبدال ومن أجل النسبة $Zn_{0.8}Cu_{0.2}Fe_2O_4$ يتشكل عند الدرجة 900°C .
- 3 - يظهر المركب المحضر تبلور جيد وفق بنية مكعبية أحادية الطور من نمط سبينل لفرايت الزنك $ZnFe_2O_4$.
- 4 - يُحافظ المحلول الصلب وفق نسب الاستبدال المختلفة على البنية المكعبية حتى النسبة $x = 0.8$.
- 5 - لُوِحظ انزياح القمم باتجاه الزوايا الأعلى مع زيادة نسبة استبدال النحاس بالزنك أي باتجاه فرايت النحاس $CuFe_2O_4$ المكعبي.
- 6 - حدث عند النسبة $x = 1$ تشوه في البنية المكعبية نحو البنية الرباعية لفرايت النحاس بحالته الطبيعية بسبب صغر نصف القطر الأيوني للنحاس واختلاف توزيع الكاتيون بين النحاس والزنك على المواقع الرباعية.
- 7 - تناقصت قيم ثابت الشبكة البلورية وحجم وحدة الخلية الأساسية مع زيادة تركيز النحاس.
- 8 - تزايدت الكثافة بزيادة النسبة اللاستيكمترية للنحاس في المركب المصنع وذلك يعود إلى تناقص ثابت الشبكة البلورية مع زيادة نسبة النحاس.
- 9 - وُجِد أن المركب المحضر ذو بنية نانوية حيث أن متوسط حجم الحبيبات وفق علاقة ديبياي شرر يتراوح في المجال $(29.5 - 37.08)\text{nm}$.

التوصيات:

نوصي بـ

- 1 - دراسة توزع الكاتيونات بشكل مفصل وانتقالها بين المواقع الرباعية والثمانية بازدياد نسبة النحاس والتغيرات التي تطرأ عليها.
- 2 - تأثير إدخال النحاس بنسب مختلفة على الخصائص المغناطيسية للمركب والعازلية.
- 3 - دراسة تأثير درجة الحرارة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمركب المحضر.

المراجع:

- [1]- Hammad, T. M., Salem, J. K., Amsaha, A. A., & Hejazy, N. K. (2018). Optical and magnetic characterizations of zinc substituted copper ferrite synthesized by a co-precipitation chemical method. **Journal of Alloys and Compounds**, 741, 123-130.
- [2]- Verma, K., Kumar, A., & Varshney, D. (2013). Effect of Zn and Mg doping on structural, dielectric and magnetic properties of tetragonal CuFe₂O₄. **Current Applied Physics**, 13(3), 467-473.
- [3]- Shahbaz Tehrani, F., Daadmehr, V., Rezakhani, A. T., Hosseini Akbarnejad, R., & Gholipour, S. (2012). Structural, magnetic, and optical properties of zinc-and copper-substituted nickel ferrite nanocrystals. **Journal of superconductivity and novel magnetism**, 25(7), 2443-2455.
- [4]- Hankare, P. P., Patil, N. M., Patil, R. P., Patil, D. R., & Delekar, S. D. (2013). Structural, electrical and magnetic properties of copper substituted Zn–Mn ferrites. **Journal of Materials Science: Materials in Electronics**, 24(10), 4028-4032.
- [5]- Banerjee, M., Verma, N., & Prasad, R. (2007). Structural and catalytic properties of Zn_{1-x} Cu_x Fe₂O₄ nanoparticles. **Journal of materials science**, 42(5), 1833-1837.
- 6- Maria, K. H., Choudhury, S., & Hakim, M. A. (2013). Structural phase transformation and hysteresis behavior of Cu-Zn ferrites. **International Nano Letters**, 3(1), 1-10.
- [7]- Sharma, S., Kumar, D., Kumar, S., Goyat, M. S., & Mandal, P. (2018). Structural and optical properties of Cu incorporated ZnFe₂O₄ ferrite nanoparticles prepared by wet chemical route. **Materials Chemistry and Physics**, 212, 292-297.
- [8]- Mahmoud, M. H., Hassan, A. M., & Said, A. E. A. A. (2016). The Effect of Cu Substitution on Structural, Magnetic and Catalytic Properties of ZnFe₂O₄ Synthesized by Microwave Combustion Method. **Int. J. New. Hor. Phys.**, 3(1), 29-33.
- [9]- Rana, M. U., Ul-Islam, M., Ahmad, I., & Abbas, T. (1998). Determination of magnetic properties and Y–K angles in Cu–Zn–Fe–O system. **Journal of magnetism and magnetic materials**, 187(2), 242-246.

- [10]- Jain, A., Baranwal, R. K., Bharti, A., Vakil, Z., & Prajapati, C. S. (2013). Study of Zn-Cu ferrite nanoparticles for LPG sensing. **The Scientific World Journal**, 2013.
- [11]- Gangaswamy, D. R. S., Varma, M. C., Bharadwaj, S., Sambasiva Rao, K., & Rao, K. H. (2015). Comparison study of structural and magnetic properties of magnesium-substituted nickel–zinc ferrites synthesized by solid-state and sol–gel routes. **Journal of Superconductivity and Novel Magnetism**, 28(12), 3599-3606.
- [12]- Chatterjee, B. K., Dey, A., Ghosh, C. K., & Chattopadhyay, K. K. (2014). Interplay of bulk and surface on the magnetic properties of low temperature synthesized nanocrystalline cubic $Cu_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($x=0.00, 0.02, 0.04$ and 0.08). **Journal of magnetism and magnetic materials**, 367, 19-32.
- [13]- Fayek, M. K., Ata-Allah, S. S., Roumaih, K., & Ismail, S. (2009). Thermoelectric power properties of Zn substituted Cu–Ga spinel ferrites. **Materials Letters**, 63(12), 1010-1012.
- [14]- Gabal, M. A., Al Angari, Y. M., & Al-Juaid, S. S. (2010). A study on Cu substituted Ni–Cu–Zn ferrites synthesized using egg-white. **Journal of Alloys and Compounds**, 492(1-2), 411-415.
- [15]- Mohanty, D., Satpathy, S. K., Behera, B., & Mohapatra, R. K. (2020). Dielectric and frequency dependent transport properties in magnesium doped $CuFe_2O_4$ composite. **Materials Today: Proceedings**, 33, 5226-5231.
- [16]- Dippong, T., Levei, E. A., & Cadar, O. (2021). Recent advances in synthesis and applications of MFe_2O_4 ($M= Co, Cu, Mn, Ni, Zn$) nanoparticles. **Nanomaterials**, 11(6), 1560.
- [17]-Cao, Y., Jia, D., Hu, P., & Wang, R. (2013). One-step room-temperature solid-phase synthesis of $ZnFe_2O_4$ nanomaterials and its excellent gas-sensing property. **Ceramics International**, 39(3), 2989-92994.
- [18]-Ajmal M, Maqsood A(2008).Structural,electrical and magnetic properties of $Cu_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferrites($0\leq x\leq 1$). **Journal of Alloys and Compounds**,460,54-59.

تحضير ودراسة بعض الخواص الفيزيائية لمتراكبات (بولي فينيل البيريليدون PVP / ملح كبريتات الزنك)

حنان جاسم (1) ، أ.د أحمد الفلاح (2)

الملخص :

جرى في هذا البحث تحضير ثلاثة متراكبات من (بولي فينيل البيريليدون PVP / ملح كبريتات الزنك) بنسب وزنية مختلفة (5%، 10%، 15% Wt) وذلك باستخدام طريقة الصب وتعتبر هذه الطريقة اساس في الحصول على متراكبات مستوية . ودرست حركية تفكك المتراكبات المحضرة بالتحليل الحراري الوزني TGA وذلك بالاستناد على معادلة Coats-Redfern وجرى تعيين التوابع الترموديناميكية (ΔS^* ، ΔH^* ، ΔG^*) وجرى تعيين طاقة التنشيط E_a ايضاً للمتراكبات المحضرة .

الكلمات المفتاحية : متراكبات ، بولي فينيل البيريليدون PVP ، طريقة الصب ،

التحليل الحراري الوزني TGA، ΔS^* ، ΔH^* ، ΔG^* ، طاقة التنشيط E_a .

(1) طالبة ماجستير، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

(2) أستاذ، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

Preparation and Study of Some Physical Properties of composites (polyvinyl Alpyrrolidone PVP/ zinc sulfate salt)

(²) Dr. Ahmad Falah ، ، (¹) Hanan Gassem

Abstract:

In this research, were prepared three planar composites of (polyvinylpyrrolidone /zinc sulfate salt) with different weight percentages (5%, 10%, 15%) using the casting method, This method is considered essential in obtaining planar composites, and the dissociation kinetics of the composites prepared by Thermogravimetric Analysis TGA has been studied, based on the Coats-Redfern equation, and the thermodynamic parameters (ΔS^* , ΔH^* , ΔG^*) were determined, and the activation energy (E_a) was determined for the prepared composites.

Keywords: Composites , polyvinylpyrrolidone PVP , casting method , Thermogravimetric Analysis TGA , (ΔS^* , ΔH^* , ΔG^*) , activation energy (E_a)

(¹) Master student in Department of Chemistry Damascus University

(²) Professor in Department of Chemistry Damascus University

1- المقدمة Introduction :

إن الكثير من التطبيقات التكنولوجية والصناعات الحديثة غير الاعتيادية تحتاج الى مواد لها مزيج من الخواص ، إذ أصبحت الحاجة الى مواد بدائل ذات استعمالات صناعية متعددة ويجب أن تمتاز هذه المواد البدائل بمواصفات وخواص نوعية عالية وذات تكلفة منخفضة من الناحية الاقتصادية ولذلك تم انتاج مواد تعرف بالمواد المترابكة [1] .

وعلى الرغم من استعمال المواد المترابكة منذ القديم لكنها أصبحت في الوقت الحاضر من المواد الضرورية جداً في الكثير من التطبيقات الصناعية الحديثة ، وأحدثت المواد المترابكة قفزة نوعية دخلت في حيز الصناعة بشكل يضاهاي المواد الأخرى كالفلزات وسبائكها وذلك بسبب امتلاك المواد المترابكة الخواص الميكانيكية والكهربائية والبصرية العالية التي تلائم العديد من الصناعات [2] .

وتعد المواد المترابكة ذات الاساس البوليميري من المواد الحديثة التي لها دور اساسي في معظم التطبيقات الهندسية والتكنولوجية ، إذ أن استعمال هذه المواد يجب ان يصاحبه امتلاكها متانة جيدة واداءً تقنياً عالياً وذلك كي تقاوم الإجهادات الخارجية المؤثرة والظروف الخارجية المؤثرة بها كدرجة الحرارة والضغط والرطوبة وغيرها ، ولهذا السبب ازداد توجه العلماء والباحثين المختصين لتحضير مثل هذه المواد ودراستها والتعرف على خواصها تبعاً لخواص المواد الداخلة في تحضيرها وغيرها من العوامل المؤثرة الأخرى [3] .

البوليميرات Polymers :

تعرف بأنها مواد عضوية تتركب من جزيئات طويلة تتكون بالتكرار لنوع واحد أو أنواع من وحدات صغيرة تدعى المونومير (Monomer) الذي يمثل الوحدة الأساسية لبناء البوليمير ، وتمتاز البوليميرات بخصائص كثيرة منها [4, 5].

- 1- سهولة القولية ، اي انها لا تتطلب الى معالجة لاحقة .
- 2- ذات كثافة قليلة ومقاومة نوعية عالية ومقاومة عالية للتآكل جعلها مهمة جداً للتطبيقات التي لا تتطلب مقاومة ميكانيكية عالية جداً .
- 3- قليلة التوصيلية الحرارية ، ومعامل تمددها الحراري أقل بكثير من المعادن .
- 4- امتصاصها للرطوبة قليل وصفات كهربائية جيدة .
- 5- تمتاز بنبات اللون وذات شفافية لذا تستعمل كبديل للزجاج في بعض التطبيقات .

ولكن مع كل هذه الميزات إلا أن لها بعض المساوئ في استعمالاتها من أهمها أنها ذات معامل مرونة قليل ومتانة قليلة ، تعمل في درجات حرارة قليلة ، وأن الروابط التي تربط بين جزيئات البوليمير هي بشكل عام روابط تساهمية (Covalent Bonds)، فضلاً عن وجود قوى جزيئية داخلية تسمى بقوى فاندرفالس (Vander Waals Force) ، ويكون ارتباط جزيئات البوليمير مع بعضها البعض مكونة سلسلة [6,7].

(1-1) المواد المترابكة Composite Materials :

بالنظر لامتلاك المواد المترابكة بعض الخواص التي تتناسب مع العديد من التطبيقات الصناعية لهذا اصبحت ذات مكانة مرموقة بين المواد الهندسية المختلفة [8] ، وتعرف المواد المترابكة بأنها تلك الأنظمة الناتجة من اشتراك

مادتين أو أكثر، إذ تمثل كل مادة طوراً منفصلاً في النظام ، وذلك للحصول على مواد جديدة مختلفة في خواصها عن خواص المواد الأولية الداخلة في تحضير المادة المتراكبة بحيث تتجاوز الصفات غير مرغوب فيها لتصبح أكثر ملاءمة للتطبيقات الصناعية ويقصد بالصفات المرغوبة للمواد المتراكبة بأنها عبارة عن المكونات الأساسية للمادة المتراكبة التي تعتمد على كل من [9].

1- المادة الأساسية (Matrix Material).

2- مواد التدعيم (Reinforcement Materials).

3- السطح البيئي وقوى التلاصق (Interface and Bonding).

التحليل الحراري Thermal Analysis:

عُرف التحليل الحراري من قبل الاتحاد العالمي للتحليل الحراري والمسعري بأنه مجموعة من التقنيات التي تراقب خواص العينة بالنسبة للزمن أو درجة حرارة العينة والضغط المحيط بالعملية الخاضعة للتحكم المبرمج . أي أن درجة حرارة الفرن الذي تحوي العينة مبرمجة بينما درجة حرارة العينة في اغلب الحالات يمكن أن تختلف عن درجة الحرارة المبرمجة سابقاً . تخضع التفاعلات الماصة للحرارة والناشرة للحرارة أو التحولات الطورية في العينة لتغيرات درجات الحرارة بين العينة والفرن إلى أكثر من درجة [10] .

التحليل الحراري الوزني TGA:

يعتبر التقادم الزمني أو تخرب المواد والمنتجات الصناعية من أشد الأخطار التي تسبب تلف كلي أو جزئي للمواد [10] ، خاصة عند نقل أو تخزين تلك المنتجات [10,11] ، مع وجود ظروف بيئية مختلفة من رطوبة وحرارة [12] ، ينتج هذا التخرب من عدة عوامل كالتقادم نتيجة بعض وسائط التحفيز في بنية المواد الصناعية [12] ، أو بالجذور

الحرارة المحرصة ضوئياً أثناء تعرض المواد لأشعة الشمس [13] ، كما تلعب درجة الحرارة دوراً كبيراً في تحفيز التخراب الذي يمكن أن يحصل في درجات حرارة متوسطة لا تتجاوز 60[14] c إن دراسة التفكك الحراري يعطي مؤشراً على الاستقرار الزمني للمواد الكيميائية [15]، وتدرس حركية التفكك لتعيين المعاملات الترموديناميكية والحركية لتفكك المواد [16] ، وتوجد العديد من الطرائق التي تستخدم فيها معادلات رياضية تطبق على بيانات التحلل الحراري الوزني TGA وعلى التحلل الحراري التفاضلي DTG لدراسة هذه الظاهرة [17] . وقد ظهرت في الآونة الأخيرة العديد من الدراسات الحركية حول تحلل المواد حرارياً ويتم تعيين الطاقة التنشيطية بعدة طرائق ظهرت فيها قيم مختلفة للطاقت التنشيطية [18] ، وقد اعتمدت كل الطرائق على معالجة البيانات بأحد النموذجين من أجل تحليل السلوك الحركي لتفكك المواد ، يدعى النموذج الأول بالطرائق التفاضلية والتي تستخدم البيانات المستخرجة من تفكك عينات المركب ذاته عند معدلات تسخين مختلفة [19]، والنموذج الثاني بالطرائق التكاملية حيث يدرس البيانات المستخرج من تحليل عينة واحدة عند معدل تسخين محدد [20] ،

سُمي TGA أي التحليل الحراري الوزني وتمت الموافقة عليه من قبل (ICTAC) و (IUPAC)

ويشمل عمل ال TGA التسجيل المستمر لتغير الوزن للزمن أو لدرجة الحرارة عند التسخين في الفرن تحت ظروف مضبوطة ويمكن أن تسخن العينة بسرعة ثابتة .

تعتمد تقنية التحليل الحراري الوزني على قياس كمية ومعدل التغير في الوزن للمواد المدروسة كتابع لدرجة الحرارة أو الزمن ضمن شروط محددة . حيث يمكن أن ينخفض وزن المادة التي يتم تحليلها بسبب التطاير أو التفكك أو يزيد بسبب امتصاص الغاز أو حصول تفاعل كيميائي .

هدف البحث:

تهدف الدراسة الحالية الى :

1- تحضير اغشية من بوليمير (PVP) المدعمة بملح كبريتات الزنك بطريقة الصب و بنسب وزنية مختلفة (5%,10%,15) Wt

2- دراسة بعض الخواص الفيزيائية وتعيين التوابع الترموديناميكية (ΔS^* ، ΔH^* ، ΔG^*) و تعيين طاقة التنشيط E_a لأغشية بوليمير (PVP) المدعمة بملح كبريتات الزنك .

2- مواد البحث وطرائقه :

2-1 -المواد والأدوات والأجهزة المستخدمة :

بولي فينيل البيريليدون PVP من شركة سيجما

كبريتات الزنك من شركة سجم

ميزان الكتروني ذو أربعة أرقام عشرية Sartorius BASic.

سخانة كهربائية ذات محرك مغناطيسي من نوع Nuova Stirpate

جهاز التحليل الوزني Thermo gravimetry Analyser (TGA) يحمل الرمز TG

50 من شركة (Mettler Toledo) ، صنع سويسرا .

2-2 القسم العملي :

2-2-1 تحضير المتراكبات بولي فينيل البيريليدون PVP / ملح كبريتات الزنك) بنسب وزنية مختلفة (5% ,10% ,15%) :

لتحضير أغشية البوليميرات المدعمة بالأملاح أتبعنا الخطوات الآتية :

1- يُحَل كل من البوليميرات والأملاح بالماء المقطر ومن ثم يتم خلط البوليميرات مع الأملاح بنسب وزنية مختلف باستخدام الخلاط المغناطيسي لخلط المواد مع بعضها لمدة (1h) بدرجة حرارة (80C) وذلك للحصول على محاليل متجانسة ومن ثم يكتف المحلول بالتبخير، والجدول التالي (1) يوضح النسب الوزنية لأغشية المتراكبات المحضرة .

2- تستخدم طريقة صب المحلول (Casting Method) لتحضير أغشية البوليميرات النقية والمدعمة بالأملاح، إذ تصب كل عينة في قالب زجاجي مستطيل الشكل ، وتبقى العينة لمدة 24h حتى تجف بدرجة حرارة الغرفة .

Weight ratio of additive(Wt%)	Polymer	Salts
5	25	6.25
10	25	12.5
15	25	18.75

الجدول (1) النسب الوزنية لأغشية المتراكبات المحضرة

3- النتائج والمناقشة :

(1-3) دراسة السلوك الحراري وتعيين المعاملات الترموديناميكية لعملية تفكك للمتراكبات :

قمنا بتعيين المعاملات الترموديناميكية لعملية تفكك المتراكبات المحضرة والمتمثلة في :

طاقة التنشيط (Ea^*) و تغير الانتروبية (ΔS^*) وتغير الانتالبية (ΔH^*) وتغير طاقة جيبس الحرة (ΔG^*) والتي عينت باستعمال طريقة Coats-Redfern ، [21] وقد دقت هذه الطريقة من قبل Johnson and Gallagher [21] ، كطريقة تكاملية بافتراض مراتب تفاعل مختلفة ومقارنة

الخطية في كل حالة لاختيار المرتبة الصحيحة باستعمال العلاقتين :

$$\text{من أجل } n \neq 1 \quad \text{Log} \left[\frac{1-(1-\alpha)^{1-n}}{T^2(1-n)} \right] = \text{Log} \left[\frac{ZR}{qEa} \left(1 - \frac{2RT}{Ea} \right) \right] - \frac{Ea}{2.303RT}$$

$$\text{من أجل } n = 1 \quad \text{Log} \left[\frac{-\text{Log}(1-\alpha)}{T^2} \right] = \text{Log} \left[\frac{ZR}{qEa} \left(1 - \frac{2RT}{Ea} \right) \right] - \frac{Ea}{2.303RT}$$

حيث أن α كسر فقد وزن العينة بالتسخين و T درجة الحرارة (K) و n رتبة التفاعل Z معامل التردد (أرينوس) و Ea (KJ) طاقة تنشيط التفاعل و R ثابت الغازات و q النسبة الحرارية والتي تساوي $q=0.0833$ والمنحني الناتج عن رسم الحد الاول في المعادلة [$\text{Log}[(1-(1-\alpha)^{1-n})/T^2(1-n)]$] مقابل $T/1$ يعطى الميل الذي منه تحسب طاقة التنشيط Ea و Z (معامل أرينوس) الذي يتم تعينه من التقاطع .

حيث اختبرت هذه المنحنيات بفرض مراتب تفاعل مختلفة (n) والمنحني الأفضل هو الذي تعطيه مرتبة التفاعل الأقرب الى الواقع. وحسبت الانتروبية من العلاقة [22]:

$$\Delta S^* = 2.303R [\text{Log}(zh/kT_s)]$$

حيث أن : k,h هما ثابت بلانك ويولتزمان على التوالي ، T_s درجة الحرارة العظمى من منحنى TGA، أما طاقة جيبس الحرة والانتالبية فتحسب باستخدام العلاقات:

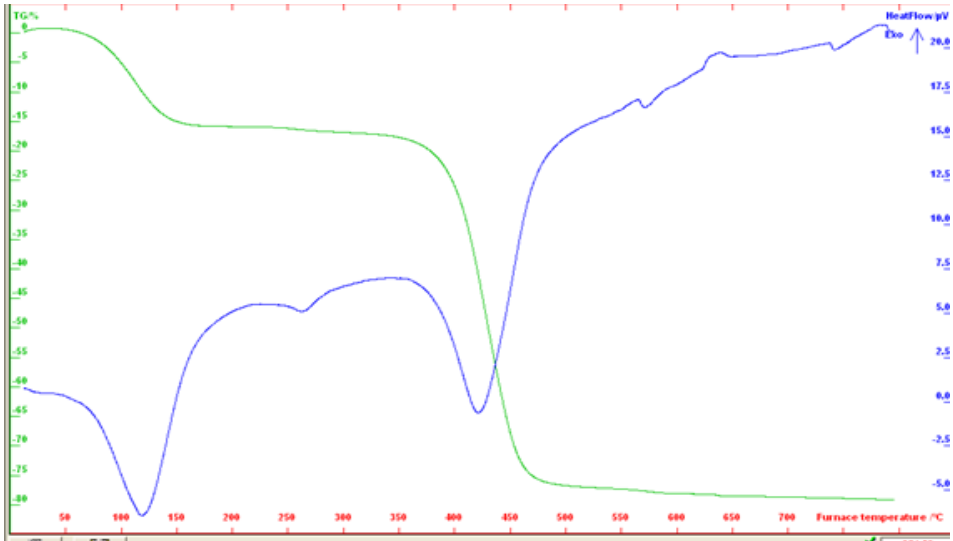
$$\Delta H^* = E_a - RT_s$$
$$\Delta G^* = \Delta H^* - T\Delta S^*$$

بحيث أُجري التفكك الحراري لجميع المتراكبات عن طريق مراقبة تغير وزن العينات المأخوذة للمتراكبات مع تغير درجة الحرارة بمعدل ارتفاع (10°C) بالدقيقة وبحضور N_2 ومنه حصلنا على الأشكال والجداول التالية والذي نلاحظ من خلاله أن المتراكبات تتفكك بشكل كامل عند درجة حرارة (600°C) حيث يتم حساب المعاملات الترموديناميكية (ΔG , ΔS , ΔH , E_a) وتحديد مرتبة التفاعل الموافقة لتفكك المتراكبات باستخدام خوارزمية حاسوبية خاصة [23] ، وبالاعتماد على علاقة Coats Redfern .

• 3-1-1- من أجل متراكبات كبريتات الزنك - PVP بنسبة 5% :

حصلنا على الشكل (1) والذي نلاحظ من خلاله أن المتراكبات يتفكك بشكل كامل عند درجة حرارة ((475°C) تميز بظهور قفرتين في المنحني تشير إلى أن تفكك المتراكبات كان وفق مرحلتين يتم حساب المعاملات الترموديناميكية (ΔS , ΔH , E_a)

(ΔG)، وتحديد مرتبة التفاعل الموافقة لتفكك المتراكب باستخدام خوارزمية حاسوبية خاصة [23] وبالاتتماد على علاقة Coats Redfern حيث أنه من أجل مرحلة التفكك الأولى كانت مرتبة التفاعل ($n=2$) والمعاملات الترموديناميكية موضحة بالجدول التالي وكانت مرتبة التفاعل ($n=1.8$) من أجل مرحلة التفكك الثانية كما هو وارد في الجداول التالي (2, 3) .



الشكل (1): مخطط التفكك الحراري TGA لـ متراكب (كبريتات الزنك - PVP)
بنسبة وزنية 5%

في الجداول (2, 3) يمكن ملاحظة القيم المرتفعة لطاقة التنشيط E_a والتي توحي بالاستقرارية الحرارية العالية للمتراكب المحضر بينما تشير القيم السالبة للانترودية ΔS لعملية التفكك إلى أن المتراكب الناتج ذو ترتيب أكثر انتظام من المتفاعلات، والإشارة الموجبة لـ ΔG توضح أن عملية تفكك المتراكب في المرحلتين غير تلقائية والقيم الموجبة لـ (ΔH) تشير إلى أن عملية التفكك ماصة للحرارة (endothermic).

*- من أجل مرحلة التفكك الأولى لمتراكب كبريتات الزنك بنسبة 5% :

T (°C)	m (mg)	α	1/T (K ⁻¹)	log (y)	R ²	0.943192	m	-1072.55214
111.74	0.9177	0.0823	0.002598145	-6.216853926	n	2	l	-3.404874962
116.85	0.9038	0.0962	0.002564103	-6.153917593	المتحولات		التتابع الترموديناميكية	
122.10	0.8904	0.1096	0.002530044	-6.102418748	الحد الأدنى	0	Ea(KJ)	20.53630813
127.37	0.8783	0.1217	0.002496754	-6.062508305	الحد الأعلى	2	Z	0.366849643
132.67	0.8681	0.1319	0.002464147	-6.033904593	q (°C/min)	5	ΔH	12.53624477
138.01	0.86	0.14	0.002432143	-6.015308221	T (°C)	689.09	ΔS	-2.63E+02
143.22	0.854	0.146	0.00240171	6.004981827-	الوزن الكلي	1	ΔG	265.5896844

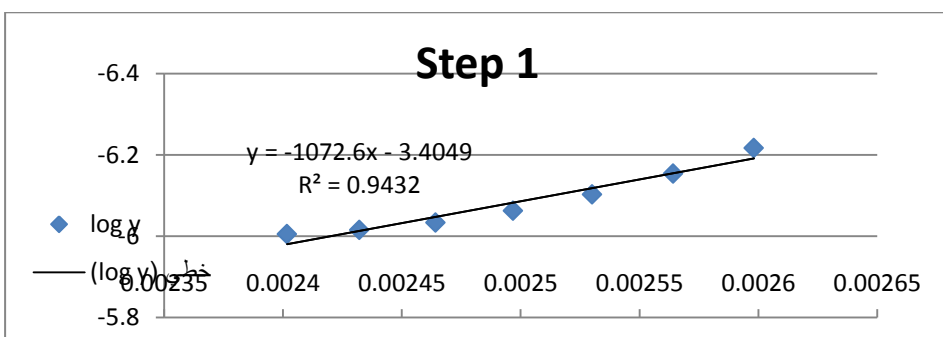
الجدول (2) : المعاملات الترموديناميكية ومرتبة تفاعل التفكك للمرحلة الأولى

*- من أجل مرحلة التفكك الثانية لمتراكب كبريتات الزنك بنسبة 5% :

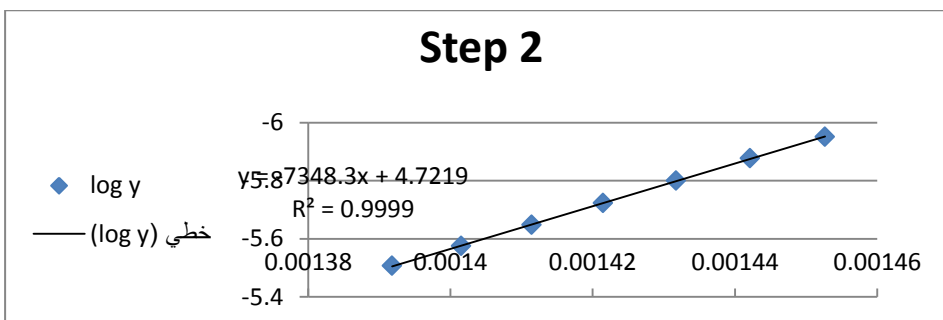
T (°C)	m (mg)	α	1/T (K ⁻¹)	log (y)	R ²	0.99989	m	-7348.283609
415.25	0.643	0.357	0.001452644	-5.950598202	n	1.8	l	4.721907497
420.29	0.5978	0.4022	0.001442086	-5.877135242	المتحولات		التتابع الترموديناميكية	
425.31	0.5485	0.4515	0.001431721	-5.800177281	الحد الأدنى	0	Ea(KJ)	140.6986297
430.36	0.4978	0.5022	0.001421444	-5.723130927	الحد الأعلى	2	Z	83875423.68
435.37	0.4479	0.5521	0.001411393	-5.647897642	q (°C/min)	5	ΔH	132.6985664
440.37	0.4002	0.5998	0.001401502	-5.575252469	T (°C)	689.09	ΔS	-1.03E+02
445.35	0.3564	0.6436	0.001391788	-5.506824364	الوزن الكلي	1	ΔG	231.7696151

الجدول (3) : المعاملات الترموديناميكية ومرتبة تفاعل التفكك للمرحلة الثانية

للتأكد من صحة النتائج السابقة تم رسم [$\text{Log}[(1-(1-\alpha)^{1-n})/T^2(1-n)]$] مقابل مقلوب درجة الحرارة $1/T$ كما هو موضح بالشكل (3, 2) بحيث لاحظنا بوضوح الخطية المثلى لكل من الخطين البيانيين لمرحلتى التفكك الأولى والثانية للمركب عند مرتبة التفاعل المحسوبة من البرنامج وهذا يشير بوضوح لصحة البرنامج والنتائج المستنتجة منه هذا وقد تمكنا من حساب طاقة التنشيط من ميل هذه المستقيمات كما هو وارد في الجداول السابقة .



