

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 46 . العدد 4

1445 هـ - 2024 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

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

مدير مكتب مجلة جامعة البعث

د. إبراهيم عبد الرحمن

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 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 (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.
مثال على ذلك:

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
32-11	إيمان الحسون د. صبا ناصيف د. هزار القصير	تحديد أيونات النحاس في الماء باستخدام مساري الغرافيت المعدلة عن طريق الترسيب الكهربائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين).
62-33	د. عبد الكريم العبد الله د. خديجة عثمان	تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق والإجهادات المرافقة في شمال الفالق المشرقي
80-63	د. محسن شيبه رنا محمد	دراسة التقوس الهولومورفي في الفضاءات شبه الكيلرية الخاصة
98-81	د. نجوى أحمد نجوم	استخدام مصفوفات بيرجرين لتوليد ثلاثيات فيثاغورية بوسيط وحيد وتطبيقاتها في التشفير
124-99	احمد عتون د. عبلة الزعبي د. ناصر سعد الدين	تحضير أفلام رقيقة من أولمينات الكوبالت ودراسة بعض خصائصها الفيزيائية

148-125	<p>سليمان سمير الرضوان د. علي شحود د. رافع محسن</p>	<p>دراسة بتروغرافية وكيميائية للتوضعات الفوسفاتية المتكشفة في منطقة الصوانة، السلسلة التدمرية الجنوبية</p>
170-149	<p>د. سهى علي سلامة</p>	<p>بعض الخصائص لمسافة Carnot_ Carathéodory على زمرة هايزنبرغ</p>

تحديد أيونات النحاس في الماء باستخدام مساري الغرافيت المعدلة عن طريق الترسيب الكهربائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين).

جامعة البعث- كلية العلوم

إجازة في الماجستير: إيمان الحسون.

الدكتورة: صبا ناصيف. الدكتورة: هزار القصير

الملخص:

نظراً لسمية التراكيز العالية من أيونات النحاس في الماء، تم تحضير مساري الغرافيت المعدلة بالترسيب كهروكيميائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين) لاستخدامها كحساس انتقائي لأيونات النحاس، حيث تم اصطناع البوليمر في خلية غير مقسمة تتكون من مسرى عامل من الغرافيت ومسرى مساعد من الزنك، حيث تم إجراء التفاعل عند درجة حرارة الغرفة وباستخدام بيروكلورات الأمونيوم ككهرليت داعم، $0,2\text{mol}$ حمض الكلور الماء. تم توصيف البوليمر الناتج باستخدام مطياف FT-IR و DXR والمجهر الإلكتروني (SEM). وكنتيجة لترسيب البوليمر على سطح المسرى تم استخدامه كحساس كهروكيميائي، حيث أبدى حساسية لأيونات النحاس عند درجة حرارة الغرفة، كما أبدى انتقائية لشوارد النحاس مقارنة مع بعض الأيونات الأخرى المنحلة في الماء.

الكلمات المفتاحية: مسرى معدل، حساس كهروكيميائي، بلمرة كهروكيميائية، بلمرة مشتركة.

Determination of copper ions in water using graphite electrodes modified by electrodeposition of Poly [aniline-Co-(O-toluidine)].

University of Al- Baath – College of Science

Iman Al Hasoon

prof. Seba Nassif

prof. Hazar Alksair

Abstract:

Due to the toxicity of high concentrations of copper ions in water, a modified graphite electrode was prepared by electrochemical deposition of poly[aniline-Co-(O-toluidine)] to be used as a selective sensor for copper ions. The polymer was synthesized in an undivided cell consisting of a graphite electrode as an anode and a zinc electrode as a cathode. The reaction was carried out at room temperature, using ammonium perchlorate as a supporting electrolyte, 0.2 mol hydrochloric acid. The polymer was characterized by FT-IR and DXR spectrometers and scanning electron microscopy (SEM). As a result of the deposition of the polymer on the surface of the electrode, it was used as an electrochemical sensor, as it showed sensitivity to copper ions at room temperature, and showed selectivity for copper ions compared to some other ions dissolved in water.

Keywords : Modifier electrode, electrochemical sensor, electrochemical polymerization, copolymerization.

1. المقدمة:

يوجد النحاس على نطاق واسع في البيئة بحيث يتم استخدامه للعديد من الأغراض الصناعية والزراعية والمنزلية. يعتبر النحاس عنصراً أساسياً للإنسان ولكنه سام عند مستوى تركيز عالٍ [1-2]. ومن المعروف أنه يسبب أمراض الجهاز الهضمي، ومرض ويلسون، ونقص السكر في الدم، وعسر القراءة، وتراكم أيونات النحاس في السيتوبلازم العصبي يسبب مرض الزهايمر [3-4]. بسبب التأثيرات السامة للنحاس، فإن اكتشافه بتراكيز منخفضة أمر مرغوب فيه للغاية [5]. هناك عدة طرق للكشف عن أيونات النحاس مثل مطيافية الامتصاص الذري [6-7]، قياس الفولتميتر الحلقي [8]، والكروماتوجرافيا الأيونية [9]. معظم هذه التقنيات حساسة وفعالة، ولكن معظم هذه التقنيات معقدة وضخمة ومكلفة وغير مناسبة لتحليل أعداد كبيرة من العينات البيئية، وتتطلب وقتاً طويلاً للتحليل. نظراً لأهمية الكشف عن آثار النحاس في عينات الطعام والماء، فقد تم تطوير أجهزة استشعار صغيرة محمولة [10]، مثل الأجهزة الكهروكيميائية (الفولتمترية، والأمبيرومترية، وأجهزة قياس الجهد). تعتمد كفاءة أجهزة قياس الجهد الكهربائي على طبيعة مواد المسرى المستخدمة، حيث تم تحضير العديد من المساري الكهربية المعدلة والتي تتكون من أكاسيد معدنية أو بوليمرات أو مواد كربونية [11]. تم استخدام العديد من البوليمرات الناقلة للتيار الكهربائي، مثل بولي بيرول، بولي ثيوفين، كمواد معدلة لمساري الغرافيت التي تم استخدامها لقياس إمكانية الاستشعار الفعال لأيونات المعادن [12-13]، بسبب الناقلية الكهربية العالية والنشاط الكهربائي [14]، بالإضافة إلى هيكلها المهم الذي يمكن استخدامه في تطبيقات متعددة. مثل البطاريات القابلة لإعادة الشحن والمكثفات الفائقة والخلايا الشمسية [15]، يعد لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين) (P(ANI-CO-OT) أحد أكثر بوليمرات النقل إثارة للاهتمام

تحديد أيونات النحاس في الماء باستخدام مساري الغرافيت المعدلة عن طريق الترسيب الكهربائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين).

نظراً لما يتمتع به من خصائص الأكسدة والإرجاع والتبادل الأيوني واستقرار بيئي ممتاز وسهولة تحضيره كيميائياً من المواد الكيميائية الشائعة [16]. ويعد P(ANI-CO-OT) من البوليمرات الناقلة للكهرباء ذو أهمية عالية في مجال التطبيقات الصناعية مثل: شاشات العرض الكهروضوئية والمكثفات الفائقة وأجهزة الاستشعار الكيميائية والبيولوجية.

2. هدف البحث وأهميه:

تُعد العمليات الكهروكيميائية عمليات كيميائية غير تقليدية تعتمد على إمرار التيار الكهربائي في المحاليل الكيميائية باستخدام مساري خاصة لاصطناع العديد من المنتجات الكيميائية بدلاً من استخدام مواد مؤكسدة أو مرجعة سامة لإنجاز عمليات الأكسدة والإرجاع والحصول على مردود جيد، الأمر الذي يجعل الطرائق الكهربائية أكثر جدوى اقتصادياً بالإضافة إلى كونها طرائق نظيفة وصديقة للبيئة. لذا اهتم البحث بإعادة تدوير مساري الغرافيت المستخرجة من البطاريات التالفة واستخدامها كمسرى عامل في تفاعلات البلمرة الكهربائية.

كما يهدف البحث إلى تعديل سطح مسرى الغرافيت عن طريق الترسيب الكهروكيميائي لبولي P(ANI-CO-OT) على سطح المسرى، ثم استخدام المسرى المعدل للكشف عن أيونات النحاس في العينات المائية.

3. القسم التجريبي:

3.1 الأجهزة و الأدوات المستخدمة:

- 1) جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء FT-IR-4100 من شركة Jasco اليابانية.
- 2) المجهر الالكتروني الماسح Quanta 200.
- 3) جهاز الأشعة فوق بنفسجية و المرئية UV-VIS من شركة jasco model V-530.
- 4) مغذية كهربائية DC (12 V / 3 A)
- 5) مقياس أفوميتر DT9201A

3.2. المواد الكيميائية المستخدمة:

الانيلين و أورتو التولويدين من شركة (Merck) بنقاوة % 98، أسيتونتريل انتاج شركة (Merck) الألمانية، بيروكلورات الامونيوم من شركة (PRS) بنقاوة % 99 و حمض كلور الماء من شركة (Merck) بنقاوة % 37 .

4. القسم العملي:

4.1 اصطناع البوليمر كهروكيميائياً:

تم الاصطناع العضوي الكهربائي للبوليمر المشترك بنسبة 1:1 لكل من المونومرات (الانيلين و أورتو التولويدين) بتحفيز المونومرات كهربائياً باستخدام أنود من الغرافيت و الكاثود من الزنك في خلية تحليل كهربائي غير مقسمة وذلك بإذابة المونومرات في 10ml من الأسيتونيتريل لكل مونومر، كذلك اذيب الكهليلت الداعم بيروكلورات

تحديد أيونات النحاس في الماء باستخدام مساري الغرافيت المعدلة عن طريق الترسيب الكهربائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين).

الامونيوم (1M) في الماء المقطر. تمت إضافة 0.2M من حمض HCl إلى مزيج التفاعل، تم تطبيق كمون كهربائي مقداره 2.5V وشدة تيار قدرها 4.5mA، استخدام محرك مغناطيسي لخلط مزيج التفاعل بشكل صحيح. حيث اجريت البلمرة الكهربائية في جو خامل من الازوت وعند درجة حرارة الغرفة. تم الحصول على البوليمر مترسب على سطح مسرى الغرافيت. تم تنقية البوليمر المترسب على سطح المسرى بغسلها أولاً بحمض كلور الماء 0.2M ثم غسلت بالماء المقطر عدة مرات وتركت لمدة 24 ساعة عرضة للهواء حتى تمام الجفاف.

4.2 تحضير عينات كبريتات النحاس:

تم تحضير سلسلة من عينات كبريتات النحاس $\text{CuSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ بالتركيز التالية:

$$(0.1 - 0.01 - 5 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-5} \text{ M}) \\ 1 \times 10^{-4}$$

وذلك بتحضير محلول أم من كبريتات النحاس أولاً بتركيز 0.1M ثم يؤخذ من العينة السابقة 10ml وتوضع في دورق تحضير سعة 100ml ويتم الحجم حتى 100ml بالماء المقطر وذلك التحضير عينة كبريتات النحاس بتركيز 0.01M تكرر الخطوات السابقة بأخذ أحجام مناسبة لتحضير باقي التركيزات من عينات كبريتات النحاس.

4.3 تحضير عينة مياه الشرب:

حضرت عينة المياه بأخذ 1000ml من عينة مياه الشرب، اضيف إليها 30ml من HNO_3 المركز، تم تبخير المحلول حتى تمام الجفاف، أضيف للبقايا الصلبة 4ml من محلول الماء الملكي (1:3 حمض كلور الماء: حمض الازوت) واتمم حجم المحلول بالماء المقطر حتى 100ml .

تم تنشيط المسرى المعدل وذلك بنقعه بالماء المقطر لمدة ساعة، تم قياس الجهد لعينة الماء المحضرة أعلاه بعد تمديدتها مرة واحدة وبزمن استجابة دقيقة في خلية غلفانية مزودة بمسرى الكالوميل.

4.4 انتقائية المساري المعدلة:

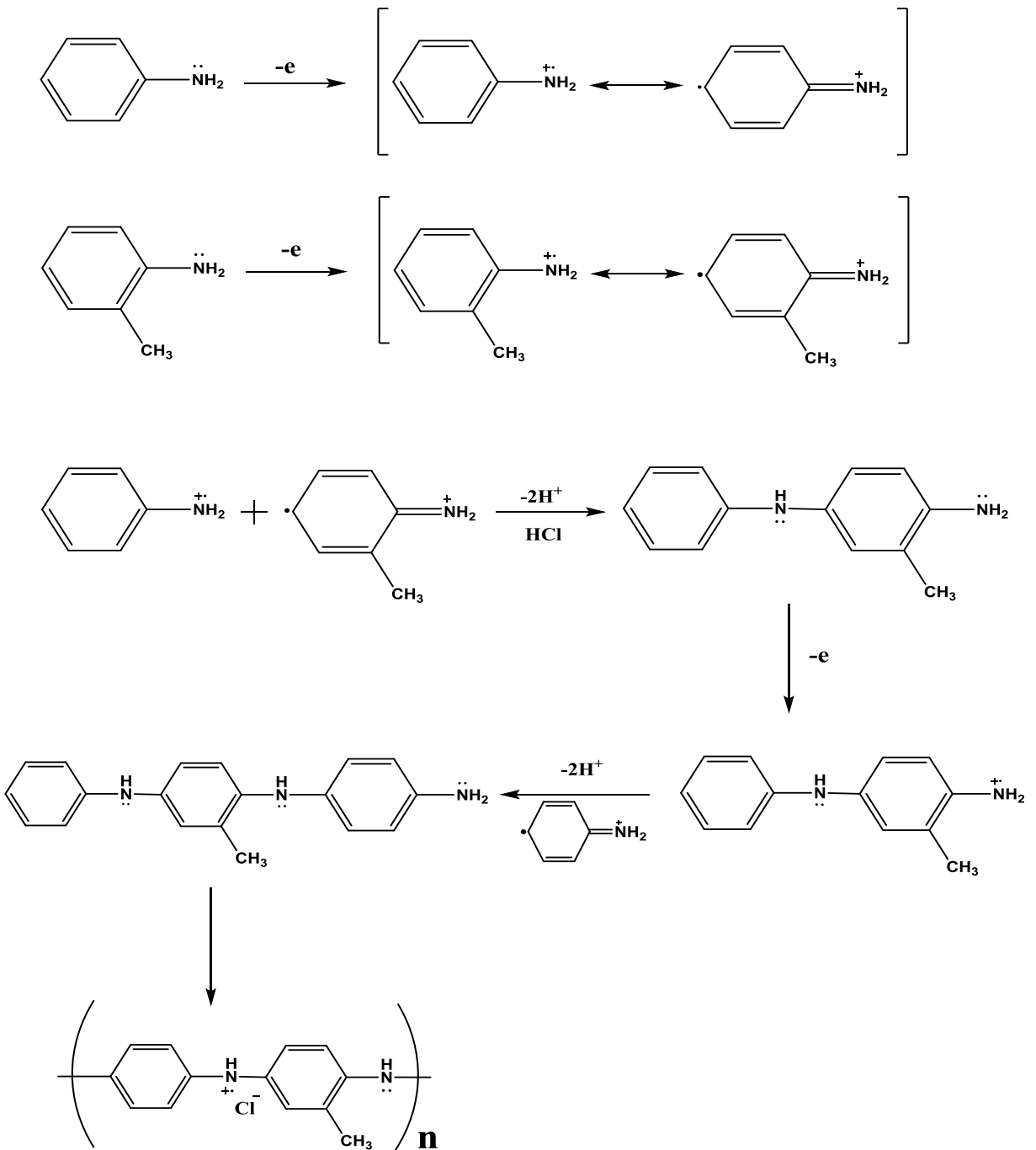
حددت انتقائية المسرى المعدل المنتقي لأيونات النحاس وذلك تجاه بعض الشوارد الموجودة في عينة المياه بطريقة الكمون الموافق Matched Potential Method، حيث اضيف حجم محدد من محلول أيونات النحاس معلوم الفعالية α'_A إلى حجم محدد من محلول عياري من أيونات النحاس ذي فعالية ثابتة α_A ، وتم تسجيل التغير الكموني الموافق. ثم اضيف محلول الشاردة المعيقة B إلى المحلول العياري ذي الفعالية الثابتة وذلك حتى الحصول على التغير الكموني نفسه، ثم حدد تركيز الشاردة المعيقة α_B ، ثم حسب ثابت الانتقائية من العلاقة التالية:

$$K_{a,b} = \frac{\alpha'_A - \alpha_A}{\alpha_B}$$

5. النتائج والمناقشة:

ويوضح الشكل 1 الألية المقترحة لتفاعل البلمرة الكهربية المشتركة:

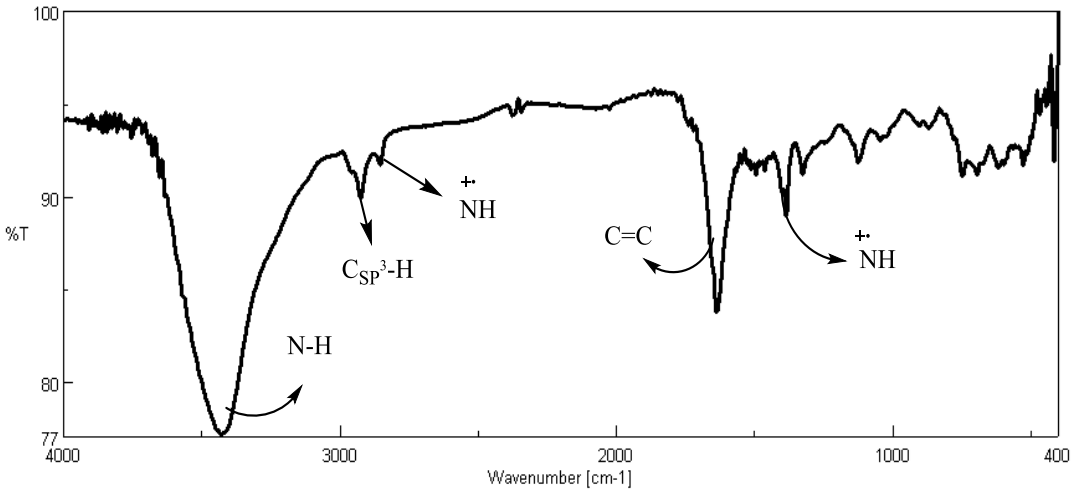
تحديد أيونات النحاس في الماء باستخدام مساري الغرافيت المعدلة عن طريق الترسيب الكهربائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين).



الشكل 1 آلية البلمرة الكهربائي المقترحة للبوليمر المشترك P(ANI-CO-OT)

يلاحظ من الشكل 1 أنه تم أولاً أكسدة المونومرات بطريقة كهربية ثم تليها مرحلة انتشار البوليمر بطريقة كيميائية حيث يتشكل عدد كبير من الراديكالات والتي تتحد مع بعضها بطريقة كيميائية ليتشكل البوليمر (P(ANI-CO-OT)).

تم التأكد من بنية البوليمر (P(ANI-CO-OT)) أولاً باستخدام مطيافية FT-IR، ويعرض الشكل 2 طيف ما تحت الأحمر للبوليمر (P(ANI-CO-OT)).

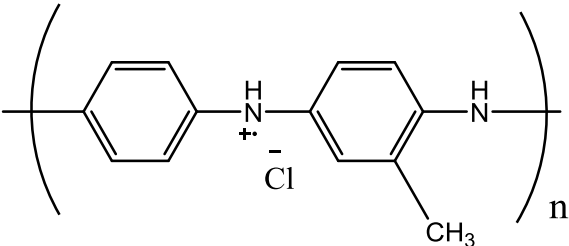


الشكل 2 طيف ما تحت الأحمر للبوليمر المشترك (P(ANI-CO-OT)).

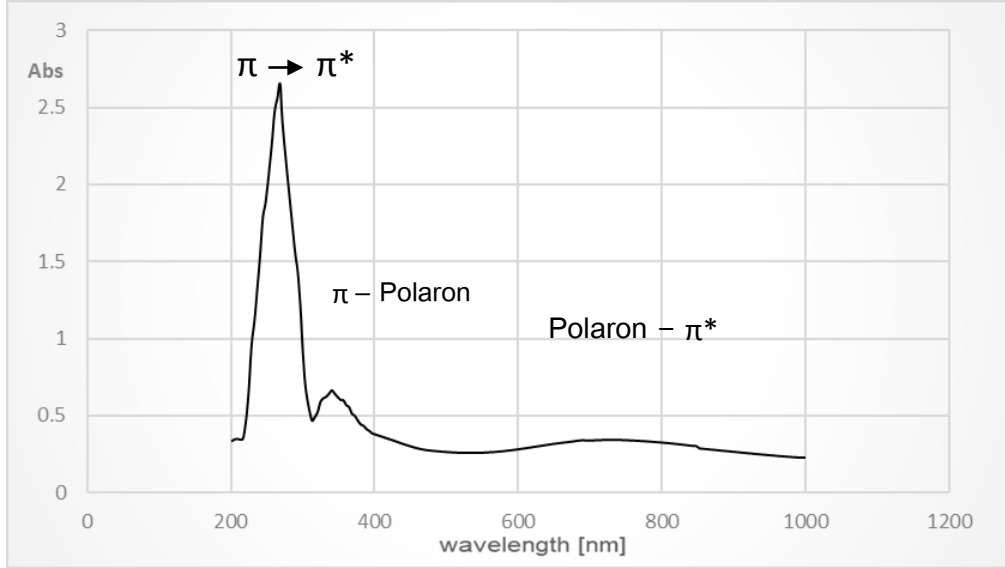
يلاحظ ظهور عصابة الامتصاص الواضح لزمرة N-H عند 3421cm^{-1} كما يلاحظ اختفاء عصابة الامتصاص للزمرة NH_2 في الأمين العطري. وبين الجدول 1 أهم عصابات الامتصاص للزمر والروابط الكيميائية الموجودة في البوليمر المشترك (P(ANI-CO-OT)).

تحديد أيونات النحاس في الماء باستخدام مساري الغرافيت المعدلة عن طريق الترسيب الكهربائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين).

جدول 1 أهم عصابات الامتصاص IR للزمر والروابط الكيميائية الموجودة في P(ANI-CO-OT) .

					
NH^+ (stretch)	NH^+ (bend)	C=C	Csp ³ -H	N-H (stretch)	الزمرة الوظيفية
2858.95	1324.86	1635.34	2924.52	3429.78	العدد الموجي (cm ⁻¹)

ونظراً لعدم قابلية ذوبان البوليمر P(ANI-CO-POT) في المذيبات العضوية الشائعة، تم ترسيبها على صفيحة زجاجية ذات الأبعاد (6.5 and 2.5 cm) المضافة إلى وسط تفاعل البلزمة الكهربائية وذلك لتسجيل طيف الامتصاص الالكتروني UV-Vis. ويعرض الشكل 3 طيف UV-Vis لبوليمر P(ANI-CO-OT) ضمن المجال (200-1000nm).



الشكل 3 طيف UV-Vis لبوليمر P(ANI-CO-OT)

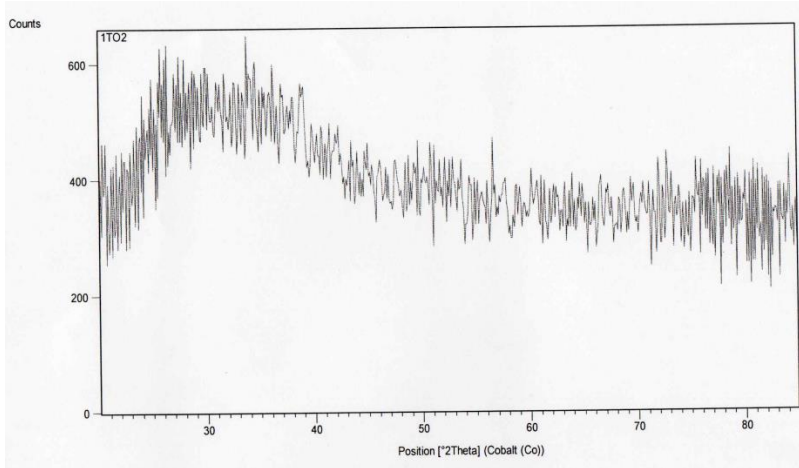
يلاحظ من الشكل 3 ثلاث عصابات امتصاص تعود عصابة الامتصاص الأولى الحادة عند (268nm) لانتقال $\pi - \pi^*$ بينما تعود عصابة الامتصاص الثانية عند (340nm) لانتقال $\pi - \text{Polaron}$ أما عصابة الامتصاص الثالثة الواسعة عند (728nm) تعود لانتقال $\text{Polaron} - \pi^*$. ترتبط عصابة الامتصاص الأولى بالروابط المزدوجة في حلقات الفينيل الموجودة في بنية البوليمر، بينما ترجع عصابة الامتصاص الثانية والثالثة إلى حالة البولارون في P(ANI-CO-OT) الناتج عن تشكل شحنات موجبة عند التحول من الشكل benzenoid إلى quinoid.

تحديد أيونات النحاس في الماء باستخدام مساري الغرافيت المعدلة عن طريق الترسيب الكهربائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين).

جدول 2 الأطوال الموجية العظمى في طيف UV-Vis لبوليمر P(ANI-CO-OT).

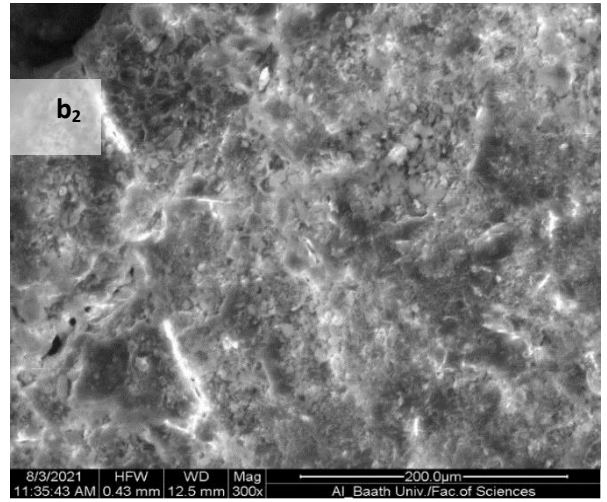
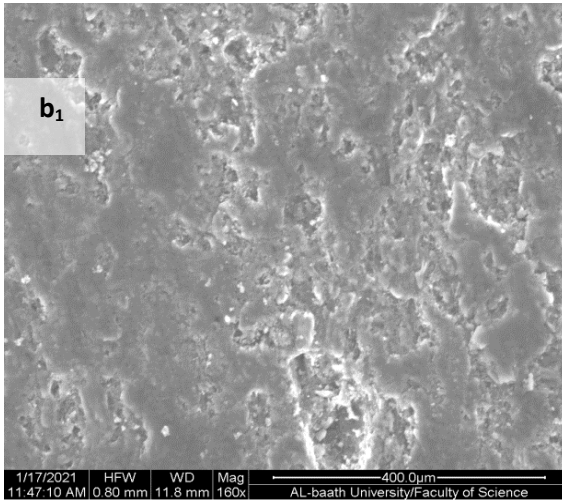
λ_{max} (nm)	Abs	الانتقال الموافق
268	2.65	$\pi - \pi^*$
340	0.663	π - Polaron
728	0.340	Polaron - π^*

كما تم تسجيل مخطط انعراج الأشعة السينية لأغشية البوليمر المشترك P(ANI-CO-OT) وبين الشكل 4 طيف انعراج الأشعة السينية لأغشية P(ANI-CO-OT) يمكن ملاحظة ذروة واحدة واسعة لـ P(ANI-CO-OT) النقي عند $2\theta = 34$ ، وهي قريبة من القيمة الموجودة في المرجع [17]. تشير القمة الواسعة إلى طبيعة P(ANI-CO-OT) غير المتبلورة.



الشكل 4 طيف انعراج الأشعة السينية لأغشية P(ANI-CO-OT).

لتحديد الشكل المورفولوجي لأغشية P(ANI-CO-OT) المترسبة على سطح مسرى الغرافيت بتسجيل مسح المجهر الإلكتروني (SEM). تظهر صورة SEM مسرى الغرافيت المعدل بأغشية P(ANI-CO-OT) الشكل 5b2 بينما يظهر الشكل، 5a1 صورة SEM لمسرى الغرافيت غير المعدل (قبل الترسيب) لغرض المقارنة، يكون شكل سطح مسرى الغرافيت غير المعدل خشناً نسبياً. يتم تغطية هذا السطح الخشن بالبوليمر عند كمون قدره 2V. يلاحظ أن غشاء P(ANI-CO-OT) ذو بنية اسفنجية، والتي يمكن أن تعزى إلى نمو غشاء P(ANI-CO-OT) على سطح الغرافيت في أماكن أكثر من أماكن أخرى.



الشكل 5 صورة SEM b1 مسرى الغرافيت غير المعدل b2 مسرى الغرافيت المعدل بأغشية P(ANI-CO-OT).

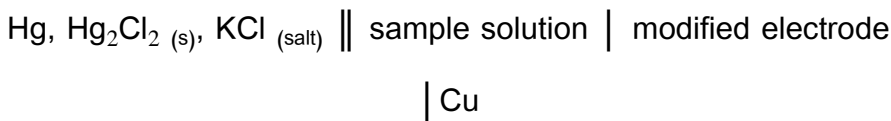
تحديد أيونات النحاس في الماء باستخدام مساري الغرافيت المعدلة عن طريق الترسيب الكهربائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين).

6. الكشف عن أيونات النحاس (II) بواسطة المساري الكهربائية المعدلة:

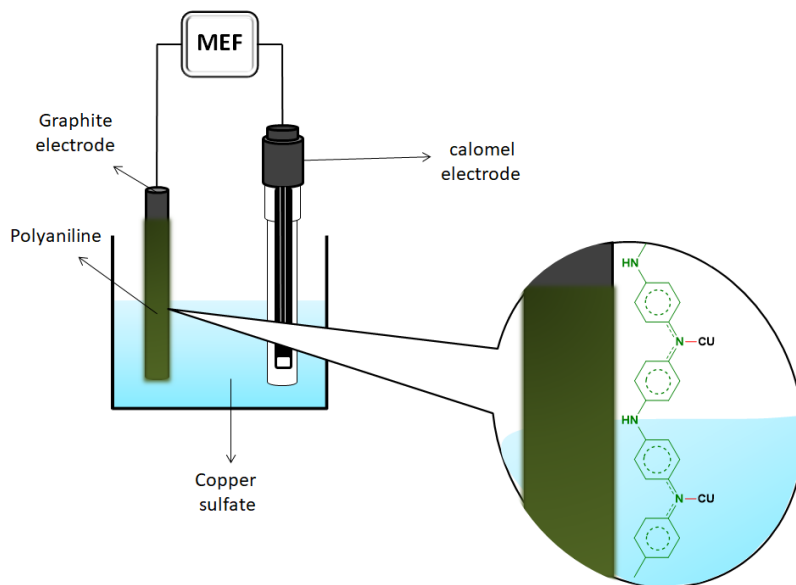
6.1 الكشف عن Cu^{+2} باستخدام مسرى الغرافيت المعدل بـ P(ANI-CO-

OT):

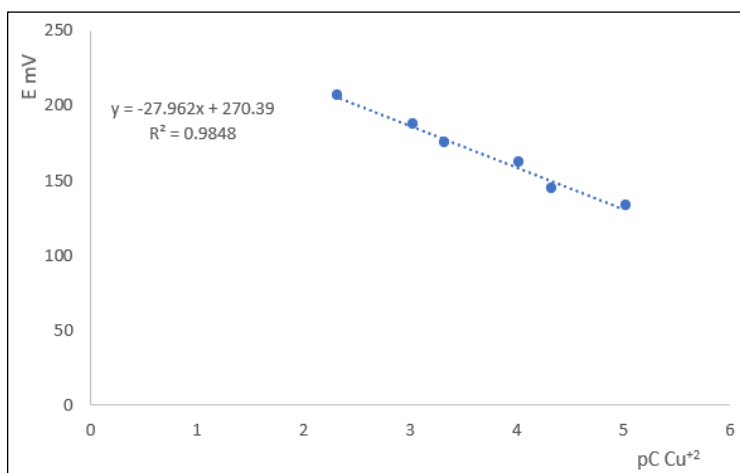
بعد تحضير المسرى المعدل بالبوليمر P(ANI-CO-OT) ونظراً لاحتواء البوليمر على الكاتيون رديكال كان التوجه لاستخدامه كحساس كهروكيميائي، لذلك تم تصميم خلية كهروكيميائية تتكون من مسرى الكالوميل ومسرى الغرافيت المعدل كما هو موضح في الشكل 6، تم غمر المسرى المعدل في محلول يحتوي على تراكيز مختلفة من أيونات النحاس.



أضيفت كميات مختلفة من Cu^{+2} ($1 \times 10^{-2}N$) إلى 50ml من الماء المقطر لتحضير التراكيز (من 1×10^{-3} إلى $1 \times 10^{-8}N$). سجل فرق الكمون، رسم الخط البياني للعلاقة $E=f(pCCu^{+2})$ كما هو موضح في الشكل 7 ، وجد أن قيمة الميل عند استخدام المسرى المعدل 27.962 وأن المسرى الكهربائي المعدل يستجيب لعلاقة نيرنست (E) $(= -27.962pC + 270.39)$ ضمن المجال ($5 \times 10^{-3}M - 1 \times 10^{-5}$).



الشكل 6 الخلية الغلفانية المستخدمة للكشف عن أيونات النحاس

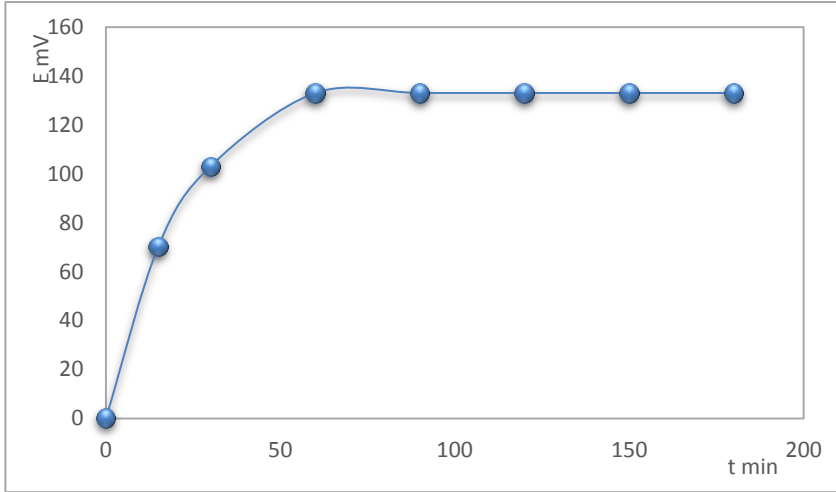


الشكل 7 تغير قيمة الكمون الكهربائي بتغير pCu^{2+}

تحديد أيونات النحاس في الماء باستخدام مساري الغرافيت المعدلة عن طريق الترسيب الكهربائي لبولي (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين).

زمن تنشيط المسرى المعدل:

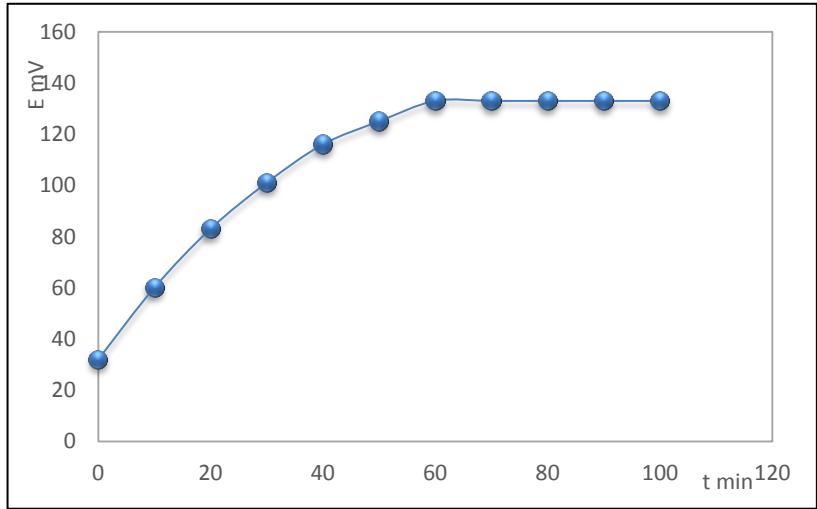
تهدف عملية تنشيط المساري المعدلة إلى تنشيط سطح الأغشية البوليمرية لتشكيل طبقة رقيقة لحدوث عملية التبادل الأيوني، تم تحديد أفضل زمن لتنشيط المسرى المعدل ، P(ANI-CO-OT) في درجة حرارة الغرفة باتباع تغييرات القياس المتكررة لفرق الكمون الكهربائي لمحلول يتكون من أيونات النحاس بتركيز (5×10^{-5}) بتغير الزمن t، وذلك بنقع المسرى الكهربائي المعدل في الماء المقطر خلال الأزمنة (15min, 30min, 1h,) ووجد أن أفضل زمن لتنشيط المسرى المعدل يكون عند نقعه لمدة ساعة واحدة، مما يحقق استجابة خطية ويتم الحصول على أفضل قيمة محتملة في الشكل 8.



الشكل 8 تغير قيمة الكمون الكهربائي بتغير زمن التنشيط

6.2 زمن الاستجابة الفعال:

هو المدة الزمنية اللازمة للحصول على كمون ثابت للمسرى عندما يغمر في المحلول المراد قياس كمونه، كان المسرى المعدل قادر على الوصول إلى الاستجابة الثابتة بسرعة في مجال التركيز بأكمله، يوضح الشكل 9 زمن الاستجابة عند تحديد تركيز محلول أيونات النحاس $5 \times 10^{-5} \text{N}$ هو 60 s.



الشكل 9 تغير زمن الاستجابة الفعال لـ Cu^{+2} عند تركيز $5 \times 10^{-5} \text{N}$.

6.3 تحليل عينات مياه الشرب:

بعد تحضير عينة المياه كما هو مذكور في قسم العملي (تحضير عينة مياه الشرب) تم قياس جهد العينة بواسطة خلية جلفانية مزودة بمسرى الكالوميل وأحد المساري المعدلة وذلك بعد تنشيطها بنقعها في ماء مقطر لمدة ساعة، كانت قيمة الجهد عند استخدام المسرى المعدل 101.2 mV ومن خلال تطبيق العلاقة $E = -27.962pC +$ (270.39) وجد أن تركيز أيونات النحاس في عينة مياه الشرب هو $7.813 \times 10^{-5} \text{M}$.

6.4 انتقائية المسرى المعدل:

هي خاصية تعبر عن انتقائية الغشاء تجاه شاردة رئيسية بوجود عدد من الشوارد الأخرى التي قد تتداخل كموئياً مع الشاردة المدروسة. دُرس في هذا البحث تأثير بعض الأيونات الموجودة في المياه على استجابة المسرى المعدل عن طريق قياس تداخل قيم الجهد لأنواع مختلفة من الأيونات مثل (Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، S^{2-} ، NO_3^- ، Cl^-) ، ولم تظهر المسرى المعدل أي استجابة لعدد من الأيونات التي يحتمل تداخلها مثل (NO_3^- ، Cl^- ، S^{2-} ، والتي توجد عادة في مياه الشرب. بينما أظهرت المسرى المعدل استجابة لأيونات (Ca^{2+} ، Mg^{2+}) لكنها خارج نطاق استجابة المسرى المعدل لأيونات النحاس، وبالتالي يمكن اعتبار المسرى المعدل انتقائية لأيونات النحاس.

7. الخلاصة والاستنتاجات:

- اصطناع البوليمر المشترك (انيلين-تشاركي-أورتو التولويدين) بطريقة الترسيب الكهروكيميائي للمونومرات على سطح مسرى الغرافيت.
- تم استخدام الكهرباء لتحفيز المونومرات بدلاً من المواد الكيميائية المؤكسدة الضارة بالبيئة.
- تم توصيف البوليمر الناتج بمطيافية الأشعة تحت الحمراء FT-IR و DXR والمجهر الإلكتروني (SEM) ومطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية UV-vis.
- أظهر المسرى المعدل أداءً جيداً وحساسية لأيونات النحاس (II) مع زمن استجابة قدره (60 ثانية).
- يبدي المسرى المعدل انتقائية جيدة لأيونات النحاس من بين الأيونات المحتمل وجودها في عينة مياه الشرب.