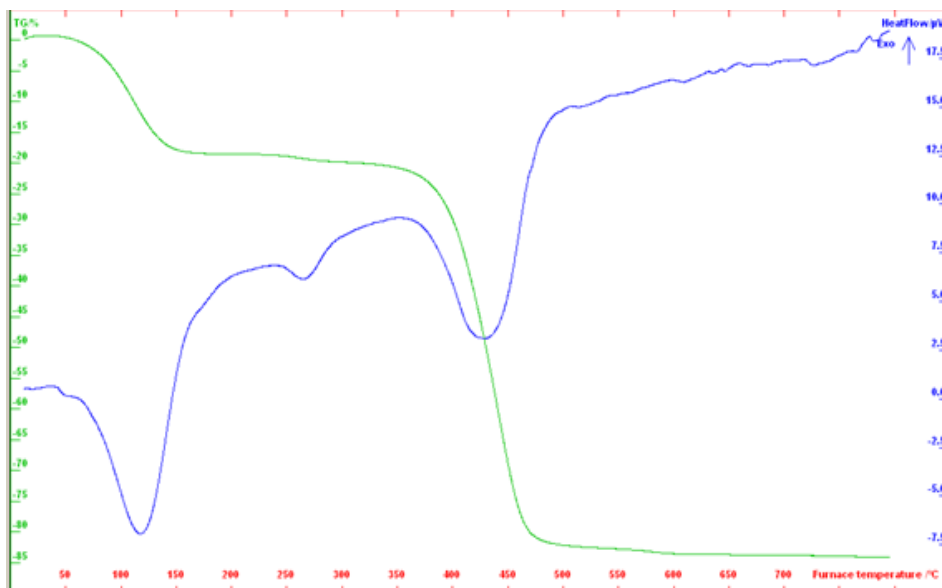
الشكل (2) : $\log(y)$ مقابل $1/T$ لمرحلة التفكك الأولى



الشكل (3) $\log(y)$ مقابل $1/T$ لمرحلة التفكك الثانية

• 3-1-2 - من أجل متراكب كبريتات الزنك - PVP بنسبة 10% :

حصلنا على الشكل (4) والذي نلاحظ من خلاله أن المتراكب يتفكك بشكل كامل عند درجة حرارة 480°C تميز بظهور قفرتين في المنحني تشير إلى أن تفكك المتراكب كان وفق مرحلتين يتم حساب المعاملات الترموديناميكية (E_a , ΔG , ΔS , ΔH) وتحديد مرتبة التفاعل الموافقة لتفكك المتراكب في المرحلة الأولى حيث كانت ($n=2$) وكانت في المرحلة الثانية ($n=0.5$) والمعاملات الترموديناميكية موضحة بالجداول (5, 4) .



الشكل (4): مخطط التفكك الحراري TGA للمتراكب (كبريتات الزنك/PVP)

بنسبة وزنية 10%

- في الجداول (5, 4) التالي يمكن ملاحظة القيم المرتفعة لطاقة التنشيط E_a والتي توحي بالاستقرارية الحرارية العالية للمترابك المحضر بينما تشير القيم السالبة للانتروبية ΔS لعملية التفكك إلى أن المترابك الناتج ذو ترتيب أكثر انتظام من المتفاعلات، و الإشارة الموجبة ل ΔG توضح أن عملية تفكك المترابك في المرحلتين غير تلقائية والقيم الموجبة ل (ΔH) تشير إلى أن عملية التفكك ماصة للحرارة (endothermic).

*- من أجل مرحلة التفكك الأولى لمترابك كبريتات الزنك بنسبة 10%:

T (°C)	m (mg)	α	1/T (K ⁻¹)	log (y)	R ²	0.944915	m	-1087.093591
110.39	0.9026	0.0974	0.00260729	-6.133452502	n	2	l	-3.273728783
115.58	0.8862	0.1138	0.00257248	-6.069591909	المتحولات		التوابع الترموديناميكية	
120.89	0.8703	0.1297	0.002537813	-6.016725464	الحد الأدنى	0	Ea(KJ)	20.81473536
126.23	0.8557	0.1443	0.002503881	-5.974751225	الحد الأعلى	2	Z	0.480242672
131.63	0.8435	0.1565	0.002470478	-5.944937608	q (°C/min)	5	ΔH	12.814672
137.03	0.8339	0.1661	0.002437954	-5.925625554	T (°C)	689.09	ΔS	-2.61E+02
142.32	0.8269	0.1731	0.002406913	-5.915169399	الوزن الكلي	1	ΔG	263.7133787

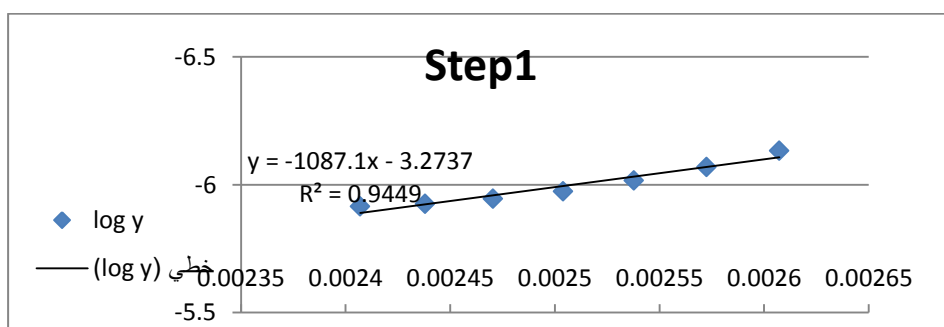
الجدول (4) : المعاملات الترموديناميكية ومرتبة تفاعل التفكك للمرحلة الأولى 10%

* - من أجل مرحلة التفكك الثانية لمتراكب كبريتات الزنك بنسبة 10% :

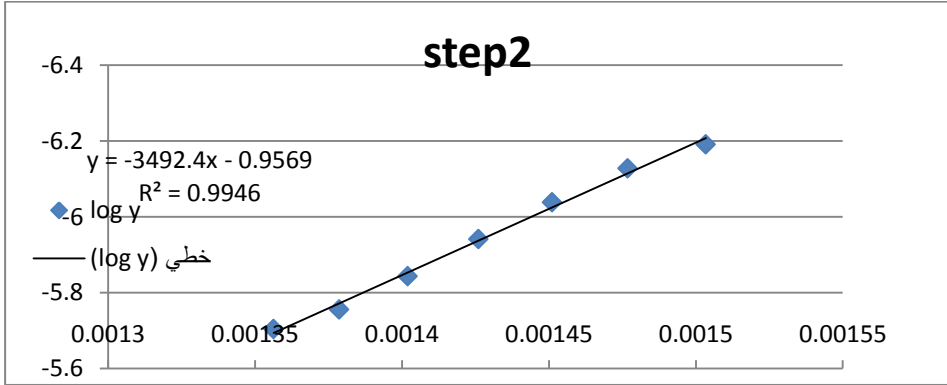
T (°C)	m (mg)	α	1/T (K ⁻¹)	log (y)	R ²	0.99462	m	-3492.403764
392.00	0.7359	0.2641	0.00150342	-6.190934983	n	0.5	l	-0.95690317
404.00	0.6882	0.3118	0.001476778	-6.127710474	المتحولات		التوابع الترموديناميكية	
416.02	0.6134	0.3866	0.001451021	-6.038472507	الحد الأدنى	0	Ea(KJ)	66.86955079
428.10	0.5173	0.4827	0.001426025	-5.941303302	الحد الأعلى	2	Z	97.29836776
440.16	0.4045	0.5955	0.001401915	-5.843376069	q (°C/min)	5	ΔH	58.86948743
452.21	0.2911	0.7089	0.001378626	-5.755845162	T (°C)	689.09	ΔS	-2.17E+02
464.16	0.2152	0.7848	0.001356282	-5.70399383	الوزن الكلي	1	ΔG	267.2778901

الجدول (5) : المعاملات الترموديناميكية ومرتبة تفاعل التفكك للمرحلة الثانية

- للتأكد من صحة النتائج السابقة تم رسم $[\text{Log}[(1-(1-\alpha)^{1-n})/T^2(1-n)]]$ مقابل مقلوب درجة الحرارة $1/T$ كما هو موضح بالشكل (5,6) بحيث لاحظنا بوضوح الخطية المثلى لكل من الخطين البيانيين لمرحلتى التفكك الأولى والثانية للمتراكب عند مرتبة التفاعل المحسوبة من البرنامج وهذا يشير بوضوح لصحة البرنامج والنتائج المستنتجة منه هذا وقد تمكنا من حساب طاقة التنشيط من ميل هذه المستقيمات كما هو وارد في الجداول السابقة.



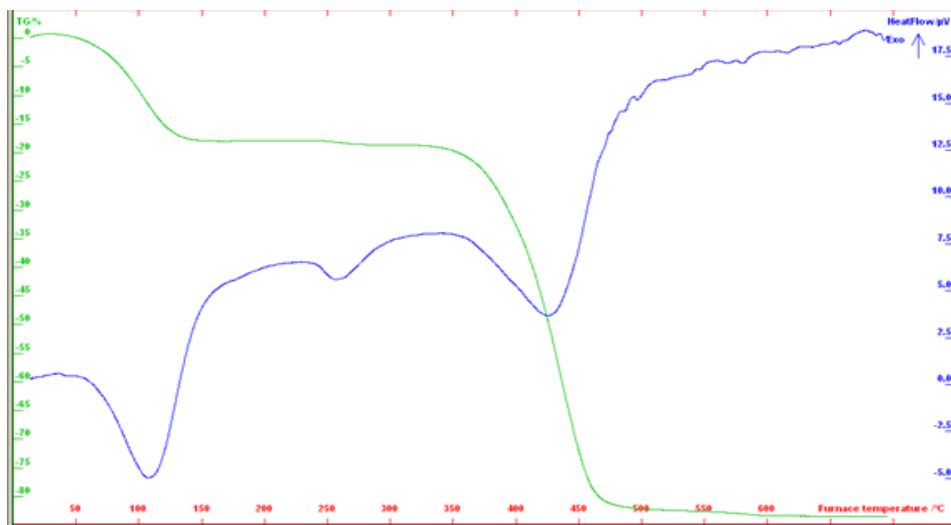
الشكل (5) $\log(y)$ مقابل $1/T$ لمرحلة التفكك الأولى



الشكل (6) $\log(y)$ مقابل $1/T$ لمرحلة التفكك الثانية

3-1-3 من أجل متراكب كبريتات الزنك - PVP بنسبة 15% :

حصلنا على الشكل (7) والذي نلاحظ من خلاله أن المتراكب يتفكك بشكل كامل عند درجة حرارة (480°C) تميز بظهور قفرتين في المنحني تشير إلى أن تفكك المتراكب كان وفق مرحلتين و يتم حساب المعاملات الترموديناميكية ($E_a, \Delta H, \Delta S, \Delta G$) وتحديد مرتبة التفاعل الموافقة لتفكك المتراكب بالاعتماد على علاقة Coats Redfern حيث أنه كانت مرتبة التفاعل لمرحلة التفكك الأولى ($n=2$) وكانت عند مرحلة التفكك الثانية ($n=0.5$) والمعاملات الترموديناميكية موضحة بالجدول (6,7) .



الشكل (7): مخطط التفكك الحراري TGA للمتراب (كبريتات الزنك/PVP) بنسبة وزنية 15%

- في الجدول (6,7) يمكن ملاحظة القيم المرتفعة لطاقة التنشيط E_a والتي توحي بالاستقرارية الحرارية العالية للمتراب المحضر بينما تشير القيم السالبة للانثروبية ΔS لعملية التفكك إلى أن المتراب الناتج ذو ترتيب أكثر انتظام من المتفاعلات، و الإشارة الموجبة ل ΔG توضح أن عملية تفكك المتراب في المرحلتين غير تلقائية والقيم الموجبة ل (ΔH) تشير إلى أن عملية التفكك ماصة للحرارة (endothermic).

*- من أجل مرحلة التفكك الأولى لمتراكب كبريتات الزنك بنسبة 15% :

T (°C)	m (mg)	α	1/T (K ⁻¹)	log (y)	R ²	0.944915	m	-1087.093591
110.39	0.9026	0.0974	0.00260729	-6.133452502	n	2	l	-3.273728783
115.58	0.8862	0.1138	0.00257248	-6.069591909	المتحولات		التوابع الترموديناميكية	
120.89	0.8703	0.1297	0.002537813	-6.016725464	الحد الأدنى	0	Ea(KJ)	20.81473536
126.23	0.8557	0.1443	0.002503881	-5.974751225	الحد الأعلى	2	Z	0.480242672
131.63	0.8435	0.1565	0.002470478	-5.944937608	q (°C/min)	5	ΔH	12.814672
137.03	0.8339	0.1661	0.002437954	-5.925625554	T (°C)	689.09	ΔS	-2.61E+02
142.32	0.8269	0.1731	0.002406913	-5.915169399	الوزن الكلي	1	ΔG	263.7133787

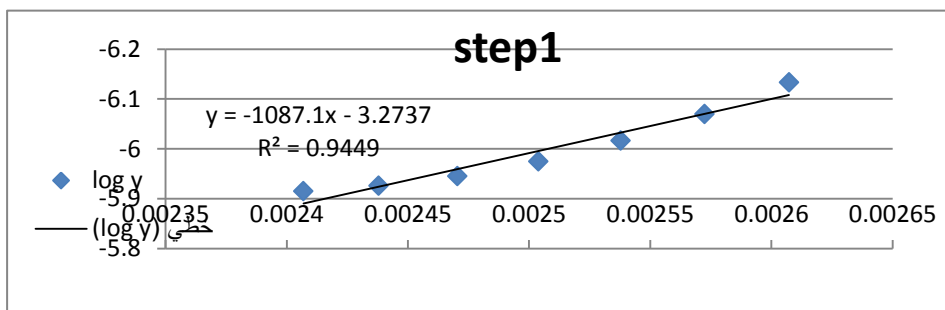
الجدول (6) : المعاملات الترموديناميكية ومرتبة تفاعل التفكك للمرحلة الأولى

*- من أجل مرحلة التفكك الثانية لمتراكب كبريتات الزنك بنسبة 15% :

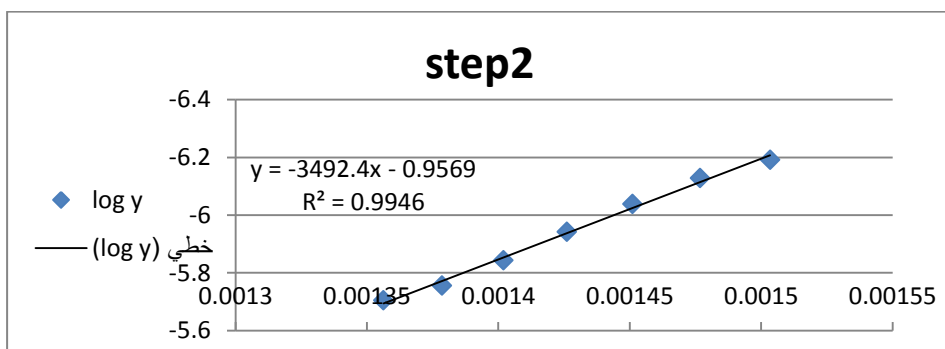
T (°C)	m (mg)	α	1/T (K ⁻¹)	log (y)	R ²	0.99462	m	-3492.403764
392.00	0.7359	0.2641	0.00150342	-6.190934983	n	0.5	l	-0.95690317
404.00	0.6882	0.3118	0.001476778	-6.127710474	المتحولات		التوابع الترموديناميكية	
416.02	0.6134	0.3866	0.001451021	-6.038472507	الحد الأدنى	0	Ea(KJ)	66.86955079
428.10	0.5173	0.4827	0.001426025	-5.941303302	الحد الأعلى	2	Z	97.29836776
440.16	0.4045	0.5955	0.001401915	-5.843376069	q (°C/min)	5	ΔH	58.86948743
452.21	0.2911	0.7089	0.001378626	-5.755845162	T (°C)	689.09	ΔS	-2.17E+02
464.16	0.2152	0.7848	0.001356282	-5.70399383	الوزن الكلي	1	ΔG	267.2778901

الجدول (7) : المعاملات الترموديناميكية ومرتبة تفاعل التفكك للمرحلة الثانية

- للتأكد من صحة النتائج السابقة تم رسم $[\text{Log}[(1-(1-\alpha)^{1-n})/T^2(1-n)]$ مقابل مقلوب درجة الحرارة $1/T$ كما هو موضح بالشكل (8، 9) بحيث لاحظنا بوضوح الخطية المثلى لكل من الخطين البيانيين لمرحلتي التفكك الأولى والثانية للمتراكب عند مرتبة التفاعل المحسوبة من البرنامج وهذا يشير بوضوح لصحة البرنامج والنتائج المستنتجة منه هذا وقد تمكنا من حساب طاقة التنشيط من ميل هذه المستقيمات كما هو وارد في الجداول السابقة.



الشكل (8) $\log(y)$ مقابل $1/T$ لمرحلة التفكك الأولى



الشكل (9) $\log(y)$ مقابل $1/T$ لمرحلة التفكك الثانية

مقارنة النتائج للنسب الوزنية الثلاثة :

تمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها لكل من المتراكبات المحضرة بالنسب الوزنية المختلفة من (بولي فينيل البيريليدون PVP / ملح كبريتات الزنك) وذلك بالنسبة لمرحلة التفكك الثانية لكل متراكب ، وتم الحصول على الجدول (8) الذي يوضح المقارنة بين المعاملات الترموديناميكية التي تم التوصل إليها .

(بولي فينيل البيريليدون PVP / ملح كبريتات الزنك)			
S2(%15)	S2(%10)	S2(%5)	المعاملات الترموديناميكية
689.09	689.09	689.09	T
6.69E+01	6.69E+01	1.41E+02	Ea
5.89E+01	5.89E+01	1.33E+02	ΔH
2.67E+02	2.67E+02	2.32E+02	ΔG
-2.17E+02	-2.17E+02	-1.03E+02	ΔS
9.73E+01	9.73E+01	8.39E+07	Z

الجدول (8) : مقارنة المعاملات الترموديناميكية لنسب الوزنية الثلاثة

لمرحلة التفكك الثانية للمتراكبات المحضرة

الاستنتاجات:

- تُم الحصول على درجة الحرارة التي يتفكك عندها المتراكب بالاعتماد على منحنى التحلل الحراري الوزني له وقمنا بالاستفادة من هذا المنحنى بتعيين المعاملات الترموديناميكية ومرتبة التفاعل لعملية التفكك باستخدام معادلة Coats-Redfern وباستعمال برنامج حاسوبي خاص.
- -توحي القيم المرتفعة لطاقة التنشيط توحي بالاستقرارية الحرارية العالية للمتراكبات المحضرة وهذا يعود إلى انتظام التركيب الجزيئي للمتراكبات المحضرة. وعملية تفكك المتراكب تحتاج لطاقة تنشيط مرتفعة وبالتالي تفاعلات تفكك المتراكبات غير تلقائية .
- -تشير القيم السالبة للانتروبية ΔS لعملية التفكك إلى أن المتراكبات المحضرة الناتجة ذات ترتيب أكثر انتظاما من النواتج عن التفاعل أي الجملة تصبح أقل انتظاما بعد عملية التفكك
- -تشير الإشارة الموجبة لـ ΔG أن الطاقة الحرة للناتج أعلى من المركبات البدائية، وإن كل خطوة من خطوات التفاعل هي غير تلقائية .

المراجع

- [1] K. J. Pascoe, "An Introduction to the Properties of Engineering Materials", Published by Van Nostr and Reinhold (U.K) CO. Ltd. 3rd Ed., (1978).
- [2] W. D. Callister and G. David, "Material Science and Engineering An Introduction", 9th Ed., John wiley and Sons Inc, (2014).
- [3] R. F. Gibson, "Principles of Composites Material Mechanics", Mc Graw Hill, Inc. , New York, (1994)
- [4] P. Ghosh, "Polymer Science and Technology of Plastics an Rubbers", Tata Mc Graw- Hill, New Delhi, (1990).
- [5] P. M. Jean, Z. Gérald and W. Kurz , "Introduction to Materials Science", Ch15 Polymer Structures, University of Tennessee, Dept. of Materials Science and Engineering, Elsevier, (2002).
- [6] G. A. Al.Adam and H. A. K. Al-kita'a, "Technology and Polymer Chemistry", University of Basra, College of Science, (1983).
- [7] P. A. Thernton and V. J. Colangelo, "Fundamentals of Engineering Materials", Prentice - Hall, Inc, (1985).
- [8] J. W. Weeton, M. P. Dean and L.T. Karyn, "Engineering's Guide to Composite Material", Published by American Society for Metals, U.S.A., (1987).
- [9] R. P. Sheldon, "Composite Polymeric Material", School of Materials Science Publishing, London, (1982).
- [10] M. Ravanbod, H. R. Pouretedal, M. K. Amini, R. Ebadpour; (2016), Kinetic study of the thermal descomposition of potassium using the non-isothermal TG/DSC technique. Cent Eur J Ener Mater, PP13-25.
- [11] H. H. Bui, K. Q. Tran, W. H. Chen; (2016), Pyrolysis of microalgae residues a kinetic study, Bioresoyr. Technol. Vol.199 ,PP 362-366.
- [12] A. Fernandez, G. Mazza, R. Ridriguez; (2018), Thermal decomposition under oxidative atmosphere of lignocellulosic wastes: Different kinetic methods application , Journal of Environmental Chemical Engineering. Vol6, 404-415.
- [13] C. Branca, D. B. Blasi; (2013), A unified mechanism of the combustion reactions of lig- nocellulosic fuels, Thermochem. Acta. No. 565.pp58-64

- [14] A. Bhavanam, R. C. Sastry; (2015), Kinetic study of solid waste pyrolysis using distributed activation energy model, *Bioresour. Technol.* Vol.178,pp126-131.
- [15] Q. V. Bach, W. H. Chen; (2017), A comprehensive study on pyrolysis Kinetics of microalgae iomass, *Energy Convers. Manag.* 131 109-116.
- [16] S. Wang, G. Dai, H. Yang, Z. Luo; (2017), Lignocellulosic Biomass Pyrolysis mechanism: a state-of-the-art review, *prog. Energy Combust. Sci.* Vol.,62,pp33-86.
- [17] B. Boli, G. Gang Chen, H. Zhang, C. Sheng; (2014), Development of non-isothermal TGA-DSC for kinetics analysis of low temperature coal oxidation prior to ignition , *Fuel* Vol.118, 385-391.
- [18] R. E. Kahrizangi, M. H. Abbasi; (2008), Evaluation of reliability of Coats-Redfrn metod for kinetic analysis of non-isothermal TGA, *Trans. Non Ferrous Met. Soc. China*, Vol 18, pp 217-221.
- [19] A. C. R. Lim, B. F. L. Chin, Z. A. Jawad, K. Ling Hii; (2016), Kinetic analysis of rice husk pyrolysis using Kissinger-Akahira-Sunose (KAS) metod , *Procedia Engineering*, Vol.147.1247-1251.
- [20] A. W. Coats, J. P. Redfern; (1964), Kinetic Parameters Form thermogravimetric data, *Nature* Vol. 201.pp68-69.
- [21] Johnson Jr, D. W., & Gallagher, P. K. (1972). Comparison of dynamic with isotherma techniques for the study of solid state decomposition kinetics. *The Journal of Physical Chemistry*, 76(10), 1474-1479.
- [22] Glasstone, S. (1974). *Textbook of Physical Chemistry*. Bomby,India,2nd edition,
- [23] Abdalsalam, T., Alghdir, J., Falah, A., & Gutuq, A. (2018). Naphthal Maleimide) and Preparation of Poly (N-1- Comparing the Activation Energy Values Calculated with Coats-Redfern Equation and Flynn-Wall Equation For the Second and Third Step. *Research Journal of Pharmacy and Disintegration Technology*, 11(12), 5431-5438.

طريقة التراكيب لحل مسألة الوصف التقليدي (العام) لحالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة للجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب

الباحث: خضر منهل الصالح¹

ملخص البحث:

يتعلق البحث بالجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب، مركزي التناظر والمتجانس والمتماثل المناعي والمعين بخمسة ثوابت مادية، ضمن ما يسمى حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة والمناقش رياضياً من خلال الباحثين: البولندي نوفاتسكي [6]، والتركي: إرينغن [5]، والذي نرّمز له اختصاراً بالرمز (E-N:5). بدايةً تم مايلي:
أولاً: عرض النموذج الرياضي التقليدي للجسم المذكور، ثانياً: عرض النموذج الرياضي الإزاحي-الدوراني للجسم المدروس، ثالثاً: طريقة متجه تشيفر لأجل مسألة القيم الحدية والإبتدائية، الإزاحية - الدورانية للجسم المدروس.
في البحث، عمنا طريقة متجه تشيفر إلى الشكل التقليدي (العام) للجسم الصلب المرن دقيق الإستقطاب (E-N:5) ضمن حالة التناظر المحوري الأولى لانفعالاته المرنة. بعدها أنهينا البحث باقتراح مسألتين للمناقشة.

الكلمات المفتاحية: طريقة التراكيب - الجسم الصلب المرن دقيق الإستقطاب - حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة.

¹ ماجستير في الرياضيات التطبيقية - كلية العلوم - جامعة البعث .

The superposition method in solving the general traditional mathematical model for the first axially symmetric state of elastic strain of micropolar elastic solid

Mgr Kheder Manhal Al-saleh[†]

Abstract

This paper is about the mathematical model of the centro-symmetric, homogeneous, and isotropic micropolar elastic solid with 5 material constants in the first axially symmetric state of elastic strains, discussed by Nowacki [6] together with Erigen [5], and shortly called (E-N:5). First, we introduce the following:

- 1) The traditional model of such a body in frame of the second axially symmetric state of elastic strains.
 - 2) The displacement- rotation model of the above mentioned body.
 - 3) The Schafer vector method for the displacement – rotation initial-boundary value problem of the above mentioned micropolar elastic solid.
- In this paper, firstly we generalized the Schafer vector method to the traditional (general) description of the considerable body in frame of the first axially symmetric state of elastic strains. Finally ,we end the paper by two problems for discussing .

Key words: The Superposition method –The micropolar elastic solid – The first axially symmetric of elastic strains.

[†] Applied Math.

1- مقدمة :

في [1,2] تمت مناقشة طريقة متجه تشيفر لحل مسائل القيم الحدية (التوازن) للجسم المرن دقيق الاستقطاب ضمن الحالتين المستويتين الأولى والثانية للانفعالات المرنة ، وضمن حالتي التناظر المحوري الأولى والثانية للانفعالات المرنة.

في [3] قام الباحث ديشليفيش بمناقشة طريقة متجه تشيفر في حل مسائل القيم الحدية والابتدائية (التحريك) من نوع لامي للجسم الصلب المرن دقيق الإستقطاب، ضمن الحالتين المستويتين الأولى والثانية وكذلك ضمن حالتي التناظر المحوري الأولى والثانية للانفعالات المرنة لهذا الجسم (انظر أيضاً: [4]).

2- هدف وأهمية البحث:

أ- يهدف البحث إلى تطوير طريقة متجه تشيفر لتشمل مسألة النموذج الرياضي التقليدي (العام) للجسم (E-N:5) ضمن حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة لهذا الجسم، بحيث تؤول المسألة الأساسية إلى مجموع مسألتين؛ الأولى معادلاتها أسهل من الأصلية، والثانية شروطها الحدية والابتدائية التي منشأها القوة، متجانسة (أي أنها أسهل من حيث الشروط الحدية والابتدائية للمسألة الأساسية).

ب- يمكن أن تملك نتائج البحث أهمية كبيرة كونها تعطي طريقة تسهل إيجاد الحل الحاكم للسلوك الديناميكي للجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب ضمن حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة لهذا الجسم (أسطوانة حديدية، أو نحاسية أو فولاذية أو من الألمنيوم ... الخ)، الأمر الذي يمكن أن يملك تطبيقات هامة في ميكانيك المواد (مخبر المواد).

3- طرق وأدوات البحث :

سنستخدم نتائج البحث [3] في تعميم طريقة متجه تشيفر من الوصف الإزاحي الدوراني إلى الوصف التقليدي (العام) للجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب (E-N:5) وذلك ضمن حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة لهذا الجسم.

لهذا الغرض نعرض فيما يلي ما يلزمنا من نتائج البحث [3; page 111]، المتمثلة بالآتي:

3- 1: الوصف التقليدي (العام) للجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب، المتجانس والمتمائل المناحي، ضمن حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة له، حيث الجسم يشغل في لحظة البدء المنطقة Ω بسيطة الترابط والمحدودة في R^3 [3]:

مقدمة بسيطة:

لتكن $Ox_1x_2x_3$ جملة مقارنة ديكارتية عتالية، قاعدتها $(\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3)$ ، ولناخذ القاعدة الاسطوانية الموافقة $(\mathbf{e}_r, \mathbf{e}_\theta, \mathbf{e}_z)$ ، حيث الاحداثيات الاسطوانية هي (r, θ, z) لنقطة مادية لاغرانجية من الجسم المدروس. كما نرسم بـ Ω للمنطقة بسيطة الترابط المحدودة في R^3 ، والتي يحتلها الجسم المدروس في لحظة البدء، وبـ $\partial\Omega$ للسطح الأملس لهذا الجسم، وبـ $T_+ =]0, \infty[$ وبـ $T =]0, \infty[$. يتعين السلوك الديناميكي المرن دقيق الاستقطاب، للجسم المدروس بواسطة مجموعة المقاطع التنسورية: $(\mathbf{u}, \boldsymbol{\varphi}, \boldsymbol{\sigma}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\gamma}, \boldsymbol{\kappa})$ ، علماً أن: \mathbf{u} و $\boldsymbol{\varphi}$ مقطعان متجهيان مستقلان، وهما على الترتيب، مقطع الإزاحة و مقطع التوجّه، إضافة إلى أن: $\boldsymbol{\sigma}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\gamma}, \boldsymbol{\kappa}$ هي مقاطع تنسورية من المرتبة الثانية غير متناظرة، وهي على الترتيب: مقطع إجهادات القوة ومقطع إجهادات العزم، ومقطع انفعالات القوة، ومقطع انفعالات العزم.

في حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة للجسم المدروس (E-N:5) تكون جميع المقاطع التنسورية التي تنظم السلوك الديناميكي المرن للجسم مستقلة عن الإحداثي الأسطواني الثاني θ ، ويمكن أن تمثل المقاطع السابقة في النظام الإحداثي الأسطواني $(\mathbf{e}_r, \mathbf{e}_\theta, \mathbf{e}_z)$ وفي $\Omega \times T_+$ كما يلي:

$$\mathbf{u} \equiv (u_r, 0, u_z), \quad \boldsymbol{\varphi} \equiv (0, \varphi_\theta, 0), \quad (3.1)$$

$$\boldsymbol{\sigma} \equiv \begin{bmatrix} \sigma_{rr} & 0 & \sigma_{rz} \\ 0 & \sigma_{\theta\theta} & 0 \\ \sigma_{zr} & 0 & \sigma_{zz} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\mu} \equiv \begin{bmatrix} 0 & \mu_{r\theta} & 0 \\ \mu_{\theta r} & 0 & \mu_{\theta z} \\ 0 & \mu_{z\theta} & 0 \end{bmatrix}, \quad (3.2)$$

$$\boldsymbol{\gamma} \equiv \begin{bmatrix} \gamma_{rr} & 0 & \gamma_{rz} \\ 0 & \gamma_{\theta\theta} & 0 \\ \gamma_{zr} & 0 & \gamma_{zz} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\kappa} \equiv \begin{bmatrix} 0 & \kappa_{r\theta} & 0 \\ \kappa_{\theta r} & 0 & \kappa_{\theta z} \\ 0 & \kappa_{z\theta} & 0 \end{bmatrix}, \quad (3.3)$$

هنا نذكر بأن كل المركبات الموجودة في العلاقات السابقة تتبع فقط للموضع (r, z) وللزمن t .

أولاً : الوصف التقليدي (العام) للجسم المدروس ضمن حالة التناظر المحوري الأولى لانفعالاته المرنة:

يتكوّن الوصف التقليدي (العام) لحالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة للجسم الصلب المرن المعتبر (E-N:5)، المتجانس والمتماثل المناحي، من المعادلات والعلاقات الأساسية والشروط الحدية والابتدائية التالية [3]:

معادلات الحركة في $\Omega \times T_+$:

$$\partial_r \sigma_{rr} + \partial_z \sigma_{zr} + r^{-1}(\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta}) + X_r = \rho \ddot{u}_r, \quad (3.4)$$

$$(r^{-1} + \partial_r) \sigma_{rz} + \partial_z \sigma_{zz} + X_z = \rho \ddot{u}_z, \quad (3.5)$$

$$2\sigma_{[zr]} + \partial_r \mu_{r\theta} + \partial_z \mu_{z\theta} + 2r^{-1} \mu_{(r\theta)} + Y_\theta = J \ddot{\varphi}_\theta, \quad (3.6)$$

$$\sigma_{[zr]} = \frac{1}{2}(\sigma_{zr} - \sigma_{rz}), \quad \mu_{(r\theta)} = \frac{1}{2}(\mu_{r\theta} + \mu_{\theta r}) \quad \text{حيث:}$$

$$\partial_r = \frac{\partial}{\partial r}, \quad \partial_z = \frac{\partial}{\partial z},$$

علماً أنّ كلاً من ρ و J ، على الترتيب، هما الكتلة الحجمية للجسم، والعطالة الدورانية له، وهما مقداران ثابتان؛ لأن الجسم متجانس. إضافةً إلى ما تقدم فإن: $X = (X_r, 0, X_z)$ و $Y = (0, Y_\theta, 0)$ ، هما على الترتيب مقطع القوة الحجمية ومقطع العزم الحجمي للجسم المدروس، كما أن رمز النقطة يعني الاشتقاق الجزئي بالنسبة للزمن،

معادلات توافق الانفعالات في $\Omega \times T$:

$$\begin{aligned}
 \kappa_{z\theta} + r\partial_z \kappa_{\theta r} &= 0, \\
 \kappa_{r\theta} + \partial_r (r\kappa_{\theta r}) &= 0, \\
 \partial_r (r\gamma_{\theta\theta}) - \gamma_{rr} &= 0, \\
 \kappa_{z\theta} + \partial_r \gamma_{zz} - \partial_z \gamma_{rz} &= 0, \\
 \partial_z \gamma_{\theta\theta} - r^{-1} \gamma_{zr} + \kappa_{\theta r} &= 0,
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

العلاقات التأسيسية، المحققة في $\Omega \times T$:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{rr} &= 2\mu\gamma_{rr} + \lambda e, \\
 \sigma_{\theta\theta} &= 2\mu\gamma_{\theta\theta} + \lambda e, \\
 \sigma_{zz} &= 2\mu\gamma_{zz} + \lambda e, \\
 (\sigma_{rz}, \sigma_{zr}) &= (\mu + \alpha)(\gamma_{rz}, \gamma_{zr}) + (\mu - \alpha)(\gamma_{zr}, \gamma_{rz}), \\
 (\mu_{r\theta}, \mu_{\theta r}) &= (\gamma + \varepsilon)(\kappa_{r\theta}, \kappa_{\theta r}) + (\gamma - \varepsilon)(\kappa_{\theta r}, \kappa_{r\theta}), \\
 \mu_{z\theta} &= (\gamma + \varepsilon)\kappa_{z\theta}, \quad \mu_{\theta z} = \frac{\gamma - \varepsilon}{\gamma + \varepsilon} \mu_{z\theta},
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

حيث: $e = \gamma_{rr} + \gamma_{\theta\theta} + \gamma_{zz}$ ، كما أن: $\mu, \alpha, \beta, \gamma, \varepsilon \in R_+$ ثوابت المرونة للجسم.

العلاقات الهندسية المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$\begin{aligned}
 \gamma_{rr} &= \partial_r u_r, \quad \gamma_{\theta\theta} = r^{-1} u_r, \quad \gamma_{zz} = \partial_z u_z, \\
 \gamma_{rz} &= \partial_r u_z + \varphi_\theta, \quad \gamma_{zr} = \partial_z u_r - \varphi_\theta, \\
 \kappa_{r\theta} &= \partial_r \varphi_\theta, \quad \kappa_{\theta r} = -r^{-1} \varphi_\theta, \\
 \kappa_{z\theta} &= \partial_z \varphi_\theta,
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

الشروط الحدية والابتدائية:

الشروط الحدية على $\partial\Omega \times T$:

$$\begin{aligned}
 n_r \sigma_{rr} + n_z \sigma_{zr} &= p_r, \quad n_r \sigma_{rz} + n_z \sigma_{zz} = p_z, \\
 n_r \mu_{r\theta} + n_z \mu_{z\theta} &= m_\theta,
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

حيث الدوال: $\partial\Omega \times T \rightarrow R: p_r, p_z, m_\theta$ معلومة، و $\mathbf{n} \equiv (n_r, 0, n_z)$ هي المركبات الاسطوانية لمتجه واحدة الناظم الخارجي على السطح $\partial\Omega$.

الشروط الابتدائية في $\Omega \times \{0\}$:

$$(u_r, \varphi_\theta, u_z) = (f_r, f_\theta, f_z), \quad (\dot{u}_r, \dot{\varphi}_\theta, \dot{u}_z) = (g_r, g_\theta, g_z), \quad (3.11)$$

حيث الدوال: $\Omega \rightarrow R: f_r, f_\theta, f_z, g_r, g_\theta, g_z$ معلومة.

هدف مسألة الوصف التقليدي (العام) للجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب، المعتبر، ضمن حالة التناظر المحوري الأولى لانفعالاته المرنة، هو إيجاد مجموعة الحقول الفيزيائية $(\mathbf{u}, \varphi, \sigma, \mu, \gamma, \kappa)$ ، المحققة للمسألة (3.1)-(3.11).

ثانياً: الوصف الإزاحي-الدوراني:

نحصل على هذه المسألة من خلال حذف الحقول الفيزيائية $\mu, \sigma, \kappa, \gamma$ من الوصف التقليدي (العام) (3.1)-(3.11)، فنحصل بعد الاختصار والتبسيط على مسألة الوصف الإزاحي-الدوراني التالية، المؤلفة من مجموعة المعادلات والعلاقات الأساسية والشروط الحدية والابتدائية التالية:

معادلات الإزاحات والدورانات، المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$\begin{aligned} \square_2^0 u_r + (\lambda + \mu - \alpha) \partial_r e - 2\alpha \partial_z \varphi_\theta + X_r &= 0, \\ \square_2 u_z + (\lambda + \mu - \alpha) \partial_z e - 2\alpha r^{-1} \partial_r (r \varphi_\theta) + X_z &= 0, \\ \square_4^0 \varphi_\theta + 2\alpha (\partial_z u_r - \partial_r u_z) + Y_\theta &= 0, \end{aligned} \quad (3.12)$$

حيث:

$$\begin{aligned} e &= r^{-1} \partial_r (r u_r) + \partial_z u_z, \quad \square_2^0 = (\mu + \alpha) \Delta_0 - \rho \partial_t^2, \\ \square_2 &= (\mu + \alpha) \Delta - \rho \partial_t^2, \quad \square_4^0 = (\gamma + \varepsilon) \Delta_0 - 4\alpha - J \partial_t^2, \\ \Delta &= \partial_r^2 + r^{-1} \partial_r + \partial_z^2, \quad \Delta_0 = \Delta - r^{-2} \end{aligned} \quad (3.13)$$

الشروط الحدية على $\partial\Omega \times T$:

$$n_r \{ 2\mu \partial_r u_r + \lambda [r^{-1} \partial_r (r u_r) + \partial_z u_z] \} + n_z [(\mu + \alpha) (\partial_z u_r - \varphi_\theta) + (\mu - \alpha) (\partial_r u_z + \varphi_\theta)] = p_r , \quad (3.14)$$

$$n_r [(\mu + \alpha) (\partial_r u_z + \varphi_\theta) + (\mu - \alpha) (\partial_z u_r - \varphi_\theta)] + n_z \{ 2\mu \partial_z u_z + \lambda [r^{-1} \partial_r (r u_r) + \partial_z u_z] \} = p_z , \quad (3.15)$$

$$n_r [(\gamma + \varepsilon) \partial_r \varphi_\theta - (\gamma - \varepsilon) r^{-1} \varphi_\theta] + (\gamma + \varepsilon) n_z \partial_z \varphi_\theta = m_\theta , \quad (3.16)$$

نضيف إلى ما تقدم ، العلاقات الهندسية (3.9) والعلاقات التأسيسية (3.8) والشروط الابتدائية الحدية والابتدائية (3.11)، ونسمي المسألة الناتجة بمسألة القيم الحدية والابتدائية، الإزاحية الدورانية للجسم المدروس (E-N:5)، المتجانس والمتماثل المناحي، ضمن حالة التناظر المحوري الأولى لانفعالاته المرنة.

هدف مسألة الوصف الإزاحي-الدوراني للجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب، المعتبر، ضمن حالة التناظر المحوري الثانية لانفعالاته المرنة، هو إيجاد مجموعة الحقول الفيزيائية $(\mathbf{u}, \varphi, \sigma, \mu, \gamma, \kappa)$ ، المحققة للمسألة (3.16)-(3.11) و (3.8) و (3.9).

ثالثاً: طريقة متجه تشفير في حل مسألة القيم الحدية والابتدائية الإزاحية - الدورانية للجسم المعتبر ضمن حالة التناظر المحوري الأولى لانفعالاته المرنة:

لمناقشة هذه الطريقة، نعرّف متجه تشفير: $\zeta = (0, \zeta_\theta, 0)$ بالشكل التالي:

$$\zeta_\theta = \frac{1}{2} (\partial_z u_r - \partial_r u_z) - \varphi_\theta \quad (3.17)$$

بتعويض (3.17) في (3.12) نحصل على المعادلات التالية المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$\begin{aligned} \square_2^0 u_r + (\lambda + \mu) \partial_r e + 2\alpha \partial_z \zeta_\theta + X_r &= 0 , \\ \square_2^0 u_z + (\lambda + \mu) \partial_z e - 2\alpha r^{-1} \partial_r (r \zeta_\theta) + X_z &= 0 , \\ \square_4^0 (\partial_z u_r - \partial_r u_z) + 2Y_\theta &= 2 \square_4^0 \zeta_\theta , \end{aligned} \quad (3.18)$$

ونفرض أن:

$$\begin{aligned} u_r &= u_r^0 + u_r', \varphi_\theta = \varphi_\theta^0 + \varphi_\theta', u_z = u_z^0 + u_z', \\ \zeta_\theta &= \zeta_\theta^0 + \zeta_\theta', Y_\theta = Y_\theta^0 + Y_\theta', \end{aligned} \quad (3.19)$$

حيث: $(u_r^0, \varphi_\theta^0, u_z^0)$ تتعلق بالجسم الصلب المرن في إطار المرونة الخطية التقليدية ضمن حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة التقليدية، أما: $(u_r', \varphi_\theta', u_z')$ فتسمى بالإزاحات والدورانات، المتممة (الزائدة) (أي: الزائدة عن التقليدية). فيما يلي سنناقش مسألتين القيم الحدية والابتدائية؛ الكلاسيكية، للحقول الكلاسيكية $(u_r^0, \varphi_\theta^0, u_z^0)$ ، ومسألة القيم الحدية والابتدائية المتممة (الزائدة) للحقول المتممة (الزائدة) $(u_r', \varphi_\theta', u_z')$.

ثالثاً - 1: مسألة القيم الحدية والابتدائية، الكلاسيكية، المتعلقة بالحقول الكلاسيكية

نحصل على هذه المسألة باتباع ما يلي:

نوضع: $\zeta_\theta^0 = 0$ في المعادلتين الأولى والثانية من المعادلات (3.12)، نحصل على

المعادلتين الكلاسيكيتين التاليتين، المحققتين في $\Omega \times T_+$:

$$\begin{aligned} \square_2^* u_r^0 + (\lambda + \mu) \partial_r e^0 + X_r &= 0, \\ \square_2^* u_z^0 + (\lambda + \mu) \partial_z e^0 + X_z &= 0 \end{aligned} \quad (3.20)$$

حيث المؤثر: $\partial_r e^0 = r^{-1} \partial_r (r u_r^0) + \partial_z u_z^0$ و \square_2^* هو المؤثر الناتج عن وضع:

$\alpha = 0$ في المؤثر \square_2^* ؛

$$n_r \sigma_{rr}^0 + n_z \sigma_{zr}^0 = p_r, \quad n_r \sigma_{rz}^0 + n_z \sigma_{zz}^0 = p_z, \quad (3.21)$$

حيث: σ_{rr}^0 و σ_{zr}^0 و σ_{rz}^0 و σ_{zz}^0 على الترتيب، هي الجزء الكلاسيكي لكل من σ_{rr}

و σ_{zr} و σ_{rz} و σ_{zz} ؛ ومع العلم أن $\sigma_{rz}^0 = \sigma_{zr}^0$ حيث:

$$\begin{aligned}\sigma_{rr}^0 &= 2\mu \varepsilon_{rr}^0 + \lambda e^0, & \sigma_{\theta\theta}^0 &= 2\mu \varepsilon_{\theta\theta}^0 + \lambda e^0, \\ \sigma_{zz}^0 &= 2\mu \varepsilon_{zz}^0 + \lambda e^0, & \sigma_{rz}^0 &= 2\mu \varepsilon_{rz}^0, \\ e^0 &= \varepsilon_{rr}^0 + \varepsilon_{\theta\theta}^0 + \varepsilon_{zz}^0,\end{aligned}\quad (3.22)$$

وعلماً أن :

$$\varepsilon_{rr}^0 = \partial_r u_r^0, \quad \varepsilon_{\theta\theta}^0 = \frac{1}{r} u_r^0, \quad \varepsilon_{zz}^0 = \partial_z u_z^0, \quad \varepsilon_{rz}^0 = \varepsilon_{zr}^0 = \frac{1}{2} (\partial_z u_r^0 + \partial_r u_z^0) \quad (3.23)$$

أخيراً، من الشروط الابتدائية (3.11)، نحصل على الشروط الابتدائية، الكلاسيكية، التالية المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$\begin{aligned}u_r^0 &= f_r, & \dot{u}_r^0 &= g_r, \\ u_z^0 &= f_z, & \dot{u}_z^0 &= g_z\end{aligned}\quad (3.24)$$

ثالثاً - 2 : مسألة القيم الحدية والابتدائية، المتممة (الزائدة)، المتعلقة بالحقول

المتممة (الزائدة) $(u'_r, \varphi'_\theta, u'_z)$:

بهدف الوصول إلى المعادلات والعلاقات النازمة للحقول المتممة $(u'_r, \varphi'_\theta, u'_z)$ يلزمنا

إثبات صحة المعادلة التالية المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$2 \square_2^* \varphi_\theta^0 = \partial_r X_z - \partial_z X_r \quad (3.25)$$

حيث المؤثر \square_2^* ينتج عن وضع: $\alpha = 0$ في المؤثر: $\square_2 := (\mu + \alpha) \Delta - \rho \partial_t^2$.

الإثبات:

من العلاقة (3.17)، لأجل $\zeta_\theta^0 = 0$ ، يحصل على:

$$2\varphi_\theta^0 = \partial_z u_r^0 - \partial_r u_z^0 \quad (3.26)$$

فباشتقاق طرفي المعادلة الأولى في (3.20)، جزئياً بالنسبة لـ z ، والمعادلة الثانية في

(3.20) بالنسبة لـ r نجد:

$$\partial_z \square_2^0 u_r^0 + (\lambda + \mu) \partial_{rz}^2 e^0 + \partial_z X_r = 0, \quad (3.27)$$

$$\partial_r \square_2^0 u_z^0 + (\lambda + \mu) \partial_{rz}^2 e^0 + \partial_r X_z = 0$$

وبما أنَّ:

$$\partial_z \square_2^0 = \square_2^0 \partial_z, \quad \partial_r \square_2^0 = \square_2^0 \partial_r \quad (3.28)$$

فتصبح المعادلتان السابقتان بالشكل التالي في $\Omega \times T_+$:

$$\square_2^0 \partial_z u_r^0 + (\lambda + \mu) \partial_{rz}^2 e^0 + \partial_z X_r = 0, \quad (3.29)$$

$$\square_2^0 \partial_r u_z^0 + (\lambda + \mu) \partial_{rz}^2 e^0 + \partial_r X_z = 0$$

نتج الآن (3.25) مباشرةً عن طرح المعادلة الثانية في (3.29) من المعادلة الأولى في (3.29) ومن ثمَّ الاستفادة من العلاقة (3.26).

الآن لاستنتاج جملة المعادلات التفاضلية المتعلقة بالحقول المتممة (الزائدة) $(u'_r, \varphi'_\theta, u'_z)$ ،

نطبق المؤثر \square_2^0 على طرفي المعادلة (3.18)₃، فنحصل على المعادلة التالية المحققة

في $\Omega \times T_+$:

$$\square_2^0 [\square_4^0 (\partial_z u_r - \partial_r u_z) + 2Y_\theta - 2\square_4^0 \zeta_\theta] = 0 \quad (3.30)$$

الآن ينتج عن المعادلات (3.18)_{1,2} و (3.20)، وعن المعادلات (3.30) و (3.25)

و (3.26)، أنَّ الثلاثية $(u'_r, \zeta_\theta, u'_z)$ تحقق جملة المعادلات التفاضلية المتممة،

التالية في $\Omega \times T_+$:

$$\begin{aligned} \square_2^0 u'_r + (\lambda + \mu) \partial_r e' + 2\alpha \partial_z \zeta_\theta + \hat{X}_r &= 0, \\ \square_2^0 u'_z + (\lambda + \mu) \partial_z e' - 2\alpha r^{-1} \partial_r (r \zeta_\theta) + \hat{X}_z &= 0, \quad (3.31) \\ \square_2^0 [\square_4^0 (\partial_z u'_r - \partial_r u'_z) - 2 \square_4^0 \zeta_\theta] &= -2\hat{Y}_\theta \end{aligned}$$

حيث : $e' = r^{-1} \partial_r (r u'_r) + \partial_z u'_z$ ، كما أن :

$$\hat{Y}_\theta = \frac{1}{2} [2 \square_2^0 Y_\theta - \square_4^0 (\partial_z X_r - \partial_r X_z)] , \hat{X}_r = \hat{X}_z = 0$$

وللحصول، الآن، على المعادلات، التي تحكم الثلاثية $(u'_r, \varphi'_\theta, u'_z)$ ، نعوض:

في المعادلات (3.29)، فنحصل، بعد التبسيط، على

المعادلات التالية، المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$\begin{aligned} \square_2^0 u'_r + (\lambda + \mu - \alpha) \partial_r e' - 2\alpha \partial_z \varphi'_\theta + \hat{X}_r &= 0, \\ \square_2^0 u'_z + (\lambda + \mu - \alpha) \partial_z e' + 2\alpha r^{-1} \partial_r (r \varphi'_\theta) + \hat{X}_z &= 0, \quad (3.32) \\ \square_2^0 [\square_4^0 \varphi'_\theta + 2\alpha (\partial_z u'_r - \partial_r u'_z)] + \hat{Y}_\theta &= 0 \end{aligned}$$

نضيف إلى المعادلات السابقة الشروط الحدية والابتدائية التالية الناتجة عن الشروط الحدية

والابتدائية الأصلية، وذلك باتباع مايلي:

من الشروط الحدية الأصلية (3.14)-(3.16)، نحصل على الشروط الحدية المتممة

(أو الزائدة)، التالية المحققة في $\partial\Omega \times T$:

$$\begin{aligned} n_r \{ 2\mu \partial_r u'_r + \lambda [r^{-1} \partial_r (r u'_r) + \partial_z u'_z] \} + \\ + n_z [(\mu + \alpha) (\partial_z u'_r - \varphi'_\theta) + (\mu - \alpha) (\partial_r u'_z + \varphi'_\theta)] &= 0, \quad (3.33) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_r [(\mu + \alpha) (\partial_r u'_z + \varphi'_\theta) + (\mu - \alpha) (\partial_z u'_r - \varphi'_\theta)] + \\ + n_z \{ 2\mu \partial_z u'_z + \lambda [r^{-1} \partial_r (r u'_r) + \partial_z u'_z] \} &= 0, \quad (3.34) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_r [(\gamma + \varepsilon) \partial_r \varphi'_\theta - (\gamma - \varepsilon) r^{-1} \varphi'_\theta] + \\ + (\gamma + \varepsilon) n_z \partial_z \varphi'_\theta = m_\theta - m_\theta^0, \quad (3.35) \end{aligned}$$

ومن الشروط الابتدائية الأصلية (3.11) ، نحصل على الشروط الابتدائية المتممة التالية المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$u'_r = 0 , \quad \varphi'_\theta = f_\theta - \varphi_\theta^0 , \quad u'_z = 0 , \quad (3.36)$$

$$\dot{u}'_r = 0 , \quad \dot{\varphi}'_\theta = g_\theta - \dot{\varphi}_\theta^0 , \quad \dot{u}'_z = 0 , \quad (3.37)$$

حيث هنا نشير إلى أنه في الشروط الحدية والابتدائية السابقة المقدار :

$$m_\theta^0 = n_r \mu_{r\theta}^0 + n_z \mu_{z\theta}^0 \quad (3.38)$$

والمقادير φ_θ^0 , $\dot{\varphi}_\theta^0$ تنتج عن مسألة القيم الحدية والابتدائية الكلاسيكية (3.19)–(3.22) وعن العلاقة :

$$\varphi_\theta^0 = \frac{1}{2} (\partial_z u_r^0 - \partial_r u_z^0) \quad (3.39)$$

كما أن :

$$\begin{aligned} \mu_{r\theta}^0 &= (\gamma + \varepsilon) \kappa_{r\theta}^0 + (\gamma - \varepsilon) \kappa_{\theta r}^0 \\ \mu_{z\theta}^0 &= (\gamma + \varepsilon) \kappa_{z\theta}^0 \end{aligned} \quad (3.40)$$

و :

$$\begin{aligned} \kappa_{r\theta}^0 &= \partial_r \varphi_\theta^0 , \quad \kappa_{\theta r}^0 = -r^{-1} \varphi_\theta^0 , \\ \kappa_{z\theta}^0 &= \partial_z \varphi_\theta^0 , \end{aligned} \quad (3.41)$$

ومع العلم أن :

$$\varphi_\theta^0(r, z) = \lim_{t \rightarrow 0} \varphi_\theta^0(r, z, t) , \quad \dot{\varphi}_\theta^0(r, z) = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\partial \varphi_\theta^0}{\partial t}(r, z, t) ,$$

آلية حل المسألة: بحل مسألة القيم الحدية والابتدائية التقليدية (3.20)–(3.24) ، نحصل على الحل التقليدي $(u_r^0, \varphi_\theta^0, u_z^0)$ ، وبحل مسألة القيم الحدية والابتدائية (الزائدة)

(3.41)–(3.32)، نحصل على الحقول المتممة الزائدة $(u'_r, \varphi'_\theta, u'_z)$. نعوض ماتقدم في العلاقات $_{1-3}(3.19)$ ، فنحصل على الثلاثية $(u_r, \varphi_\theta, u_z)$. نعوض $(u_r, \varphi_\theta, u_z)$ في العلاقات الهندسية الأصلية فنحصل على الانفعالات، وإذا عوضنا هذه الانفعالات الناتجة في العلاقات التأسيسية الأصلية، نحصل على الإجهادات.

4 (النتائج والمناقشة:

طريقة متجه شيفر في حل مسألة الوصف التقليدي العام (3.11)–(3.1) للجسم الصلب المرن دقيق الإستقطاب (E-N:5) لأجل حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة لهذا الجسم:

لأجل هذا الهدف نفرض في مسألة الوصف التقليدي العام (3.11)–(3.1) أن:

$$\begin{aligned} \mathbf{u} &= \mathbf{u}^0 + \mathbf{u}', \quad \boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{\varphi}^0 + \boldsymbol{\varphi}', \\ \boldsymbol{\sigma} &= \boldsymbol{\sigma}^0 + \boldsymbol{\sigma}', \quad \boldsymbol{\mu} = \boldsymbol{\mu}^0 + \boldsymbol{\mu}', \quad \boldsymbol{\gamma} = \boldsymbol{\varepsilon}^0 + \boldsymbol{\gamma}', \\ \boldsymbol{\kappa} &= \boldsymbol{\kappa}^0 + \boldsymbol{\kappa}', \quad \mathbf{Y} = \mathbf{Y}^0 + \mathbf{Y}', \end{aligned} \quad (4.1)$$

علماً أن المقاطع التيسورية $(\mathbf{u}^0, \boldsymbol{\varphi}^0, \boldsymbol{\sigma}^0, \boldsymbol{\mu}^0, \boldsymbol{\varepsilon}^0, \boldsymbol{\kappa}^0)$ و \mathbf{Y}^0 ، تتسب للمرونة الخطية الكلاسيكية الديناميكية (نموذج Hooke) ضمن حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة لهذا الجسم، أما المقاطع التيسورية $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$ و \mathbf{Y}' فهي المقاطع المتممة، أو الزائدة عن مقاطع جسم Hooke. فيما يلي سنقوم باستنتاج كلاً من مسألة القيم الحدية الابتدائية الكلاسيكية الموافقة لـ $(\mathbf{u}^0, \boldsymbol{\varphi}^0, \boldsymbol{\sigma}^0, \boldsymbol{\mu}^0, \boldsymbol{\varepsilon}^0, \boldsymbol{\kappa}^0)$ ومسألة القيم الحدية الابتدائية المتممة (أو الزائدة) الموافقة للمقاطع المتممة (أو الزائدة) $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$.

4-1 : مسألة القيم الحدية الابتدائية الكلاسيكية الموافقة للحقول الكلاسيكية

$(\mathbf{u}^0, \boldsymbol{\varphi}^0, \boldsymbol{\sigma}^0, \boldsymbol{\mu}^0, \boldsymbol{\varepsilon}^0, \boldsymbol{\kappa}^0)$: نحصل على هذه المسألة بانتبايع الآتي:

من المعادلتين (3.4) و (3.5) نحصل على:

معادلات الحركة التالية المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$\partial_r \sigma_{rr}^0 + \partial_z \sigma_{zr}^0 + r^{-1}(\sigma_{rr}^0 - \sigma_{\theta\theta}^0) + X_r = \rho \ddot{u}_r^0, \quad (4.2)$$

$$(r^{-1} + \partial_r) \sigma_{rz}^0 + \partial_z \sigma_{zz}^0 + X_z = \rho \ddot{u}_z^0, \quad (4.3)$$

من معادلات توافق الإنفعالات (3.7)، نحصل على معادلات توافق الإنفعالات الكلاسيكية

التالية المحققة في $\Omega \times T$:

$$\kappa_{z\theta}^0 + r \partial_z \kappa_{\theta r}^0 = 0,$$

$$\kappa_{r\theta}^0 + \partial_r (r \kappa_{\theta r}^0) = 0,$$

$$\partial_r (r \varepsilon_{\theta\theta}^0) - \varepsilon_{rr}^0 = 0,$$

$$\kappa_{z\theta}^0 + \partial_r \varepsilon_{zz}^0 - \partial_z \varepsilon_{rz}^0 = 0,$$

$$\partial_z \varepsilon_{\theta\theta}^0 - r^{-1} \varepsilon_{zr}^0 + \kappa_{\theta r}^0 = 0,$$

والتي إذا حذفنا منها انفعالات العزم، التقليدية نحصل على معادلتين فقط، هما:

معادلة توافق الإنفعالات التقليدية المحققة في $\Omega \times T$:

$$2\partial_{rz}^2 \varepsilon_{zr}^0 - \partial_z^2 \varepsilon_{rr}^0 - \partial_r^2 \varepsilon_{zz}^0 = 0, \quad (4.4)$$

$$r \partial_z^2 \varepsilon_{\theta\theta}^0 - 2\partial_z \varepsilon_{zr}^0 + \partial_r \varepsilon_{zz}^0 = 0$$

ومن العلاقات الهندسية (3.9) نحصل على العلاقات الهندسية الكلاسيكية التالية

المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$\varepsilon_{rr}^0 = \partial_r u_r^0, \quad \varepsilon_{\theta\theta}^0 = r^{-1} u_r^0, \quad \varepsilon_{zz}^0 = \partial_z u_z^0,$$

$$\varepsilon_{rz}^0 = \partial_r u_z^0 + \varphi_\theta^0, \quad \varepsilon_{zr}^0 = \partial_z u_r^0 - \varphi_\theta^0,$$

$$\kappa_{r\theta}^0 = \partial_r \varphi_\theta^0, \quad \kappa_{\theta r}^0 = -r^{-1} \varphi_\theta^0,$$

$$\kappa_{z\theta}^0 = \partial_z \varphi_\theta^0$$

والتي بالاعتماد على تعريف الدوران الكلاسيكي: φ_θ^0 :

$$\varphi_{\theta}^0 = \frac{1}{2}(\partial_z u_r^0 - \partial_r u_z^0) \quad (4.5)$$

فإن العلاقات الخمسة الأولى في (4.4)، تعطينا:

العلاقات الهندسية الكلاسيكية التالية المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{rr}^0 &= \partial_r u_r^0, \quad \varepsilon_{\theta\theta}^0 = \frac{1}{r} u_r^0, \quad \varepsilon_{zz}^0 = \partial_z u_z^0, \\ \varepsilon_{rz}^0 &= \varepsilon_{zr}^0 = \frac{1}{2}(\partial_z u_r^0 + \partial_r u_z^0) \end{aligned} \quad (4.6)$$

و هنا يتضح تناظر حقل الانفعالات التتسوري، الكلاسيكي.