8. المراجع:

- [1] S. Liu, X. Li. Colorimetric detection of copper ions using gold nanorods in aquatic environment. *Materials Science and Engineering B* 240 (2019) 49–54
- [2] Z. Dwidjosiswojo, J. Richard, MM. Moritz, E. Dopp, HC. Flemming, J. Wingender. Influence of copper ions on the viability and cytotoxicity of *Pseudomonas aeruginosa* under conditions relevant to drinking water environments. *International journal of hygiene and environmental health* 214.6 (2011) 485–92
- [3] M. Pohanka, Copper and copper nanoparticles toxicity and their impact on basic functions in the body. *Bratisl* 120 (6) (2019) 397–409
- [4] M. Solioz, *Copper and Bacteria*, Springer, Cham, Switzerland, 2018, p. 23
- [5] A.P.S. Gonzales, M.A. Firmino, C.S. Nomura, F.R.P. Rocha, P.V. Oliveira, I. Gaubeur. Peat as a natural solid – phase for copper preconcentration and determination in a multicommuted flow system coupled to flame atomic absorption spectrometry. *Anal. Chim. Acta* 636 (2009) 198–204.

- [6] R.J. González –Álvarez, D. Bellido –Milla, J.J. Pinto, C. Moreno. A handling-free methodology for rapid determination of Cu species in seawater based on direct solid micro-samplers analysis by high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Talanta* 206 (2020) 120249
- [7] M. Kongor, M. Panchal, M. Athar, P.C. Jha, D. Jhala, G. Sindhav, N. Shah, V.K. Jain. Selective fluorescence sensing of Cu (II) ions using calix pyrrole fabricated Ag nanoparticles: A spectroscopic and computational approach. *J. Mol. Liq* 269 (2018) 467–475
- [8] J.L.F.C. Lima, A.O.S.S. Rangel, M.M.S. Roque da Silva. Simultaneous and automatic determination of sodium and magnesium in wine by FIA coupled with dialysis and flow splitting. *Ciencia-e-Technica-Vitivinicola* 9 (1990) 121–129
- [9] A. Ali, H. Shen, X. Yin. Simultaneous determination of trace amounts of nickel, copper and mercury by liquid chromatography coupled with flow-injection online derivatization and preconcentration. *Anal. Chim. Acta* 369 (1998) 215–223
- [10] M. Lin, M.S. Cho, W.S. Choe, Y. Lee. Electrochemical analysis of copper ion using a Gly–Gly– His tripeptide modified

poly(3 -thiopheneacetic acid) biosensor. Biosens. Bioelectron
25 (2009) 28–33

[11] X. -X. Dai, F. -G. Qiu, X. Zhou, Y. -M. Long, W. -F. Li,
Y. -F. Tu. Amino -functionalized mesoporous silica modified
glassy carbon electrode for ultra -trace copper. Anal. Chim.
Acta 848 (2014) 25–31

[12] N. Dubey, C.S. Kushwaha, S.K. Shukla. A review on
electrically conducting polymer bionanocomposites for
biomedical and other applications. Int. J. Polym. Mater. Polym.
Biomater 69(11) (2019) 1–19

[13] S.K. Shukla, C.S. Kushwaha, N.B. Singh. Recent
developments in conducting polymer based composites for
sensing devices. Mater. Today: Proc 4 (2017) 5672–5681

[14] P. Malinowski, I. Grzegorzóka, A. Michalska, K.
Maksymiuk. Dual potentiometric and UV/Vis spectrophotometric
disposable sensors with dispersion cast polyaniline. Solid State
Electrochemistry 14(11) (2010) 2027–37

[15] A. Prună, V. Branzoi, F. Branzoi. Ordered arrays of copper
nanowires enveloped in polyaniline nanotubes. Applied
Electrochemistry 41(1) (2011) 77–81

- [16] I. Michira, R. Akinyeye, V. Somerset, M.J. Klink, M. Sekota, A. Al- Ahmed, P.G. Baker, Iwuoha E. Synthesis. characterisation of novel polyaniline nanomaterials and application in amperometric biosensors. In Macromolecular symposia 255 (2007) 57–69
- [17] Hussein MA, Ganash AA, Alqarni SA. Electrochemical sensor-based gold nanoparticle/poly (aniline-co-o-toluidine)/graphene oxide nanocomposite modified electrode for hexavalent chromium detection: a real test sample. Polymer-Plastics Technology and Materials. 2019 Sep 2;58(13):1423–36.

تحليل التوزع المكاني لبيانات الفوالق والإجهادات المرافقة في شمال الفالق المشرقي

د. عبد الكريم العبد الله*

د. خديجة عثمان**

الملخص

بين التحليل الإحصائي لأنماط الفوالق واتجاهاتها والإجهادات المرافقة لها في شمال الفالق المشرقي سيطرة الفوالق العادية والإزاحية الجانبية على منطقة الدراسة وأن تطور نمط التشوه في منطقة الدراسة محكوم بالإجهاد الشدي والإجهاد الإزاحي الجانبي. تركزت النسب الأعلى لوجود الفوالق العادية في حدود انهدام الغاب الشرقية وجوارها أما الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية واليسارية فكان توزعها المساحي شبه متجانس على كامل المنطقة المدروسة. سيطرت الإجهادات الشدية البليوسينية-الرباعية ذات الاتجاهات شرق-غرب وشمال-جنوب على شرق انهدام الغاب وهضبة حلب المجاورة. فيما سيطر الإجهاد الضغطي ذو الاتجاه شمال شمال غرب-جنوب جنوب شرق المرافق لتشكل الفالق المشرقي وانحرافاته على كامل منطقة الدراسة. توافق الإجهاد الشدي شرق-غرب وشمال-جنوب المرافق لتشكل انهدام الغاب بالاتجاه مع اتجاه الشد في نظام الإجهاد الإزاحي الجانبي للفالق المشرقي وانحرافاته، مشيراً لتحول النظام الإزاحي الجانبي إلى نظام شدي خلال فترات راحة واستقرار نسبي في الحركة الإزاحية الجانبية اليسارية للفالق المشرقي.

كلمات مفتاحية: الفوالق - الفالق المشرقي - السلسلة الساحلية - هضبة حلب - نظام

المعلومات الجغرافي

*أستاذ مساعد في قسم الجيولوجيا بكلية العلوم - جامعة تشرين - سوريا.

abdulkarim.alabdalla@tishreen.edu.sy

** دكتور باحث في مديرية الموارد المائية - اللاذقية - سوريا. Kh.othman.83@hotmail.com

Analysis of the spatial distribution of fault data and the associated stresses in the northern Levant Faults

Dr. Abdulkarim Al Abdalla*

Dr. Khadija Othman**

Abstract

The Statistical analysis of the faults types, its directions and the accompanying stresses in the northern Levant Fault showed that normal and strike-slip faults dominate the study area and that the evolution of the deformation pattern is controlled by tensional and strike-slip stress. The highest ratios of the presence of normal faults were concentrated in the eastern border of Al-Ghab rift and its vicinity, while the right and left strike-slip faults were almost homogeneous in its distribution over the entire studied area. E-W and N-S Plio-quaternary tensional stresses dominated the eastern Al-Ghab Rift and the adjacent Aleppo Plateau. While NNW-SSE compressional stress, accompanying the formation of the Levantine fault, and its deviations dominated the entire study area. E-W and N-S tensional stresses accompanying Al-Ghab rift formation agree in direction with the direction of tension in strike-slip stress system of the Levant fault and its deviations, which indicate the transference of the strike-slip system into a tensional system during periods of rest and relative stability in the left-lateral movement of the Levantine fault.

Key words: Faults– Levant Fault - Coastal Range- Alepo plateau - GIS.

*Assistant Professor at department of geology, faculty of sciences, Tishreen university-Syria

**Research Doctor at the Directorate of Water Resources - Lattakia – Syria

مقدمة:

تعد الفوالق من أكثر البنيات التشوهية التكرسية انتشاراً، وتصادف في جميع الأجسام الصخرية الرسوبية والاندفاعية 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 البرمي-ترياسي كما في التدمرية إلى النيوجين-رباعي كما في حالة الفالق المشرقي (Quennell 1958, Giannerini et al. 1988). تتميز بنيات غرب سورية بوجود بنية الفالق المشرقي وانهدام الغاب، وهي البنية الأهم في شرق المتوسط.

أهمية البحث وأهدافه: تأتي أهمية هذا البحث من خلال تحديد النمط التكتوني التكرسي السائد والمؤثر في التشكيلات الجيولوجية في بنية الفالق المشرقي وجواره. إن التحليل الإحصائي لتوزيع أنماط الفوالق فيها والإجهادات المرافقة لها يشكل قاعدة في فهم توزيع حقل الإجهاد السائد ونمط الفوالق التي يمكن أن تصادف في حال إجراء دراسات لاحقة كالسيسمية وغيرها من الطرق الجيوفيزيائية التي تحتاج لتفسير بنيوي وكذلك في توقع ميكانيك البؤر الزلزالية في المنطقة والتي تعكس حقل الإجهاد الحالي. وتشكل هذه الدراسة أهمية في توجيه الأعمال الجيوهندسية المرتبطة بإقامة السدود. إن هذا البحث يدرس الفوالق ونمطها ومنشئها في التشكيلات الجيولوجية في شمال الفالق المشرقي ويهدف إلى:

- 1- تحديد التوزع المساحي لأنماط الفوالق واتجاهاتها.
 - 2- تفسير علاقة توزع الفوالق بالبنيات الرئيسة.
 - 3- تحديد التوزع المساحي للإجهاد الرئيس الأعظمي والإجهاد الرئيس الأصغري.
- 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 الفالوق-سمت اتجاه الفالوق والمحددة باستخدام البوصلة الجيولوجية.
 - 2- تقدير العمر الجيولوجي التقريبي للصدوع أو العمر المؤكد من خلال الفوالق المزامنة للترسيب إن وجدت.
 - 3- تحديد نظام الإجهاد كتابع لحركة عائلة من الفوالق المتجانسة.
 - 4- تحليل المعطيات التكتونية إحصائياً ومعالجتها باستخدام برنامج الـ GIS.
- أن معالجة المعطيات باستخدام هذا البرنامج تسهم في تحديد التوزع المساحي لأنماط الفوالق. إن استخدام الـ GIS هو أداة ممتازة في دراسة توزع وتمنطق الفوالق واتجاهاتها. وفي هذا العمل تم استخدام طريقة IDW التحليل المكاني (Inverse Distance Weighting) وهي الطريقة الأنسب في الإحصاء الجيولوجي لتقدير واحد من المتغيرات (Setianto, Ikechukwu et al. 2013, Triandini and Triandini 2017) مثل أنماط الفوالق واتجاهاتها وتعتمد على نوع المتغير والعوامل المحلية التي تؤثر فيه كالليتولوجيا والعمر الجيولوجي. وهي وصف من المجموعات والخصائص التي تساعد في محاكاة التوزع المكاني لها. يجب أن تكون بيانات المحطات على شكل شريحة نقطية ومستمرة 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 (Mei 2006, Kim et al. 2017).

هذا العمل تم استخدام قياسات سطوح الفوالق ذات الأخاديد التي سمحت بحساب نظام الإجهاد كتابع لحركة عائلة من الفوالق المتجانسة، باستخدام طريقة القلب المباشر للمعطيات الموضوعية من قبل (Anglier, 1990). يكون الانزلاق على سطح الفالق مرتبطاً مباشرة بتوجه المحاور الرئيسية لمصفوفة الإجهاد حيث أن: الإجهاد الرئيس المتوسط σ_2 يوجد ضمن سطح الفالق ومعامد للأخاديد، الإجهاد الرئيس الأعظمي σ_1 يصنع زاوية 30° مع الأخاديد ويوجد في مستوى معامد لمستوي الفالق وماراً من الأخاديد (مستوي الحركة)، والإجهاد الأصغر σ_3 يصنع زاوية 60° مع الأخاديد ويوجد في مستوي الحركة. وبذلك يمكن التمييز بين 3 أنماط من الأنظمة التكتونية: شدي حيث σ_1 شاقولي وإزاحي حيث σ_2 شاقولي وضغطي حيث σ_3 شاقولي وذلك في إهليلج الإجهاد.

ان النتائج المستخلصة سابقاً على مستوى كل موقع دراسة تمثل على شكل اتجاهات الإجهادات سواء شديدة أم ضغطية. هذه الاتجاهات تحدد ما ندعوه الطور التكتوني المميز نمط تشوهات وحالة إجهاده. إن حقل الإجهاد الذي يميز الطور التكتوني لا يكون دائماً متجانس فقد توجد بعض الانحرافات في اتجاه الإجهادات محلياً. بشكل عام إن الإطار البنيوي الإقليمي لمنطقة ما يلعب دوراً هاماً في توصيف الطور التكتوني وتفسيره

الإطار الجيولوجي: تقع منطقة الدراسة في شمال غرب سورية وتمتد من مصياف جنوباً حتى لواء اسكندرون شمالاً ومن البحر غرباً وحتى هضبة حلب شرقاً (الشكل 1)، وذلك ضمن رقعة اللاتقية-حماء الجيولوجية بمقياس 1/200000. تتألف منطقة الدراسة من وحدات بنيوية رئيسة أهمها نطاق الفالق المشرقي وانهدام الغاب تحيط به وحدات السلسلة الساحلية ومنطقة البابر- بسيط وحوض نهر الكبير الشمالي من الغرب وهضبة حلب من الشرق.

الفالق المشرقي: هو البنية الأوضح مورفولوجياً في سوريا ويفصل السلسلة الساحلية عن هضبة حلب. وهو نطاق نشط زلزالياً ذو اتجاه شمال-جنوب يمتد حوالي 800 كم من خليج العقبة جنوباً وحتى جبال طوروس شمالاً (Quennell, 1958). تنتقل الصفيحة 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 انهدام الغاب، يتفرع الفالق في جنوب الغاب إلى فرعين الفرع الغربي يتابع في تركيا شمالاً ليشكل الحد الشرقي لحوض العمق. في شمال شرق انهدام الغاب يتفرع عن الفالق المشرقي فالق عفرين باتجاه الشمال الشرقي. إن عمر ظهور الفالق المشرقي بدقة هو موضع جدل علمي ولكن على اختلاف الآراء حوله فإن جميعها تتفق على عمر النيوجين (Freund et al. 1987, Giannerini et al. 2010, Homberg et al. 2008, AlAbdalla et al. 2010). إن الإزاحة الكلية على جنوب الفالق هي 107 كم، وهي تقسم إلى 62 كم، حدثت في الأوليغوسين-ميوسين أسفل و 45 كم حدثت في البليوسين-حالي (Quennell, 1983)، بينما اعتبر (Brew et al. 2001) أن الإزاحة على الجزء الشمالي هي 20-25 كم منذ الميوسين الأعلى.

انهدام الغاب: هو حوض من نموذج بول-أبارت من عمر البليو-رباعي بطول 60 كم وعرض وسطي 15 كم يفصل بين البلاتفورم الرسوبية للسلسلة الساحلية عن مثلتها في صفيحة حلب (Brew et al. 2001). يضيق جنوب الغاب نسبياً وينتهي بحوض مصيف أما شماله فيتحول إلى تحت حوضين مفصولين ببلوك الجبل الوسطاني وهما حوض سهل الروح وحوض فالق جسر الشغور. تملئ هذا الحوض توضعات قارية (Ponikarov, 1966) وتتوضع على الصخور الأقدم بعدم توافق. يتميز الحوض بنشاط بركاني في شماله حيث عدد من البراكين والتدفقات البازلتية

متوزعة حول جبل الوسطاني وغرب جبل الزاوية. يتميز الحدان الشرقي والغربي للحوض بفوالق عادية باتجاهات N-S. تبين المعطيات السيسمية أن الفالق العادي الرئيس يوجد على الحد الشرقي للحوض ومميز بحركة إزاحية يسارية (Brew et al. 2001) وأن قاعدة الحوض توجد على أعماق متفاوتة من أكثر من 3000م في الجنوب حتى أقل من 500م في الوسط ثم أكثر من 1000م في الشمال.

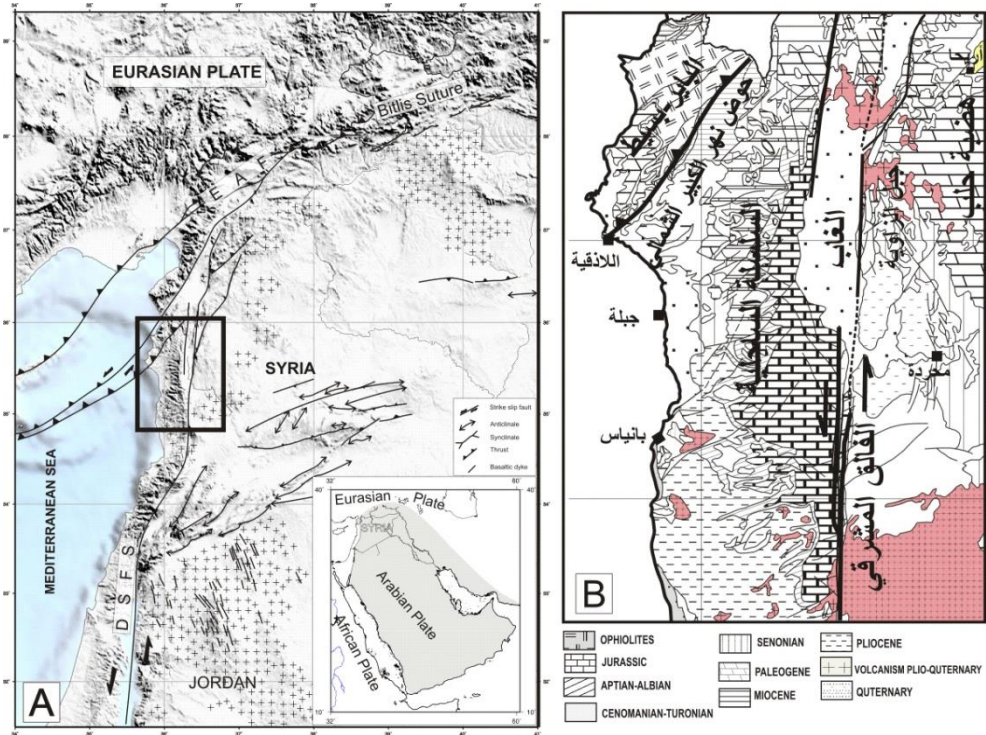
السلسلة الساحلية: هي عبارة عن محدب ذو محور N-S غير متناظر مقطوع من الشرق بالفالق المشرقي وانهدام الغاب. في شمال السلسلة الساحلية تكون البنية عبارة عن محدب وحيد الميل تميل تشكيلاته الجيولوجية نحو الغرب والشمال الغربي بميول تتراوح من 10-20 درجة. تعد السلسلة الساحلية ستراتغرافياً رسوبات من أعمار تعود للميزوزوي والسينوزوي ومؤلفة من تشكيلات كاربوناتيّة عموماً تتراوح بين الكلس والدولوميت والمارل.

كتلة البايير - بسيط: تتميز بوجود صخور المعقد الأوفولييتي المعتلي على هامش الصفيحة 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-كربناسي (حتى الماسترخيتان) لجبل الأقرع في الشمال ومجموع رسوبي تجاوزي يبدأ من الماسترخيتان الأعلى حتى النيوجين في الجنوب. تقطع صخور المعقد الأوفولييتي شبكة معقدة من الفوالق والشقوق ونطاقات الزحف والتخلع (Parrot, 1977).

حوض نهر الكبير الشمالي النيوجيني: هو حوض نيوجيني رسوبي يتوضع بعدم توافق على الودحتين السابقتين حيث تصل سماكة الرسوبيات الكلسية المارلية والحطامية فيه أكثر من 2000 م (الشكل 1). تتميز منطقة البحث من الناحية التكتونية بوجود نطاق فالقي يقع في جنوب شرق منطقة البايير - بسيط ويعرف باسم فالق اللاذقية - كلس،

الذي يعد بنية رئيسة 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 وهو ذو عمر ميوسين أسفل وإن رسوبيات الميوسين الأوسط لحوض اللاذقية تغطي هذه التشوهات بعدم توافق زاوي.

هضبة حلب: تعد المنطقة الأقل تشوهاً في سوريا حيث تتوضع بين عدة مجالات مشوهة القسم الشمالي من الفالق المشرقي في الغرب والتدمرية في الجنوب وانهدام الفرات في الشرق



الشكل 1- موقع منطقة الدراسة: (A) بالنسبة لشمال الصفيحة العربية في سوريا - (B) خارطة جيولوجية معدلة من معطيات الخرائط الجيولوجية بمقياس 200000/1 مبين عليها الوحدات البنيوية الرئيسية.

ومنطقة عفرين في الشمال الغربي. يعد الغطاء الرسوبي في صفيحة حلب شبه أفقي تتكشف صخور الكريتاسي الأعلى في وسط المحدثات حيث الطيات كبيرة المقياس ذات محاور NE-SW و ESE-WNW. في الجنوب تغيب التشكيلات الرسوبية تحت منخفض حمص البليوسيني وتحت منخفض إدلب التورتوني في الشمال (Ponikarov, 1966) وهذا يظهر أن صفيحة حلب هي انتفاخ ذو محور عام E-W إن السلسلة الساحلية وصفيحة حلب معاً يظهر أن نهوضاً في الصفيحة العربية على جانبي الفالق المشرقي وهي من عمر السينوزوي وسابق لانهدام الغاب (AlAbdalla, 2008). إن بنية جبل الزاوية هي طي ذو محور N-S عموماً غير متناظر مقطوع بالفالق المشرقي وانهدام الغاب ويتميز شمال جبل الزاوية بوجود مخاريط بركانية رباعية.

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

الترياسي-الجوراسي: يعد الترياسي أقدم الصخور المعروفة كتكشفت على السطح حيث حددت للمرة الأولى من قبل Mouty عام 1997 في شرق السلسلة الساحلية وهو مكون من دولوميت رمادي كتلي مع مستويات سميكة من الكلس الدولوميتي من عمر الترياسي الأعلى. أما الجوراسي فتركز تكشفتاه في القسم الشرقي من السلسلة الساحلية مشكّلة قمم الجبال، ويتكون من صخور كلسية قاسية يغطيه دولوميت كتلي رمادي اللون ثم كلس وكلس مارني مع تداخلات غضارية في أعلى الجوراسي (Ponikarov, 1966).

الكريتاسي: تنتشر هذه التشكيلات من القمم الساحلية وفي جنوب هضبة حلب وجبل الزاوية ويمكن تقسيمها إلى: (الأبسيان - ألبيان): تتكون من تناوبات للمارل الدولوميتي الأخضر والحجر الكلسي المارلي ذو اللون الرمادي إلى الرمادي المخضر ؛ السينومانيان : يتكون من تناوب صخور كلسية أو كلسية دلوميتية سميكة التطبيق وصخور كلسية مارلية ومارل. الطبقات الكلسية تأخذ شكل جدران صخرية في الطبيعة؛ التورونيان: و يتألف من مارل كلسي ومارل في الأسفل وطبقات سميكة من حجر كلسي عضوي في الأعلى ؛ السينونيان: يمكن تقسيمه إلى السينونيان الأسفل: تتكون من طبقات رقيقة من المارل تتحول تدريجياً إلى حجر كلسي مارلي، والسينونيان الأعلى المكون من تشكيلات حجر كلسي غلوكوني يكون رملياً في الأسفل وبتجاه الأعلى يحل الحوار مكان الحجر الكلسي.

الباليوجين: يتكشف الباليوجين في منطقة الدراسة إلى الشمال من السلسلة الساحلية وجنوب البابر-بسيط ويشكل أغلب الصخور المتكشفة في هضبة حلب وتتألف التشكيلة بشكل رئيسي من المارل والحجر الكلسي الحواري والحجر الكلسي النموليتي مع الصوان.

النيوجين و الرباعي: ويتكون النيوجين بشكل عام من المارل والحجر السلتي والكونغلوميرا ويتكشف بشكل رئيس في حوض نهر الكبير الشمالي (Ponikarov,1966)، ومن توضعات بركانية بازلتية في جنوب مصيف. أما الرباعي عموماً فينتشر على كامل السهل الساحلي وانهدام الغاب ويتألف بشكل رئيسي من كونغلوميرا وحصى إضافة إلى الرمال والحجر الرملي.

النتائج والمناقشة:

لقد تم تحليل المواقع في تشكيلات من عمر ترياسي حتى الرباعي. بالمجمل 71 موقع قياس تمت تحليلها إحصائياً وهي موزعة جغرافياً على كامل المنطقة المدروسة (الجدول 1- الشكل 2) عدا مكان وجود المعقد الأوفيويتي، وكذلك جنوب السلسلة الساحلية حيث التكتشفات الصخرية قليلة.

بينت نتائج تحليل الـ 71 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 إزاحة جانبية وفوالق عادية في نفس المحطة. تم تحديد الأنماط الثلاثة من الفوالق في المنطقة: الفوالق العادية (1324 فالق) والفوالق العكسية (96 فالق) وفوالق إزاحية جانبية منها 373 فالق إزاحي يساري و365 فالق إزاحي يميني. بلغ عدد الفوالق المقاسة على كامل المنطقة 2158 فالقاً، وكان عدد الفوالق الواسطي في كل محطة 16 فالق. يبين الشكل (2-B) كثافة الفوالق أي نسبة عدد القياسات المأخوذة في كل محطة قياس بالنسبة لعدد الكلي في كامل منطقة الدراسة، (الجدول 1). يعود عدم التجانس في كثافة الفوالق بين محطات القياس عموماً إلى طبيعة توزع التكتشفات الصخرية وحجمها، ولكنه يعكس توزع نسب وجود الفوالق في المنطقة. لقد كانت المنطقة الواقعة في جنوب انهزام الغاب الأقل كثافة بوجود الفوالق المقاسة مع وجود بعض المواقع المتفرقة في شمال الغاب.

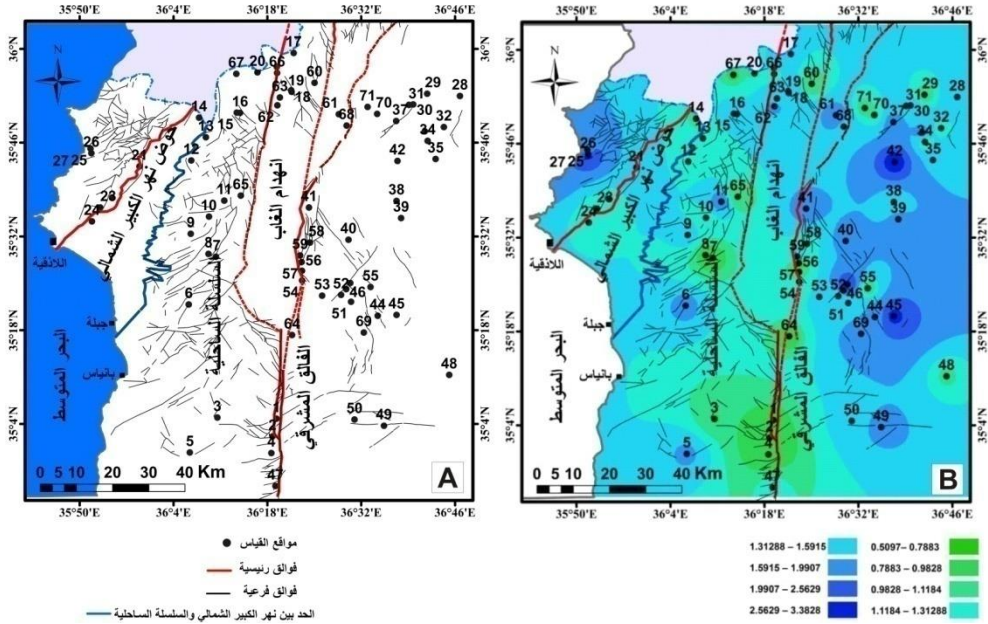
تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق والإجهادات المرافقة في شمال الفالاق المشرقي

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

S	الإحداثيات		عدد الفوالق المقاسة في كل محطة					كثافة عدد الفوالق	نسبة نمط الفوالق في كل محطة			
	خط الطول	خط العرض	عادية	عكسية	يسارية	يمينية	العدد الكلي		عادية	عكسية	يسارية	يمينية
1	36.32288314	35.07981756	12	0	7	1	20	0.9	60.0	0.0	35.0	5.0
2	36.3128894	35.03555958	7	0	1	8	16	0.7	43.8	0.0	6.3	50.0
3	36.17583245	35.08267291	9	0	6	6	21	1.0	42.9	0.0	28.6	28.6
4	36.31003405	34.99415696	11	1	1	5	18	0.8	61.1	5.6	5.6	27.8
5	36.10730397	34.99558464	23	0	8	5	36	1.7	63.9	0.0	22.2	13.9
6	36.10444862	35.3639252	36	0	2	0	38	1.8	94.7	0.0	5.3	0.0
7	36.17214428	35.4826603	8	0	2	7	17	0.8	47.1	0.0	11.8	41.2
8	36.15370346	35.48979869	2	0	10	7	19	0.9	10.5	0.0	52.6	36.8
9	36.10968343	35.53976737	8	0	18	7	33	1.5	24.2	0.0	54.5	21.2
10	36.15489319	35.58259767	6	1	7	10	24	1.1	25.0	4.2	29.2	41.7
11	36.19296457	35.62245364	17	0	22	5	44	2.0	38.6	0.0	50.0	11.4
12	36.11087316	35.722391	15	0	2	10	27	1.3	55.6	0.0	7.4	37.0
13	36.14715994	35.78009293	6	7	3	7	23	1.1	26.1	30.4	13.0	30.4
14	36.13030757	35.82885323	0	13	10	0	23	1.1	0.0	56.5	43.5	0.0
15	36.22389756	35.84136405	9	0	16	14	39	1.8	23.1	0.0	41.0	35.9
16	36.23222568	35.84076919	12	0	4	5	21	1.0	57.1	0.0	19.0	23.8
17	36.36554109	35.98988325	11	0	11	8	30	1.4	36.7	0.0	36.7	26.7
18	36.35940787	35.89698395	5	0	20	32	57	2.6	8.8	0.0	35.1	56.1
19	36.36030016	35.89311733	1	0	11	5	17	0.8	5.9	0.0	64.7	29.4
20	36.27557912	35.94157246	13	0	8	2	23	1.1	56.5	0.0	34.8	8.7
21	35.98218613	35.70750071	23	0	3	5	31	1.4	74.2	0.0	9.7	16.1
22	35.91377662	35.63016823	7	13	0	6	26	1.2	26.9	50.0	0.0	23.1
23	35.88462822	35.60518389	13	7	2	2	24	1.1	54.2	29.2	8.3	8.3
24	35.86380794	35.57068171	20	0	1	4	25	1.2	80.0	0.0	4.0	16.0
25	35.86023875	35.75187766	1	0	10	12	23	1.1	4.3	0.0	43.5	52.2
26	35.86238026	35.74045625	41	3	24	0	68	3.2	60.3	4.4	35.3	0.0
27	35.78635649	35.692986	13	30	0	1	44	2.0	29.5	68.2	0.0	2.3
28	36.77894864	35.88274802	19	0	5	13	37	1.7	51.4	0.0	13.5	35.1
29	36.69757108	35.88845872	5	0	6	7	18	0.8	27.8	0.0	33.3	38.9
30	36.66283095	35.86180876	22	0	8	5	35	1.6	62.9	0.0	22.9	14.3
31	36.6519626	35.86063769	10	5	1	11	27	1.3	37.0	18.5	3.7	40.7
32	36.73905087	35.80555316	10	0	7	8	25	1.2	40.0	0.0	28.0	32.0
33	36.69146165	35.79484559	25	6	3	5	39	1.8	64.1	15.4	7.7	12.8
34	36.69860003	35.77105098	3	0	10	9	22	1.0	13.6	0.0	45.5	40.9
35	36.71851033	35.72606051	19	2	6	6	33	1.5	57.6	6.1	18.2	18.2
36	36.3234713	35.95521903	26	0	0	7	33	1.5	78.8	0.0	0.0	21.2

37	36.62043474	35.82042479	12	0	7	23	42	1.9	28.6	0.0	16.7	54.8
38	36.62138652	35.6217398	18	0	6	2	26	1.2	69.2	0.0	23.1	7.7
39	36.63268896	35.5789095	26	0	4	7	37	1.7	70.3	0.0	10.8	18.9
40	36.50188394	35.52500344	16	0	16	7	39	1.8	41.0	0.0	41.0	17.9
41	36.4034697	35.60530286	31	0	6	6	43	2.0	72.1	0.0	14.0	14.0
42	36.62364701	35.7210823	54	0	10	9	73	3.4	74.0	0.0	13.7	12.3
43	36.50616697	35.41733283	45	0	8	10	63	2.9	71.4	0.0	12.7	15.9
44	36.57451699	35.33577681	23	0	8	6	37	1.7	62.2	0.0	21.6	16.2
45	36.62138652	35.33798908	41	0	13	9	63	2.9	65.1	0.0	20.6	14.3
46	36.49617323	35.40210428	42	0	3	5	50	2.3	84.0	0.0	6.0	10.0
47	36.32030122	34.91208802	11	1	6	8	26	1.2	42.3	3.8	23.1	30.8
48	36.75225688	35.1886779	0	7	10	6	23	1.1	0.0	30.4	43.5	26.1
49	36.59001944	35.06219089	31	0	2	4	37	1.7	83.8	0.0	5.4	10.8
50	36.51685101	35.07765739	27	0	2	2	31	1.4	87.1	0.0	6.5	6.5
51	36.50816598	35.37068801	18	0	0	0	18	0.8	100.0	0.0	0.0	0.0
52	36.48341959	35.38782013	12	0	3	2	17	0.8	70.6	0.0	17.6	11.8
53	36.43630626	35.38591656	29	0	0	0	29	1.3	100.0	0.0	0.0	0.0
54	36.3864187	35.42361619	25	0	0	0	25	1.2	100.0	0.0	0.0	0.0
55	36.55670699	35.40733171	17	0	0	0	17	0.8	100.0	0.0	0.0	0.0
56	36.38616983	35.44782615	22	0	0	0	22	1.0	100.0	0.0	0.0	0.0
57	36.38524626	35.46957914	12	0	0	0	12	0.6	100.0	0.0	0.0	0.0
58	36.40615449	35.5178716	22	0	1	1	24	1.1	91.7	0.0	4.2	4.2
59	36.38154568	35.48604669	35	0	0	0	35	1.6	100.0	0.0	0.0	0.0
60	36.41741334	35.91564407	11	0	0	2	13	0.6	84.6	0.0	0.0	15.4
61	36.47770888	35.83753826	35	0	4	5	44	2.0	79.5	0.0	9.1	11.4
62	36.32509025	35.85948879	38	0	0	0	38	1.8	100.0	0.0	0.0	0.0
63	36.33115788	35.87911934	30	0	0	0	30	1.4	100.0	0.0	0.0	0.0
64	36.36159118	35.28788277	12	0	0	5	17	0.8	70.6	0.0	0.0	29.4
65	36.23405207	35.63480818	11	0	0	0	11	0.5	100.0	0.0	0.0	0.0
66	36.32418833	35.94014628	21	0	1	0	22	1.0	95.5	0.0	4.5	0.0
67	36.2228924	35.938011	19	0	0	0	19	0.9	100.0	0.0	0.0	0.0
68	36.49700631	35.80904421	28	0	3	1	32	1.5	87.5	0.0	9.4	3.1
69	36.54005076	35.29406937	43	0	3	0	46	2.1	93.5	0.0	6.5	0.0
70	36.57314906	35.83819261	22	0	0	0	22	1.0	100.0	0.0	0.0	0.0
71	36.54935445	35.8554437	17	0	2	0	19	0.9	89.5	0.0	10.5	0.0

تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق والإجهادات المرافقة في شمال الفالاق المشرقي



الشكل 2- توزيع محطات القياس في منطقة الدراسة (A) ونسبة عدد الفوالق المقاسة في كل محطة قياس بالنسبة للعدد الكلي لجميع القياسات في منطقة الدراسة (B) حيث العدد الكلي للفوالق هو 2158 قياس.

التوزيع المساحي لأنواع الفوالق: سيطرت الفوالق العادية على نمط التشوه التكرسي فقد بلغت نسبتها في منطقة الدراسة (61.36%) فيما كانت الفوالق العكسية نادرة وبلغت نسبة (4.44%) فقط، أما الفوالق الإزاحية الجانبية فكانت حاضرة بنسبة تزيد عن 34% منها (16.91%) فوالق إزاحية يمينية و(17.28%) فوالق إزاحية يسارية. يمكن القول أن تطور نمط التشوه في منطقة الدراسة محكوم بالإجهاد الشدي والإجهاد الإزاحي الجانبي.

يظهر الشكل 3 خرائط التوزيع المساحي للفوالق بمختلف أنواعها، ويبين ما يلي: تتوزع النسب الأعلى للتوزيع المساحي للفوالق العادية في جنوب شرق انهزام الغاب من قلعة المضيق في جبل الزاوية إلى منطقة محردة (الشكل 3-A) وفي مناطق متفرقة في شمال انهزام الغاب فيما كان الانتشار الأقل لها في شمال السلسلة الساحلية ومنطقة

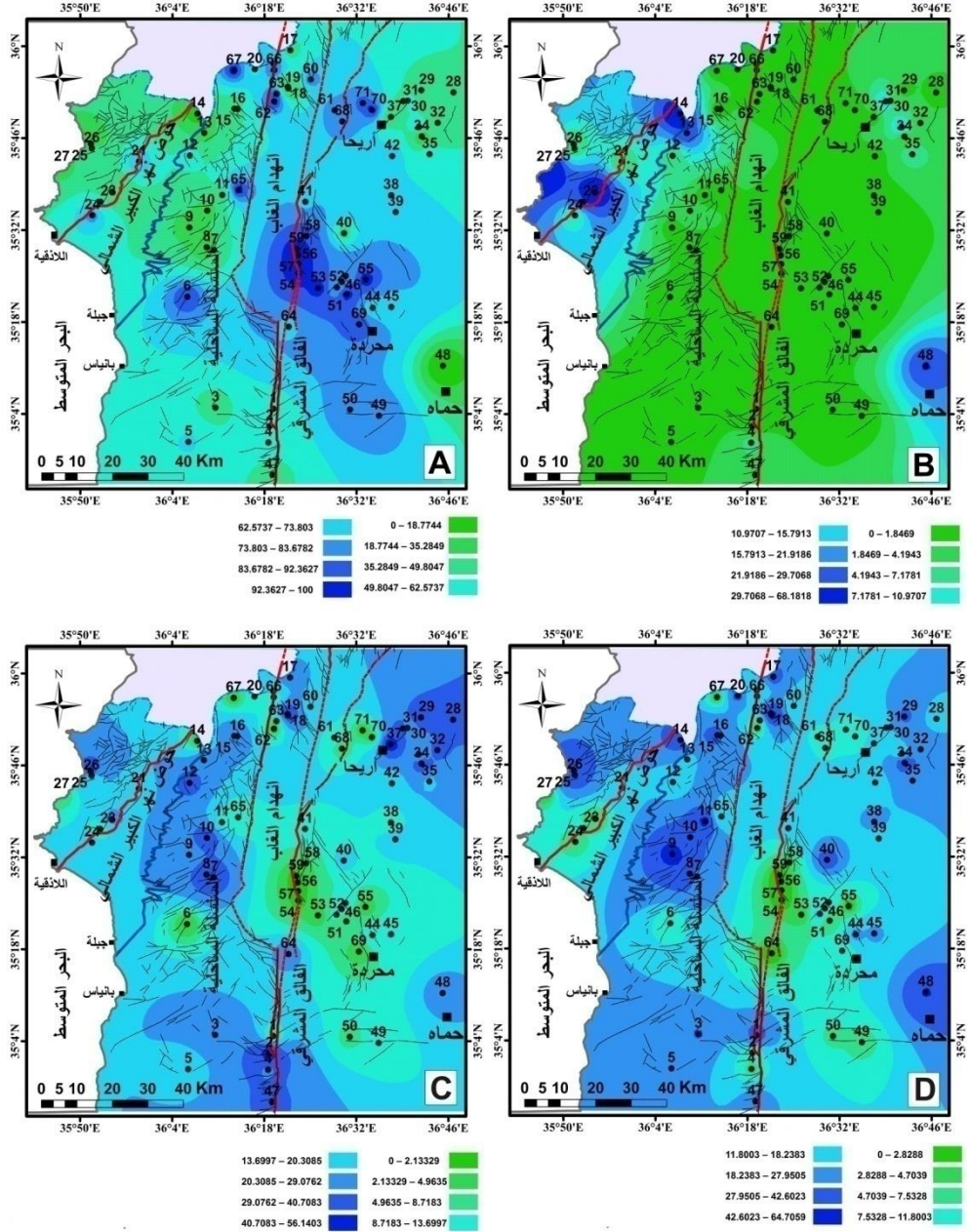
الباير-بسيط. ووجدت هذه الفوالق في تشكيلات رسوبية مختلفة الأعمار أحدثها البليوسين-رباعي، مما يدل على نشاط حديث للفوالق العادية.

-تتوزع الفوالق العكسية حصراً في منطقة الباير-بسيط عند نطاق فالق اللاذقية كلس وفي موقع واحد شمال مدينة حماة (الشكل 3-B). وهذا يشير إلى الطبيعة التراكمية لفالق اللاذقية-كلس وسيطرة بنيات ضغطية حوله، ووجدت الفوالق العكسية في تشكيلات أحدثها عمراً الميوسين الأسفل، مما يفترض عدم نشاطها حالياً في منطقة الدراسة.