ومن العلاقات التأسيسية (3.8) نحصل على العلاقات التأسيسية الكلاسيكية، التالية، المحققة

في $\Omega \times T$:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^0 &= 2\mu \varepsilon_{rr}^0 + \lambda e^0, \\ \sigma_{\theta\theta}^0 &= 2\mu \varepsilon_{\theta\theta}^0 + \lambda e^0, \\ \sigma_{zz}^0 &= 2\mu \varepsilon_{zz}^0 + \lambda e^0, \\ (\sigma_{rz}^0, \sigma_{zr}^0) &= (\mu + \alpha)(\varepsilon_{rz}^0, \varepsilon_{zr}^0) + (\mu - \alpha)(\varepsilon_{zr}^0, \varepsilon_{rz}^0), \\ (\mu_{r\theta}^0, \mu_{\theta r}^0) &= (\gamma + \varepsilon)(\kappa_{r\theta}^0, \kappa_{\theta r}^0) + (\gamma - \varepsilon)(\kappa_{\theta r}^0, \kappa_{r\theta}^0), \\ \mu_{z\theta}^0 &= (\gamma + \varepsilon)\kappa_{z\theta}^0, \quad \mu_{\theta z}^0 = \frac{\gamma - \varepsilon}{\gamma + \varepsilon} \mu_{z\theta}^0 \end{aligned} \quad (4.7)$$

وبما أن تتسور الانفعالات الكلاسيكية متناظر، فإن العلاقات الأربعة الأولى في (4.7)

تعطينا:

العلاقات التأسيسية الكلاسيكية، التالية، المحققة في $\Omega \times T$:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^0 &= 2\mu \varepsilon_{rr}^0 + \lambda e^0, \quad \sigma_{\theta\theta}^0 = 2\mu \varepsilon_{\theta\theta}^0 + \lambda e^0, \\ \sigma_{zz}^0 &= 2\mu \varepsilon_{zz}^0 + \lambda e^0, \quad \sigma_{rz}^0 = \sigma_{zr}^0 = 2\mu \varepsilon_{rz}^0 \end{aligned} \quad (4.8)$$

حيث: $e^0 = \varepsilon_{rr}^0 + \varepsilon_{\theta\theta}^0 + \varepsilon_{zz}^0$

ومن الشروط الحدية (3.10) ، نحصل على:

الشروط الحدية التقليدية، التالية المحققة على $\partial\Omega \times T$:

$$n_r \sigma_{rr}^0 + n_z \sigma_{zr}^0 = p_r, n_r \sigma_{rz}^0 + n_z \sigma_{zz}^0 = p_z \quad (4.9)$$

أخيراً من الشروط الابتدائية (3.11) ، نحصل على:

الشروط الابتدائية، الكلاسيكية، التالية، المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$\begin{aligned} u_r^0 &= f_r, \quad \dot{u}_r^0 = g_r, \\ u_z^0 &= f_z, \quad \dot{u}_z^0 = g_z \end{aligned} \quad (4.10)$$

نسمي المسألة (4.10)-(4.2) بالمسألة الكلاسيكية للوصف التقليدي العام للجسم (E-N:5) ضمن حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة له.

4-2: مسألة القيم الحدية والابتدائية المتممة (أو الزائدة) الموافقة للمقاطع التنسورية الزائدة $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$: بهدف الحصول على هذه المسألة يلزمنا صياغة وإثبات التوطئة المساعدة الآتية .

توطئة مساعدة: إن المقاطع المتجهية الكلاسيكية $(\boldsymbol{\varphi}^0, \boldsymbol{\mu}^0)$ تحقق في $\Omega \times T_+$ المعادلة التالية:

$$\square_2^0 \left[\partial_r \mu_{r\theta}^0 + \partial_z \mu_{z\theta}^0 + 2r^{-1} \mu_{(r\theta)}^0 - J \ddot{\varphi}_\theta^0 + Y_\theta \right] = \hat{Y}_\theta^0, \quad (4.11)$$

الإثبات: باستخدام العلاقات التأسيسية الكلاسيكية (4.7) والعلاقات الهندسية الكلاسيكية (4.4)، بسهولة نحصل على:

$$\partial_r \mu_{r\theta}^0 + \partial_z \mu_{z\theta}^0 + 2r^{-1} \mu_{(r\theta)}^0 - J \ddot{\varphi}_\theta^0 = \square_4^0 \varphi_\theta^0, \quad (4.12)$$

الآن، بتطبيق المؤثر \square_2^0 على طرفي العلاقة (4.12) ،ومن ثم بالاستفادة من المعادلة (3.25) ، نحصل مباشرةً على المعادلة (4.11).

وللحصول على المعادلات الحاكمة للمقاطع التيسورية المتممة $(\mathbf{u}', \varphi', \sigma', \mu', \gamma', \kappa')$

(المقاطع التيسورية الزائدة)، نتبع مايلي:

نطبق المؤثر \square_2^0 على طرفي المعادلة (3.6)، فنحصل على المعادلة التالية المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$\square_2^0 \left[2\sigma'_{[zr]} + \partial_r \mu'_{r\theta} + \partial_z \mu'_{z\theta} + 2r^{-1} \mu'_{(r\theta)} + Y_\theta - J \dot{\varphi}'_\theta \right] = 0 \quad (4.13)$$

ينتج الآن، عن المعادلتين (3.4) و (4.2) وعن المعادلتين (3.5) و (4.3)، وعن المعادلتين (4.13) و (4.11)، أن المقاطع المتممة (الزائدة) $(\mathbf{u}', \varphi', \sigma', \mu', \gamma', \kappa')$ تحقق نظام المعادلات المتمم التالي في $\Omega \times T_+$:

$$\partial_r \sigma'_{rr} + \partial_z \sigma'_{zr} + r^{-1} (\sigma'_{rr} - \sigma'_{\theta\theta}) + \hat{X}_r = \rho \ddot{u}'_r, \quad (4.14)$$

$$(r^{-1} + \partial_r) \sigma'_{rz} + \partial_z \sigma'_{zz} + \hat{X}_z = \rho \ddot{u}'_z, \quad (4.15)$$

$$\square_2^0 \left[2\sigma'_{[zr]} + \partial_r \mu'_{r\theta} + \partial_z \mu'_{z\theta} + 2r^{-1} \mu'_{(r\theta)} \right] + \hat{Y}_\theta = J \square_2^0 \dot{\varphi}'_\theta \quad (4.16)$$

ومن علاقات توافق الانفعالات (3.7) نحصل على:

علاقات توافق الانفعالات، الزائدة، التالية المحققة في $\Omega \times T$:

$$\begin{aligned} \kappa'_{z\theta} + r \partial_z \kappa'_{\theta r} &= 0, \quad \kappa'_{r\theta} + \partial_r (r \kappa'_{\theta r}) = 0, \\ \partial_r (r \gamma'_{\theta\theta}) - \gamma'_{rr} &= 0, \quad \kappa'_{z\theta} + \partial_r \gamma'_{zz} - \partial_z \gamma'_{rz} = 0, \\ \partial_z \gamma'_{\theta\theta} - r^{-1} \gamma'_{zr} + \kappa'_{\theta r} &= 0, \end{aligned} \quad (4.17)$$

ومن العلاقات الهندسية (3.9)، نحصل على:

العلاقات الهندسية، الزائدة، التالية، المحققة في $\Omega \times T_+$:

$$\begin{aligned}
\gamma'_{rr} &= \partial_r u'_r, \gamma'_{\theta\theta} = r^{-1} u'_r, \gamma'_{zz} = \partial_z u'_z, \\
\gamma'_{rz} &= \partial_r u'_z + \varphi'_\theta, \gamma'_{zr} = \partial_z u'_r - \varphi'_\theta, \\
\kappa'_{r\theta} &= \partial_r \varphi'_\theta, \kappa'_{\theta r} = -r^{-1} \varphi'_\theta, \\
\kappa'_{z\theta} &= \partial_z \varphi'_\theta,
\end{aligned} \tag{4.18}$$

ومن العلاقات التأسيسية الزائدة (3.8)، نحصل على:

العلاقات التأسيسية، الزائدة، التالية، المحققة في $\Omega \times T$:

$$\begin{aligned}
\sigma'_{rr} &= 2\mu\gamma'_{rr} + \lambda e', \\
\sigma'_{\theta\theta} &= 2\mu\gamma'_{\theta\theta} + \lambda e', \\
\sigma'_{zz} &= 2\mu\gamma'_{zz} + \lambda e', \\
(\sigma'_{rz}, \sigma'_{zr}) &= (\mu + \alpha)(\gamma'_{rz}, \gamma'_{zr}) + (\mu - \alpha)(\gamma'_{zr}, \gamma'_{rz}), \\
(\mu'_{r\theta}, \mu'_{\theta r}) &= (\gamma + \varepsilon)(\kappa'_{r\theta}, \kappa'_{\theta r}) + (\gamma - \varepsilon)(\kappa'_{\theta r}, \kappa'_{r\theta}), \\
\mu'_{z\theta} &= (\gamma + \varepsilon)\kappa'_{z\theta}, \quad \mu'_{\theta z} = \frac{\gamma - \varepsilon}{\gamma + \varepsilon} \mu'_{z\theta},
\end{aligned} \tag{4.19}$$

حيث: $e' = \gamma'_{rr} + \gamma'_{\theta\theta} + \gamma'_{zz}$

إلى المعادلات والعلاقات المتممة السابقة نضيف الشروط الحدية والابتدائية، الزائدة، التالية، الناتجة عن الشروط الحدية والابتدائية، الأصلية (3.10) و (3.11):

الشروط الحدية، الزائدة، المحققة على $\partial\Omega \times T$:

$$\begin{aligned}
n_r \sigma'_{rr} + n_z \sigma'_{zr} &= 0, n_r \sigma'_{rz} + n_z \sigma'_{zz} = 0, \\
n_r \mu'_{r\theta} + n_z \mu'_{z\theta} &= m_\theta - m_\theta^0,
\end{aligned} \tag{4.20}$$

الشروط الابتدائية المتممة (أو الزائدة)، التالية، المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$u'_r = 0, \varphi'_\theta = f_\theta - \varphi_\theta^0, u'_z = 0, \tag{4.21}$$

$$\dot{u}'_r = 0, \dot{\varphi}'_\theta = g_\theta - \dot{\varphi}_\theta^0, \dot{u}'_z = 0, \tag{4.22}$$

تسمى المسألة (4.22)-(4.14) بمسألة القيم الحدية والابتدائية المتممة (أو الزائدة) لأجل الوصف التقليدي (العام) للجسم الصلب المرن (E-N:5)، في إطار حالة التناظر المحوري الأولى للانفعالات المرنة لهذا الجسم.

آلية حل المسألة:

- 1- بحل مسألة القيم الحدية والابتدائية الكلاسيكية (4.10)-(4.2)، نحصل على المقاطع التنسورية، الكلاسيكية: $(\mathbf{u}^0, \boldsymbol{\varphi}^0, \boldsymbol{\sigma}^0, \boldsymbol{\mu}^0, \boldsymbol{\varepsilon}^0, \boldsymbol{\kappa}^0)$.
- 2- نحل مسألة القيم الحدية والابتدائية المتممة (الزائدة) (4.22)-(4.14)، فنحصل على المقاطع التنسورية المتممة (الزائدة) $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$.
- 3- أخيراً إذا عوضنا ما حصلنا عليه في العلاقات (4.1)، نحصل على الحل النهائي: $(\mathbf{u}, \boldsymbol{\varphi}, \boldsymbol{\sigma}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\gamma}, \boldsymbol{\kappa})$ لمسألة الوصف التقليدي (العام) (3.11)-(3.1).

5. النتائج والمقترحات :**أولاً: النتائج:**

في هذا البحث عممنا طريقة التراكيب المعتمدة على متجه تشيفر إلى مسألة الوصف التقليدي (العام) للجسم الصلب المرن (E-N:5) في حالة التناظر المحوري الثانية لانفعالات المرنة لهذا الجسم ، من خلال كتابة مسألة الوصف التقليدي (العام) ، الأساسية على شكل مجموع مسألتين؛ الأولى أسهل من حيث المعادلات الاشتقاقية وتتعلق بجسم هوك، والثانية أسهل من حيث الشروط الحدية والابتدائية، ذات منشأ القوة، والتي تكون متجانسة، وتتعلق بالجسم معتبر البنية الجزيئية.

ثانياً: المقترحات:

في نهاية هذا البحث نوصي بمناقشة المسائل الآتية:

مسألة 1: تعميم طريقة التراكيب القائمة على متجه تشيفر إلى الطريقة القائمة على تنسور تشيفر بحيث تشمل وصف إغانتشاك الإجهادي للجسم (E-N:5) ضمن حالة التناظر المحوري الأولى لانفعالاته المرنة.

مسألة 2: مناقشة طريقة التراكيب المعتمدة على تنسور تشيفر بحيث تشمل وصف إغانتشاك بالإجهادات للجسم (E-N:5) ضمن حالة التناظر المحوري الثانية لانفعالاته المرنة.

المراجع

- [1]-Dyzlewicz , J , **1980**- Selected boundary problems of equations for the plane problems in micropolar theory of elasticity, Stud. Geotech. et. mech., I-1980, 2 , 3 , 5-20 ; II-1980 ,2 , 4 , 21-36.
- [2]-Dyzlewicz , J , **1996** - Selected problems of linear asymmetrical thermoelasticity, Journal of Thermal Stresses,19, 185-206.
- [3]- Dyzlewicz , J , **2004** - Micropolar Theory of Elasticity , in : Series Lectures. Notes in Applied and Computational Mechanics, Vol.15, 356 p, Springer .
- [4]-Dyzlewicz , J , **1997** - Stress equations of motion of Ignaczak type for the second axisymmetric problem of micropolar elastodynamics, Applicationes Mathematicae, 24,3 (1997), pp. 251–265.
- [5] – Eringen , A . C , **1966** - Linear theory of micropolar elasticity, J.Math. Mech., 15 , 909 – 930.
- [6] –Nowacki, W , **1986** - Theory of Asymmetric Elasticity , Warsaw , PWN.
- [7]- W. Nowocki , (**1970**), Theory of Elasticity , PWN Warsaw.

دراسة بتروغرافية للصخور البازلتية في مواقع النبي متى، قلعة الشيخ ديب، النبي صالح في جنوب سلسلة الجبال الساحلية السورية

أ.د. محمود مصطفى*

سوسن طراف**

الملخص

تناول هذا البحث دراسة الصبات البازلتية في جبل النبي متى وجبل النبي صالح و المدخنة البركانية الموجودة في قلعة الشيخ ديب وذلك على الحدود بين رقعتي قلعة الحصن وصافيتا بمقياس: 1/50000.

تبين من خلال الجولات الحقلية أن الكتل البازلتية المكسرة والمفككة والتي تغطي قمم جبال النبي صالح والنبي متى ناتجة من جراء عوامل التعرية والتجوية التي تعرضت لها تلك الصبات والتي أدت إلى انقسامها إلى أجزاء متباعدة ومتفرقة.

شاهد أسفل جبل النبي صالح وجود صبة بازلتية تحت بحرية ادت إلى تشكل بيولافا وسائدية. ولوحظ أيضاً أن قلعة الشيخ ديب عبارة عن مدخنة بركانية بشكل جبل صغير بارز مؤلفة في القسم السفلي من صخور بازلتية، أما القسم الاعلى من الجبل فهو عبارة عن مواشير بازلت قاسية ومتكدسة بشكل متلاصق ومتماسك.

تبين من خلال الدراسة أن الصخور البازلتية في منطقة الدراسة مؤلفة من الأنواع البتروغرافية التالية: بازلت غني بالأوليفين ، بازلت فراغي، بازلت كتلي، وأن أهم الفلزات الأولية الرئيسية لهذه الصخور هي أوليفن، كلينوبيروكسين، بلاجوكلاز.

الكلمات المفتاحية: بازلت، مداخن بركانية، النبي صالح، النبي متى، قلعة الشيخ ديب.

*أستاذ دكتور - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - سورية

** طالبة ماجستير - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - سورية

Petrographic study of basalt rocks at sites AL-Nabi Matta, Sheikh Dib Castle,AL- Nabi Saleh of the Syrian coastal mountain range

Abstract

This research studied the basalt studs in Al-Nabi Matta mountain, and Al-Nabi Salih mountain and the volcanic chimneys found in Sheikh Dib Castle, on the border between two plots of (Al-Hosn Castle and Safita) on a scale of 1/50000.

Through field visits, it was found that the crushed and loose basalt blocks which cover the peaks of the mountains of AL Nabi Saleh and AL Nabi Matta, are resulted from erosion and weathering factors to which these studs were exposed, which led to be divided into separate and scattered parts.

Underneath Al_Nabi Salih Mountain, an under_sea basaltic stud was noticed that led to the formation of a pillow Bulava.

It was also noticed that Sheikh Dib Castle is a volcanic chimney in the form of a small prominent mountain, the lower part of it is composed from in basalt rocks, as for the highest part of the mountain it consists of hard basalt rocks stacked closely and cohesively.

Through the study, it was found that the basalt rocks in the study area consisted of the following petrographic types:

Olivine rich basalt, basalt containing voids, block basalt. And that the most important primary metals for these rocks are Olivine, clinopyroxene, and plagioclase.

Keywords: Basalt, volcanic chimneys, AL Napi Saleh, AL Napi Matta, Sheikh Dib castle.

مقدمة:

يُعد البازلت صخوراً واسع الانتشار في أراضي الجمهورية العربية السورية حيث يشكل نسبة 10 - 15%، ويتركز في المنطقة الجنوبية إضافة إلى انتشاره في المنطقة الوسطى وأجزاء من المنطقة الساحلية والشرقية والشمالية.[1]

تُعرف الصخور البازلتية بأنها صخور بركانية أساسية معتدلة القلوية ناعمة الحبات تتألف من الناحية الفلزية من البلاجوكلاز، البيروكسين، الأوليفين.

لا بدا من الإشارة إلى أن أهمية الصخور البازلتية تكمن في وجودها في بيئات تكتونية متنوعة جداً (الجزر المحيطية- أعراف وسط المحيطات- والانهدامات القارية)، وتتمتع الصخور البازلتية بمواصفات جمالية عالية وخاصة بعد صقلها وتلميعها، وتتميز بقساوتها وصلابتها ومقاومتها للكسر وعازلية جيدة للحرارة وقدرة كبيرة لامتناس الصوت والضجيج وهي خامات طبيعية غير ملوثة للبيئة. [1].

تعتبر الدراسات السابقة أساس بناء أي بحث علمي، ويجب الاطلاع على كافة الدراسات السابقة التي بدورها تخدم في وضع أساس لبناء أي دراسة. قدم بلانكنهورن وكوبر أبحاثهم في مجال التكتونيك، في عام (1891)، وهما أول من أشار إلى أن سورية تقع على الصفيحة العربية، ثم جاء الباحث الفرنسي دوبرتريه خلال الفترة ما بين (1937-1958م) ونشر أول لمحة عامة عن ستراتيجرافية المنطقة الساحلية، والتي عُدت الأساس لكل الدراسات وأعمال المسح اللاحقة حيث حدد عمر البازلت في السينومانيان الذي يتكشف في القسم الجنوبي من رقعة القدموس كما أشار إلى وجود علاقة بين الصبات البازلتية الحديثة في سورية وبين الشقوق التكتونية الكبيرة [2,3,4,5,6,7,8].

نقد فريق من الجيولوجيين السوفييت أول مسح جيولوجي عام مرتبط بالبحث عن
الخامات المعدنية في الفترة (1958-1963)، وكانت نتيجة هذا العمل تغطية الأراضي
العربية السورية بخرائط جيولوجية مع المذكرات الإيضاحية بمقاييس (1:500000،
1:200000، 1:1000000)[9,10].

بدأت مجموعة من الجيولوجيين السوريين (1971)، بأعمال مسح تفصيلي للسلسلة
الساحلية بمقياس 1:50000، وقد ركزت أعمالهم بشكل خاص على التطور الجيوتكتوني
والستراتيغرافي للسلسلة الساحلية في زمن الترياسي وحتى وقتنا الحاضر وربط هذا التطور
بتشكل الثروات المعدنية [11].

قام (أبو ديب، 2002) بدراسة تأريخ بعض الصخور البازلتية ومضاهاتها في سورية
باستخدام بعض خصائصها المغنطيسية حيث مكنت دراسة الستراتيغرافيا المغنطيسية من
تأريخ بعض الصخور بدقة كبيرة، كما بينت الفروق الكبيرة بالتأثيرية المغنطيسية للعينات
ولصخور المواقع المختلفة في الحقل، إمكانات استخدام المتأثرية المغنطيسية كعامل
مميز بين الصبات المختلفة [12].

أجرى (السفرجلاني، نصر، معطي) عام 2004م دراسة بتروغرافية جيوكيميائية للحشوات
القاعدية وفوق القاعدية المرافقة للصخور البازلتية القلوية الرباعية لحقل شامة البركاني
(جنوب غرب سوريا) حيث أظهرت الدراسة البتروغرافية والجيوكيميائية للحشوات تنوعاً
بترولوجياً كبيراً أظهر معه شروط توازن لأوساط تشكل متباينة تعود إما للجزء السفلي من
القشرة الأرضية أو للجزء العلوي من المعطف الأرضي [13].

قام (الشرع، التركماني) عام 2009م بإجراء دراسة بتروغرافية وبيوكيميائية للصخور
البازلتية الحديثة في شمال شرق سورية حيث أظهرت الدراسة أن الصخور البازلتية
الحديثة في شمال شرق سورية تمثل نموذجاً لبركنة داخل الصفيحة [14].

أنجزت (وردة، 2010) دراسة بترولوجية للصخور البازلتية في منطقة بانياس. أثبتت
نتائج الدراسة البتروغرافية والبيوكيميائية أن بازلت منطقة بانياس هو من البركنة
القلوية الضعيفة التمايز، وهي تتميز الانهدامات الضعيفة التباعد، وتشير إلى أنها

من النوع التدفقي ومن الأنماط متوسطة القلوية وذات طبيعة صودية-
بوتاسية.[15].

كما أجريت عام 2010م في هيئة الطاقة الذرية في دمشق دراسة إمكانية استعمال
البازلت في خرسانة التدريع الإشعاعي وخواص الخرسانة البازلتية وتوصلت الدراسة إلى
إمكانية استعمال البازلت في التدريع الإشعاعي بكفاءة جيدة لتوهين أشعة غاما، وبكفاءة
أقل لتوهين النيوترونات وبخاصة ذات الطاقة الحرارية المتوسطة [16].

أجرى (حبيب، 2012)، دراسة جيوكيميائية ومنشئية للصخور البازلتية في منطقتي
الرسنن وجرجناز (وسط وشمال غرب سورية)، وحدد الصفات الجيوكيميائية المنشئية
للصخور البازلتية، وما يميزها عن غيرها من المناطق ذات الصخور البازلتية في سورية
[17].

أجرى (حبيب، 2015) إعادة تقويم الصخور البازلتية في الجبال الساحلية السورية (
مثال جوية الريند) توصل فيها إلى أن البازلت الموجود في هذه الجوبات يعود عمره إلى
زمنين مختلفين: الأول هو حدود الجوراسي مع الكريتاسي، أي أسفل الكريتاسي الأعلى
خلال النيوكوميان والثاني: خلال دور النيوجين، لاسيما عصر البليوسين مرافقاً لزم
تشكل انهدام الغاب [18].

قام (حبيب، 2016) بدراسة الأهمية الاقتصادية للصخور البازلتية في منطقة
الرسنن وتوصل إلى أن الصخور المدروسة هي صخور قلوية ذات طبيعة صودية-
بوتاسية، ويشكل الجزء الفاسد منها مصدراً هاماً للمنشآت المدنية، رصف الطرق،
ومصدراً لمواد صناعة الأسمنت، بالإضافة إلى الأهمية الأكاديمية من ناحية الدراسات
البتروولوجية والباليوغرافية والتكتونيك [19].

كما أنجزت (وردة، 2016) دراسة بتروغرافية للصخور البازلتية في السفريقية، حددت من
خلالها الأنواع البتروغرافية الموجودة في المناطق المدروسة [20].

وقدمت أطروحة دكتوراه عام (2017) حول: دراسة الخصائص البتروولوجية
للصخور البازلتية في منطقة القرداحة، بينت فيها أن الصخور البازلتية المدروسة ضمن
رقعة القرداحة على اختلاف أنواعها واختلاف مواقع انتشارها إلى نمط الصخور متوسطة

القلوية باتجاه القلوية وخاصة للصخر التجمعي وضعيفة التمايز حيث تتميز بفقرها
بالسيلكا واعتدالها بالقلويات [21].

نشر (محسن، 2017) مقالاً بعنوان دراسة جيولوجية للصخور البازلتية في هضبة شين
حيث تم تمييز ست أنواع للصخور البازلتية في المنطقة المدروسة (بازلت كتلي، بازلت
فراغي، بازلت فاسد، بازلت كروي تقشيري، جدر ودايكات، وبازلت ذو حشوات)، كما
أشارت الدراسة الجيوكيميائية إلى وجود تفاضل مهلي غير كامل للصبغات البازلتية والتي
تنتهي في المرحلة الأولى للتفاضل (بازلت أوليفيني قلوي) وبعضها إلى المراحل المتوسطة
[22].

كما أنجز (إبراهيم، 2019) دراسة بعنوان ربط الخصائص الفلزية، الكيميائية
والفيزيائية للتوضعات البازلتية المنتشرة في جنوب هضبة شين وبأهميتها التطبيقية.
صنفت الصخور المنتشرة ضمن المنطقة المدروسة بناء على نتائج الدراسة البتروغرافية
إلى بازلت أوليفيني، بازلت أوليفيني أوجيتي قلوي، وبازلت بلاجوكلازي أوجيتي قلوي
[23].

انجزت (برو، 2019) دراسة بتروغرافية وجيوكيميائية للبازلت في هضبة حلب ومقارنته
مع بازلت جنوب سورية. أظهرت الدراسة البتروغرافية والجيوكيميائية سيطرة التركيب
البازلتي التوليتي النموذجي على المنطقة الجنوبية من منطقة الدراسة [1].

أنجزت (خدام، 2020) دراسة خصائص البركنة البازلتية في منطقة القدموس
وأهميتها الجيولوجية، حددت من خلالها خصائص البركنة في رقعة القدموس بأنها بركنة
من النمط الشقي وأن المهل بازلتي ثيوليتي متوسط القلوية بشكل عام ذي طبيعة صودية
بوتاسية [24].

قام (إبراهيم، 2020) بنشر مقالة بعنوان: دراسة حقلية لتحديد مواقع المداخل البركانية
في جنوب سلسلة الجبال الساحلية السورية. تبين من خلال الدراسة وجود 17 مدخنة
بركانية مؤكدة، وكذلك 9 مداخل يحتاج تأكيدها إلى مزيد من الدراسات [25].

نشر (إبراهيم، 2021) مقالة بعنوان: تحديد التوزع الجغرافي للصبغات البركانية
في رقع الخرائط (بانياس، القدموس، مصيف). أظهرت النتائج بأن النشاط البركاني

البليوسيني الذي رافق تشكل المنطقة الانهدامية السورية كان قد امتد نحو الشمال ليشمل المناطق الوسطى من سلسلة الجبال الساحلية السورية أيضاً [26].

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في محاولة إجراء دراسة تفصيلية للصخور البازلتية

1- دراسة بتروغرافية للصخور البازلتية الناتجة عن الانفجارات البركانية.

2- تحديد أنواع الصخور البازلتية بحسب التركيب الفلزي.

طرائق البحث وموارده:

تم تنفيذ هذه الدراسة من خلال الاطلاع على الدراسات السابقة والاطلاع على الخرائط الجيولوجية لرقعتي (الحصن-صافيتا) بمقياس 1/50000 مع المذكرات الإيضاحية، وتم القيام بعدد من الجولات الحقلية ودراسة التكتشفات الصخرية وتحديد أماكن انتشار الصخور البازلتية.

القسم العملي

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

(بوصلة جيولوجية- مطرقة جيولوجية-جهاز GPS).

تم تحضير الشرائح الصخرية ودراستها بالمجهر المستقطب المجهز بكاميرا ديجتال في مخبر الفلزات والبلورات بجامعة تشرين حيث تم جمع 15 عينة موزعة على ثلاث مواقع (جبل النبي متى-قلعة الشيخ ديب-جبل النبي صالح) ثم قمنا بتحضير 15 شريحة صخرية منها وبعدها تم اختيار الشرائح النموذجية منها والتي عددها 14 شريحة دُرست بالمجهر المستقطب بشكل تفصيلي لتحديد التركيب الفلزي و تحديد النوع البتروغرافي في المواقع المدروسة.

موقع منطقة الدراسة:

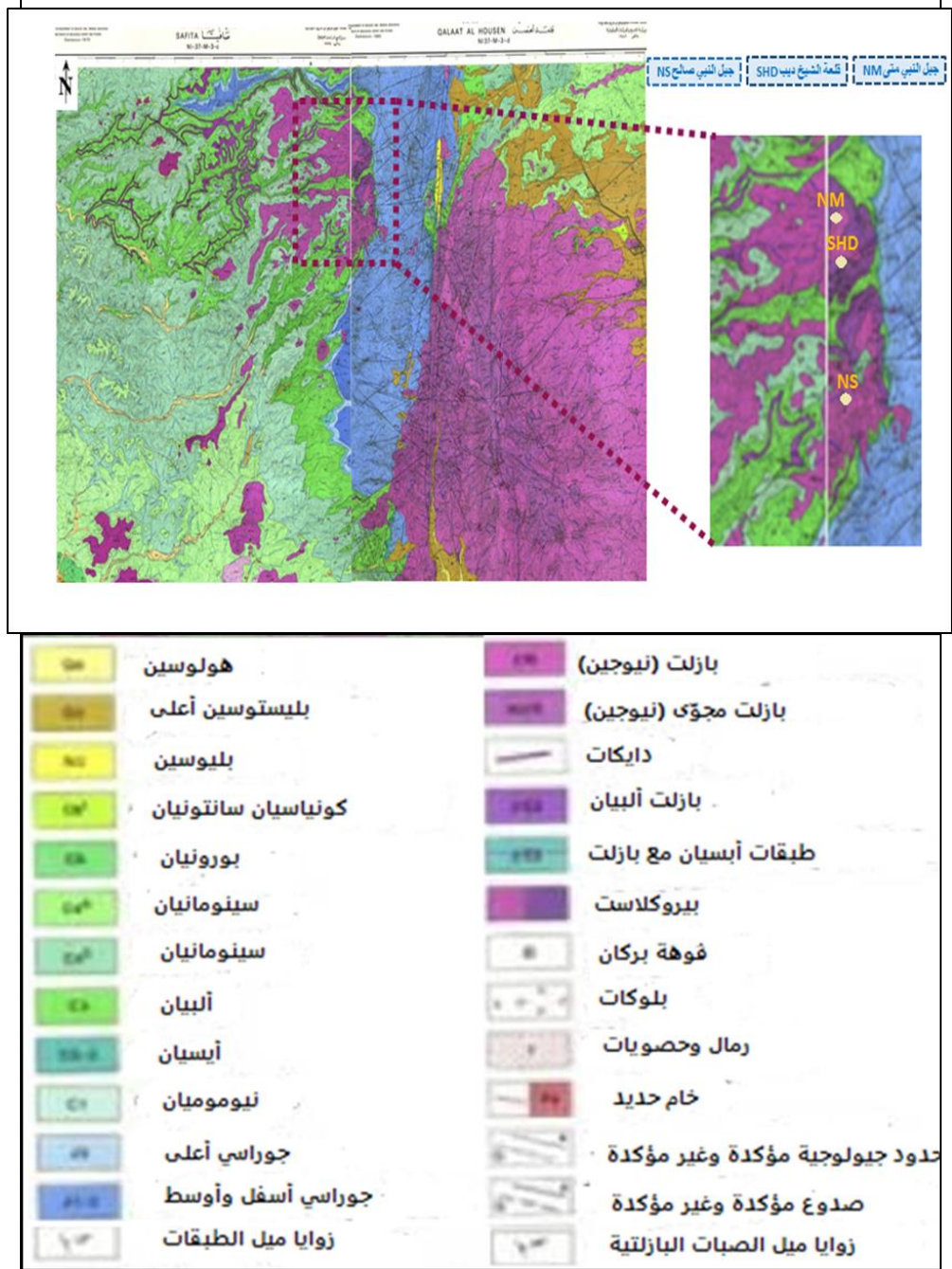
تغطي المنطقة المدروسة جزءاً من رقعتي الحصن وصافيتا الجيولوجية بمقياس
1:50000،

وبمساحة 37 كم² تقريباً الشكل رقم (1)، وتمتد ضمن الإحداثيات التالية:

N: 34° 54' 00" – 34° 57' 30"

E: 36° 12' 60" – 36° 16' 50"

يشمل موقع البحث ثلاثة مواقع: جبل النبي متى، قلعة الشيخ ديب، جبل النبي صالح.



شكل (1) : خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة مؤلفة من رقعتي الحصن - صافيتا مقياس 1/50000 مبنياً عليه مواقع الدراسة .

الوضع الجيولوجي والستراتغرافي والبركنة لمنطقة الدراسة:

• الوضع الجيولوجي والستراتغرافي:

حدث أثناء الألبان اندفاع بركاني تحت بحري وسالت اللافا في المياه الضحلة وفي الرسوبات الطينية وشكلت طبقة في بعض المناطق.

تميزت الفترة الواقعة بين الميوسين الأعلى والبليوسين بوسط قاري، حفرت فيه الأنهار أخاديد وأودية عميقة في الجبال، وتوضعت نتيجة لذلك البريشا والكونغلوميرات في بعض الأماكن،

كما تميزت بحدوث نشاطات بركانية كبيرة، حيث اندفعت الصخور النارية (اللافا) إلى السطح من شقوق في أغلب الأحيان ومن فتحات بركانية بشكل أقل مغطية التضاريس القديمة للصخور الكربوناتيية بغطاءات واسعة الانتشار ومتفاوتة السماكات ومشكلة ما يطلق عليه اليوم بهضبتي شين وبرشين.[29]

البركنة:

تعرضت مناطق متعددة من القطر إلى نشاطات مهلية عديدة لوحظت بشكل محدود في القسم الاعلى من الجوراسي واستمرت خلال الكريتاسي الأسفل، غير أن الاندفاعات العظمى التي شكلت سماكات كبيرة وغطت مساحات واسعة من أراضي القطر ظهرت خلال النيوجين واستمرت حتى الرباعي الحديث.

تعود النواتج الاندفاعية في المنطقة المدروسة إلى أسفل الكريتاسي والنيوجين ولقد غطت مساحات كبيرة.

البركنة في الألبان:

تتكشف توضعات الألبان الاندفاعية ضمن التوضعات الكلسية الدولوميتية في الأطراف الغربية لرقعة قلعة الحصن، جبل النبي متى، قرى عين البيضا وعين بشرتي وحب نمرة، يتسع انتشار هذه التوضعات في غرب المنطقة ضمن رقعتي القدموس وصافيتا.[27]

تزيد سماكة توضعات الألبان الاندفاعية في السفوح الجنوبية والغربية لجبل النبي متى عن 150 م وتعتبر أكبر سماكة لها في السلسلة الساحلية، وتتأقصر هذه السماكة باتجاه الطبقة واتجاه ميلها.

البركنة في النيوجين:

تمثل منطقة الدراسة القسم المركزي من المعقد البركاني النيوجيني المكتشف غرب حمص وجنوب السلسلة الساحلية حيث تغطي التشكيلات البركانية المختلفة مساحة تصل حوالي 350 كم² من رقعة قلعة الحصن.[29]

تمتد هذه التوضعات اعتباراً من منطقة الانهدام وبتجاه الشرق والجنوب الشرقي، أما على الجانب الغربي للانهدام فإن تكشف التشكيلات البركانية محدود بالأطراف الجنوبية للخريطة وتنتشر أيضاً في شمال غرب الخريطة (جبل النبي متى وجبل النبي صالح) كما تتواجد على بعض القمم المتفرقة [27].

الوضع البنيوي:

تمثل منطقة الدراسة جزءاً من الحافة الشمالية الغربية للسطيحة العربية، يحدها من الغرب الطرف الجنوبي لسلسلة الجبال الساحلية، ومن الجنوب انهدام البقيعة، ومن الشرق الأجزاء الشمالية الشرقية لمعقد حمص البركاني، ومن الشمال انهدام الغاب.

تتغطي منطقة الدراسة بشبكة كثيفة من الفوالق والكسور ذات الاتجاهات المختلفة هي: N-S، NW-SE، NE-SW.

تعد الفوالق ذات الاتجاه N-S من الفوالق الرئيسية في المنطقة وأهمها الفالق المشرقي [27].

النتائج والمناقشة:

تشير الدراسات والمشاهدات الحقلية المسجلة للصخور البازلتية في المواقع المدروسة، والتي تمت من خلال الجولات الحقلية ضمن ثلاثة مواقع كما هو مبين بالجدول رقم (1):

يظهر الجدول رقم (1) أسماء المواقع وعدد الشرائح الصخرية المدروسة والوصف الحقلية والملاحظات الحقلية.

اسم الموقع	جبل النبي متى	قلعة الشيخ ديب	جبل النبي صالح
رمز الموقع	NM	SHD	NS
عدد العينات	6	4	5
عدد الشرائح الصخرية المدروسة	6	4	4
النوع البتروغرافي المحدد	بازلت أوليفيني	بازلت كتلي مصمت	بازلت فراغي
الوصف الحقلية	يحتوي في الجزء العلوي من الجبل بازلت اسود حاوي على بلورات الأوليفين الخشنة	عبارة عن مدخنة بركانية مؤلفة من بازلت اسود قاتم ذات بنية كتلية متماسكة عديمة التبلور والفراغات	يحتوي في الجزء العلوي من الجبل بازلت لونه رمادي مكسره أسود يحوي على فراغات وبلوات من الأوليفين

الموقع الأول جبل النبي متى:

يبعد جبل النبي متى عن منطقة مشتى الحلو مسافة 14 كم، شمال غرب مشتى الحلو حيث يبلغ الارتفاع الطبوغرافي لهذا الجبل 1078 م. عند الإحداثيات:

N: 34° 57' 21"

E: 36° 15' 42"

شوهدت في الموقع سماكة كبيرة من الصبات البازلتية وهي عبارة عن بازلت كتلي قاسٍ متماسك لا يحوي على آثار انطلاق الفقاعات الغازية لونه أسود حاوي على بلورات الأولفين الخضراء. أما العينات المأخوذة من أسفل الصبة، مؤلفة من بازلت كتلي متماسك مصمت خشن المكسر أسود يحوي بلورات بنية دليل وجود الإيلمنيت.



الشكل رقم (2) صورة فوتوغرافية للكتل البازلتية في موقع جبل النبي متى

الموقع الثاني قلعة الشيخ ديب:

تبعد قلعة الشيخ ديب عن منطقة مشتى الحلو مسافة 13 كم، شمال مشتى الحلو، حيث يبلغ الارتفاع الطبوغرافي لهذه القلعة حوالي 937 م.

وهي عبارة عن مدخنة بركانية بشكل جبل صغير بارز على السفح الجنوبي لجبل النبي متى، الشكل الجيومورفولوجي العام للجبل هرمي ضيق القمة ومنتس القاعدة التي تكون شبه مستديرة. أما منطقة القمة فهي ضيقة ومسطحة طولها حوالي 15-10م تم أخذ العينات من أسفل القلعة وذلك على ارتفاع 835 م. ضمن الإحداثيات:

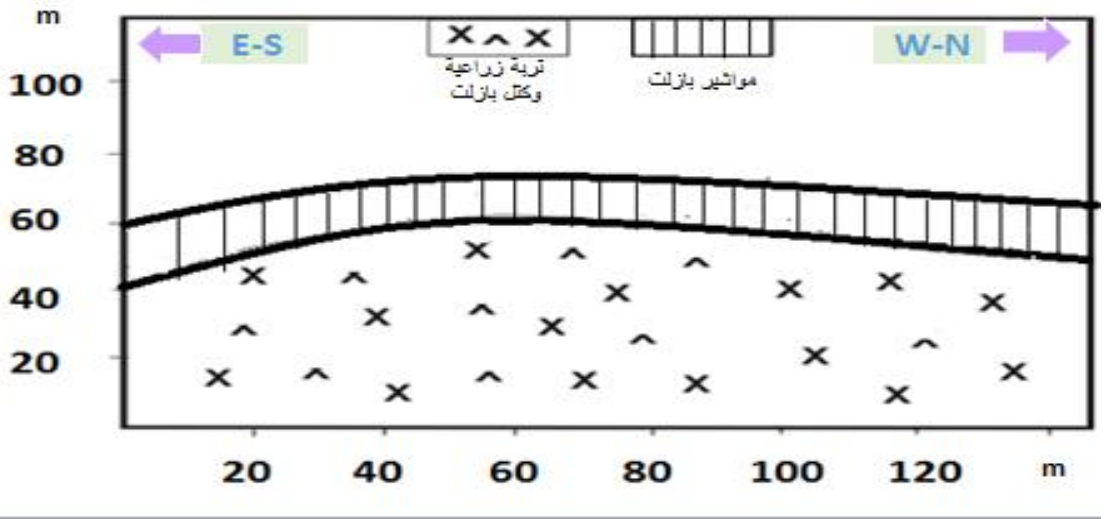
N: 34° 56' 53.6"

E: 36° 15' 30.8"

يتألف هذا الموقع من الأسفل إلى الأعلى:

القسم السفلي من تربة بركانية وصخور بركانية مفككة تصل سماكة هذا القسم حوالي 40 م.

القسم الأعلى مؤلف من مواشير البازلت القاسية والمتماسكة [28] تبلغ سماكة هذا القسم حوالي 20م. ويلاحظ أن المواشير المتلاصقة تكون متجمعة بشكل كتل صخرية ضخمة مفصولة عن بعضها بشقوق رئيسية، من خلال وجود مواشير البازلت، وحجمها، وشكلها، وبنيتها الكتلية القاسية تم الاستدلال على وجود مدخنة بركانية [25].



الشكل رقم (3): جبهة تكشف قلعة الشيخ ديب

الموقع الثالث مقطع جبل النبي صالح:

يبعد جبل النبي صالح عن منطقة مشتى الحلو مسافة 9.4 كم، شمال شرق مشتى

الحلو حيث يبلغ الارتفاع الطبوغرافي لهذا الجبل 1046 م.

دراسة بتروغرافية للصخور البازلتية في مواقع النبي متى، قلعة الشيخ ديب، النبي صالح في جنوب
سلسلة الجبال الساحلية السورية

وقد تم أخذ العينات المدروسة من أسفل الجبل وذلك على ارتفاع 1038 م. اتجاه المقطع

شمال- جنوب يقع عند الإحداثيات:

N: 34° 55' 30"

E: 36° 15' 47"



الشكل رقم (4): صورة فوتوغرافية للصخور البازلتية أسفل موقع جبل النبي صالح

ويتألف المقطع من بازلت على شكل بيولافا وسائدية والتي تشكلت نتيجة صبة بازلتية تحت بحرية لونه رمادي إلى أزرق هش سهل التفتت.

كما شوهدت في أعلى الصبة على ارتفاع 1046 م، واتجاه مقطع شمال-جنوب كتل متفرقة ومتباعدة من الصخور البازلتية بلون أسود حاوية على فراغات و بلورات الأوليفين الخضراء، ضمن الإحداثيات:

N: 34° 55' 24.6"

E: 36° 15' 31.6"



الشكل رقم (5): صورة فوتوغرافية للصخور البازلتية في قمة جبل النبي صالح

الدراسة البتروغرافية:

يتميز البازلت بتروغرافياً ببلوراته الناعمة وأرضيته الزجاجية إضافة إلى وجود بلورات كبيرة (الفينوكريست) من الأوليفين والبيروكسين والبلاجوكلاز. تم التعرف على الأنواع البتروغرافية كافة بحسب الخصائص المينرالوجية، ودلالات البنية، والنسيج، والفينوكريست، والأرضية، ودرجة الفساد، حيث حددت الأنواع البتروغرافية اعتماداً على النسبة المئوية للفينوكريست والتي تزيد نسبته عن 5% لكل من الأوليفين، البيروكسين، البلاجوكلاز.

لقد أظهرت الدراسة المجهرية لـ 14 عينة بازلتية في المواقع المدروسة ما يلي:

بازلت موقع جبل النبي متى:

الوصف: بازلت ناعم إلى متوسط التبلور، لونه أسود كتلي مصمت قاس جداً، يحوي على بلورات الأوليفين

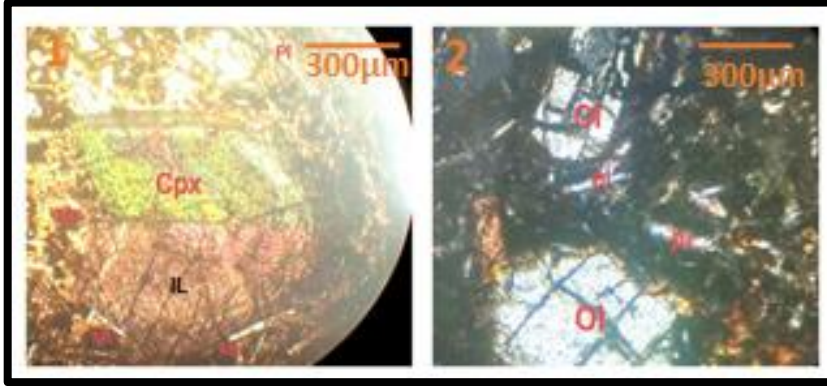
النسيج العام للصخر وبنيته: نسيج سيلاني وبنيته بورفيرى إلى ميكرو بورفيرى ويتألف من بلورات فينوكريست من الأوليفين و البيروكسين ضمن أرضية ناعمة لبلورات كل من الاوليفين والبيروكسين والبلاجيوكلاز الشكل /6/.

الفينوكريست: يتالف من بلورات تحت وجهة من الاوليفين بأبعاد 0.5 - 1 مم ونسبتها من

10 - 15% الشكل /6/.

الأرضية: ناعمة إلى مجهرية مما يدل على أن التبلور حدث بشكل سريع وهي مؤلفة من البلاجيوكلاز والبيروكسين والأوليفين وتشكل الارضية حوالي 73 - 75% تقريباً من حجم الصخر. نسبة الزجاج البركاني 5-7 % الشكل /6/.

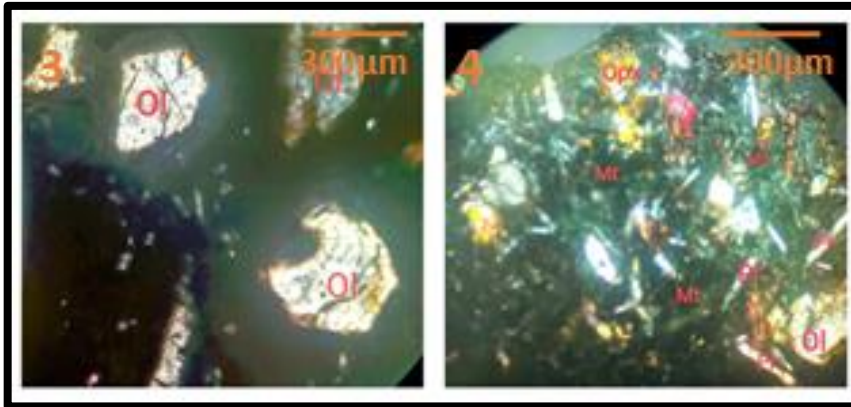
الفلزات الثانوية: فلزات معدنية سوداء (ماغنتيت - إيلمنيت) بنسبة 4 - 5%.
درجة الفساد: تحول بلورات الأوليفين إلى أيدينغزيت.



الشكل رقم (a-6) صورة مجهرية للصخور البازلتية في موقع جبل النبي متى

الصورة (1) بازلت حاو على بلورة كلينوبيروكسين كبيرة الحجم خضراء اللون، بالإضافة إلى بلورات البلاجوكلاز، نلاحظ وجود الإيلمنيت والماغنتيت رقم الشريحة (NM1) تكبير (10*4).

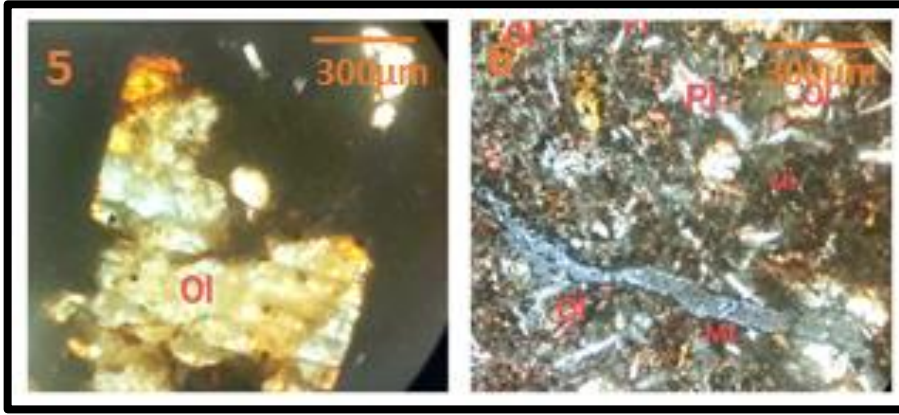
الصورة (2) بازلت أوليفين ذو نسيج حبيبي متوسط التبلور، بالإضافة إلى بلورات البلاجوكلاز، رقم الشريحة (NM2) تكبير (10*4).



الشكل رقم (b-6) صورة مجهرية للصخور البازلتية في موقع جبل النبي متى

الصورة (3) بازلت أوليفيني ذو نسيج حبيبي متوسط التبلور حاو بلورات أوليفين بلون رمادي تحت وجهة رقم الشريحة (NM3) تكبير (10*4).

الصورة (4) بازلت أوليفيني حاو على بلورة أورتوبيروكسين بالإضافة إلى بلورات البلاجوكلاز، حاو بلورات أوليفين بلون رمادي تحت وجهة، رقم الشريحة (NM4) تكبير (10*4).



الشكل رقم (6-3) صورة مجهرية للصخور البازلتية في موقع جبل النبي متى

الصورة (5) بازلت أوليفيني ذو نسيج حبيبي متوسط التبلور حاو بلورة أوليفين كبيرة الحجم بلون رمادي تحت وجهة رقم الشريحة (NM5) تكبير (10*4)

الصورة (6) بازلت أوليفيني ذو نسيج حبيبي متوسط التبلور نلاحظ توجه بلورات البلاجوكلاز باتجاه واحد بسبب اتجاه سيلان المهل قبل التبرد، حاو على الإيلمينيت والماغنتيت رقم الشريحة (NM6) تكبير (10*4).

بازلت موقع قلعة الشيخ ديب:

الوصف: بازلت ناعم إلى متوسط التبلور، لونه أسود كثلي مصمت.

النسيج العام للصخر وبنيته: نسيج سيلاني وبنيته بورفيرى إلى ميكروبورفيرى ويتألف من بلورات فينوكريست من الأوليفين والبيروكسين والبلاجوكلاز ضمن أرضية ناعمة لبلورات كل من الأوليفين والبيروكسين والبلاجوكلاز. الشكل /7/

الفينوكريست: يتألف من بلورات تحت وجهية من الأوليفين بأبعاد 0.01 - 0.005 مم ونسبتها من 15 - 20%. الشكل /7/

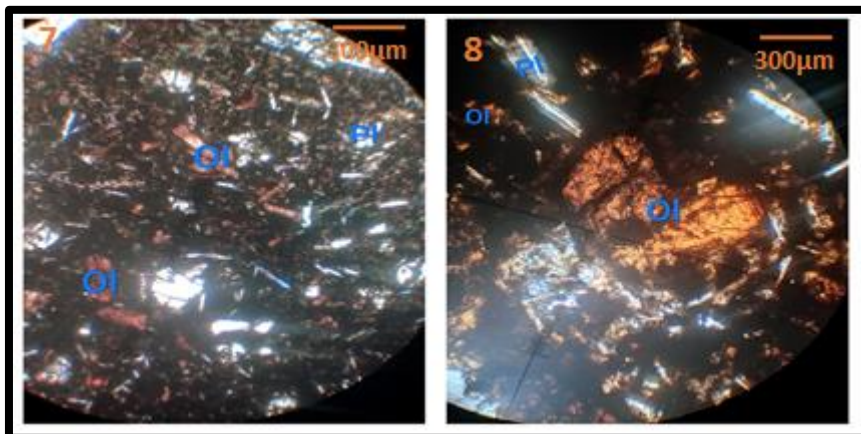
بلورات البلاجوكلاز تأخذ شكل مواشير إبرية ونسبتها من 7 - 10 %.

بلورات البيروكسين تأخذ أشكالاً غير منتظمة ونسبتها من 3 - 5 % .

الأرضية: ناعمة إلى مجهرية مما يدل على أن التبلور حدث بشكل سريع وهي مؤلفة من الأوليفين والبيروكسين والبلاجوكلاز وتشكل الأرضية حوالي 74 - 78 % من حجم الصخر. نسبة الزجاج البركاني 10 - 15%. الشكل /7/

الفلزات الثانوية: فلزات معدنية سوداء (ماغنيتيت - إيلمينت) بنسبة 5 - 10 %.

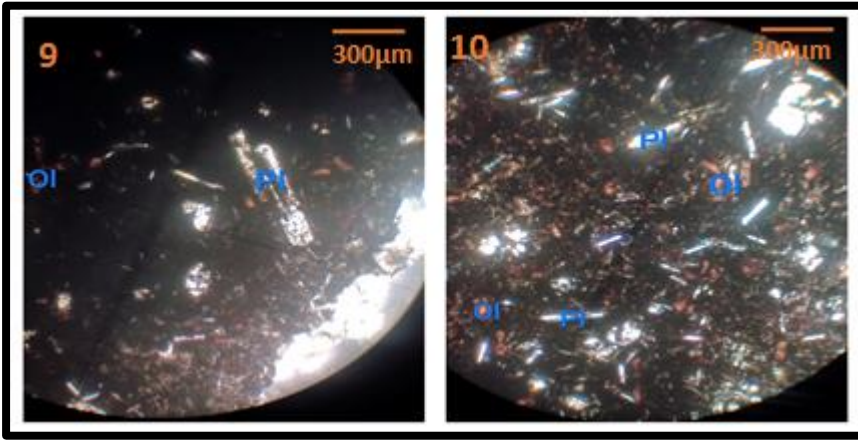
درجة الفساد: تحول بلورات الأوليفين إلى أيدينغزابت.



الشكل رقم (7-a) صور مجهرية للصخور البازلتية في موقع قلعة الشيخ ديب

الصورة (7) بازلت أوليفيني ذو نسيج سيلاني حبيبي متوسط التبلور نلاحظ فلزات الأوليفين بلون برتقالي مما يدل على فساده إلى إيدينغزيت وهو فاسد بشكل كلي، بالإضافة إلى وجود بلورات من البلاجوكلاز. رقم الشريحة (SHD1) تكبير (10*4).

الصورة (8) بازلت ذو نسيج حبيبي متوسط التبلور نلاحظ بلورة الأوليفين كبيرة الحجم بلون برتقالي مما يدل على فساده إلى إيدينغزيت وهو فاسد بشكل كلي رقم الشريحة (SHD2) تكبير (10*4).



الشكل رقم (7-b) صور مجهرية للصخور البازلتية في موقع قلعة الشيخ ديب

الصورة (9) بازلت ذو نسيج حبيبي ناعم حيث نلاحظ وجود بلورات الأوليفين وبلورات البلاجوكلاز رقم الشريحة (SHD3) تكبير (10*4).

الصورة (10) بازلت أوليفيني ذو نسيج سيلاني حبيبي متوسط التبلور نلاحظ فساد فلزات الأوليفين بشكل كلي إلى إيدينغزيت نلاحظ توجه بلورات البلاجوكلاز باتجاه واحد بسبب اتجاه سيلان المهل قبل التبريد، رقم الشريحة (SHD4) تكبير (10*4).

بازلت موقع جبل النبي صالح:

الوصف: بازلت ناعم التبلور، لونه رمادي يحتوي على فراغات وبلورات الأوليفين.
النسيج العام للصخروبنيته: نسيج سيلاني وبنيته بروفيري ويتألف من بلورات فينوكريست من الأوليفين والبيروكسين والبلاجيوكلاز ضمن أرضية ناعمة لبلورات كل من الأوليفين والبيروكسين والبلاجيوكلاز. الشكل/8/
الفينوكريست: يتألف من بلورات وجهية من الأوليفين بأبعاد 0.2 - 0.6 ونسبتها من 13-17%.

بلورات البلاجيوكلاز تأخذ أشكالاً موشورية بأبعاد 0.2 - 0.5 ونسبتها من 8 - 10%.

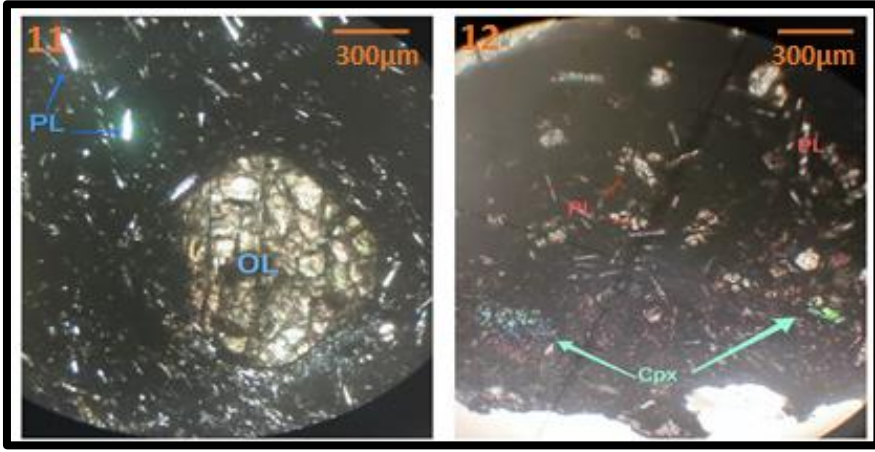
بلورات من البيروكسين تأخذ أشكالاً غير منتظمة بأبعاد 0.2 - 0.4 ونسبتها حوالي 5%.

الأرضية: ناعمة إلى مجهرية مما يدل على أن التبلور حدث بشكل سريع وهي مؤلفة من البلاجيوكلاز والأوليفين والبيروكسين. وتشكل الأرضية حوالي 75% تقريباً من حجم الصخر.

نسبة الزجاج البركاني حوالي 5%. الشكل/8/

الفلزات الثانوية: فلزات معدنية سوداء (ماغنتيت - إيلمنيت) بنسبة 4-5%.

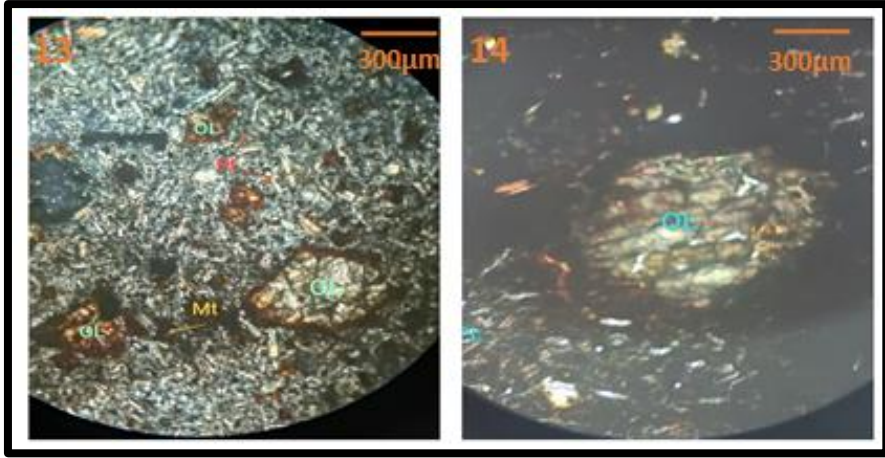
درجة الفساد: بعضها فاسد جزئياً أيدينغزيت.



الشكل رقم (8-a) صور مجهرية للصخور البازلتية في موقع جبل النبي صالح

الصورة (11) بازلت أوليفيني ذو نسيج سيلاني حبيبي متوسط التبلور نلاحظ وجود بلورة الأوليفين كبيرة الحجم بلون رمادي. رقم الشريحة (NS1) تكبير (4*10).

الصورة (12) بازلت ذو نسيج حبيبي متوسط التبلور نلاحظ وجود بلورات كلينوبيروكسين خضراء اللون، بالإضافة إلى وجود بلورات البلاجوكلاز. رقم الشريحة (NS2) تكبير (4*10).