-تتوزع النسب الأعلى للفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية في شمال السلسلة الساحلية وجنوبها وفي جنوب انهدام الغاب بالقرب من مصيف وفي شمال جبل الزاوية بين أريحا وسراقب وفيما كانت الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية أقل انتشاراً بين قلعة المضيق ومحرده (الشكل 3-C). ووجدت هذه الفوالق في تشكيلات رسوبية مختلفة الأعمار أحدثها البليوسين-رباعي، مما يدل على النشاط الحديث لها.

- تتوزع النسب الأعلى للفوالق الإزاحية الجانبية اليسارية في أماكن انتشار الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية (الشكل 3-D)، ووجدت في جميع التشكيلات الرسوبية من مختلف الأعمار وأحدثها البليوسين-رباعي، مما يدل على ارتباطها المنشئي الوثيق مع النمط الإزاحي اليميني حول نطاق الفالق المشرقي.

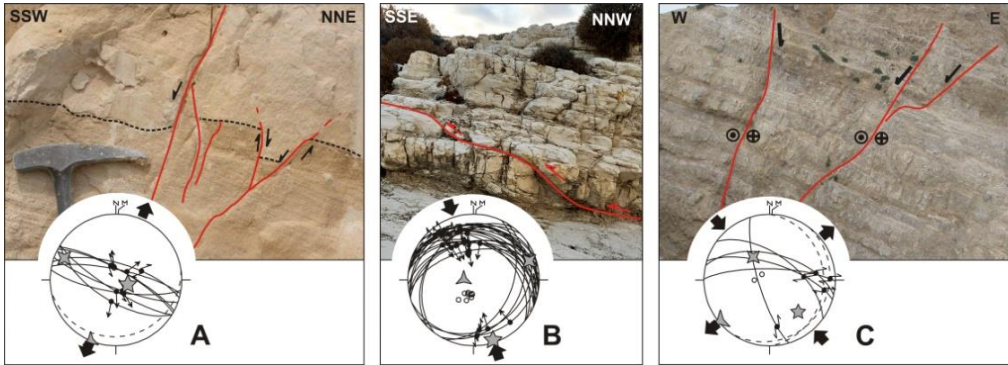
تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق والإجهادات المرافقة في شمال الفالاق المشرقي



الشكل 3- خرائط التوزيع المساحي للنسبة المئوية لعدد الفوالق (A-العادية-B-العكسية-C- الإزاحية الجانبية اليمينية-D-الإزاحية الجانبية اليسارية) في كل محطة قياس بالنسبة للمعد الكلي للفوالق في كل محطة.

التوزع المساحي لاتجاهات الإجهاد الرئيسية σ_1 و σ_3 :

تم حساب نظام الإجهاد من قياسات سطوح الفوالق وأخايدها في منطقة الدراسة (الشكل 4) بالاعتماد على طريقة Anglier (1990)، وتم التمييز بين ثلاثة أنماط من الأنظمة التكتونية في المنطقة: النظام الشدي والنظام الإزاحي والنظام الضغطي. وحددت اتجاهات الإجهاد الرئيس الأعظمي σ_1 الأفقية في النظامين الإزاحي والضغطي والمحسوبة عن طريق تحليل معطيات الفوالق الإزاحية الجانبية والعكسية وحددت اتجاهات الإجهاد الرئيس الأصغر σ_3 لأفقية في النظام الشدي والمحسوبة عن طريق تحليل معطيات الفوالق العادية.



الشكل 4- مثال عن الفوالق المدروسة في منطقة الدراسة: A- فوالق عادية تقطع رسوبات البليوسين-رباعي (المحطة 53) -B- فالق عكسي في توضعات الإيوسين (المحطة 27) -C- فوالق عادية أعيد تنشيطها كفوالق إزاحية جانبية في توضعات الترياسي (المحطة 4). في الأسفل يظهر تمثيل الفوالق على شبكة شميدت (نصف الكرة السفلي) ومحاور الإجهاد الرئيسية (σ_1 ★ و σ_2 ✕ و σ_3 ▲).

تم أيضاً تحليل اتجاهات الإجهادات الشدية والضغطية المحسوبة في كل محطة (الجدول 2) وعرضها على شكل خرائط تظهر التوزع المساحي لاتجاهاتها على كامل منطقة الدراسة.

تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق والإجهادات المرافقة في شمال الفالق المشرفي

الجدول 2- التحليل الإحصائي لاتجاهات الإجهاد الشدي والضعفي في محطات الدراسة. (أعطيت القيمة 1 عند وجود الإجهاد وفق الاتجاه المحدد وأعطيت القيمة 0 عند عدم وجوده).

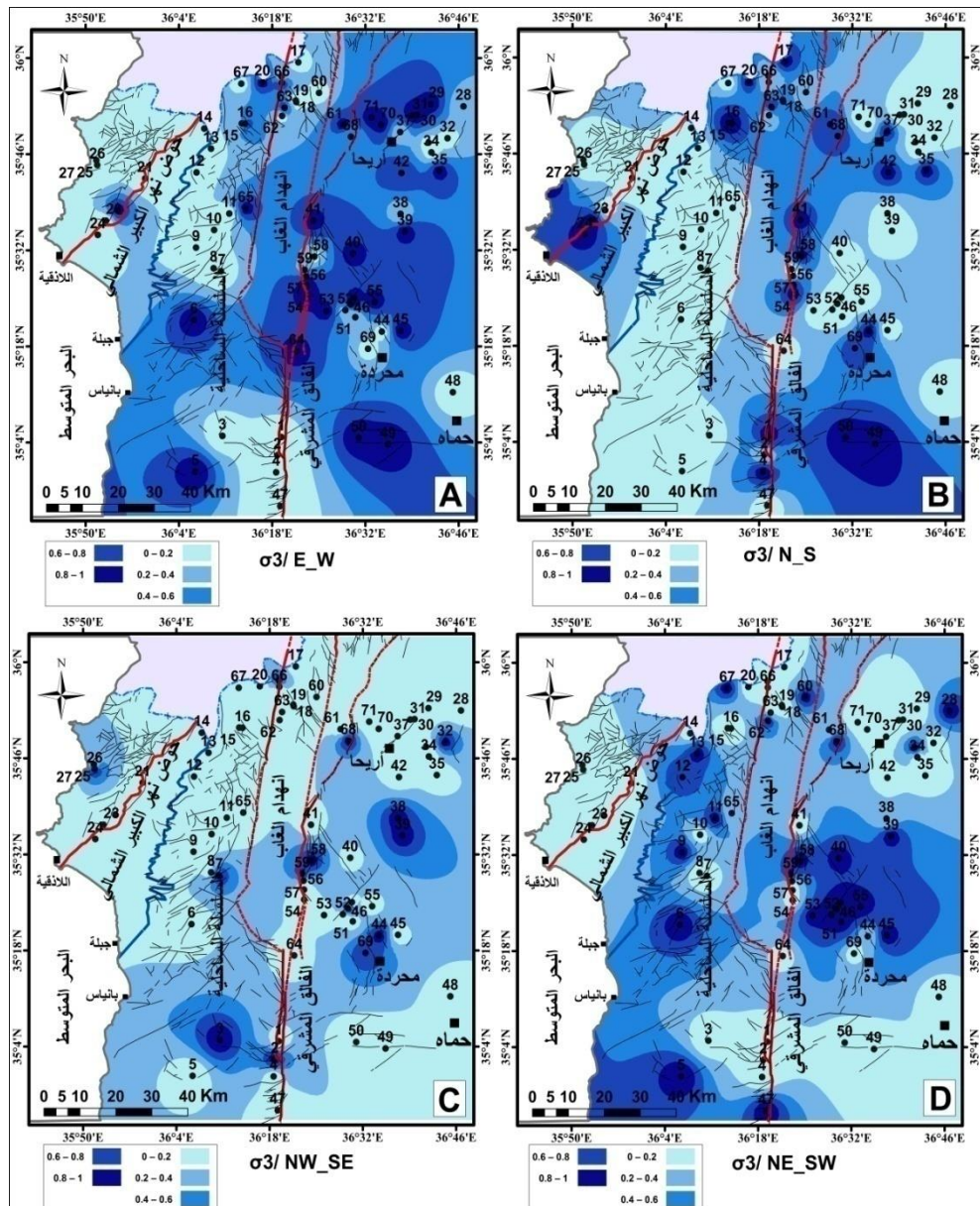
S	الإحداثيات		اتجاهات الإجهاد الرئيس الأعظمي σ_1				اتجاهات الإجهاد الرئيس الأصغري σ_3			
	خط الطول	خط العرض	E_W	N_S	NNW_SSE	NW_SE	E_W	N_S	NE_SW	NW_SE
1	36.32288	35.07982	1	0	0	0	0	1	0	0
2	36.31289	35.03556	1	0	0	0	0	0	0	1
3	36.17583	35.08267	1	0	0	0	0	0	0	1
4	36.31003	34.99416	0	0	0	1	0	1	0	0
5	36.1073	34.99558	1	0	0	0	1	0	1	0
6	36.10445	35.36393	1	0	0	0	1	0	1	0
7	36.17214	35.48266	1	0	0	0	0	0	0	1
8	36.1537	35.4898	0	0	1	0	0	0	0	0
9	36.10968	35.53977	1	0	0	0	0	0	1	0
10	36.15489	35.5826	1	0	0	0	0	0	0	0
11	36.19296	35.62245	1	0	0	0	0	0	1	0
12	36.11087	35.72239	0	0	1	0	0	0	1	0
13	36.14716	35.78009	1	0	0	1	0	0	1	0
14	36.13031	35.82885	1	0	0	1	0	0	0	0
15	36.2239	35.84136	0	0	1	1	0	1	0	0
16	36.23223	35.84077	0	0	1	0	1	1	0	0
17	36.36554	35.98988	1	0	0	0	0	1	0	0
18	36.35941	35.89698	1	0	0	0	0	1	0	0
19	36.3603	35.89312	1	0	0	1	0	0	0	0
20	36.27558	35.94157	1	0	0	0	1	1	0	0
21	35.98219	35.7075	0	0	1	0	0	0	0	0
22	35.91378	35.63017	1	1	0	0	1	0	0	0
23	35.88463	35.60518	0	1	0	0	0	1	0	0
24	35.86381	35.57068	0	1	0	0	0	1	0	0
25	35.86024	35.75188	0	1	0	0	0	0	0	0
26	35.86238	35.74046	0	0	1	0	0	0	0	1
27	35.78636	35.69299	0	0	1	0	0	1	0	0
28	36.77895	35.88275	0	0	1	0	0	0	1	0
29	36.69757	35.88846	0	1	0	0	1	0	0	0
30	36.66283	35.86181	0	1	0	0	1	0	0	0
31	36.65196	35.86064	0	1	1	0	1	0	0	0
32	36.73905	35.80555	0	0	1	0	0	0	0	1
33	36.69146	35.79485	0	0	1	0	0	0	1	0
34	36.6986	35.77105	0	0	1	0	0	0	0	0
35	36.71851	35.72606	0	1	1	0	1	1	0	0
36	36.32347	35.95522	0	1	0	0	0	0	0	1
37	36.62043	35.82042	0	0	1	0	0	1	0	0

38	36.62139	35.62174	0	0	1	0	0	0	0	1
39	36.63269	35.57891	0	0	1	0	1	0	1	1
40	36.50188	35.525	0	0	1	0	1	0	1	0
41	36.40347	35.6053	0	0	1	0	1	1	0	0
42	36.62365	35.72108	0	0	1	0	1	1	0	0
43	36.50617	35.41733	0	0	1	0	1	0	1	0
44	36.57452	35.33578	1	0	0	0	0	1	0	1
45	36.62139	35.33799	0	0	1	0	1	0	1	0
46	36.49617	35.4021	0	0	1	0	1	0	1	1
47	36.3203	34.91209	1	0	0	1	0	0	1	0
48	36.75226	35.18868	0	0	0	1	0	0	0	0
49	36.59002	35.06219	0	1	0	0	1	1	0	0
50	36.51685	35.07766	0	0	1	0	1	1	0	0
51	36.50817	35.37069	0	0	0	0	0	0	1	0
52	36.48342	35.38782	0	0	0	0	0	0	1	0
53	36.43631	35.38592	0	0	0	0	1	0	1	0
54	36.38642	35.42362	0	0	0	0	1	1	0	0
55	36.55671	35.40733	0	0	0	0	1	0	1	0
56	36.38617	35.44783	0	0	0	0	1	1	0	0
57	36.38525	35.46958	0	0	0	0	1	0	0	0
58	36.40615	35.51787	0	0	0	0	0	1	1	1
59	36.38155	35.48605	0	0	0	0	0	0	1	1
60	36.41741	35.91564	0	0	0	0	0	0	1	0
61	36.47771	35.83754	0	0	0	0	1	1	0	0
62	36.32509	35.85949	0	0	0	0	0	0	1	0
63	36.33116	35.87912	0	0	0	0	1	1	0	0
64	36.36159	35.28788	0	0	0	0	1	0	0	0
65	36.23405	35.63481	0	0	0	0	1	0	0	0
66	36.32419	35.94015	0	0	0	0	1	0	0	0
67	36.22289	35.93801	0	0	0	0	0	0	1	0
68	36.49701	35.80904	0	1	0	0	0	1	1	1
69	36.54005	35.29407	0	0	0	0	0	1	0	1
70	36.57315	35.83819	0	0	0	0	1	0	0	0
71	36.54935	35.85544	0	0	0	0	1	0	0	0

يبين تحليل التوزع المساحي للإجهادات الشدية (اتجاه الإجهاد الرئيس الأصغري 03) وفق اتجاهاتها ما يلي (الشكل 5):

-يسيطر الإجهاد الشدي ذو الاتجاه شرق-غرب على معظم هضبة حلب وانهدام الغاب فيما يكون أقل حضوراً في شمال السلسلة الساحلية ومنطقة الباير-بسيط. ويكون متركزاً بشكل واضح في شرق وفي شمال انهدام الغاب على الحدود مع جبل الزاوية (الشكل 5-5-A). وجد هذا الاتجاه الشدي في مختلف التوضعات من أعمار مختلفة وكان أحدثها التوضعات القارية التي تملئ انهدام الغاب مما يعطي هذا الإجهاد عمر الرباعي، ويمكن اعتباره نشيط حالياً حيث لوحظت فوالق عادية باتجاه شمال-جنوب تشكل جروفاً تتحكم بطبوغرافية سطح الأرض في غرب جبل الزاوية على الحدود مع إنهدام الغاب.

-يسيطر الإجهاد الشدي ذو الاتجاه شمال-جنوب على معظم المناطق الشرقية والشمالية من انهدام الغاب وكذلك شرق وشمال شرق مدينة حماة فيما يكون شبه معدوم في السلسلة الساحلية وشمال منطقة الباير-بسيط (الشكل 5-B). يتميز هذا الإجهاد الشدي ببنيات مرافقة للترسيب في جنوب الباير-بسيط من عمر الإيوسين وبفوالق مرافقة للترسيب في شرق انهدام الغاب من عمر البليوسين-رباعي (الشكل 4-A)، مما يعني أن هذا الإجهاد الشدي شمال-جنوب يمثل لطورين تكتونيين معاً، ويمكن اعتباره نشيط حالياً في إنهدام الغاب. بحسب (AlAbdalla 2008) فإن هذا الإجهاد لعب دوراً مع الإجهاد الشدي شرق-غرب في تشكل وتطور انهدام الغاب، وما يدعم ذلك توزعهما المساحي المتشابه جداً حول إنهدام الغاب (الشكل 5-B).



الشكل-5- خرائط التوزيع المساحي لاتجاهات الشد σ_3 (A- شرق-غرب -B- شمال-جنوب -C- شمال غرب-جنوب شرق -D- شمال شرق-جنوب غرب) المحسوبة من بيانات الفوالق العادية.

-يعد الإجهاد الشدي ذو الاتجاه شمال غرب-جنوب شرق الأقل تمثيلاً من بين الإجهادات الشدية المدروسة في المنطقة ويتوزع على مناطق متفرقة من هضبة حلب وفي جنوب السلسلة الساحلية وشمال البايير-بسيط (الشكل 5-C) في توضعات تعود بمعظمها للكريتاسي الأعلى. في شرق انهدام الغاب، وجد هذا الاتجاه الشدي في توضعات البليوسين-رباعي قرب قلعة المضيق حيث يمكن اعتباره هنا انحرافاً في الاتجاه الشدي شرق-غرب واسع الانتشار. أعطى (AIAbdalla 2008) هذا الإجهاد الشدي شمال غرب-جنوب شرق عمر السينونيان واعتبره ناتج عن هبوط وانحناء شمال غرب الصفيحة العربية بعد تحميل المعقد الأوفوليتي عليها.

-وجد الإجهاد الشدي ذو الاتجاه شمال شرق-جنوب غرب في توضعات الكريتاسي الأعلى والأقدم عمراً في المنطقة ونادراً في توضعات الباليوجين والتيجين، ويتوزع على هضبة حلب والسلسلة الساحلية ويغيب في منطقة البايير-بسيط (الشكل 5-D). يتميز هذا الإجهاد الشدي بفوالق مرافقة للترسيب في توضعات التورونيان في شمال السلسلة الساحلية وتوضعات السانتونيان بالقرب من محردة. أعطى (AIAbdalla 2008) هذا الإجهاد الشدي عمر تورونيان-كامبانيان مع تطور انهدام الفرات.

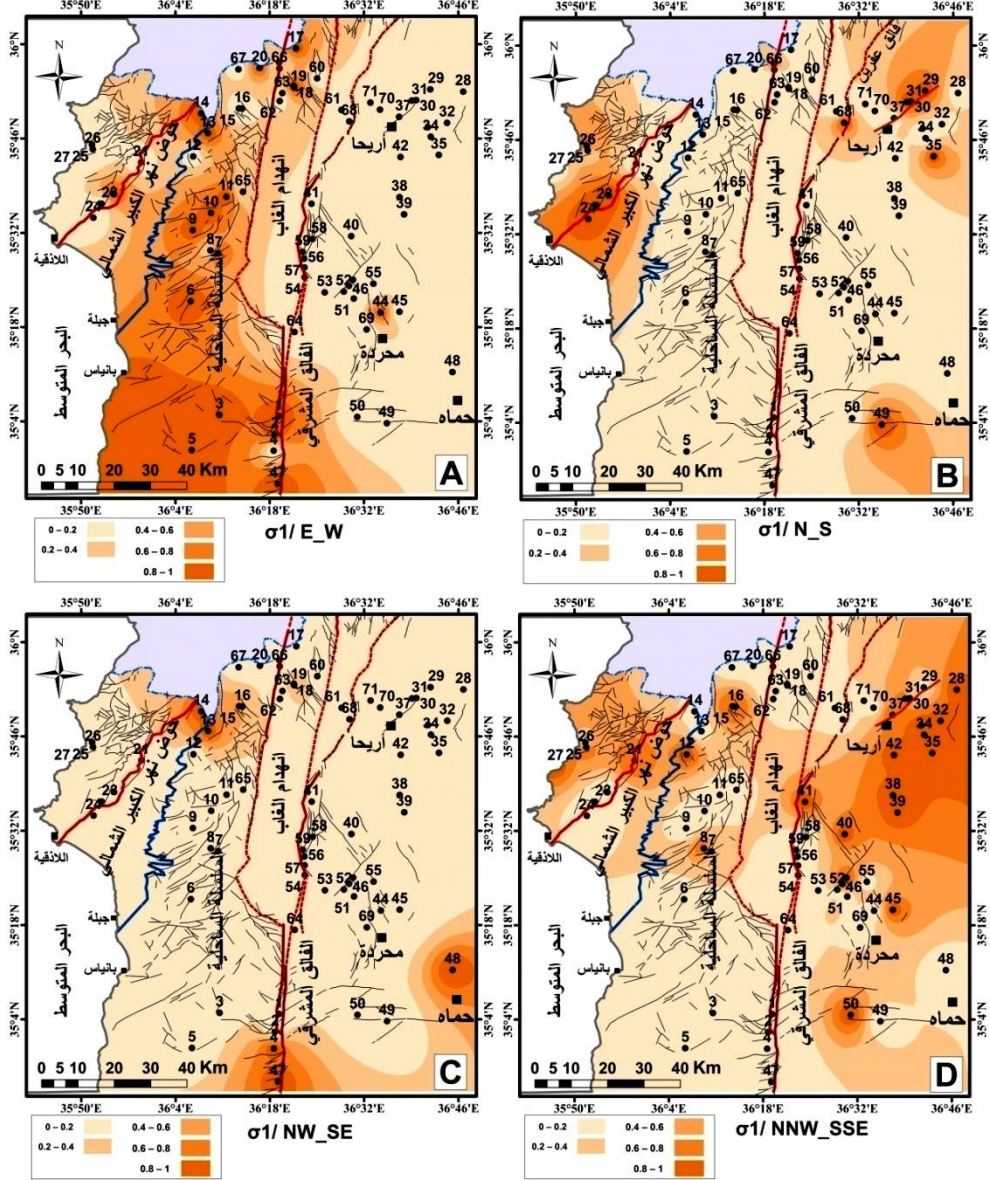
يبين تحليل التوزع المساحي للإجهادات الضغطية (اتجاه الإجهاد الرئيس الأعظمي σ_1) وفق اتجاهاتها ما يلي (الشكل 6):

-يتركز الإجهاد الضغطي ذو الاتجاه شرق-غرب على منطقة السلسلة الساحلية نطاق الفالاق المشرقي بينما يكون شبه معدوم في بقية المناطق (الشكل 6-A). مما يشير بقوة إلى أنه الاتجاه الضغطي هو المسؤول عن نهوض السلسلة الساحلية على شكل طي ذو محور شمال-جنوب متوافق مع هذا الإجهاد. يشير توزع هذا الإجهاد في نطاق الفالاق المشرقي إلى أنه ذو علاقة منشئية معه وما يدعم هذا الافتراض أن

الاجهاد الضغطي شرق-غرب وجد في تشكيلات مختلفة الأعمار أحدثها الميوسين الأوسط-أعلى وهو عمر مقارب لنشوء الفالق المشرقي في سوريا (Freund et al. 1987, Giannerini et al. 1988, Homberg et al. 2008, AlAbdalla et al. 2010). كذلك فإن عمر الطي في السلسلة الساحلية هو الميوسين الأعلى (AlAbdalla 2008)

-يتوزع الإجهاد الضغطي ذو الاتجاه شمال-جنوب على مناطق متفرقة من المنطقة (الشكل 6-B) حيث يظهر بوضوح في نطاق فالق اللانقية-كلس في جنوب شرق البايير-بسيط مما يفترض وجود حركة إزاحية لاحقة على فالق اللانقية-كلس ذو الطبيعة التراكمية، وكذلك يوجد بالقرب من فالقي عفرين وأريحا. حدد هذا الاتجاه الضغطي في تشكيلات أحدثها التورتونيان (ميوسين أعلى) مما يقترح أنه انحرافاً في اتجاه الإجهاد الضغطي شمال شمال غرب-جنوب جنوب شرق المرافق لتشكل الفالق المشرقي في سوريا في نهاية الميوسين.

تحليل التوزيع المكاني لبيانات الفوالق والإجهادات المرافقة في شمال الفالق المشرقي



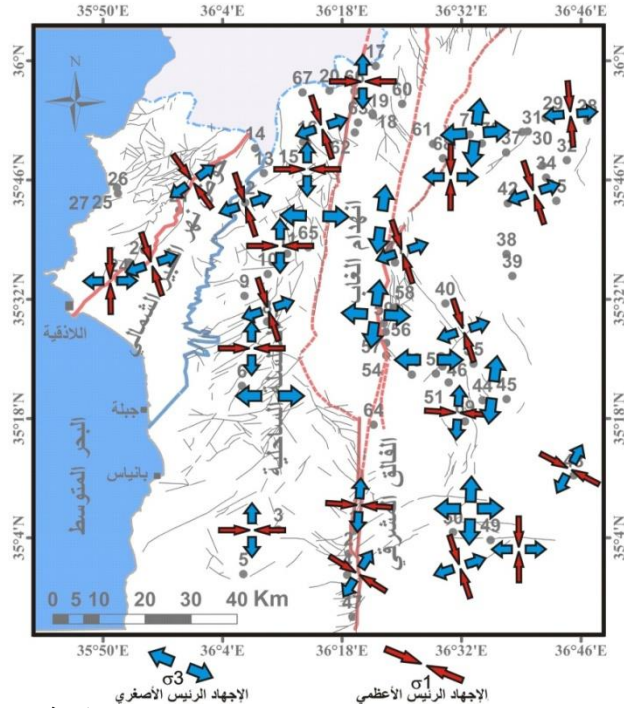
الشكل 6- خرائط التوزيع المساحي لاتجاهات الضغط σ_1 (A-شرق-غرب-B-شمال-جنوب-C-شمال غرب-جنوب شرق-D-شمال شمال غرب-جنوب جنوب شرق) المحسوبة من بيانات الفوالق العكسية والإزاحية الجانبية.

يعد الإجهاد الضغطي ذو الاتجاه شمال غرب-جنوب شرق الأقل تمثيلاً في المنطقة حيث يظهر بوضوح في شمال نطاق فالق اللانثية -كلس وفي شمال حماة

عند جبل زين العابدين حيث حدد من دراسة فوالق عكسية، وقرب مصياف في نطاق الفالاق المشرقي حيث حدد من تحليل فوالق إزاحية جانبية (الشكل 6-C). أعطي هذا الاتجاه الضغطي عمر الميوسين الأسفل (AlAbdalla 2008) مترافقاً مع تشكل فالق اللاذقية-كلس.

-يسيطر الإجهاد الضغطي ذو الاتجاه شمال شمال غرب-جنوب جنوب شرق بشكل واضح على هضبة حلب وشمال السلسلة الساحلية ومنطقة البايبر-بسيط وذلك على جانبي الفالاق المشرقي (الشكل 6-D). وجد في تشكيلات صخرية مختلفة الأعمار أحدثها عمراً البليوسين الأعلى قرب أريحا والبليوسين-رباعي في جنوب شرق انهدام الغاب، مما يظهر أنه الإجهاد الضغطي المرافق لتطور البنات النشطة في المنطقة. أعطي الاتجاه الضغطي شمال شمال غرب-جنوب جنوب شرق عمر الميوسين أعلى-بليوسين أسفل وحتى الحالي بحسب (AlAbdalla, Giannerini et al. 1988). (2008).

يبين تحليل التوزع المساحي للإجهادات الضغطية أن الإجهاد المسيطر هو ذو الاتجاه شمال شمال غرب-جنوب جنوب شرق، والذي تم تحديده عن طريق تحليل تجمعات الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية واليسارية، أي أنه يعكس نظام إزاحي جانبي. إن هذا الإجهاد هو المرافق لتشكل الفالاق المشرقي ذو الحركة اليسارية منذ الميوسين الأعلى، ويبيدي انحرافات هامة بالاتجاه في نطاق الفالاق المشرقي وكامل السلسلة الساحلية من شمال شمال غرب-جنوب جنوب شرق إلى شرق-غرب، وكذلك يبيدي بعض الانحرافات القليلة لتصبح شمال-جنوب كما في جنوب فالق اللاذقية-كلس وفالقي عفرين وأريحا (الشكل 7).



الشكل-7- توزيع اتجاهات الضغط σ_1 والشد σ_3 حول نطاق الفالاق المشرقي في سورية منذ نهاية الميوسين.

إن الإجهاد الرئيس الأصغري σ_3 ذو الاتجاهات شرق-غرب وشمال-جنوب هي المسؤولة عن تطور انهدام الغاب ضمن نظام إجهاد شدي في البليوسين-رباعي، وتبدي توافقاً بالاتجاه مع الإجهاد الرئيس الأصغري σ_3 في نظام الإجهاد الإزاحي الجانبي للفالاق المشرقي وانحرافاته، مما يُفسر بتبادل بين محور الإجهاد الرئيس الأعظمي σ_1 ومحور الإجهاد الرئيس المتوسط σ_2 في نظام الإجهاد الإزاحي الجانبي، أي تحول النظام الإزاحي الجانبي إلى نظام شدي. وهذا يتطلب فترات راحة واستقرار نسبي في الحركة الإزاحية الجانبية اليسارية للفالاق المشرقي، وخلال هذه الفترات من الراحة تطور انهدام الغاب.

الاستنتاجات والتوصيات:

يبين التحليل الإحصائي لأنماط الفوالق واتجاهاتها والإجهادات المرافقة لها في شمال الفالاق المشرقي ما يلي:

-سيطرت الفوالق العادية والإزاحية الجانبية على منطقة الدراسة فقد كانت نسبتها أكثر من 95% من الفوالق المدروسة وهذا يشير إلى أن تطور نمط التشوه في منطقة الدراسة محكوم بالإجهاد الشدي والإجهاد الإزاحي الجانبي.

-تركزت النسب الأعلى لوجود الفوالق العادية في جنوب شرق انهدام الغاب فيما اقتصر وجود الفوالق العكسية على فالق اللاذقية-كلس أما الفوالق الإزاحية الجانبية اليمينية واليسارية فكان توزعها المساحي شبه متجانس على كامل المنطقة المدروسة.

-تبدي الإجهادات الشدية سيطرة الإجهادات البليوسينية-الرباعية ذات الاتجاهات شرق-غرب وشمال-جنوب التي توزعت بشكل واضح في شرق انهدام الغاب وهضبة حلب المجاورة.

- تبدي الإجهادات الضغطية سيطرة الإجهاد شمال شمال غرب-جنوب جنوب شرق، والذي يعكس نظام الإجهاد الإزاحي الجانبي المرافق لتشكل الفالاق المشرقي، وهو يبدي انحرافات هامة بالاتجاه إلى شرق-غرب، وشمال-جنوب.

-إن الإجهاد الشدي شرق-غرب وشمال-جنوب المسؤول عن تطور انهدام الغاب يتوافق بالاتجاه مع اتجاه الشد في نظام الإجهاد الإزاحي الجانبي للفالاق المشرقي وانحرافات، مشيراً لتحول النظام الإزاحي الجانبي إلى نظام شدي خلال فترات راحة واستقرار نسبي في الحركة الإزاحية الجانبية اليسارية للفالاق المشرقي.

المراجع

1-ALABDALLAA. *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-ANGELIER. J. *Inversion of data in fault tectonics to obtain the regional stress.. A new rapid direct inversion method by analytical means*. Geophys. J. Int. **1990**. 103, p.363-376.

4-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, **2001**, 158, p.665-647.

5-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.

6-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.

7-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.

8-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.

9-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.

10-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

11-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.

12-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.

13-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.

14-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.

15-QUENNEL, A.M. *The structural and geomorphic evolution of the Dead Sea Rift*. Q. J. Geol. Soc. London, **1958**, 114, p.1-24.

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).

دراسة التقوس الهولومورفي في الفضاءات شبه الكيلرية الخاصة

*أ.د. محسن شيحه

**رنا محمد

ملخص البحث:

التقوس الهولومورفي هو تعميم للتقوس الجيوديزي الذي تمت دراسته سابقاً . ندرس في هذا البحث خواص التقوس الهولومورفي لفضاءات شبه كيلر الاسقاطية والعلاقة بين مفهومي التقوس الهولومورفي وتتسور التقوس الهولومورفي في تلك الفضاءات، ثم نوجد الشرط اللازم والكافي لكي يكون فضاء شبه كيلر الاسقاطي ذا تقوس هولومورفي ثابت.

ثم نثبت أنه إذا وجد تطبيق هولومورفي اسقاطي بين فضائي شبه كيلر H_n و \bar{H}_n وكان \bar{H}_n فضاء تقوسه الهولومورفي ثابتاً، فإن H_n بدوره يكون فضاء تقوسه الهولومورفي ثابتاً.

أخيراً ندرس التقوس الهولومورفي في فضاء شبه الكيلر الخاص ، حيث نثبت أن فضاء شبه كيلر آينشتاين هو فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت .

الكلمات المفتاحية: التقوس الجيوديزي- التقوس الهولومورفي -فضاء شبه كيلر - فضاء

شبه كيلر آينشتاين - التطبيق الهولومورفي .

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

** طالبة دكتوراه - قسم الرياضيات كلية العلوم - جامعة البعث.

Holomorphically curvature of projective Pseudo kahlerian Special spaces

Abstract

Studing holomorphically curvature in the holomorphically projective pseudo kahlerian spaces .

The holomorphically curvature is puplicized to geodesic curvature wich both studing have finshed in the greater part paper reference.

In this paper we will studing properties of the holomorphically curvature , holomorphically projective pseudo kahlerian spaces and relation between holomorphically curvature and tensor holomorphically curvature in these spaces and found the necessary and sufficient condition in order to be.

In oide to arrived at the ending . If the projective pseudo kahlerian space H_n admit holomorphically projective mapping to \overline{H}_n wich a holomorphically curvature is constant do H_n with a constant holomorphically curvature.

Finally,we study the holomorphically curvature in the special pseudo kahlerian spaces (Einstein),where we prove that Einstein pseudo kahlerian is a constant holomorphically curvature.

Key words: holomorphically curvature, geodesic curvature, pseudo kahlerian spaces, Einstein pseudo kahlerian, holomorphically mapping.

* Department of Mathematics, faculty of science Al-Baath University , Homs- Syria.

** Doctoral student of Mathematics ,faculty of science Al- Baath University ¹ ,Homs- Syria

هدف البحث :

نهذف من هذا البحث إيجاد العلاقة بين مفهومي التقوس الهولومورفي و تنسور التقوس الهولومورفي ، وإيجاد الشرط اللازم و الكافي كي تكون فضاءات شبه كيلر ذات تقوس هولومورفي ثابت، أخيراً إثبات أن فضاء شبه كيلير أينشتاين الإسقاطي هو فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت.

مقدمة

لقد كان لهندسة الفضاءات ذات التركيب الأفيني F_i^h أهمية خاصة للكثير من علماء الهندسة.

حيث بدأ شيركوف بدراستها عام 1925 ثم راشيفسكي ، كوربانفا وغيرهم.

و لقد تمت دراسة التطبيقات الهولومورفية الإسقاطية بين الفضاءات الكيليرية [2,3,5]، ثم بين الفضاءات الكيليرية المكافئية [8,9] من قبل ميكش و د. محسن شيحه.

ثم تابع د. محسن شيحه عام 2009 بدراسة الخواص الهندسية في التطبيقات الهولومورفية الإسقاطية لفضاءات كيلر المكافئية [1,7,14,15] حيث درس التقوس الهولومورفي وخواصه بين هذه الفضاءات [15] ثم درس التطبيقات الهولومورفية بين شبه الفضاءات الكيليرية [12,13] واستنتج العناصر الهندسية الثابتة في التطبيقات الهولومورفية بين شبه الفضاءات الكيليرية [11].

نتابع في هذا البحث بدراسة التقوس الهولومورفي في الفضاءات شبه الكيليرية وشبه الكيليرية أينشتاين ، حيث نوجد العلاقة بين التقوس الهولومورفي وتنسور التقوس

الهولومورفي في الفضاءات شبه الكيلرية ثم نثبت أن فضاء شبه كيلير أينشتاين الإسقاطي هو فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت .

مواد وطرق البحث:

نعتمد في دراستنا على المراجع و المقالات العلمية المثبتة ونتبع طرق المنهج العلمي والبحث العلمي .

دراسة التقوس الهولومورفي في الفضاءات شبه الكيلرية الخاصة

تعريف (1) [11,12,14]:

فضاء شبه كيلير H_n : هو فضاء ريمان معرف عليه تتسور متري g_{ij} وتركيب متري من

النوع $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ يحقق الخواص الآتية :

$$\begin{aligned} a) F_{\alpha}^h F_i^{\alpha} &= 0 \\ b) F_{hi} + F_{ih} &= 0 \\ c) F_{hi,j} + F_{jh,i} + F_{ij,h} &= 0 \\ d) R_g(F_i^h) &\geq 2 \end{aligned} \quad (1)$$

حيث $F_{hi,j}$ المشتق الموافق التغير للتسور F_i^h .

تعريف (2):

فضاء شبه كيلير أينشتاين : هو فضاء شبه كيلير يحقق فيه تتسور ريتشي R_{ij} العلاقة

الآتية:

$$R_{ij} = \rho(x)g_{ij}$$

نقلص العلاقة بالنسبة لـ i, j فنجد

$$R = n\rho \Rightarrow \rho = \frac{R}{n} \Rightarrow R_{ij} = \frac{R}{n} g_{ij}$$

حيث R التقوس الوسطي للفضاء H_n و يعطى بـ :

$$R = R_\alpha^\alpha$$

تعريف (3) [11]:

نعرف في فضاء ريمان التقوس الوسطي (تقوس غوص) الذي يعطى في كل نقطة محلية تملك قاعدة متجهه $E_2(\lambda_1^h, \lambda_2^h)$ بالعلاقة:

$$k(x) = \frac{R_{\alpha\beta\gamma\delta} \lambda_1^\alpha \lambda_2^\beta \lambda_1^\gamma \lambda_2^\delta}{g_{\alpha\gamma} g_{\beta\delta} - g_{\alpha\delta} g_{\beta\gamma} \lambda_1^\alpha \lambda_2^\beta \lambda_1^\gamma \lambda_2^\delta} \quad (2)$$

حيث $R_{hijk}(x)$ مركبات تنسور ريمان من النوع الأول في الفضاء V_n للنقطة $M(x)$ ونقول عن فضاء ريمان V_n إنه فضاء ثابت التقوس في النقطة $M(x)$ إذا كان تقوس غوص يأخذ القيمة ذاتها لأجل أية قاعدة اتجاهية E_2 .

من العلاقة (2) يُبرهن أنّ الشرط اللازم والكافي لكي يكون الفضاء V_n ثابت التقوس هو أن تتحقق العلاقة :

$$R_{hijk} = k(g_{hj}g_{ik} - g_{hk}g_{ij}) \quad (3)$$

تعريف (4) [11,15]:

التقوس الهولومورفي في شبه فضاء كيلر H_n في أية نقطة $M(x)$ لها القاعدة المتجهة الثنائية $E_2(\lambda, \bar{\lambda})$ يعطى بالعلاقة :

$$k(x) = \frac{R_{\alpha\beta\gamma\delta} \lambda^\alpha \bar{\lambda}^\beta \lambda^\gamma \bar{\lambda}^\delta}{(g_{\alpha\beta} g_{\gamma\delta} - g_{\alpha\delta} g_{\beta\gamma}) \lambda^\alpha \bar{\lambda}^\beta \lambda^\gamma \bar{\lambda}^\delta} \quad (4)$$

حيث أنّ $R_{\alpha\beta\gamma\delta}$: تنسور ريمان للفضاء H_n ، $\bar{\lambda}^h = \lambda^\alpha F_\alpha^h$ ،

$F_i^h(x)$: تركيب أفيني للفضاء H_n .

تعريف (5):

يكون الفضاء H_n ثابت التقوس الهولومورفي إذا كان تقوسه الهولومورفي غير متعلق بالنقطة المأخوذة عندها التقوس و لا بالمنحى λ^h .

مبرهنة (1) [11,15]:

الشرط اللازم والكافي كي يكون الفضاء H_n ذو تقوس هولومورفي ثابت هو أن تتحقق العلاقة الآتية :

$$R_{hijk} = \frac{k}{4} (g_{hj} g_{ik} - g_{hk} g_{ij} - F_{hj} F_{ik} + F_{hk} F_{ij} + 2F_{hi} F_{jk}) \quad (5)$$

تعريف (6):

نسمي المنحن $l: x^h = x^h(t)$ في الفضاء H_n منحنياً هولومورفياً إذا بقي متجه المماس للمنحن وفق أي انسحاب له على طول المنحن ذاته واقعا في $\lambda^h(t) = \frac{dx^h(t)}{dt}$

المستوي المحدد بالمتجهين $\lambda^h = \lambda^\alpha F_\alpha^h$ ، أي أنه من أجل الدالة $x(t) = x^h(t)$ تتحقق العلاقة:

$$\lambda_\alpha^h \lambda^\alpha = \frac{d\lambda^h}{dt} + \Gamma_{\alpha\beta}^h \lambda^\alpha \lambda^\beta = a(t)\lambda^h + b(t)\lambda^{\bar{h}} \quad (6)$$

حيث Γ_{ij}^h رموز كريستوفل للفضاء H_n و $a(t), b(t)$ دوال تابعة لـ t .

تعريف (7):

نسمي التطبيق $\varphi: H_n \rightarrow \bar{H}_n$ تطبيقاً هولومورفياً إسقاطياً إذا كانت صورة أي منح H_n هي منح هولومورفي في \bar{H}_n .