الشكل رقم (8-b) صور مجهرية للصخور البازلتية في موقع جبل النبي صالح

الصورة (13) بازلت أوليفيني ذو نسيج سيلاني نلاحظ أن البنية دوليريتية حيث نلاحظ وجود بلورات البلاجوكلاز بنسبة كبيرة وبأحجام متوسطة، بالإضافة إلى وجود بلورات أوليفين متوسطة الحجم بلون رمادي محاطة بإطار حديدي رقم الشريحة (NS3) تكبير (10*4).

الصورة (14) بازلت أوليفيني فراغي ذات نسيج حبيبي إلى متوسط التبلور، نلاحظ وجود بلورة أوليفين كبيرة الحجم بلون رمادي محاطة بإطار حديدي، نلاحظ توجه بلورات البلاجوكلاز باتجاه واحد بسبب اتجاه سيلان المهل قبل التبريد رقم الشريحة (NS4) تكبير (10*4).

الاستنتاجات والتوصيات:

1. الصخور المدروسة ذو لون رمادي إلى أسود ناعمة الحبيبات وتحتوي فينوكريست من الأوليفين والبلاجيوكلاز و كذلك بيروكسين بدرجة أقل ، وذات نسيج سيلاني وبنية بورفيرية الى ميكروبورفيرية
2. الأنواع البتروغرافية المحددة في المواقع المدروسة / جبل النبي متى، قلعة الشيخ ديب، جبل النبي صالح/ عبارة عن بازلت أوليفيني مصمت، وبازلت فراغي، بازلت كتلي.
3. تغير الأنواع البتروغرافية للصخور البازلتية من المناطق المرتفعة الى المناطق المنخفضة (من البازلت الأوليفيني الى بازلت مفكك رمادي) ، يشير الى وجود صبتين الصبة الأولى هي بازلت أوليفيني والصبة الثانية هي عبارة عن بيولافا وسائدية، وذلك في موقع جبل النبي صالح.
4. يشير وجود أكثر من جيل بلوري لكل من البلاجوكلاز والأوليفين والبيروكسين إلى مرحلتين من التبلور عميقة وسطحية.

التوصيات:

إجراء دراسة جيوكيميائية للصخور البازلتية لتوضيح الخصائص المنشئية للصخور البازلتية المدروسة وإمكانية استخدامها.

المراجع:

1. برو، مها (2019). دراسة بتروغرافية وجيوكيميائية للبازلت في هضبة حلب ومقارنته مع بازلت جنوب سورية. رسالة قدمت لنيل درجة الماجستير في الجيولوجيا التطبيقية، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة حلب:سورية.
- 2-DUBRTRUET.LOUIC. Report on volcanic eruptions in Syria- Geological map of the southern part of the coastal chain scale of
- 3- DUBERTRET,LOUIC. Les grande 1/5000,1954
snappes basalt iquessyriennes :Âge etrelation ave la tectonique.
C.R. Soc. Géol. Fr.Vol. 3, 1933, 178–180.
- 4 -DUBERTRET,LOUIC. Les formesstructurales de la syrie et de la paleestine؛ leurorigine .C.r.acad.sci.No 195 , paris,1932,66-68 .
- 5 -DUBERTRET,LOUIC. Sur le pliocènemarin des environs d'Antioche(Syrie). C.r.Acad .Sci, paris, 1937, 205,p1247.
- 6 -DUBERTRET,LOUIC .VAUTRIN,H.&KELLER. La stratigraphie du pliocéneet . du Quaternairemarins de la côteSyrienne notes et mém, 1937.
- 7 -DUBERTRET, LOUIC. Carte lithologique de la bordure orientale de la méditerranée au 1/50000. Sect. geol.Beyrouth. 1942.
- 8 -DUBERTRET,LOUIC. Géologie des rochesvertes du Nord – Ouest de la Syrie et du Hatay. Note etmém, Moyen Orient.6. 1953, p179.

9 -PONIKAROV, P., KARSANOV, A. A., KAZMIN,V. G. KULAKOV, V. The Geological maps of Syria, Scale 1:200000. Sheets: I-36-VI, I-37-II. 1966.

10 -PONIKAROV.P.Tectonic Map of Syria, scale: 1:1000000. Moscow.1963.

11-MOUTY, M. Presence du lias dans le massif laouite, Syrie.C.R.SOMM.SOC. Geol.Fr. Paris, 3, 1976, 104-105.

12- أبوديب، جمال (2002). تأريخ بعض الصخور البازلتية ومضاهاتها في سورية باستخدام بعض خصائصها المغنطيسية. مجلة جامعة دمشق- المجلد 18 العدد 1
13- السفرجلاني ونصر ومعطي (2004). دراسة بتروغرافية جيوكيميائية للحشوات القاعدية وفوق القاعدية المرافقة للصخور البازلتية القلوية الرباعية لحقل شامة البركاني (جنوب غرب سورية). مجلة جامعة الملك فيصل- المجلد 5 العدد 1.

14- الشرع والتركماني (2009). بتروغرافية وجيوكيميائية للصخور البازلتية الحديثة في شمال شرق سورية. مجلد جامعة دمشق- المجلد 25 العدد 1.

15-WARDA,RAMIA.Petrology Study of Basalt Rocks in Banyas Area.MASTER dissertation,2010.

16- الحاج علي، سامر، يوسف، سراج، وأخرون(2015). دراسة إمكانية استعمال البازلت في خرسانة التدريع الإشعاعي وخواص الخرسانة البازلتية. الجمهورية العربية السورية- هيئة الطاقة الذرية.

17-HABIB.MOUSTAF.Geochemistry and Petrogenesis of Basaltic Rocks in the ALRASTAN&JARJANAZ region(Center and North-Western Syria).Tikrit Journal of Pure Science,2012.

18-HABIB,MOSTAFA. Re-evaluation of basalt deposits in the Syrian coastal mountins.case study (Jaubet Al-Raband).tishreen university journal,vol. 37,No.2,2015.

19- حبيب، مصطفى (2016). دراسة الأهمية الاقتصادية للصخور البازلتية في منطقة الرستن. مجلة جامعة البعث- المجلد (38) العدد 9.

20- وردة، رامية (2016). دراسة بتروغرافية للصخور البازلتية في موقع السفرقية في شمال غرب سورية. مجلة جامعة تشرين- مجلد العلوم الأساسية المجلد 38 العدد5.

21- وردة، رامية (2017). دراسة الخصائص البترولوجية للصخور البازلتية في منطقة القرداحة. أطروحة دكتوراه، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة تشرين: سورية.

22- محسن، رافع (2017). دراسة جيولوجية للصخور البازلتية في هضبة شين. مجلة جامعة البعث- المجلد 39 العدد15.

23- إبراهيم، علي (2016). ربط الخصائص الفلزية، الكيميائية والفيزيائية للتوضعات البازلتية المنتشرة جنوب هضبة شين بأهميتها الاقتصادية. رسالة ماجستير، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة تشرين: سورية.

24- خدام، رشا (2021). خصائص البركنة البازلتية في رقعة القدموس وتحديد أهميتها الجيولوجية. أطروحة دكتوراه. قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة تشرين: سورية.

25- إبراهيم، سعيد (2020). دراسة حقلية لتحديد مواقع المداخل البركانية في جنوب سلسلة الجبال الساحلية السورية. مجلة جامعة تشرين- المجلد 42 العدد 6.

26- إبراهيم، سعيد (2021). تحديد التوزع الجغرافي للقنوات البركانية في رقعة الخرائط (بانياس، القدموس، مصيف). مجلة جامعة البعث- المجلد 43 العدد 10.

27-SHAPO YOUSEF. The explanatory note for the Safita and Tartous Sheet. DAMASCOUS,1980.

دراسة بتروغرافية للصخور البازلتية في مواقع النبي متى، قلعة الشيخ ديب، النبي صالح في جنوب
سلسلة الجبال الساحلية السورية

28-GEOLOGICAL MAP OF SYRIA.(Tartous, Safita, Alhamydiah, Halba, Talkalah and Alhosen Castle sheets), scale 1:50000. And Explanatory notes. Directorate of geological survey and studies, Damascus, 1979.

29- عجميان، جاك، جمل، نبيل(1983). المذكرة الإيضاحية لرقعة قلعة الحصن بمقياس:1:50000. دمشق. المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية.

تحليل التوزع المكاني لبيانات الفوالق في بنيات غرب سوريا

د. عبد الكريم العبد الله*

د. خديجة عثمان**

الملخص

بين التحليل الإحصائي والمكاني لأنماط الفوالق واتجاهاتها في بنيات غرب سورية أن الفوالق العادية هي البنيات الأكثر انتشاراً وأنها متشكلة في عدة مراحل تكتونية شديدة وهي مرتبطة بتشكيل بنية حوض نهر الكبير الشمالي وانهدام الغاب في الميوسين والبلبوسين على التوالي. كما بين التحليل أن الفوالق العكسية تنتشر حصراً في نطاق فالق اللاذقية-كلس مشيراً إلى الطبيعة التراكبية له. كما تنتشر الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية واليسارية في شمال وشرق السلسلة الساحلية بالقرب من نطاق الفالق المشرقي وانهدام الغاب ويشكل أقل في نطاق فالق اللاذقية-كلس، مشكلةً مزدوجة من الفوالق اليمينية واليسارية المتقاطعة لتحصر اتجاه إجهاد رئيس أعظمي موافق لحقل الإجهاد المرافق لتشكيل الفالق المشرقي بشكل رئيس.

كلمات مفتاحية: الفوالق-السلسلة الساحلية -الباير-بسيط- الفالق المشرقي-نظام المعلومات الجغرافي

*أستاذ مساعد في قسم الجيولوجيا بكلية العلوم - جامعة تشرين - سوريا. abdul976@yahoo.fr

** دكتور باحث في مديرية الموارد المائية- اللاذقية-سوريا.

Analysis of the spatial distribution of fault data in the structures of western Syria

Abstract

The statistical and spatial analysis of fault patterns and its directions in the structures of western Syria showed that normal faults are the most prevalent structures and that they are formed in several tectonic phases. They are related to the formation of the structure of the Naher Al-Kabir Al-Shimaly Basin and the Ghab Rift in the Miocene and Pliocene, respectively. The analysis also showed that the reverse faults are spread exclusively within the Lattakia-Kills fault, indicating its compressional nature. The sinistral and dextral faults also spread in the northern and eastern Coastal Range near the Levant fault zone and Al-Ghab rift, and its lesser extent in the Lattakia-Kills fault zone, forming a double of sinistral and dextral intersecting faults to confine a direction of maximum main stress corresponding to the stress field mainly accompanying the formation of the Levant fault.

Key words: Faults- Coastal Range- Al-Bayer Bassit– Levant Fault- GIS.

مقدمة:

تعد الفوالق من أكثر البنيات التشوهية التكرسية انتشاراً، وتصادف في جميع الأجسام الصخرية الرسوبية والانديفاعية والمتحولة. وهي سطوح انقطاع في الجسم الصخري، تترافق بحركة موازية لسطوحها. توجد الفوالق على شكل مجموعات ذات اتجاهات محددة ترتبط بمراحل تكتونية مميزة. تلعب الفوالق دوراً هاماً في الدراسات التكتونية لما لها من أهمية تطبيقية في الدراسات الجيولوجية والأعمال الجيوهندسية في مناطق السدود والمنشآت الكبيرة وأماكن الاستثمار المنجمي والمقلعي. كما تلعب دوراً في حركة المياه الجوفية وفي توجيه حركة المواد النفطية، ولها الدور الأكبر في فهم تطور حقول الإجهاد التكتونية. يوجد في سورية الكثير من البنيات الجيولوجية الفالقية المحلية والإقليمية والتي تشكلت في مراحل تكتونية مختلفة من الترياسي كما في التدمرية (Brew et al. 2001) إلى النيوجين كما في الفالق المشرقي (Quennell 1958, Giannerini et al. 1988). تمثل بنيات غرب سورية أهمية كبيرة لوجودها بالقرب من بنية الفالق المشرقي وانهدام الغاب وبالقرب من بنيات شرق المتوسط النفطية، لذلك فإن التحليل الإحصائي لتوزع أنماط الفوالق فيها يشكل قاعدة في فهم نمط حقل الإجهاد السائد في كل بنية ويتوقع نمط الفوالق التي يمكن أن تصادف في حال إجراء دراسات لاحقة كالسيسمية وغيرها من الطرق الجيوفيزيائية التي تحتاج لتفسير بنيوي.

أهمية البحث وأهدافه: تأتي أهمية هذا البحث من خلال تحديد النمط التكتوني التكرسي السائد والمؤثر في التشكيلات الجيولوجية في بنيات غرب الفالق المشرقي، حيث تلعب هذه الصدوع دوراً في هجرة المواد النفطية وتحسين الصفات الخزنية للصخور وتشكل دراستها أهمية في توجيه الأعمال الجيوهندسية المرتبطة بإقامة السدود وكذلك في المساهمة في تفسير المعطيات الجيوفيزيائية. إن هذا البحث يدرس الفوالق ونمطها ومنشئها في التشكيلات الجيولوجية في منطقة اللاذقية ويهدف إلى:

- 1- تحديد التوزع المساحي لأنماط الفوالق واتجاهاتها.
- 2- تفسير علاقة توزع الفوالق بالبنيات الرئيسية وتقدير عمرها الجيولوجي.

- طرائق البحث ومواده:** تقوم خطة البحث على مجموعة من الأعمال الحقلية تهدف إلى:
- 1- إحصاء بيانات محطات القياس التكتونية الفالقية في منطقة البحث متضمنة نوع الفالق-سمت اتجاه الفالق والمحددة باستخدام البوصلة الجيولوجية.
 - 2- تقدير العمر الجيولوجي التقريبي للفوالق أو العمر المؤكد من خلال الفوالق المزامنة للترسيب إن وجدت.
 - 3- تحليل المعطيات التكتونية إحصائياً ومعالجتها باستخدام برنامج الـ GIS. أن معالجة المعطيات باستخدام هذا البرنامج تسهم في تحديد التوزيع المساحي لأنماط الفوالق. إن استخدام الـ GIS هو أداة ممتازة في دراسة التوزيع المساحي للفوالق واتجاهاتها. وفي هذا العمل تم استخدام طريقة التحليل المكاني IDW (Inverse Distance Weighting) وهي الطريقة الأنسب في الإحصاء الجيولوجي لتقدير واحد من المتغيرات Setianto (2017, Ikechukwu, 2013, Triandini and) مثل أنماط الفوالق واتجاهاتها وتعتمد على نوع المتغير والعوامل المحلية التي تؤثر فيه كالليتولوجيا والعمر الجيولوجي. وهي محاكاة التوزيع المكاني لخصائص بيانات موزعة في محطات ممثلة على شكل شريحة نقطية مستمرة وخاضعة للتوزيع الطبيعي. إن قيم المحطات محصورة بين القيم الأعلى والأدنى في المحطة ولا يصلح IDW للتنبؤ خارج مجال حدود العينة وتكون القيم الأقرب للمحطة لها تأثير أكبر من المحطات الأبعد. من الدراسات التي قاربت منهج دراستنا نذكر (Kim et al. 2017, Mei 2006).
- الوضع الجيولوجي:** تقع منطقة الدراسة في غرب سورية وتمتد من رأس البسيط شمالاً حتى طرطوس جنوباً ومن البحر غرباً وحتى سهل الغاب شرقاً (الشكل 1) وذلك ضمن تسع رقع جيولوجية بمقياس 1/50000، اللادقية-البسيط-الحفة-القرادحة-جبلية-بانياس-القدموس-صافيتا-طرطوس. تتألف منطقة الدراسة من وحدات بنيوية رئيسية وهي السلسلة الساحلية ومنطقة البايير-بسيط وحوض نهر الكبير الشمالي، والتي يحدها جميعاً من الشرق نطاق الفالق المشرقي وانهدام الغاب.
- السلسلة الساحلية:** هي عبارة عن محدب N-S غير متناظر مقطوع من الشرق بالفالق المشرقي وانهدام الغاب. في شمال السلسلة الساحلية، تكون البنية عبارة عن محدب وحيد

الميل تميل تشكيلاته الجيولوجية نحو الغرب والشمال الغربي بميول تتراوح من 10-20 درجة. تعود رسوبات السلسلة الساحلية للميزوزوي والسينوزوي ومؤلفة من تشكيلات كربونانية عموماً تتراوح بين الكلس والدولوميت والمارل.

كتلة الباير- بسيط: تتميز بوجود صخور المعقد الأوفوليتي المعتلي على هامش الصفحة العربية وذلك خلال زمن الماسترخيتان وجذورها تقع في تركيا شمالاً (Parrot, 1977). في منطقة الدراسة تكون صخور هذا المعقد محصورة بين سلسلتين رسوبيتين: الكتلة الكلسية ذات العمر جوراسي-كريتاسي (حتى الماسترخيتان) لجبل الأقرع في الشمال ومتواليات رسوبية تتجاوزيه يبدأ من الماسترخيتان الأعلى حتى النيوجين في الجنوب. تقطع صخور المعقد الأوفوليتي شبكة معقدة من الفوالق والشقوق ونطاقات الزحف والتخلع (Parrot, 1977).

حوض نهر الكبير الشمالي النيوجيني: هو حوض نيوجيني رسوبي يتوضع بعدم توافق زاوي على الودعتين السابقتين حيث تصل سماكة الرسوبيات الكلسية المارلية والحطامية فيه أكثر من 2000م (الشكل 1). تتميز منطقة البحث من الناحية التكتونية بوجود نطاق فالقي يقع في جنوب شرق منطقة الباير- بسيط ويعرف باسم فالق اللاذقية-كأس، الذي يعد بنية رئيسية في غرب سورية. حسب AlAbdalla (2008) فإن هذا النطاق يعتبر نطاق قص جبهي رئيسي مترافق مع وجود طيات ذات محاور SW-NE و NNE-SSW تشكلت خلال الميوسين أسفل وإن رسوبيات الميوسين الأوسط لحوض اللاذقية تغطي هذه التشوهات بعدم توافق زاوي.

الفالق المشرقي: هو البنية الأوضح مورفولوجياً في سوريا ويفصل السلسلة الساحلية عن هضبة حلب. وهو نطاق نشط زلزالياً ذو اتجاه شمال-جنوب يمتد حوالي 800كم من خليج العقبة جنوباً وحتى جبال طوروس شمالاً (Quennell, 1958). تنتقل الصفحة العربية على طول هذا النظام الإزاحي نحو الشمال نسبياً (بالنسبة للمتوسط الشرقي). يمر الجزء الشمالي من الفالق في سوريا ويكون اتجاهه N-S ويتميز ببنية مورفولوجية رئيسية هي حوض الغاب، وفي جنوب الغاب يتفرع الفالق إلى فرعين الفرع الغربي يتابع في تركيا شمالاً ليشكل الحد الشرقي لحوض العمق حيث الاتصال مع صدع شرق

الستراتغرافيا: تتكشف في منطقة الدراسة سلسلة من الصخور الرسوبية ذات الأعمار الجيولوجية من الترياسي وحتى الرباعي (الشكل 1-B) مروراً بالجوراسي والكريتاسي والباليوجين والنيوجين (Ponikarov,1966، Ruske R.,1978):

الترياسي: هو أقدم الصخور المعروفة كتكشفات على السطح حيث حددت للمرة الأولى من قبل ميخائيل معطي عام 1997 في شرق السلسلة الساحلية وهو مكون من دولوميت رمادي كتلي مع مستويات سميكة من الكلس الدولوميتي وهي من عمر الترياسي الأعلى، (Mouty (1997).

الجوراسي: تتركز تكشفاته في منطقة الدراسة في القسم الشرقي مشكّلة قمم الجبال وتمتد باتجاه الغرب ضمن بعض الأودية في منطقة السن وبانياس ويمكن أن نميز فيها: الجوراسي الأدنى والأوسط المشكل من صخور كلسية وكلسية دلوميتية قاسية إلى متوسطة القساوة (Ponikarov,1966). ويعد أن يتعرض للتجوية يصبح هذا الدولوميت هشاً مع عدسات رقيقة من الصوان يغطيه دولوميت كتلي رمادي اللون، الجوراسي الأعلى قليل السماكة ويتكون من حجر كلسي وكلسي مارني مع تداخلات غضارية.

الكريتاسي: تنتشر هذه التشكيلات من القمم الساحلية في الشرق حتى قرب السهل الساحلي في الغرب على طول منطقة الدراسة ويمكن تقسيمها إلى:

الأبسيان- ألبان: مكون من تناوبات المارل الدولوميتي الأخضر الضعيف التشقق والحجر الكلسي المارلي ذو اللون الرمادي المخضر والحجر الكلسي سميك ورقيق التطبيق. السينومانيان: يتكون من تناوب صخور كلسية أو دلوميتية سميكة التطبيق وصخور كلسية مارلية ومارل. الطبقات الكلسية تأخذ شكل جدران في الطبيعة.

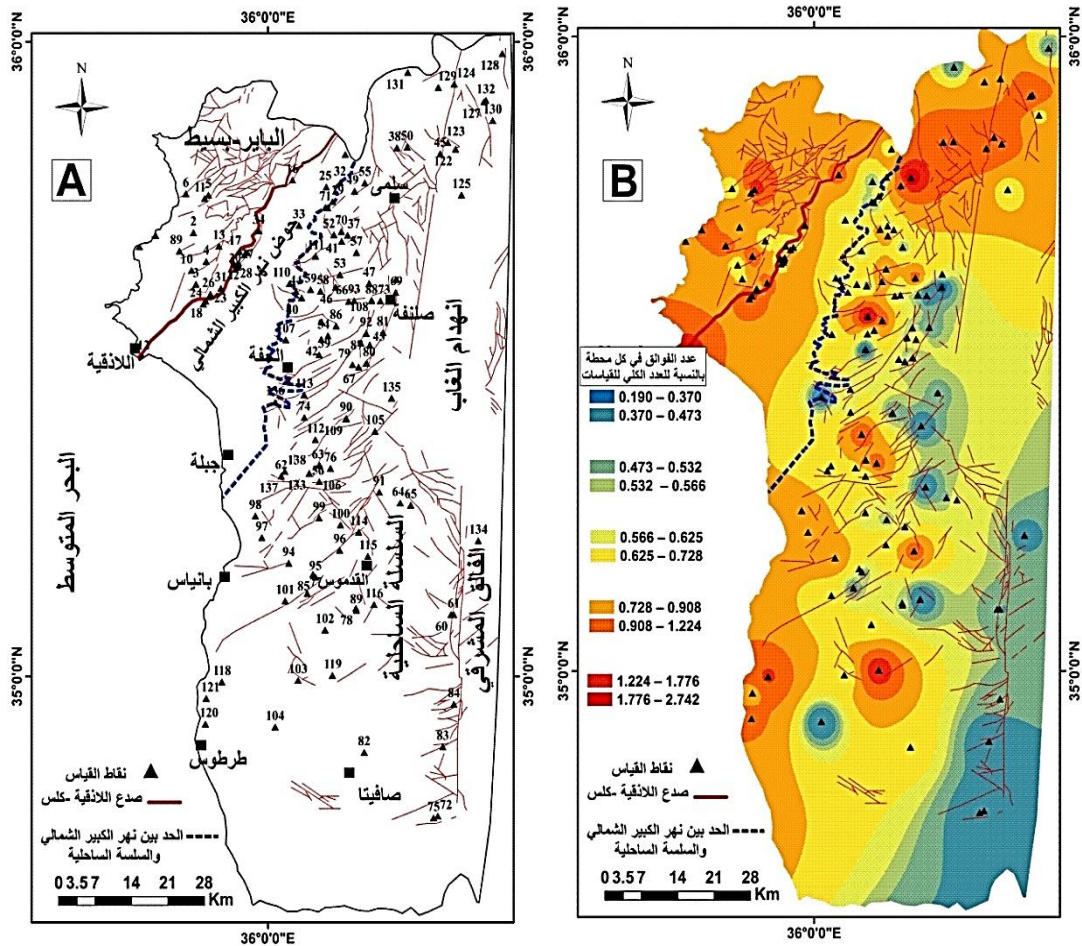
التورونيان: ويتألف من مارل كلسي ومارل في الأسفل وطبقات سميكة من حجر كلسي عضوي في الأعلى ويتكشف إلى الشمال من منطقة الدراسة.

السينونيان: يمكن تقسيمه إلى السينونيان الأسفل: تتكون من طبقة رقيقة من المارل تتحول تدريجياً إلى حجر كلسي مارلي، والسينونيان الأعلى المكون من تشكيلات حجر كلسي غلوكوني يكون رمليا في الأسفل وبتجاه الأعلى يحل الحوار عديم التطبق مكان الحجر الكلسي وينتشر إلى الشمال من فالق السن.

الباليوجين: يتكشف الباليوجين في منطقة الدراسة إلى الشمال من السلسلة الساحلية وجنوب البايير-بسيط وتتألف التشكيلة بشكل رئيسي من المارل والحجر الكلسي الحواري. **النيوجين والرباعي:** ويتكون النيوجين بشكل عام من المارل والحجر السلتي والكونغولوميرا ويتكشف بشكل رئيس في حوض نهر الكبير الشمالي (Ponikarov, 1966). اما الرباعي عموماً فيتألف بشكل رئيسي من كونغولوميرا وحصى إضافة إلى الرمال والحجر الرملي. تنتشر توضعته على كامل السهل الساحلي.

النتائج والمناقشة:

لقد تم تحليل قياسات الفوالق في مواقع من تشكيلات من أعمار الترياسي حتى الأوليغوسين في السلسلة الساحلية ومن عمر ماسترخت أعلى-ميوسين في البايير-بسيط وأوليغوسين حتى بليوسين في حوض نهر الكبير الشمالي. بالمجمل 137 موقع قياس تمت تحليلها إحصائياً وهي موزعة جغرافياً على كامل المنطقة المدروسة (الشكل A-2) عدا مكان وجود المعقد الأوفيوليتي، وكذلك أقصى جنوب السلسلة الساحلية حيث التكتشفات الصخرية قليلة.

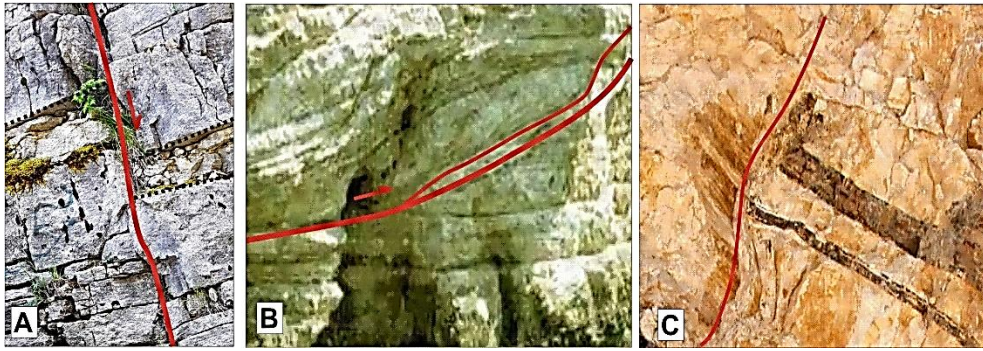


الشكل 2- توزيع محطات القياس في منطقة الدراسة (A) ونسبة عدد الفوايق المقاسة في كل محطة قياس بالنسبة للعدد الكلي للقياسات في منطقة الدراسة (B) حيث العدد الكلي للفوايق هو 3635 قياس.

توزعت مواقع القياس في التشكيلات المختلفة: 3 مواقع في الترياسي و 10 في الجوراسي و 73 في الكريتاسي و 34 في الباليوجين و 17 في النيوجين. بلغ عدد الفوايق على كامل المنطقة 3635 قياس، وبلغ عدد الفوايق في كل محطة بين 10 إلى ما يزيد عن 100 فالق. يبين الشكل (B-2) كثافة عدد القياسات المأخوذة في كل محطة قياس بالنسبة لعددها الكلي (3635)، ونسبتها في المنطقة (الجدول 1). يوجد عدم تجانس في الكثافة بين محطات القياس عموماً، وهذا قد يعود إلى طبيعة توزع التكتشفات الصخرية

تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق في بنيات غرب سوريا

وحجمها، ولكنه يعطي فكرة عن توزيع كثافة وجود الفوالق في المنطقة. لقد كانت منطقة البايير-بسيط وأقصى شمال السلسلة الساحلية الأكثر كثافة بوجود الفوالق، مع وجود بعض المواقع المتفرقة في وسط السلسلة الساحلية. بينت نتائج تحليل الـ 137 محطة قياس (الجدول 1) أن أغلب المحطات المدروسة هي متعددة الأطوار، أي أنه يوجد فيها عدة أنواع من الفوالق المتشكلة في حقول إجهاد مختلفة، كوجود فوالق عكسية وفوالق عادية في نفس المحطة. تم تحديد الأنماط الثلاثة من الفوالق في المنطقة (الشكل 3): الفوالق العادية (2698 فالق) والفوالق العكسية (188 فالق) وفوالق إزاحية جانبية (879 فالق) منها 425 فالق إزاحي يساري و 454 فالق إزاحي يميني.



الشكل 3- أمثلة عن الفوالق في منطقة الدراسة: A- فالق عادي من محطة القياس رقم 90، B- فالق عكسي من محطة القياس رقم 51، C- فالق إزاحة جانبي من محطة القياس رقم 1.

الجدول 1- التحليل الإحصائي لعدد الفوالق ونسبها في محطات الدراسة حسب أنماطها.