كنا قد وجدنا في [10,6] الشروط اللازمة والكافية كي يكون التطبيق φ هولومورفياً ونر منها:

مبرهنة (2):

إن الشرط اللازم والكافي كي يوجد تطبيق هولومورفي إسقاطي من الفضاء H_n إلى الفضاء \bar{H}_n هو أن تتحقق الشروط الآتية ، في أي نظام إحداثي مشترك (x) :

$$\begin{aligned} \bar{\Gamma}_{ij}^h(x) &= \Gamma_{ij}^h(x) + \delta_{(i}^h \bar{\varphi}_{j)} + F_{(i} \varphi_{j)} \\ \bar{F}_i^h(x) &= \alpha F_i^h(x) \end{aligned} \quad (7)$$

حيث أن:

$$\bar{\varphi}_i = \varphi_i = \varphi_\alpha F_i^\alpha$$

رموز كريستوفل للفضائين H_n و \bar{H}_n على الترتيب .

مبرهنة (3) [12]:

إنّ الشرط اللازم و الكافي كي يوجد تطبيق هولومورفي إسقاطي بين الفضائين H_n و \bar{H}_n هو أن تتحقق العلاقة الآتية في H_n .

$$\begin{aligned} \bar{g}_{ij,k} &= 2\bar{\varphi}_k \bar{g}_{ij} + \bar{\varphi}_{(i} \bar{g}_{j)k} + \varphi_{(i} \bar{F}_{j)k} \\ \bar{F}_{ij} + \bar{F}_{ji} &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

حيث إنّ:

$$\bar{F}_{ij} = \bar{g}_{i\alpha} F_j^\alpha \quad \text{و} \quad \det \|g_{ij}\| \neq 0 : \text{التنسور المتري في الفضاء } \bar{H}_n.$$

تعريف (8):

نقول عن الفضاء H_n أنّه فضاء إسقاطي إذا وجد تطبيق هولومورفي إسقاطي بين الفضاء ذاته وفضاء السوية.

مبرهنة (4):

إنّ الشرط اللازم والكافي لكي يكون الفضاء H_n إسقاطياً هو أن تتحقق فيه العلاقة الآتية :

$$R_{hijk} = C(F_{hj}F_{ik} - F_{hk}F_{ij} + 2F_{hi}F_{jk}) \quad (9)$$

حيث C ثابت ما ، $F_{ij} = g_{i\alpha} F_j^\alpha$.

مبرهنة (5):

الشرط اللازم و الكافي ليكون فضاء شبه كيلر $(H_n - \text{فضاء})$ الإسقاطي فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت هو أن يكون تنسور التقوس الهولومورفي معدوم.

البرهان:

لزوم الشرط: ليكن $H_n - \text{فضاء}$ إسقاطي ذو تقوس هولومورفي ثابت يتحقق

فيه العلاقة:

$$R_{hijk} = \frac{k}{4} [g_{hj}g_{ik} - g_{hk}g_{ij} - F_{hj}F_{ik} + F_{hk}F_{ij} + 2F_{hi}F_{jk}]$$

برفع الدليل h في العلاقة الأخيرة نجد:

$$R_{ijk}^h = \frac{k}{4} [\delta_j^h g_{ik} - \delta_k^h g_{ij} - F_j^h F_{ik} + F_k^h F_{ij} + 2F_i^h F_{jk}] \quad (10)$$

وبتقليص الدليلين h, k في العلاقة الأخيرة نجد:

$$g_{ij} = \frac{k}{4} (n-1) R_{ij} \quad (11)$$

وبما أن H_n فضاء إسقاطي فنتحقق فيه العلاقات الآتية:

$$\begin{aligned} a) P_{ij} &= CF_{ij} \\ b) R_{ij} &= 0 \\ c) R_{hijk} &= C(F_{hj}F_{ik} - F_{hk}F_{ij} + 2F_{hi}F_{jk}) \end{aligned} \quad (12)$$

نعوض (12-b) في (11) فنجد $g_{ij} = 0$ ، ثم نعوض في (10) فنجد :

$$R_{ijk}^h = \frac{-k}{4} [F_k^h F_{ij} - F_j^h F_{ik} - 2F_i^h F_{jk}] \quad (13)$$

نعوض العلاقات (12-a) و (12-b) و (13) في علاقة تتسور القوس الهولومورفي

$$P_{ijk}^h = R_{ijk}^h - \frac{1}{n} [(\delta_k^h R_{ij} - \delta_j^h R_{ik}) - (F_k^h P_{ij} - F_j^h P_{ik}) + F_i^h (P_{jk} - P_{kj})] \quad (14)$$

حيث $R_{ij} = R_{ij\alpha}^\alpha$ تتسور ريتشي للفضاء H_n و P_{ij} يتعلق بعناصر الفضاء H_n و δ_k^h دلتا كرونكر .

نجد أن $C = \frac{-k}{4}$ ، أي أن كل فضاء إسقاطي تقوسه الهولومورفي ثابت هو

فضاء فيه تتسور التقوس الهولومورفي معدوم .

كفاية الشرط : إذا كان تتسور التقوس الهولومورفي P_{ijk}^h المعرف في العلاقة (14) معدوماً

في الفضاء الإسقاطي H_n ، حيث $P_{ij} = CF_{ij}$ نحصل على العلاقة:

$$R_{ijk}^h = \frac{1}{n} [(\delta_k^h R_{ij} - \delta_j^h R_{ik}) - C(F_k^h F_{ij} - F_j^h F_{ik} + 2F_i^h F_{jk})]$$

بتخفيض الدليل h في العلاقة الأخيرة نحصل على العلاقة :

$$R_{ijk}^h = \frac{1}{n} [(g_{hk} R_{ij} - g_{hj} R_{ik}) - C(F_{hk} F_{ij} - F_{hj} F_{ik} + 2F_{hi} F_{jk})] \quad (15)$$

وبتقليص الدليلين j, i في العلاقة الأخيرة نحصل على:

$$R_{hk} = \frac{1}{n}(g_{hj}R - R_{hk}) \Rightarrow R_{hk} = \frac{R}{n+1} g_{hk}$$

$$R = R_{\alpha\beta} g^{\alpha\beta} \text{ حيث}$$

نعوض في (15) نجد :

(16)

$$R_{hijk} = \frac{R}{n(n+1)} [g_{hk}g_{ij} - g_{hj}g_{ik} - F_{hk}F_{ij} - F_{hj}F_{ik} + 2F_{hi}F_{jk}]$$

من جهة ثانية برهنا أن الشرط اللازم والكافي كي يكون الفضاء H_n ذو تقوس هولومورفي ثابت هو أن تتحقق العلاقة الآتية :

$$R_{hijk} = \frac{k}{4} [g_{hj}g_{ik} - g_{hk}g_{ij} - F_{hj}F_{ik} + F_{hk}F_{ij} + 2F_{hi}F_{jk}]$$

بالمقارنة بين العلاقة الأخيرة و العلاقة (16) نجد:

$$k = \frac{-R}{n(n+1)}$$

فالعلاقتين متكافئتين وبالتالي الفضاء H_n يكون ذو تقوس هولومورفي ثابت إذا كان تقوسه معدوماً.

مبرهنة (6):

إذا وجد تطبيق هولومورفي إسقاطي بين فضائي شبه كيلر H_n و \bar{H}_n وكان \bar{H}_n فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت فإن H_n بدوره يكون فضاء تقوسه الهولومورفي ثابتاً.
البرهان:

لدينا من [2,3] إذا كان $H_n -$ فضاء إسقاطي ويطبق بشكل هولومورفي إسقاطي على الفضاء \bar{H}_n فإن $\bar{H}_n -$ فضاء إسقاطي أي أنه يتحقق فيه العلاقة الآتية:

$$\bar{R}_{hijk} = C(\bar{F}_{hj}\bar{F}_{ik} - \bar{F}_{hk}\bar{F}_{ij} - 2\bar{F}_{hi}\bar{F}_{kj})$$

ويتحقق أيضاً $\bar{R}_{ij} = 0$

حيث $\bar{R}_{ij} = \bar{R}_{ij}^\alpha$ تنسور ريتشي في الفضاء \bar{H}_n ، وفي الفضاء الإسقاطي تتحقق أيضاً العلاقة

$$\varphi_{ij} = C\bar{F}_{ij} - CF_{ij} \quad (17)$$

وبما أن تنسور التقوس الهولومورفي المحدد في العلاقة (14) ثابت في التطبيقات الهولومورفية الإسقاطية [11].

وأنه تتحقق العلاقة الآتية في التطبيق الهولومورفي الإسقاطي

$$\varphi_{ij} = \bar{P}_{ij} - P_{ij} \quad (18)$$

بمقارنة العلاقتين (17) و (14) نجد أن:

$$\bar{P}_{ij} = C\bar{F}_{ij}$$

نعوض في (14) نجد $\bar{P}_{ijk}^h = 0$.

وبما أن تنسور التقوس الهولومورفي ثابت في التطبيقات الهولومورفية الاسقاطية نجد :

$$P_{ijk}^h = 0$$

وبالتالي H_n فيه تنسور التقوس الهولومورفي معدوم بالتالي هو فضاء ثابت التقوس الهولومورفي بالاعتماد على المبرهنة (5).

مبرهنة (7):

إذا كان H_n فضاء أينشتاين الاسقاطي فإن H_n فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت.

البرهان:

ليكن H_n فضاء أينشتاين الاسقاطي و ليكن P تنسور التقوس الهولومورفي ويعطى بالعلاقة:

(15)

$$P_{ijk}^h = R_{ijk}^h - \frac{1}{n} \left[(\delta_k^h R_{ij} - \delta_j^h R_{ik}) - (F_k^h P_{ij} - F_j^h P_{ik}) + F_i^h (P_{jk} - P_{kj}) \right]$$

وبما أن H_n فضاء أينشتاين فإنه يتحقق فيه

$$R_{ij} = \rho(x) g_{ij} \quad (16)$$

حيث $\rho(x)$ دالة ما في x .

وبما أن H_n فضاء اسقاطي فإنه يتحقق فيه

$$R_{ij} = CF_{ij} \quad (17)$$

حيث C ثابت ما.

بتقليص الدليلين h, k في العلاقة (15) نجد

$$P_{ij} = R_{ij} - \frac{1}{n} \left[\rho(R_{ij} - R_{ij}) - (F_{\alpha}^{\alpha} P_{ij} - F_j^{\alpha} P_{i\alpha}) + F_i^{\alpha} (P_{j\alpha} - P_{\alpha j}) \right]$$

نعوض العلاقتين (16) (17) في العلاقة (15) فنجد :

$$P_{ij} = R_{ij}$$

وبما أنّ H_n فضاء اسقاطي فإنّ

$$R_{ij} = 0 \Rightarrow P_{ij} = 0$$

ومنه تنسور التقوس الهولومورفي معدوم دوماً في فضاء H_n أينشتاين.

ومنه نستخلص ما يأتي:

إذا كان H_n فضاء أينشتاين الاسقاطي فإنّ تنسور التقوس الهولومورفي معدوم

وبالاعتماد على المبرهنة (5) فإن H_n فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت.

الاستنتاجات والتوصيات:

- (1) يكون فضاء شبه كيلر $(H_n - \text{فضاء})$ الإسقاطي فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت إذا وفقط إذا كان التقوس الهولومورفي معدوم.
- (2) إذا وجد تطبيق هولومورفي إسقاطي بين فضائي شبه كيلر H_n و \overline{H}_n وكان \overline{H}_n فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت فإن H_n بدوره يكون فضاء تقوسه الهولومورفي ثابتاً.
- (3) إذا كان H_n فضاء أينشتاين الإسقاطي فإن H_n فضاء ذو تقوس هولومورفي ثابت.

من الممكن متابعة الدراسة ذاتها على الفضاءات شبه الكيلرية السوية و شبه الكيلرية المتناظرة و شبه المتناظرة وغيرها من الفضاءات شبه الكيلرية الخاصة الخاصة .

REFERENCES

- [1] Chuda,H Sheha,M 2013 "Conformal Holomorphically Projective Mappings Satisfying a certain initial condition". **Miskolc Mathematical Notes**, Vol.14, No .2, PP.569–574.
- [2] Hinterleitner,I Mikes,J 2013 "On holomorphically projective mappings from manifolds with equiaffine connection onto Kahler manifolds". **Archivum Math**, Vol.49, No.5, PP.295–302.
- [3] Mikes,J 1998 "Holomorphically Projective mappings and their generalizations" **J. Math. Sci. New York**, vol 89. 1334–1353.
- [4] Mikes,J 1981 "Geodesic mappings of Einstein spaces" **Math. Notes** , vol 28,922–923.
- [5] Prvanovic,M 1981 "A note in holomorphically projective transformations of the Kahler spaces" **Tensor New Ser.** Vol.35 PP,99–104.

[6] Shiha,M 1994 "Geodesic and Holomorphically–projective mappings of parabolically–Kahlerian spaces".**(Russian) PHD**

Moscow.

[7] Shiha,M , Juklova, L. and Mikes,J 2012

"Holomorphically Projective mappings onto Riemannian tangent–product spaces". **J.Appl. Math. Bratislava**, Vol.5, No. 3, PP.259–266.

[8] Shiha,M. ,Mikes,J. 2005 "on holomorphically Projective flat parabolically–kahlerian spaces" **Grant No. 201/05/2707**

Czech Science Foundation and Council of Czech

Government MSN No. 6198959214 .

[9] Shiha,M 1993 "on the theory of holomorphically Projective mappings parabolically–kahlerian spaces", **Diff. Geometry and its App. Conf. Opava**, pp. 157–160.

[10] Shiha,M. 1994 "the holomorphically Projective mappings of parabolically–kahlerian spaces" (Russian),
Moscow.

- [11] د. محسن شيحه، 2010 "العناصر الهندسية الثابتة في الـ H_p - تطبيقات بين شبه فضاءات كيلير المكافئية (H_n)"، مجلة جامعة البعث ، العدد (32).
- [12] د. محسن شيحه 2009 " شبه فضاءات كيلير المكافئية (H_n - فضاءات) و التطبيقات H_p بينها" ،مجلة جامعة البعث، العدد (31).
- [13] د. محسن شيحه 2010 "الشكل الجديد للعلاقات الأساسية في نظرية الـ H_p - تطبيقات بين شبه فضاءات كيلير المكافئية (H_n - فضاءات)" مجلة جامعة البعث ، العدد (32).
- [14] د. محسن شيحه 2010 "فضاءات كيلير أينشتاين المكافئية والتطبيقات الهولومورفية الإسقاطية بينها" مجلة جامعة البعث ، العدد (32).
- [15] د. محسن شيحه 2009 "دراسة التقوس الهولومورفي بين فضاءات كيلير المكافئية الإسقاطية بينها"، مجلة جامعة البعث ، العدد (31).
- [16] د. محسن شيحه 2009 "العناصر الهندسية الثابتة في التطبيقات الهولومورفية الإسقاطية بين فضاءات كيلير المكافئية" مجلة جامعة البعث ، العدد (32).

استخدام مصفوفات بيرجرين لتوليد ثلاثيات فيثاغورية بوسيط وحيد وتطبيقاتها في التشفير

الباحثة: الدكتورة نجوى أحمد نجوم

دكتوراه في الرياضيات البحتة من جامعة البعث

ملخص البحث

قمنا في هذا البحث باستخدام طريقة الضرب بمصفوفات بيرجرين لتوليد ثلاثيات فيثاغورية بوسيط طبيعي وحيد، ومن ثمّ بناء متتالية مفتاح تشفير مكوّن من تسعة حدود أساسية.

قمنا بالتهجين بين طريقة Luma and Raufi وطريقة Hill لإيجاد خوارزمية تشفير نص محرفي وفك تشفيره .

الكلمات المفتاحية:

مصفوفات بيرجرين - مصفوفة هل - مفتاح التشفير - تشفير - النص الواضح - النص المشفر.

Using Berggren Matrices For Generating Pythagorean Triples With One Parameter And Its Application In Cryptography.

.Dr. Najwa Ahmad Najjom

PhD in Pure Mathematics, Al-Baath University

Abstract

We used in this paper the method of multiplication by Berggren matrices to generate pythagorean triples with only one integer parameter, and then to construct encryption key sequence with nine essential terms.

We also mixed Luma and Raufi method and Hill method to find text encryption and decryption Algorithm.

Key Words:

Berggren matrices – Hill matrix - The Cryptography key – Cryptography - Plaintext ,Ciphertext .

استخدام مصفوفات بيرجرين لتوليد ثلاثيات فيثاغورية بوسيط

وحيد وتطبيقاتها في التشفير

1. مقدمة

يُعتبر التشفير من العلوم التي تتطور بشكلٍ متسارع، ولا سيما في عصر الذكاء الصناعي، والاتجاه نحو الأمن السيبراني، وحماية البيانات، إذ أنّ علم التشفير يقوم على فكرة جعل البيانات غير قابلة للفهم إلا من قبل الأشخاص المصرّح لهم بقراءتها من خلال فك التشفير [1-3].

تقوم طرق التشفير بالأساس على الرياضيات، ونهدف من خلال هذا البحث إظهار تطبيقات الرياضيات في التشفير، من خلال توليد ثلاثيات فيثاغورية بوسيط طبيعي من خلال مصفوفات بيرجرين [8]

في العام 2014 قام كل من Luma and Raufi [6] بإيجاد طريقتين لتوليد ثلاثيات فيثاغورية بوسيطين طبيعيين p, q بحيث يكون $p > q$ وقاما باستخدام نتائجهما بإيجاد طريقة للتشفير.

استخدم الباحثان (العرنوس - شراباتي 2023) [9] نتائج Luma and Raufi في إيجاد صيغتين جديدتين لتوليد رباعيات فيثاغورية وقاما باستخدام العلاقات في تشفير نص محرفي.

تابع الباحثان (العرنوس - شراباتي 2023) [10] بتطبيق الخوارزمية باستخدام خماسية فيثاغورية مولدة من ثلاثيتين فيثاغوريتين.

قمنا في بحث سابق أيضاً بتطوير هذه الطريقة من خلال استخدام عدد طبيعي فردي لبناء ثلاثية ومن ثم رباعية خماسية ... وبالتالي جعل مفتاح الشفير $K(\lambda, m)$ حيث λ عدد فردي، و m عدد طبيعي لا يساوي الصفر.

نقوم في هذا البحث على تطوير طريقة هيل [12],[1] في التشفير بالاعتماد على جدول الـ ASCII، حيث تعتمد طريقة هيل على مفتاح وهو عبارة عن مصفوفة A من المرتبة $n \times n$ محددها أولي نسبياً مع 256 (عدد عناصر جدول الـ ASCII). وتتلخص الطريقة بالخطوات الآتية.

- تُرتب حروف ورموز النص الأصلي في مصفوفة X من المرتبة $n \times k$.
- تُقابل الحروف والرموز بما يقابلها من جدول ASCII.
- تُضرب المصفوفة الناتجة بالمصفوفة A بالمقاس 256.
- تُرجع الأرقام إلى ما يقابلها من حروف أو رموز في جدول ASCII للحصول على النص المشفر.

حيث قمنا بالتهجين بين طريقة Luma and Raufi وطريقة Hill.

2. هدف البحث

يهدف البحث إلى التهجين بين طريقة Luma and Raufi وطريقة Hill لتشفير نص محرفي بعد استخدام مصفوفات UAD لبناء ثلاثيات فيثاغورية.

3. المناقشة و النتائج

تعريف 1: [4]

ليكن n عدداً طبيعياً وأكبر تماماً من 1، وليكن $1 \leq a < n$ ، نقول عن العدد a إنه أولي نسبياً مع العدد n إذا كان: $\gcd(a, n) = 1$.

تعريف 2: [4]

ليكن n عدداً طبيعياً وأكبر تماماً من 1، نرمز بالرمز M_n إلى مجموعة جميع الأعداد الأولية نسبياً مع العدد n ، أي أن:

$$M_n = \{a \in \mathbb{N} ; 1 \leq a < n , \gcd(a, n) = 1\}$$

تعريف 3: [5]

مصفوفة هيل: هي مصفوفة عددية مربعة من المرتبة k ($k \in \mathbb{N}^*$) نرمز لها بالرمز C_k ، وتحقق:

$$\det(C_k) \in M_{256} \quad (1)$$

تعريف 4: [7]

تسمى ثلاثية فيثاغورية كل ثلاثية مرتبة (x, y, z) عناصرها من \mathbb{N} وتحقق:

$$x^2 + y^2 = z^2 \quad (2)$$

وكمثال على ذلك: الثلاثية $(3, 4, 5)$.