المحطة	الإحداثيات		عدد الفوالق				عدد الفوالق الكلي	عدد الفوالق % من العدد الكلي	نسبة عدد الفوالق في كل نوع			
	E	N	العادية	العكسية	اليسارية	اليمنية			للعادية	للعكسية	لليسارية	لليمنية
1	35.69516667	35.80569444	13	30	0	0	43	1.168	0.494	16.129	0.000	0.000
2	35.6995	35.87130556	11	0	5	4	20	0.543	0.418	0.000	1.196	0.889
3	35.61816667	35.87572222	23	0	0	0	23	0.624	0.875	0.000	0.000	0.000
4	35.654	35.89347222	47	1	0	1	49	1.330	1.788	0.538	0.000	0.222
5	35.75872222	35.89716667	41	3	24	0	68	1.846	1.560	1.613	5.742	0.000
6	35.76072222	35.85816667	13	5	0	2	20	0.543	0.494	2.688	0.000	0.444
7	35.67752778	35.77780556	24	0	0	0	24	0.652	0.913	0.000	0.000	0.000
8	35.67033333	35.84705556	46	1	0	5	52	1.412	1.750	0.538	0.000	1.111
9	35.67036111	35.84702778	10	0	4	11	25	0.679	0.380	0.000	0.957	2.444
10	35.63994444	35.86788889	14	0	0	0	14	0.380	0.533	0.000	0.000	0.000
11	35.75336111	35.89086111	1	0	8	12	21	0.570	0.038	0.000	1.914	2.667
12	35.50430556	35.78272222	36	10	4	8	58	1.575	1.369	5.376	0.957	1.778
13	35.67811111	35.91558333	18	0	0	0	18	0.489	0.685	0.000	0.000	0.000

14	35.66416667	35.95905556	21	20	1	2	44	1.195	0.799	10.753	0.239	0.444
15	35.64433333	35.94713889	0	19	0	0	19	0.516	0.000	10.215	0.000	0.000
16	35.78238889	36.04241667	12	11	5	12	40	1.086	0.456	5.914	1.196	2.667
17	35.66936111	35.95122222	19	0	0	0	19	0.516	0.723	0.000	0.000	0.000
18	35.59141667	35.89269444	70	0	2	1	73	1.982	2.663	0.000	0.478	0.222
19	35.668	35.96436111	10	3	0	3	16	0.434	0.380	1.613	0.000	0.667
20	35.82269444	36.13405556	0	13	10	0	23	0.624	0.000	6.989	2.392	0.000
21	35.65069444	35.9415	20	0	0	0	20	0.543	0.761	0.000	0.000	0.000
22	35.65133333	35.94947222	31	0	0	0	31	0.842	1.179	0.000	0.000	0.000
23	35.60086111	35.90169444	17	0	0	0	17	0.462	0.647	0.000	0.000	0.000
24	35.58675	35.88833333	20	0	1	4	25	0.679	0.761	0.000	0.239	0.889
25	35.77155556	36.10105556	14	0	0	0	14	0.380	0.533	0.000	0.000	0.000
26	35.60255556	35.90066667	11	0	14	7	32	0.869	0.418	0.000	3.349	1.556
27	35.64802778	35.9485	43	1	2	4	50	1.358	1.636	0.538	0.478	0.889
28	35.64866667	35.94638889	9	10	3	6	28	0.760	0.342	5.376	0.718	1.333
29	35.74841667	36.11180556	15	0	2	10	27	0.733	0.571	0.000	0.478	2.222
30	35.6415	35.94327778	6	9	0	0	15	0.407	0.228	4.839	0.000	0.000
31	35.61183333	35.91866667	21	13	5	7	46	1.249	0.799	6.989	1.196	1.556
32	35.77825	36.12538889	6	7	3	7	23	0.624	0.228	3.763	0.718	1.556
33	35.71091667	36.05394444	20	0	0	0	20	0.543	0.761	0.000	0.000	0.000
34	35.70233333	35.98416667	23	0	3	5	31	0.842	0.875	0.000	0.718	1.111
35	35.55875	36.09294444	73	0	8	11	92	2.498	2.777	0.000	1.914	2.444
36	35.62569444	36.22180556	22	0	0	2	24	0.652	0.837	0.000	0.000	0.444
37	35.69563889	36.13780556	20	0	5	0	25	0.679	0.761	0.000	1.196	0.000
38	35.83322222	36.22352778	10	0	16	14	40	1.086	0.380	0.000	3.828	3.111
39	35.50694444	36.08877778	9	0	0	0	9	0.244	0.342	0.000	0.000	0.000
40	35.59683333	36.05836111	21	0	1	0	22	0.597	0.799	0.000	0.239	0.000
41	35.68594444	36.12763889	19	0	11	3	33	0.896	0.723	0.000	2.632	0.667
42	35.53147222	36.09261111	8	0	5	5	18	0.489	0.304	0.000	1.196	1.111
43	35.52258333	36.17625	17	0	11	1	29	0.787	0.647	0.000	2.632	0.222
44	35.60666667	36.04872222	20	0	0	0	20	0.543	0.761	0.000	0.000	0.000
45	35.82380556	36.29816667	28	2	2	10	42	1.140	1.065	1.075	0.478	2.222
46	35.61372222	36.1175	35	0	0	0	35	0.950	1.331	0.000	0.000	0.000
47	35.6195	36.17516667	16	0	22	5	43	1.168	0.609	0.000	5.263	1.111
48	35.73844444	36.10383333	1	3	3	10	17	0.462	0.038	1.613	0.718	2.222
49	35.76494444	36.15011111	22	0	7	7	36	0.977	0.837	0.000	1.675	1.556
50	35.83427778	36.241	27	0	5	9	41	1.113	1.027	0.000	1.196	2.000
51	35.52544444	36.161	2	0	10	7	19	0.516	0.076	0.000	2.392	1.556
52	35.69608333	36.11438889	27	0	2	2	31	0.842	1.027	0.000	0.478	0.444
53	35.63336111	36.12475	26	1	2	4	33	0.896	0.989	0.538	0.478	0.889
54	35.53711111	36.104	25	0	0	0	25	0.679	0.951	0.000	0.000	0.000
55	35.77777778	36.16788889	65	2	11	23	101	2.742	2.472	1.075	2.632	5.111
56	35.30694444	36.08894444	7	8	0	6	21	0.570	0.266	4.301	0.000	1.333
57	35.66816667	36.15325	6	0	3	7	16	0.434	0.228	0.000	0.718	1.556
58	35.60713889	36.09119444	11	3	0	1	15	0.407	0.418	1.613	0.000	0.222
59	35.60958333	36.07391667	19	0	5	3	27	0.733	0.723	0.000	1.196	0.667
60	35.09761111	36.31672222	12	0	7	1	20	0.543	0.456	0.000	1.675	0.222
61	35.09758333	36.32166667	7	0	1	8	16	0.434	0.266	0.000	0.239	1.778
62	35.31591667	36.02322222	9	0	3	0	12	0.326	0.342	0.000	0.718	0.000
63	35.33241667	36.08975	29	0	4	0	33	0.896	1.103	0.000	0.957	0.000
64	35.27347222	36.22913889	10	0	3	6	19	0.516	0.380	0.000	0.718	1.333
65	35.26997222	36.24713889	23	0	0	0	23	0.624	0.875	0.000	0.000	0.000
66	35.59113889	36.13977778	6	1	7	9	23	0.624	0.228	0.538	1.675	2.000
67	35.48766667	36.15694444	11	1	3	1	16	0.434	0.418	0.538	0.718	0.222
68	35.54086111	36.17008333	27	1	3	2	33	0.896	1.027	0.538	0.718	0.444
69	35.60538889	36.221	8	0	0	0	8	0.217	0.304	0.000	0.000	0.000
70	35.70144444	36.12722222	13	0	1	1	15	0.407	0.494	0.000	0.239	0.222

تحليل التوزع المكاني لبيانات الفوالق في بنيات غرب سوريا

71	35.73930556	36.09952778	13	0	0	0	13	0.353	0.494	0.000	0.000	0.000
72	34.78002778	36.29388889	10	0	1	1	12	0.326	0.380	0.000	0.239	0.222
73	35.59197222	36.19477778	7	0	0	0	7	0.190	0.266	0.000	0.000	0.000
74	35.40811111	36.06327778	18	1	2	0	21	0.570	0.685	0.538	0.478	0.000
75	34.77708333	36.28666667	11	0	6	1	18	0.489	0.418	0.000	1.435	0.222
76	35.32788889	36.10825	30	2	4	6	42	1.140	1.141	1.075	0.957	1.333
77	35.13091667	36.06819444	10	0	3	3	16	0.434	0.380	0.000	0.718	0.667
78	35.10747222	36.15236111	9	0	6	6	21	0.570	0.342	0.000	1.435	1.333
79	35.49133333	36.14669444	16	0	3	5	24	0.652	0.609	0.000	0.718	1.111
80	35.49372222	36.17102778	11	0	0	3	14	0.380	0.418	0.000	0.000	0.667
81	35.54169444	36.19927778	6	2	4	1	13	0.353	0.228	1.075	0.957	0.222
82	34.88038889	36.16672222	11	1	6	8	26	0.706	0.418	0.538	1.435	1.778
83	34.88927778	36.30275	9	0	0	4	13	0.353	0.342	0.000	0.000	0.889
84	34.95633333	36.32183333	11	1	1	5	18	0.489	0.418	0.538	0.239	1.111
85	35.16122222	36.078	23	0	3	0	26	0.706	0.875	0.000	0.718	0.000
86	35.55252778	36.11791667	8	0	18	17	43	1.168	0.304	0.000	4.306	3.778
87	35.54080556	36.17005556	8	0	2	7	17	0.462	0.304	0.000	0.478	1.556
88	35.59227778	36.17947222	10	0	5	3	18	0.489	0.380	0.000	1.196	0.667
89	35.10419444	36.15319444	7	0	3	10	20	0.543	0.266	0.000	0.718	2.222
90	35.407	36.13547222	10	0	0	0	10	0.272	0.380	0.000	0.000	0.000
91	35.29030556	36.19277778	11	0	0	0	11	0.299	0.418	0.000	0.000	0.000
92	35.54086111	36.17008333	7	0	0	0	7	0.190	0.266	0.000	0.000	0.000
93	35.59236111	36.14947222	17	0	0	0	17	0.462	0.647	0.000	0.000	0.000
94	35.17852778	36.03616667	39	0	0	1	40	1.086	1.483	0.000	0.000	0.222
95	35.15655556	36.08244444	15	1	0	0	16	0.434	0.571	0.538	0.000	0.000
96	35.19905556	36.12436111	27	0	0	0	27	0.733	1.027	0.000	0.000	0.000
97	35.21880556	35.98958333	33	0	0	0	33	0.896	1.255	0.000	0.000	0.000
98	35.25288889	35.97836111	35	0	0	0	35	0.950	1.331	0.000	0.000	0.000
99	35.24977778	36.08872222	18	0	0	0	18	0.489	0.685	0.000	0.000	0.000
100	35.23883333	36.12577778	19	0	0	0	19	0.516	0.723	0.000	0.000	0.000
101	35.11908333	36.03005556	24	0	0	0	24	0.652	0.913	0.000	0.000	0.000
102	35.07338889	36.09894444	23	0	0	0	23	0.624	0.875	0.000	0.000	0.000
103	34.99397222	36.05238889	19	0	0	2	21	0.570	0.723	0.000	0.000	0.444
104	34.92036111	36.01263889	12	0	0	0	12	0.326	0.456	0.000	0.000	0.000
105	35.38658333	36.1855	10	0	0	0	10	0.272	0.380	0.000	0.000	0.000
106	35.30694444	36.08894444	21	0	0	0	21	0.570	0.799	0.000	0.000	0.000
107	35.53058333	36.03088889	23	0	0	0	23	0.624	0.875	0.000	0.000	0.000
108	35.59308333	36.17952778	20	0	0	0	20	0.543	0.761	0.000	0.000	0.000
109	35.406	36.13505556	15	0	1	9	25	0.679	0.571	0.000	0.239	2.000
110	35.61916667	36.03752778	20	0	0	0	20	0.543	0.761	0.000	0.000	0.000
111	35.66236111	36.08244444	17	0	0	0	17	0.462	0.647	0.000	0.000	0.000
112	35.37327778	36.08225	37	0	9	4	50	1.358	1.407	0.000	2.153	0.889
113	35.44405556	36.06261111	21	0	0	0	21	0.570	0.799	0.000	0.000	0.000
114	35.22755556	36.15722222	18	0	2	0	20	0.543	0.685	0.000	0.478	0.000
115	35.18936111	36.17291667	19	0	9	14	42	1.140	0.723	0.000	2.153	3.111
116	35.11319444	36.18363889	9	0	0	0	9	0.244	0.342	0.000	0.000	0.000
117	34.99141667	35.92019444	57	0	2	0	59	1.602	2.168	0.000	0.478	0.000
118	35.00172222	36.11175	23	0	8	4	35	0.950	0.875	0.000	1.914	0.889
119	34.92497222	35.89188889	31	0	0	0	31	0.842	1.179	0.000	0.000	0.000
120	34.96536111	35.89341667	35	0	0	0	35	0.950	1.331	0.000	0.000	0.000
121	35.83105556	36.32488889	38	0	0	0	38	1.032	1.445	0.000	0.000	0.000
122	35.84119444	36.31133333	30	0	0	1	31	0.842	1.141	0.000	0.000	0.222
123	35.93344444	36.32230556	21	0	1	0	22	0.597	0.799	0.000	0.239	0.000
124	35.75872222	36.33505556	26	0	0	7	33	0.896	0.989	0.000	0.000	1.556
125	35.90791667	36.37275	5	0	20	32	57	1.548	0.190	0.000	4.785	7.111
126	35.90580556	36.37380556	1	0	11	5	17	0.462	0.038	0.000	2.632	1.111
127	35.98169444	36.40552778	11	0	11	8	30	0.815	0.418	0.000	2.632	1.778

128	35.92830556	36.29475	13	0	8	2	23	0.624	0.494	0.000	1.914	0.444
129	35.87616667	36.38888889	10	0	4	1	15	0.407	0.380	0.000	0.957	0.222
130	35.952	36.24211111	19	0	0	0	19	0.516	0.723	0.000	0.000	0.000
131	35.90791667	36.37725	25	0	0	0	25	0.679	0.951	0.000	0.000	0.000
132	35.32016667	36.07166667	7	0	4	5	16	0.434	0.266	0.000	0.957	1.111
133	35.21397222	36.36425	12	0	0	5	17	0.462	0.456	0.000	0.000	1.111
134	35.43847222	36.21397222	11	0	0	0	11	0.299	0.418	0.000	0.000	0.000
135	35.43225	36.01277778	30	0	0	0	30	0.815	1.141	0.000	0.000	0.000
136	35.31591667	36.02322222	21	0	2	1	24	0.652	0.799	0.000	0.478	0.222
137	35.32333333	36.02938889	14	0	0	0	14	0.380	0.533	0.000	0.000	0.000

التوزع المساحي لأنواع الفوالق: يبين الشكل (4) خرائط التوزع المساحي للنسبة المئوية

لعدد الفوالق بحسب أنواعها من العدد الكلي للقياسات؛ العادية (71.66%) والعكسية (4.99%) والإزاحية اليمينية (12.05%) والإزاحية اليسارية (11.28%)، في كل

محطة قياس بالنسبة للعدد الكلي للقياسات في المنطقة. يظهر الشكل 4 ما يلي:

-تتوزع النسب الأعلى للفوالق العادية في مناطق انتشار توصلات الباليوجين والنيوجين في جنوب البايير-بسيط وجنوب فالق اللاذقية-كلس؛ وكذلك في أماكن انتشار توصلات الكريتاسي في السلسلة الساحلية بالقرب من بانياس وطرطوس حيث توجد فوالق ذات اتجاهات NE-SW تظهر على مستوى الخارطة وفي أماكن متفرقة في شمال السلسلة الساحلية والفالق المشرقي.

-تتوزع الفوالق العكسية حصراً في منطقة البايير-بسيط وفالق اللاذقية كلس وفي أماكن متفرقة في شمال غرب السلسلة الساحلية. وهذا يشير إلى الطبيعة التراكمية لفالق اللاذقية-كلس وسيطرة بنيات ضغطية حوله.

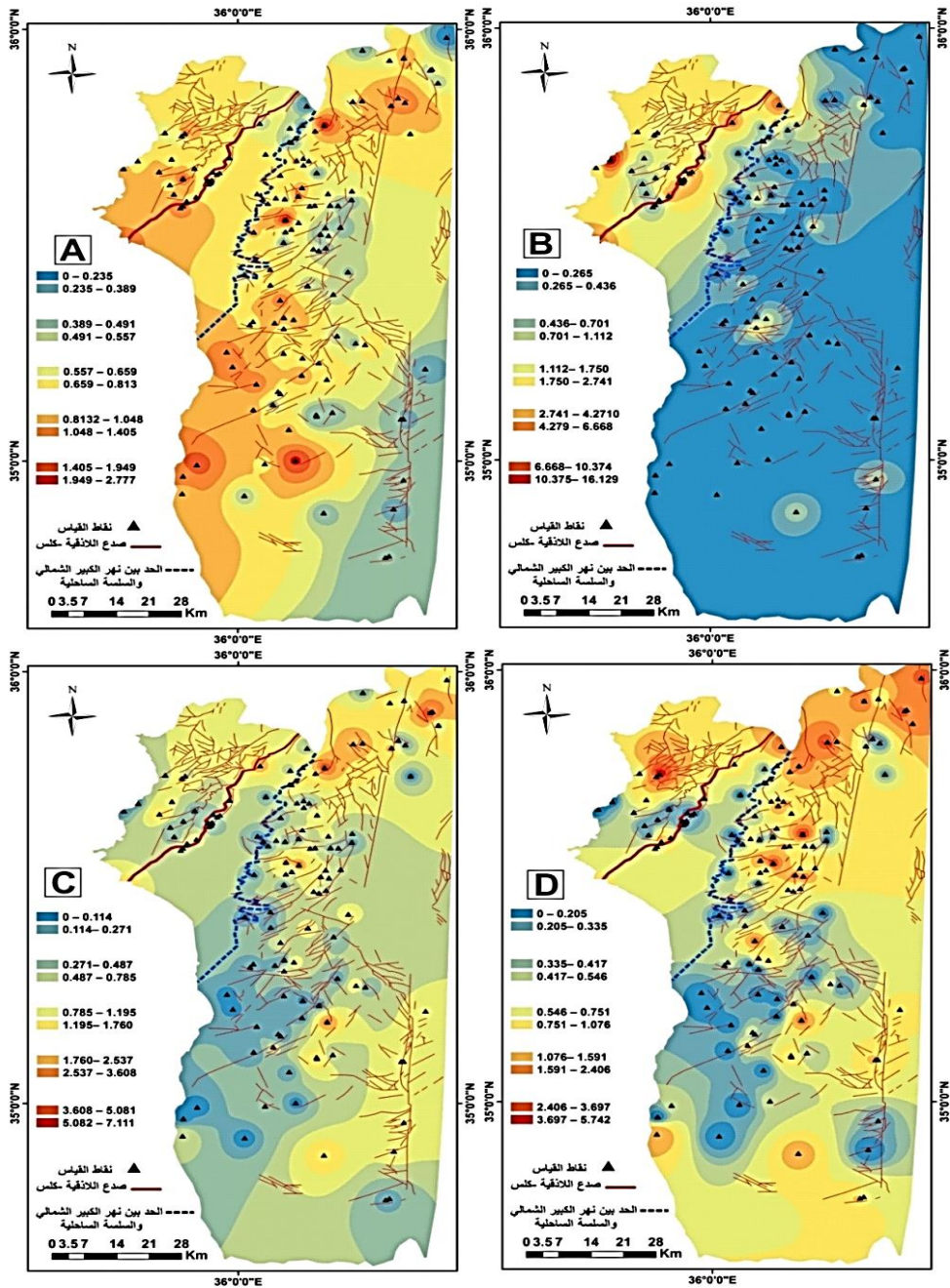
-تتوزع النسب الأعلى للفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية في شمال وشرق السلسلة الساحلية بالقرب من نطاق الفالق المشرقي وانهدام الغاب وبشكل أقل في نطاق فالق اللاذقية-كلس.

-تتوزع النسب الأعلى للفوالق الإزاحية الجانبية اليسارية في شرق السلسلة الساحلية وشمال انهدام الغاب في نطاق الفالق المشرقي وفي وسط وشمال منطقة البايير-البسيط. إن انتشار الفوالق الإزاحية الجانبية اليسارية واليمينية في شرق السلسلة الساحلية وبالقرب

من نطاق الفالق المشرقي يعود إلى الطبيعة الإزاحية لحقل الإجهاد المرافق لتشكل الفالق المشرقي بشكل رئيس، وقد لوحظت في مواقع من أعمار جيولوجية مختلفة تتراوح من الترياسي حتى النيوجين .

تحليل اتجاهات الفوالق: تم تحليل اتجاهات جميع أنواع الفوالق حسب الاتجاهات الجغرافية؛ شرق غرب E-W، شمال جنوب N-S، شمال شرق -جنوب غرب NE-SW، شمال غرب -جنوب شرق NW-SE، كما هو مبين في معطيات الجدول 2. بين تحليل التوزع المكاني لاتجاهات الفوالق في منطقة الدراسة ما يلي:

1- الفوالق العادية: بلغ عدد المواقع التي تحوي على فوالق عادية تملك ثلاثة وأربعة اتجاهات 67 موقعاً وما تبقى من المواقع تحوي على اتجاه واحد أو اتجاهين.



الشكل 4 - خرائط التوزيع المساحي للنسبة المئوية لعدد الفوالق (A-العادية-B-العكسية-- C-الإزاحية اليمينية-D-الإزاحية اليسارية) في كل محطة قياس بالنسبة للعدد الكلي للقياسات في المنطقة. اللون الأحمر يشير للنسب المئوية العالية واللون الأزرق يشير للنسب المئوية المنخفضة.

1-1- تتوزع النسب الأعلى للفوالق العادية ذات الاتجاه شرق غرب في شمال وسط السلسلة الساحلية وفي جنوب منطقة الباير-البيسط في توضعات أغلب أعمارها من الباليوجين (الشكل 5). بلغت نسبة هذه الفوالق 30% من مجموع الفوالق العادية المقاسة في المنطقة.

1-2- تتوزع النسب الأعلى للفوالق العادية ذات الاتجاه شمال جنوب في أماكن متفرقة في جنوب غرب السلسلة الساحلية في توضعات الكريتاسي الأعلى قرب بانياس، وفي شمالها بالقرب من الفالق المشرقي في توضعات النيوجين، وكذلك في وسط فالق اللاذقية -كلس في توضعات أعمارها بين الباليوجين والنيوجين. بلغت نسبة هذه الفوالق 25% من مجموع الفوالق العادية المقاسة في المنطقة.

1-3- تتوزع النسب الأعلى للفوالق العادية ذات الاتجاه شمال شرق- جنوب غرب في أماكن متفرقة من وسط السلسلة الساحلية في توضعات أغلب أعمارها من الكريتاسي الأعلى وفي جنوب فالق اللاذقية-كلس في توضعات الباليوجين والنيوجين. بلغت نسبة هذه الفوالق 27% من مجموع الفوالق العادية المقاسة في المنطقة.

1-4- تتوزع النسب الأعلى للفوالق العادية ذات الاتجاه شمال غرب- جنوب شرق في أماكن متفرقة من السلسلة الساحلية في توضعات أغلب أعمارها من السينومانيان والتورونيان. بلغت نسبة هذه الفوالق 17% تقريباً من مجموع الفوالق العادية المقاسة في المنطقة.

2- الفوالق العكسية: بلغ عدد المواقع التي تحوي على فوالق عكسية تملك ثلاثة وأربعة اتجاهات 4 مواقع فقط وما تبقى من المواقع تحوي على اتجاه واحد أو اتجاهين. تتوزع هذه الفوالق وفق اتجاهاتها كما يلي (الشكل 6):

1-2- تتوزع النسب الأعلى للفوالق العكسية ذات الاتجاه شرق غرب في برج إسلام ضمن منطقة الباير-البيسط في توضعات الإيوسين (الشكل 6). بلغت نسبة هذه الفوالق 21% من مجموع الفوالق العكسية المقاسة في المنطقة.

2-2- تتوزع النسب الأعلى للفوالق العكسية ذات الاتجاه شمال جنوب والاتجاه شمال شرق-جنوب غرب في نطاق فالق اللاذقية -كلس حصراً في توضعات أعمارها أقدم من

الميويسين الأوسط. بلغت نسبة هذه الفوالق 68% من مجموع الفوالق العكسية المقاسة في المنطقة.

2-3- تتوزع النسب الأعلى للفوالق العكسية ذات الاتجاه شمال غرب- جنوب شرق في نطاق فالق اللاذقية-كلس وجواره. بلغت نسبة هذه الفوالق 10% من مجموع الفوالق العكسية المقاسة في المنطقة.

3-فوالق الإزاحة الجانبية: بلغ عدد المواقع التي تحوي على فوالق إزاحة جانبية يسارية تملك ثلاثة وأربعة اتجاهات 11 موقعاً وما تبقى من المواقع تحوي على اتجاه واحد أو اتجاهين، فيما بلغ عدد المواقع التي تحوي على فوالق إزاحة جانبية يمينية تملك ثلاثة وأربعة اتجاهات 13 موقعاً وما تبقى من المواقع تحوي على اتجاه واحد أو اتجاهين. تتوزع فوالق الإزاحة الجانبية كما يلي:

3-1- تتوزع النسب الأعلى للفوالق اليسارية منها ذات الاتجاه شرق-غرب في ثلاثة أماكن في شمال السلسلة الساحلية وفي جنوب فالق اللاذقية-كلس (الشكل 7-A) وبلغت نسبتها 26% من مجموع الفوالق الإزاحية الجانبية اليسارية المقاسة في المنطقة. بينما توزعت النسب الأعلى للفوالق اليمينية منها ذات الاتجاه شرق-غرب في أماكن واسعة من شرق السلسلة الساحلية وشمالها وفي أقصى جنوب فالق اللاذقية-كلس (الشكل 8-A) وبلغت نسبتها 52% من مجموع الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية المقاسة في المنطقة.

الجدول 2- التحليل الإحصائي لاتجاهات الفوالق ونسبها في محطات الدراسة بحسب أنماطها.

المحطة	اتجاهات الفوالق العادية%				اتجاهات الفوالق العكسية%				اتجاهات الفوالق اليسارية%				اتجاهات الفوالق اليمينية%			
	E-W	N-S	NE-SW	NW-SE	E-W	N-S	NE-SW	NW-SE	E-W	N-S	NE-SW	NW-SE	E-W	N-S	NE-SW	NW-SE
1	0.50	0.00	0.00	0.00	12.23	1.60	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00
2	0.15	0.00	0.15	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.92	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.46	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.92	0.88	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00
5	0.04	0.38	1.03	0.11	0.00	1.06	0.53	0.00	0.00	3.35	2.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.31	0.04	0.15	1.06	1.06	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.50	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	1.45	0.00	0.27	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.69	0.00
9	0.31	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.23	0.23	2.07	0.00
10	0.00	0.46	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	0.48	0.00	0.00	1.38	0.23	1.15
12	0.65	0.04	0.19	0.15	0.00	3.72	0.53	0.00	0.00	0.24	0.00	0.72	1.84	0.00	0.00	0.00
13	0.23	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
14	0.00	0.65	0.15	0.00	0.00	9.57	1.06	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46
15	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19	1.06	3.72	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

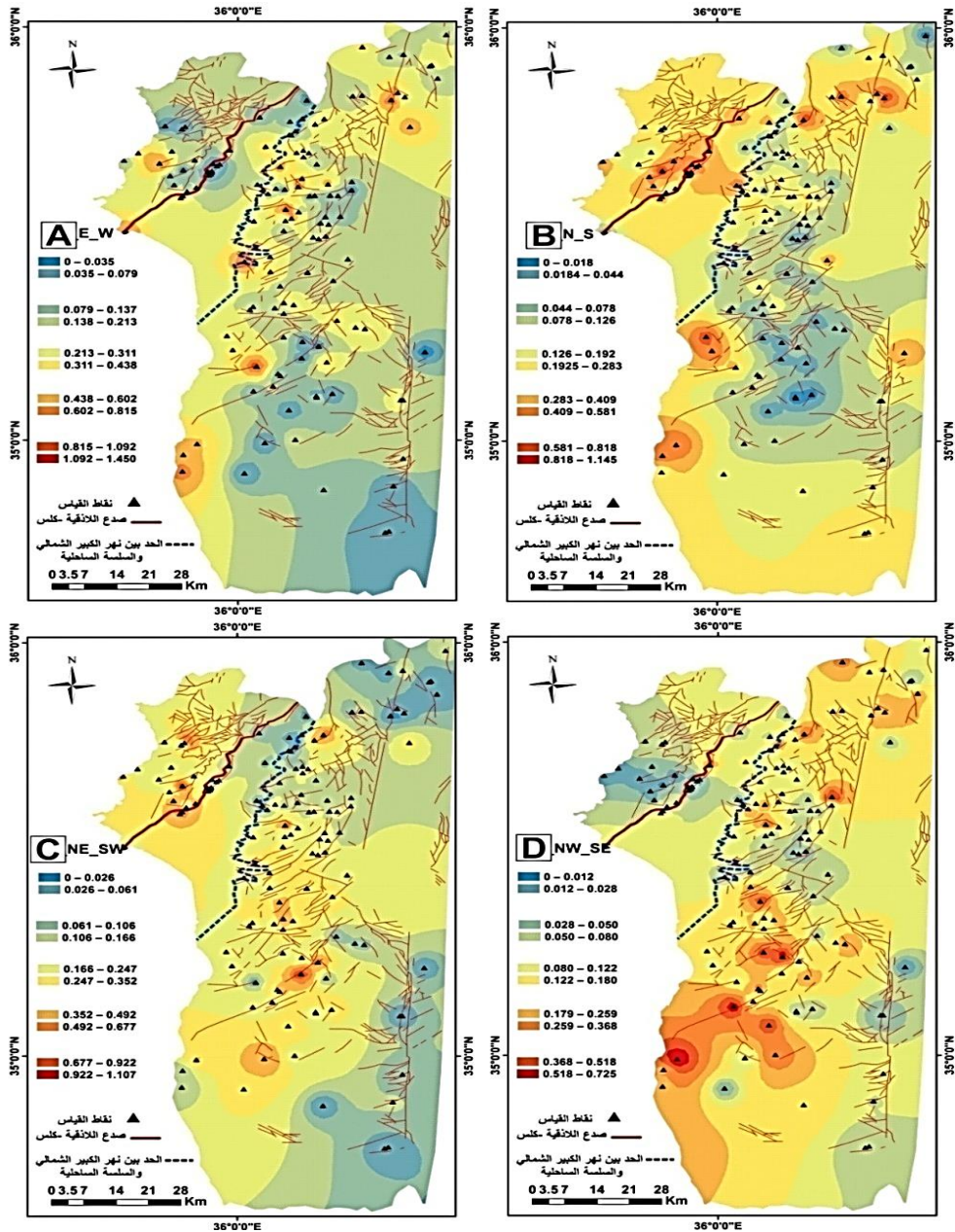
تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق في بنيات غرب سوريا

16	0.00	0.42	0.04	0.04	0.53	3.72	0.53	1.06	0.72	0.72	0.00	1.44	0.69	0.00	0.00	0.46
17	0.00	0.57	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.69	0.65	1.11	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
19	0.00	0.31	0.08	0.00	0.00	1.06	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.32	0.53	1.06	0.00	0.48	0.00	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.57	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	1.15	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.11	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.38	0.04	0.15	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
25	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.11	0.15	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63	0.00	0.00	0.72	1.61	0.00	0.00	0.00
27	0.19	0.50	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.69	0.23	0.00
28	0.00	0.08	0.00	0.19	0.00	5.85	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38
29	0.08	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	1.60	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.15	0.04	0.50	0.11	1.06	1.06	4.79	0.00	0.48	0.00	0.00	0.24	0.00	0.23	1.15	0.23
32	0.04	0.00	0.00	0.19	0.00	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	1.61	0.00	0.00	0.00
33	0.53	0.00	0.08	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	0.23	0.31	0.04	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.23	0.23	0.00	0.69
35	1.11	0.31	0.84	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	2.30	0.00	0.23	0.00
36	0.11	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.23
37	0.04	0.23	0.38	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.24	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00
38	0.15	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.15	0.00	1.67	2.07	0.00	0.69	0.46
39	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.08	0.34	0.04	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	0.15	0.08	0.42	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.24	1.67	0.48	0.69	0.00	0.00	0.00
42	0.00	0.19	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.24	1.15	0.00	0.00	0.00
43	0.15	0.08	0.27	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
44	0.61	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	0.88	0.00	0.00	0.15	0.53	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.48	2.30	0.00	0.00	0.00
46	0.92	0.23	0.04	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.87	0.00	0.00	2.39	0.00	0.00	1.15	0.00
48	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	1.06	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	2.30	0.00	0.00	0.23
49	0.34	0.04	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	0.00
50	0.08	0.65	0.19	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.72	0.00	0.24	0.69	0.69	0.00	0.69
51	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	0.48	0.00	0.46	0.00	1.15	0.00
52	0.61	0.11	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.46	0.00	0.00	0.00
53	0.50	0.19	0.19	0.08	0.00	0.53	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.24	0.92	0.00	0.00	0.00
54	0.80	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	0.31	0.95	0.73	0.46	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.72	3.22	0.00	2.07	0.00
56	0.11	0.00	0.15	0.00	2.13	1.06	0.53	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	0.00
57	0.08	0.04	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	1.61	0.00	0.00	0.00
58	0.00	0.00	0.11	0.31	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00
59	0.08	0.27	0.31	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.69	0.00	0.00	0.00
60	0.42	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.48	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00
61	0.04	0.19	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.23	0.00	1.15	0.46
62	0.08	0.11	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	0.34	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	0.15	0.04	0.08	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.24	0.00	0.69	0.23	0.00	0.23
65	0.42	0.08	0.08	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
66	0.00	0.04	0.11	0.08	0.00	0.00	0.53	0.00	0.24	0.00	0.00	1.44	0.23	0.23	1.38	0.00
67	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.48	0.24	0.00	0.00	0.23	0.00
68	0.19	0.42	0.31	0.11	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.23	0.00	0.23
69	0.00	0.08	0.19	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	0.34	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00
71	0.34	0.04	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	0.08	0.27	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00

73	0.00	0.04	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	0.42	0.04	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.53	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75	0.00	0.31	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.24	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
76	0.38	0.27	0.19	0.31	0.00	0.53	0.00	1.06	0.96	0.00	0.00	0.00	0.92	0.46	0.00	0.00
77	0.15	0.11	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00
78	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.24	0.00	1.38	0.00	0.00	0.00
79	0.31	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.24	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00
80	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00
81	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	1.06	0.00	0.00	0.24	0.72	0.00	0.00	0.00	0.23
82	0.11	0.15	0.00	0.15	0.00	0.53	0.00	0.00	0.72	0.48	0.00	0.24	0.69	0.46	0.46	0.23
83	0.00	0.15	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00
84	0.23	0.11	0.00	0.08	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00
85	0.08	0.04	0.38	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00
86	0.11	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	2.15	0.96	0.00	1.20	0.23	0.00	1.38	0.00
87	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.23	0.00	1.38	0.00
88	0.00	0.23	0.04	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.96	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00
89	0.15	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00
90	0.08	0.00	0.27	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
91	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
92	0.04	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
93	0.11	0.23	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
94	1.07	0.34	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00
95	0.00	0.15	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
97	0.34	0.65	0.19	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98	0.23	0.76	0.19	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
99	0.15	0.00	0.04	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
101	0.00	0.00	0.23	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102	0.00	0.00	0.34	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
103	0.00	0.08	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00
104	0.00	0.15	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
105	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
106	0.15	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
107	0.34	0.15	0.27	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
108	0.00	0.57	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
109	0.04	0.04	0.46	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	1.61	0.00	0.23	0.23
110	0.00	0.73	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
111	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.24	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00
112	0.15	0.23	0.46	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.96	0.23	0.00	0.92	0.00
113	0.23	0.04	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
114	0.00	0.08	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
115	0.46	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	0.00	0.24	0.46	0.00	2.53	0.23
116	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
117	0.46	0.61	0.38	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
118	0.19	0.11	0.15	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	1.67	0.69	0.00	0.46	0.00
119	0.69	0.19	0.08	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.53	0.50	0.08	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
121	0.00	0.88	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
122	0.57	0.46	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
123	0.11	0.31	0.19	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
124	0.57	0.08	0.31	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.69
125	0.15	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	0.96	0.24	1.67	0.92	0.23	6.21	0.00
126	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.72	0.00	0.96	1.15	0.00	0.00	0.00
127	0.19	0.00	0.15	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.48	0.00	1.44	0.00	0.00	1.84	0.00
128	0.15	0.19	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	0.23	0.00	0.23	0.00
129	0.00	0.15	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.24	0.00	0.24	0.00	0.23	0.00	0.00

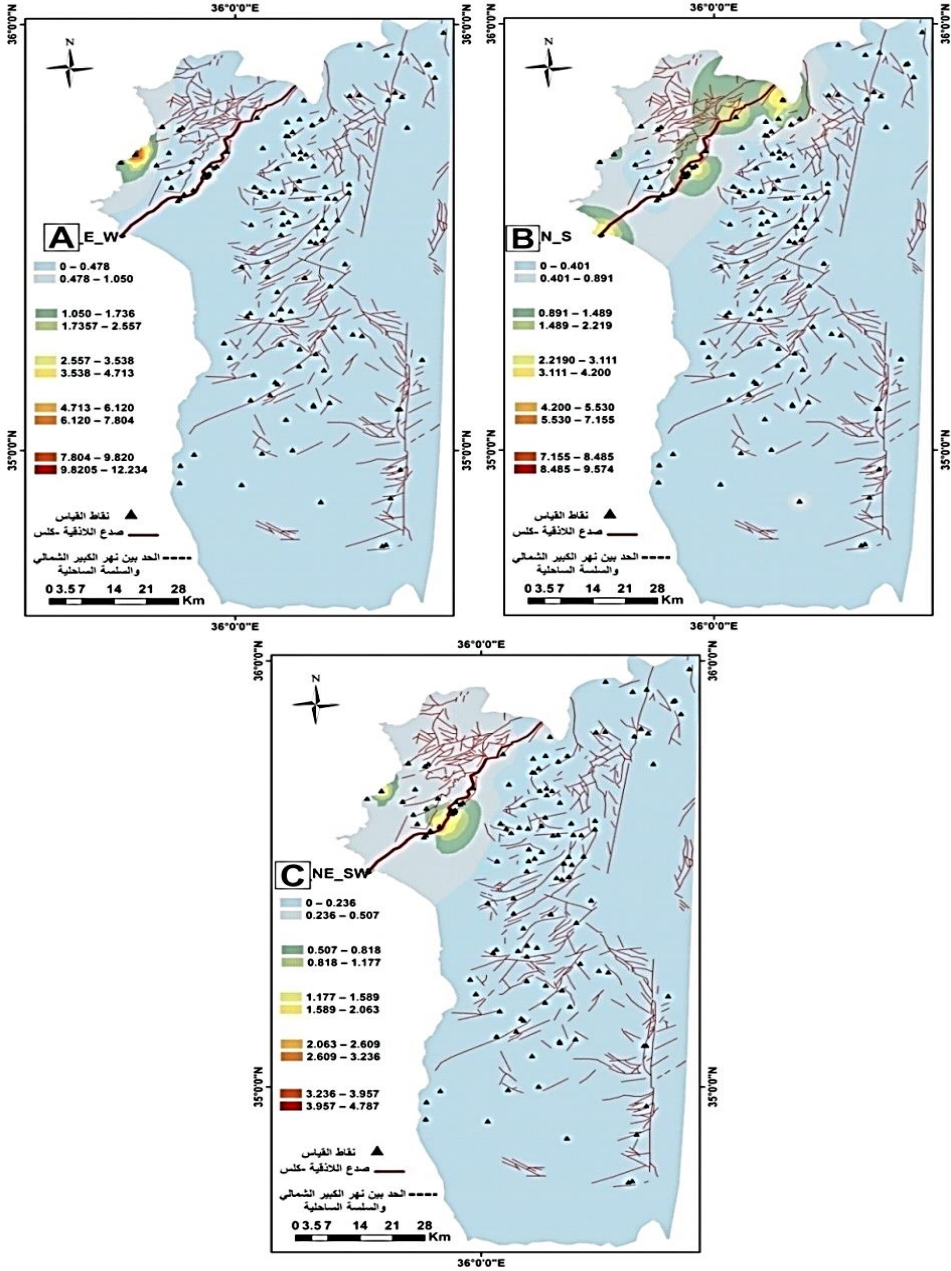
تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق في بنيات غرب سوريا

130	0.34	0.04	0.04	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
131	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
132	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	1.15	0.00	0.00
133	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00
134	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
135	0.95	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
136	0.53	0.00	0.23	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.23	0.00	0.00	0.00
137	0.00	0.08	0.31	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



الشكل 5 - خرائط التوزع المساحي للنسبة المئوية لعدد الفوالق العادية ذات الاتجاهات (A-شرق - غرب B-شمال-جنوب C-شمال شرق-جنوب غرب D-شمال غرب-جنوب شرق) في كل محطة قياس بالنسبة للعدد الكلي للفوالق العادية في كل المحطات. يشير اللون الأحمر للنسب المئوية العالية واللون الأزرق يشير للنسب المئوية المنخفضة.

تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق في بنيات غرب سوريا



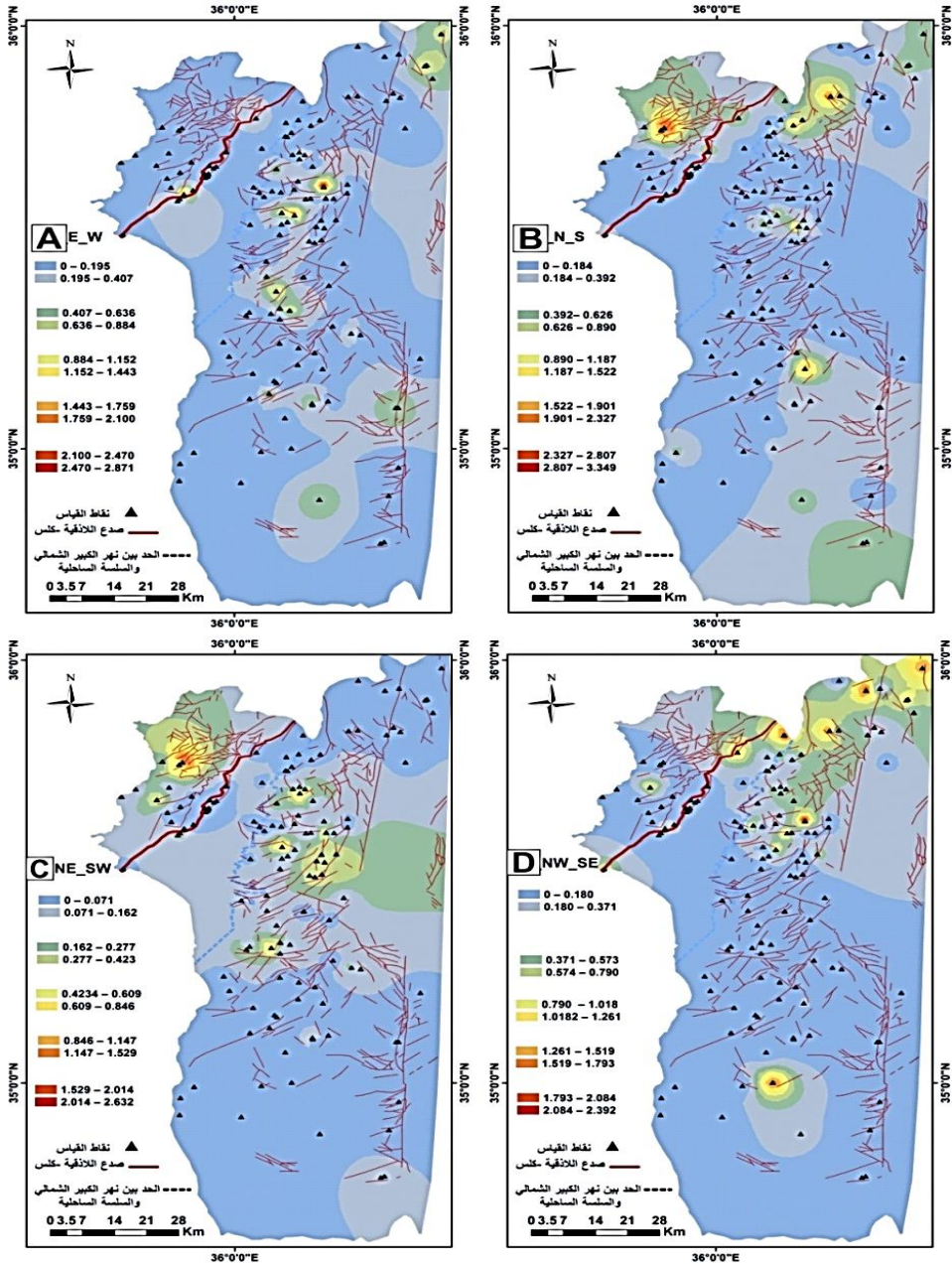
الشكل 6 - خرائط التوزيع المساحي للنسبة المئوية لعدد الفوالق العكسية ذات الاتجاهات (A-شرق- غرب -B- شمال-جنوب -C- شمال شرق-جنوب غرب) في كل محطة قياس بالنسبة للعدد الكلي للفوالق العكسية في كل المحطات. يشير اللون الأحمر للنسب المئوية العالية واللون الأزرق يشير للنسب المئوية المنخفضة.

3-2- تتوزع النسب الأعلى للفوالق اليسارية منها ذات الاتجاه شمال-جنوب في ثلاثة أماكن في أقصى شمال السلسلة الساحلية وفي وسط منطقة الباير- بسيط (الشكل 7-B) وبلغت نسبتها 28% من مجموع الفوالق الإزاحية الجانبية اليسارية المقاسة في المنطقة. بينما توزعت النسب الأعلى للفوالق اليمينية منها ذات الاتجاه شمال-جنوب فقط في ثلاثة أماكن في السلسلة الساحلية ووسط منطقة الباير-بسيط (الشكل 8-B) وبلغت نسبتها 8% من مجموع الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية المقاسة في المنطقة.

3-3- تتوزع النسب الأعلى للفوالق اليسارية منها ذات الاتجاه شمال شرق-جنوب غرب في شمال السلسلة الساحلية وفي وسط منطقة الباير-بسيط (الشكل 7-C) وبلغت نسبتها 16% من مجموع الفوالق الإزاحية الجانبية اليسارية المقاسة في المنطقة. بينما توزعت النسب الأعلى للفوالق اليمينية منها ذات الاتجاه شمال شرق-جنوب غرب فقط في وسط السلسلة الساحلية ومنطقة الباير-بسيط وشمال الفالق المشرقي (الشكل 8-C) وبلغت نسبتها 30% من مجموع الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية المقاسة في المنطقة.

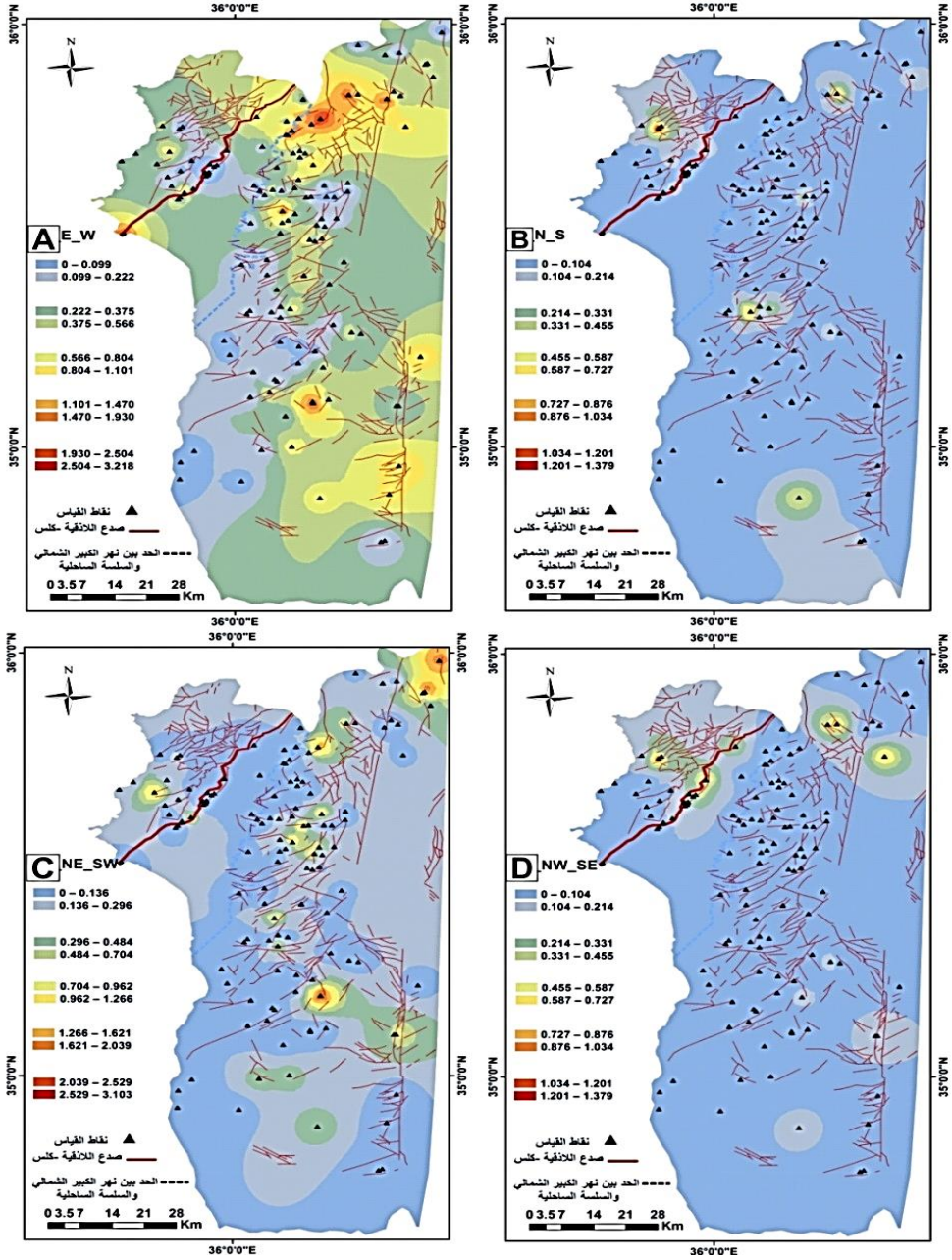
3-4- تتوزع النسب الأعلى للفوالق اليسارية منها ذات الاتجاه شمال غرب -جنوب شرق في عدة أماكن متفرقة من شمال السلسلة الساحلية وفالق اللاذقية-كلس وشمال الفالق المشرقي (الشكل 7-D) وبلغت نسبتها 32% من مجموع الفوالق الإزاحية الجانبية اليسارية المقاسة في المنطقة. بينما توزعت النسب الأعلى للفوالق اليمينية منها ذات الاتجاه شمال غرب -جنوب شرق في موقعين في شمال الفالق المشرقي وفي وسط فالق اللاذقية-كلس (الشكل 8-D) وبلغت نسبتها 9% من مجموع الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية المقاسة في المنطقة.

تبين اتجاهات الفوالق بحسب أنواعها ونسب توزيعها (الشكل 9) أن الفوالق العادية لها عدة اتجاهات بنسب متقاربة مما يعني وجود عدة مراحل تكتونية شديدة أهمها تلك المترافقة مع تشكل الفوالق العادية ذات الاتجاه شرق-غرب، وهي محددة في توضعات الباليوجين والأقدم عمراً مما يقترح لهذه الفوالق عمر أحدث توضعات وجدت فيها أي عمر الباليوجين. بالنسبة للفوالق العادية شمال-جنوب والتي تنتشر بالقرب من الفالق المشرقي ذو الاتجاه شمال-جنوب وفالق اللاذقية-كلس فقد وجدت في توضعات أحدثها عمراً هو الميوسين وبالتالي فإن عمر هذه الفوالق المقترح هو الميوسين أو أحدث عمراً. أما الفوالق العادية شمال شرق-جنوب غرب فتتوزع حول حوض نهر الكبير الشمالي ووجدت في توضعات أحدثها عمراً



الشكل 7 - خرائط التوزيع المساحي للنسبة المئوية لعدد فوالق الإزاحة اليسارية ذات الاتجاهات (A - شرق-غرب -B- شمال-جنوب -C- شمال شرق-جنوب غرب-D- شمال غرب-جنوب شرق) في كل محطة قياس بالنسبة للكلية لفوالق الإزاحة اليسارية في كل المحطات. يشير اللون الأحمر للنسب المئوية العالية واللون الأزرق يشير للنسب المئوية المنخفضة.

تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق في بنيات غرب سوريا



الشكل 8 - خرائط التوزيع المساحي للنسبة المئوية لعدد فوالق الإزاحة اليمينية ذات الاتجاهات (A) - شرق-غرب (B) - شمال-جنوب (C) - شمال شرق-جنوب غرب (D) - شمال غرب-جنوب شرق) في كل محطة قياس بالنسبة لعدد الكلي لفوالق الإزاحة اليمينية في كل المحطات. يشير اللون الأحمر للنسب المنخفضة واللون الأزرق للنسب المنخفضة.

الميوسين حيث وصفت بعضها كفوالق مرافقة للترسيب (Al-Abdalla, 2008) من عمر الميوسين الأوسط.

تبدي معظم الفوالق العكسية اتجاهان موزعان في نطاق فالق اللانقية-كلس هما شمال-جنوب وشمال شرق-جنوب غرب (بين $15^{\circ}N$ و $40^{\circ}N$)، وقد وجد في جميع التوضعات وأحدثها عمراً الأوليغوسين، مما يقترح وجود حركة تكتونية ضغطية معامدة باتجاهها لفالق

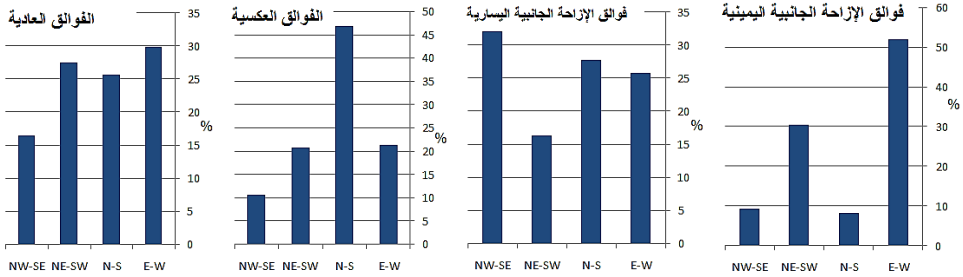
اللانقية-كلس. وكذلك توجد حركة تكتونية ضغطية باتجاه شمال-جنوب أخرى أقل تمثيلاً مترافقة مع تشكل الفوالق العكسية شرق-غرب والمنتشرة في برج إسلام (الشكل 6).

تشكل الفوالق الإزاحية الجانبية ذات الاتجاهات الأعلى تمثيلاً؛ اليسارية-NW SE واليمنية E-W مزدوجة من الفوالق المتقاطعة تحصر اتجاه إجهاد رئيس أعظمي يكون منصفاً للزاوية الحادة في هذه المزدوجة، ويتوافق مع اتجاه الحركة التكتونية الضغطية المعامدة باتجاهها لفالق اللانقية-كلس والمحددة من توجه الفوالق العكسية والمبينة أعلاه. أما ما تبقى من الفوالق الإزاحية الجانبية ذات الاتجاهات الأقل تمثيلاً فتشكل مزدوجات متقاطعة يمينية-يسارية توافق وجود حركات تكتونية ضغطية باتجاهات NNW-SSE و NE-SW.

إن الحركة للفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية شرق-غرب استخدمت الفوالق العادية من نفس الاتجاه في عدة مواقع من عمر الباليوجين كما في اللانقية وشمال السلسلة الساحلية وشمال الفالق المشرقي، وكذلك الحركة للفوالق الإزاحية الجانبية اليسارية باتجاهات مختلفة استخدمت سطوح الفوالق العادية في مواقع متفرقة بأعمار تراوحت من الكريتاسي حتى الباليوجين في السلسلة الساحلية،

تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق في بنيات غرب سوريا

مما يعني أن الحركة الضغطية الإزاحية الجانبية أحدثت عمراً من الباليوجين، وبالتالي فهي من عمر النيوجين عموماً.



الشكل 9 - نسب الفوالق وفق اتجاهاتها في منطقة الدراسة.

الاستنتاجات والتوصيات:

يبين التحليل الإحصائي والمكاني لأنماط الفوالق واتجاهاتها في بنيات غرب سورية ما يلي:

-تشكل الفوالق العادية الفوالق الأكثر انتشاراً في بنيات غرب سورية، وتمتلك جميع الاتجاهات بنسب متقاربة مما يعني وجود عدة مراحل تكتونية شديدة منها في الباليوجين ومنها مرتبطة بتشكيل بنية حوض نهر الكبير الشمالي وانهدام الغاب في الميوسين والبليوسين على التوالي.

- تنتشر الفوالق العكسية حصراً في منطقة البابر-بسيط وفالق اللاذقية كلس وهذا يشير إلى الطبيعة التراكمية لفالق اللاذقية-كلس وسيطرة بنيات ضغطية حوله من عمر الميوسين الأسفل.

- تنتشر الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية واليسارية في شمال وشرق السلسلة الساحلية بالقرب من نطاق الفالق المشرقي وانهدام الغاب وبشكل أقل في نطاق فالق اللاذقية-كلس، وهذا يعود إلى الطبيعة الإزاحية لحقل الإجهاد المرافق لتشكّل الفالق المشرقي بشكل رئيس. وتشكّل أعلاها انتشاراً مزدوجة من الفوالق اليمينية واليسارية المتقاطعة لتحصر اتجاه إجهاد رئيس أعظمي موافق لحركات تكتونية ضغطية باتجاهات NNW-SSE و NE-SW.

يوصي البحث بتوسيع منطقة التحليل الإحصائي ليشمل مناطق شرق الفالق المشرقي (في صُفيحة حلب) لتوضيح توزع الفوالق واتجاهاتها حول نطاق الفالق المشرقي.

المراجع

- 1-ALABDALLA A. *Evolution Tectonique de la Plate-forme Arabe en Syrie depuis le Mésozoïque*. Thèse Doct. Université de Paris6. **2008**.302p.
- 2-AL ABDALLA, A., BARRIER, E., MATAR, A., MULLER, C., *Late Cretaceous to Cenozoic tectonic evolution of the NW Arabian platform in NW Syria*. In: Homberg, C., Bachmann, M. (Eds.), *Evolution of the Levant Margin and Western Arabia Platform since the Mesozoic*. Geological Society, London, Special Publications, 341, pp. **2010**. 305–327.
- 3-BREW, G.,J; BARAZANGI M.; SAWAF T.; AL-IMAM A. AND ZAZA T. *Structure and tectonic development of the Dead Sea Fault System and Ghab Basin in Syria*. Journal of the Geological Society, London, **2001a**, 158, p.665-647.
- 4-FERAUD, G.; GIANNERINI, G.; CAMPREDON, R. *Dyke swarms as paleostress indicators in areas adjacent to continental collision zones: examples from the European and northwest Arabian plates*. In H.C Halls, Fahring, W.F. (Eds), *Mafic dyke swarms*. Geological Association of Canada, special paper, **1987**, p 237-278.
- 5-GIANNERINI; G.; CAMPREDON, R.; FERAUD, G. and ABO ZAKHEM B. *Déformations intraplaques et volcanisme associé: exemple de la plaque arabe au Cénozoïque*. Bull, Soc, Géol., **1988**, 6, p.937-947.

6-HOMBERG, C.; BARRIER, E.; MROUEH, M.; HAMDAN, W.; HIGAZI, F., *New age constraints on the Cenozoic development of the Lebanese structures, central Dead Sea transform.* **2008**, Geology.

7-IKECHUKWU, M. N., EBINNE, E., IDORENYIN, U., & RAPHAEL, N. I. *Accuracy assessment and comparative analysis of IDW, spline and kriging in spatial interpolation of landform (topography): an experimental study.* Journal of Geographic Information System, **2017**. 9(3), 354-371.

8-KIM, H. S., SUN, C. G., & CHO, H. I. *Geospatial big data-based geostatistical zonation of seismic site effects in Seoul metropolitan area.* ISPRS International Journal of Geo-Information, **2017**.6(6), 174.

9-MEI, S. *Structure mapping for the Clear Hills–Smoky River region using well-log data and geo-statistical analysis;* Alberta Energy and Utilities Board, EUB/AGS Earth Sciences Report **2006-04**, 89 p

10-MOUTY, M. *Le Jurassique de la Chaîne Côtière (Jibal As-Sahilyeh) de Syrie : essai de biozonation par les grands foraminifères.* C. R. Acad. Sci. Paris, Science de la terre et des planètes, **1997**. 325, p.207-213.

11-PARROT J.F. *Assemblage ophiolitique du Baer-Bassit et termes effusifs de volcano-sédimentaire.* Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M, **1977**. p72.

- 12-PONIKAROV, V.P. *The geology of Syria. Explanatory Notes on the Geological Map of Syria, scale 1:200 000*. Ministry of Industry, Syrian Arab Republic.1966.
- 13-QUENNEL, A.M. *Evolution of the dead sea rift: A review*. In: A.M. Abed and H.M. Khaled (Editors), *Geology of Jordan*. Proc. Jordanian Geol Soc. Conf., 1st (Amman),**1983**, p.460-482.
- 14-QUENNEL, A.M. *The structural and geomorphic evolution of the Dead Sea Rift*. Q. J. Geol. Soc. London, **1958**, 114, p.1-24.
- 15-RUSKE. *The geology of Syria. Explanatory Notes on the Geological Map of Al-Qrdaha, scale 1:50 000*. Ministry of petroleum and resources of the Syrian Arab Republic.**1978**.
- 16-SETIANTO, A. AND TRIANDINI, T. *Comparison of kriging and inverse distance weighted (IDW) interpolation methods in lineament extraction and analysis*. Journal of Applied Geology, **2013**. 5(1).