تمهيدية 1: [11]

ليكن $\lambda \in \mathbb{N}$ ، فإذا كان λ عدداً فردياً عندئذ تكون الثلاثية الآتية فيثاغورية:

$$\left(\lambda, \frac{\lambda^2 - 1}{2}, \frac{\lambda^2 + 1}{2} \right) \quad (3)$$

وإذا كان λ عدداً زوجياً عندئذ تكون الثلاثية الآتية فيثاغورية:

$$\left(\lambda, \frac{\lambda^2 - 4}{4}, \frac{\lambda^2 + 4}{4} \right) \quad (4)$$

تعريف 5: [8]

مصفوفات بيرجرين هي ثلاثة مصفوفات تستخدم لتوليد الثلاثيات الفيثاغورية الأولية، ويرمز لها بالرمز UAD حيث:

$$U = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \\ 2 & -2 & 3 \end{pmatrix}, A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 3 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 2 \\ -2 & 1 & 2 \\ -2 & 2 & 3 \end{pmatrix}$$

مبرهنة 1: [8]

لتكن (a, b, c) ثلاثية فيثاغورية عندئذ فإن الثلاثيات التي تنتج من:

$$U.(a \ b \ c)^T, A.(a \ b \ c)^T, D.(a \ b \ c)^T$$

هي ثلاثيات فيثاغورية.

مبرهنة 2:

ليكن $\lambda \in \mathbb{Z}$ و λ عدد فردي، عندئذ تكون الثلاثيات الآتية فيثاغورية في \mathbb{Z} :

$$(x_0, x_1, x_2) = \left(\lambda + 2, \frac{\lambda^2 + 4\lambda + 3}{2}, \frac{\lambda^2 + 4\lambda + 5}{2} \right)$$

$$(x_3, x_4, x_5) = \left(2\lambda^2 + \lambda, \frac{3\lambda^2 + 4\lambda + 1}{2}, \frac{5\lambda^2 + 4\lambda + 1}{2} \right)$$

$$(x_6, x_7, x_8) = \left(2\lambda^2 - \lambda, \frac{3\lambda^2 - 4\lambda + 1}{2}, \frac{5\lambda^2 - 4\lambda + 1}{2} \right)$$

الإثبات

ليكن $\lambda \in \mathbb{Z}$ و λ عدد فردي، بحسب التمهيدية 1 تكون الثلاثية الآتية فيثاغورية في

\mathbb{Z} :

$$\left(\lambda, \frac{\lambda^2 - 1}{2}, \frac{\lambda^2 + 1}{2} \right)$$

ومن المبرهنة 2 نجد تمام الإثبات باستخدام مصفوفات بيرجرين:

$$U \cdot \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2-1}{2} \\ \frac{\lambda^2+1}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \\ 2 & -2 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2-1}{2} \\ \frac{\lambda^2+1}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda + 2 \\ \frac{\lambda^2+4\lambda+3}{2} \\ \frac{\lambda^2+4\lambda+5}{2} \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2-1}{2} \\ \frac{\lambda^2+1}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2-1}{2} \\ \frac{\lambda^2+1}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2\lambda^2 + \lambda \\ \frac{3\lambda^2+4\lambda+1}{2} \\ \frac{5\lambda^2+4\lambda+1}{2} \end{pmatrix}$$

$$D \cdot \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2-1}{2} \\ \frac{\lambda^2+1}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 2 \\ -2 & 1 & 2 \\ -2 & 2 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2-1}{2} \\ \frac{\lambda^2+1}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2\lambda^2 - \lambda \\ \frac{3\lambda^2-4\lambda+1}{2} \\ \frac{5\lambda^2-4\lambda+1}{2} \end{pmatrix}$$

مبرهنة 3:

ليكن $\lambda \in \mathbb{Z}$ و λ عدد زوجي، عندئذ تكون الثلاثيات الآتية فيثاغورية في \mathbb{Z} :

$$(x_0, x_1, x_2) = \left(\lambda + 4, \frac{\lambda^2 + 8\lambda + 12}{4}, \frac{\lambda^2 + 8\lambda + 20}{4} \right)$$

$$(x_3, x_4, x_5) = \left(\lambda^2 + \lambda, \frac{3\lambda^2 + 8\lambda + 4}{4}, \frac{5\lambda^2 + 8\lambda + 4}{4} \right)$$

$$(x_6, x_7, x_8) = \left(\lambda^2 - \lambda, \frac{3\lambda^2 - 8\lambda + 4}{4}, \frac{5\lambda^2 - 8\lambda + 4}{4} \right)$$

الإثبات

ليكن $\lambda \in \mathbb{Z}$ و λ عدد زوجي، بحسب التمهيدية 1 تكون الثلاثية الآتية فيثاغورية في

\mathbb{Z} :

$$\left(\lambda, \frac{\lambda^2 - 4}{4}, \frac{\lambda^2 + 4}{4} \right)$$

ومن المبرهنة 2 نجد تمام الإثبات باستخدام مصفوفات بيرجرين:

$$U. \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2 - 4}{4} \\ \frac{\lambda^2 + 4}{4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \\ 2 & -2 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2 - 4}{4} \\ \frac{\lambda^2 + 4}{4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda + 4 \\ \frac{\lambda^2 + 8\lambda + 12}{4} \\ \frac{\lambda^2 + 8\lambda + 20}{4} \end{pmatrix}$$

$$A. \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2 - 4}{4} \\ \frac{\lambda^2 + 4}{4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2 - 4}{4} \\ \frac{\lambda^2 + 4}{4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda^2 + \lambda \\ \frac{3\lambda^2 + 8\lambda + 4}{4} \\ \frac{5\lambda^2 + 8\lambda + 4}{4} \end{pmatrix}$$

$$D. \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2 - 4}{4} \\ \frac{\lambda^2 + 4}{4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 2 \\ -2 & 1 & 2 \\ -2 & 2 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda \\ \frac{\lambda^2 - 4}{4} \\ \frac{\lambda^2 + 4}{4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda^2 - \lambda \\ \frac{3\lambda^2 - 8\lambda + 4}{4} \\ \frac{5\lambda^2 - 8\lambda + 4}{4} \end{pmatrix}$$

نتيجة 1:

من المبرهنتين 2 و 3، يمكن توليد ثلاثة فيثاغوريات بوسيط طبيعي وحيد λ ، مع التفريق فيما إذا كان العدد λ فردياً أم زوجياً، وبالتالي الحصول على تسعة أعداد متتالية: $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$ كما هي معرفة بالمبرهنتين السابقتين.

مثال 1:

λ	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
1	3	4	5	3	4	5	1	0	1
2	6	8	10	6	8	10	2	0	2
3	5	12	13	21	20	29	15	8	17
4	8	15	17	20	21	29	12	5	13
5	7	24	25	55	48	73	45	28	53
6	10	24	26	42	40	58	30	16	34
7	9	40	41	105	88	137	91	60	109
8	12	35	37	72	65	97	56	33	65
9	11	60	61	171	140	221	153	104	185
10	14	48	50	110	96	146	90	56	106

ملاحظة 1:

نلاحظ عدم وجود تكرار في الثلاثيات بدءاً من القيمة $\lambda = 3$ لذا سنسمي الحالات التي تنتج من $\lambda = 1$ و $\lambda = 2$ حالات مبدئية.

تعريف 6:

ليكن $\lambda \in \mathbb{N}^+ \setminus \{1,2\}$ ولتكن $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$ معرفة في المبرهنتين 1 و 2، نعرّف متتالية المفتاح المساعد $\{\tilde{k}_i\}$ على النحو الآتي:

$$\begin{aligned} \tilde{k}_i &= x_i & ; & \quad i \in \{0,1,\dots,8\} \\ k_i &= k_{i \pmod{9}} & ; & \quad i \in \{9,10,11,\dots\} \end{aligned}$$

تعريف 7: [9]

ليكن P النص الواضح المراد تشفيره، نشكّل متتالية النص الواضح $\{\tilde{m}_i\}$ التي تنتج عن النص الواضح باستبدال كل حرف بمقابله في جدول ASCII، بحيث يكون \tilde{m}_0

هو المقابل العددي للمحرف الأول من النص الواضح في جدول ASCII، و m_1 هو المقابل العددي للمحرف الثاني من النص الواضح، وهكذا ...

تعريف 8:

لتكن $\lambda \in \mathbb{Z}^+ \setminus \{1,2\}$ و $\{k_i\}$ متتالية المفتاح المساعد، ولتكن $\{\tilde{m}_i\}$ متتالية النص الواضح، عندئذٍ نعرّف متتالية النص الواضح المساعدة $\{m_i\}$ على النحو الآتي:

$$\{m_i\} = \{\tilde{m}_i + k_i\}$$

تعريف 9: [9]

ليكن Q النص المشفّر المراد توضيحه، نشكّل متتالية النص المشفّر $\{c_i\}$ التي تنتج عن النص المشفّر باستبدال كل محرف بمقابله في جدول ASCII، بحيث يكون c_0 هو المقابل العددي للمحرف الأول من النص المشفّر في جدول ASCII، و c_1 هو المقابل العددي للمحرف الثاني من النص الواضح، وهكذا ...

التشفير بطريقة Luma and Raufi-Hill

تعريف 10:

مفتاح التشفير: ليكن $\lambda \in \mathbb{Z}^+ \setminus \{1,2\}$ ولتكن K مصفوفة هيل من المرتبة $n \times n$ عندئذٍ ندعو الثنائيّة (λ, K) مفتاح التشفير بطريقة Luma and Raufi-Hill.

خوارزمية التشفير بطريقة Luma and Raufi-Hill:

ليكن $\lambda \in \mathbb{Z}^+ \setminus \{1,2\}$ ولتكن K مصفوفة هيل من المرتبة $n \times n$. إذا كان لدينا نص واضح P طوله l حيث l مضاعف لـ n وإن لم يكن كذلك نملأ النص بإضافات لا تؤثر على معنى الجملة لنحصل على طول من مضاعفات l .

لتشفيره النص P باستخدام المفتاح (λ, K) ، نتبع الخطوات الآتية:

- توجد الحدود $\{\tilde{m}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ من متتالية النص الواضح.
- نعيّن حدود متتالية المفتاح المساعد $\{\tilde{k}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$.
- نعيّن الحدود $\{m_i\}_{i=0}^{\ell-1} = \{\tilde{m}_i + \tilde{k}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$.
- نعيّن المصفوفة M من المرتبة $n \times \delta$ بحيث يتم توزيع عناصر $\{m_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ على أسطرها وأعمدها بالترتيب سطرًا فسطر.
- توجد المصفوفة $C = K.M \pmod{256}$.
- نعيّن حدود المتتالية $\{c_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ من المصفوفة C بحيث:

$$c_0 = C_{11}, c_1 = C_{12}, \dots$$
نبدأ بالسطر الأول فالثاني ...
- نحصل على النص المشفّر Q من خلال استبدال كل حد من حدود $\{c_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ بمقابله من جدول الـ $ASCII$.

خوارزمية فك التشفير بطريقة Luma and Raufi-Hill:

لفك تشفير النص Q باستخدام المفتاح (λ, K) ، نتبع الخطوات الآتية:

- توجد الحدود $\{c_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ من متتالية النص المشفّر.
- نعيّن المصفوفة C من المرتبة $n \times \delta$ بحيث يتم توزيع عناصر $\{c_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ على أسطرها وأعمدها بالترتيب سطرًا فسطر.
- نعيّن حدود متتالية المفتاح المساعد $\{\tilde{k}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$.
- توجد المصفوفة $M = K^{-1}.C$.

- نعيّن حدود المتتالية $\{m_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ من المصفوفة M بحيث:

$$m_0 = M_{11}, m_1 = M_{12}, \dots$$

نبدأ بالسطر الأول فالثاني ...

- نعيّن الحدود $\{\tilde{m}_i\}_{i=0}^{\ell-1} = \{\tilde{m}_i - \tilde{k}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ متتالية النص الواضح.
- نحصل على النص الواضح P من خلال استبدال كل حد من حدود $\{\tilde{m}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ بمقابله من جدول الـ $ASCII$.

مبرهنة 4 :

ليكن $\lambda \in \mathbb{N}^+ \setminus \{1, 2\}$ ولتكن K مصفوفة هيل من المرتبة $n \times n$. إنّ تشفير كل نص واضح P بطريقة Luma and Raufi-Hill بالمفتاح (λ, K) يتم بشكلٍ وحيد.

الإثبات :

يتم الإثبات من وحدانية التشفير لكل من طريقة هيل [1] وطريقة Luma and Raufi [6] وتركيب الطريقتين يتم بشكلٍ وحيد.

مبرهنة 5:

ليكن $\lambda \in \mathbb{N}^+ \setminus \{1, 2\}$ ولتكن K مصفوفة هيل من المرتبة $n \times n$. إنّ فك تشفير كل نص مشفّر Q بطريقة Luma and Raufi-Hill بالمفتاح (λ, K) يتم بشكلٍ وحيد.

مثال 2:

لنقم بتشفير النص الواضح *WeLoveMath* باستخدام المفتاح $(4, K)$ حيث:

$$K = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 5 & 3 \end{pmatrix}$$

الخطوة الأولى:

نوجد الحدود $\{\tilde{m}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ من متتالية النص الواضح.

	W	e	L	o	v	e	M	a	t	h
\tilde{m}_i	87	101	76	111	118	101	77	97	116	104

الخطوة الثانية:

نعيّن حدود متتالية المفتاح المساعد $\{\tilde{k}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ على اعتبار $\lambda = 4$ عدد زوجي،

نستخدم المبرهنة 3:

\tilde{k}_i	8	15	17	20	21	29	12	5	13	8
---------------	---	----	----	----	----	----	----	---	----	---

الخطوة الثالثة:

نعيّن الحدود $\{m_i\}_{i=0}^{\ell-1} = \{\tilde{m}_i + \tilde{k}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$

m_i	95	116	93	131	139	130	89	102	129	112
-------	----	-----	----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----

الخطوة الرابعة:

نعين المصفوفة M من المرتبة $n \times \delta$.

$$M = \begin{pmatrix} 95 & 116 & 93 & 131 & 139 \\ 130 & 89 & 102 & 129 & 112 \end{pmatrix}$$

الخطوة الخامسة:

نوجد المصفوفة $C = K.M \pmod{256}$

$$\begin{aligned} C &= \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 5 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 95 & 116 & 93 & 131 & 139 \\ 130 & 89 & 102 & 129 & 112 \end{pmatrix} \pmod{256} \\ &= \begin{pmatrix} 320 & 321 & 288 & 391 & 390 \\ 865 & 847 & 771 & 1042 & 1031 \end{pmatrix} \pmod{256} \\ &= \begin{pmatrix} 64 & 65 & 32 & 135 & 134 \\ 97 & 79 & 3 & 18 & 7 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

الخطوة السادسة:

نعين حدود المتتالية $\{c_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ من المصفوفة C :

c_i	64	65	32	135	134	97	79	3	18	7
-------	----	----	----	-----	-----	----	----	---	----	---

الخطوة السابعة:

نحصل على النص المشفر Q من خلال استبدال كل حد من حدود $\{c_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ بمقابله

من جدول الـ $ASCII$.

@A #†aO ٧●

ولفك التشفير نقوم بالعملية المعاكسة:

الخطوة الأولى:

نوجد الحدود $\{c_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ من متتالية النص المشفر.

c_i	64	65	32	135	134	97	79	3	18	7
-------	----	----	----	-----	-----	----	----	---	----	---

الخطوة الثانية:

نعين المصفوفة C من المرتبة $n \times \delta$

$$C = \begin{pmatrix} 64 & 65 & 32 & 135 & 134 \\ 97 & 79 & 3 & 18 & 7 \end{pmatrix}$$

الخطوة الثالثة:

نعين حدود متتالية المفتاح المساعد $\{\tilde{k}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$.

\tilde{k}_i	8	15	17	20	21	29	12	5	13	8
---------------	---	----	----	----	----	----	----	---	----	---

الخطوة الرابعة:

نوجد المصفوفة $M = K^{-1} \cdot C$

$$M = \begin{pmatrix} 3 & -1 \\ -5 & 2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 64 & 65 & 32 & 135 & 134 \\ 97 & 79 & 3 & 18 & 7 \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} 95 & 116 & 93 & 387 & 395 \\ -126 & -167 & -154 & -639 & -656 \end{pmatrix}$$

الخطوة الخامسة:

نعيّن حدود المتتالية $\{m_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ من المصفوفة M :

m_i	95	116	93	387	395	-126	-167	-154	-639	-656
-------	----	-----	----	-----	-----	------	------	------	------	------

الخطوة السادسة:

نعيّن الحدود $\{\tilde{m}_i\}_{i=0}^{\ell-1} = \{(\tilde{m}_i - \tilde{k}_i) \bmod 256\}_{i=0}^{\ell-1}$

\tilde{m}_i	87	101	76	111	118	101	77	97	116	104
---------------	----	-----	----	-----	-----	-----	----	----	-----	-----

الخطوة السابعة:

نحصل على النص الواضح P من خلال استبدال كل حد من حدود $\{\tilde{m}_i\}_{i=0}^{\ell-1}$ بمقابله من جدول الـ $ASCII$ ، فيكون النص الواضح:

WeLoveMath

4. النتائج:

من خلال المبرهنين 2 و 3 تمّ إيجاد طريقة لتوليد ثلاث ثلاثيات فيثاغورية بوسيط طبيعي وحيد h ، ومن صمّ بناء متتالية المفتاح المساعد المكوّن من تسع حدود ثمّ تكرر بحسب طول النص.

تمّ التهجين بين طريقة Luma and Raufi وطريقة Hill، حيث نطبّق أولاً طريقة Luma and Raufi ومن ثمّ طريقة Hill على النواتج، وتمّ توضيح خوارزمية التشفير وكذلك فك التشفير.

5. المقترحات والتوصيات:

لعلّ التشفير يعتبر فنّاً كونه يعتمد مبدأ الحيلة لمواراة النص الواضح وجعله غير مفهوم، وربما تصميم برنامج يقوم بالتشفير مباشرةً يسهّل من العملية ويجعل الطريقة ذات معنى، وقتنئذٍ تبقى مسألة إيصال المفتاح لمن سيقراً البيانات ويترجمها.

لذا من المقترحات دمج البرمجة لترجمة الخوارزميات وتصميم برنامج يقوم بالتشفير وفك التشفير.

8. المراجع:

- [1] Lester S. Hill public son article "Cryptography in an Algebraic Alphabet", dans American Mathematical Monthly, 36, pp. 306-312, 1929
- [2] H.S.A. Rose, **Course in number theory**. Oxford Sciences Publication. (Clarendon), 1988.
- [3] B. Schneier , **Applied cryptography. Second edition, protocols, algorithms and source coding** C(John Wiley\& Sons), 1996.
- [4] M. I. Sowalle, **Introduction to cryptology**, Dist. Center, (Arabic version)Riyadh, 1996.
- [5] Swapan Kumar Sarkar ,A Text book of Discrete mathematics S.CHAND & COMPANY LTD, A TEXTBOOK OF DISCRETE MATHEMATICS RAMNAGAR,NEW DELHI-110055, 2008.
- [6] Luma A, RAUFI B., 2014- **Data Encryption and Decryption Using New Pythagorean Triple Algorithm. Proceedings of the World Congress on Engineering**, Vol I, London, U.K.
- [7] SPARKS J., 2008- **The Pythagorean Theorem Crown Jewel of Mathematics**. Author House, USA, 176P
- [8] B. Berggren, **_Pytagoreiska Trianglar_ (Pythagorean Triangles)**, *Tidskrift för Elementär Matematik, Fysik och Kemi*, 17 (1934), pages 129_139.
- [9] العرنوس باسل، شراباتي محمد، 2023، **تشفير نص بواسطة خوارزمية الرباعيات الفيثاغورية**. مؤتمر الرياضيات وتطبيقاتها بجامعة الفرات، 18 صفحة.
- [10] العرنوس باسل، شراباتي محمد، 2023، **توليد خماسية فيثاغورية بوسيطين طبيعيين واستخدامها في التشفير**. المؤتمر الحادي عشر لجمعية الرياضيات العراقية، 14 صفحة.
- [11] العرنوس باسل، شراباتي محمد، 2023، **ثلاثية المصفوفات الفيثاغورية**. المؤتمر الدولي الثاني للرياضيات في جامعة البعث، 19 صفحة.
- [12] د. عبد الباسط الخطيب ، د. محمد نور شمه ، 2008 ، **التشفير العربي المطور "التشفير المطورة"**، مجلة جامعة البعث للعلوم الهندسية ، مجلد 30، العدد 17.

تحضير أفلام رقيقة من أولمينات الكوبالت ودراسة بعض خصائصها الفيزيائية

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

ملخص:

تم تحضير أفلام رقيقة من أولمينات الكوبالت انطلاقاً من المحاليل الكيميائية لنترات الكوبالت $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ وكلوريد الألمنيوم $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ كمواد بدء على ركائز من الزجاج العادي والكوارتز من أجل نسبة خلط للأكاسيد الأولية $1Co:2Al$ ومولية (0.5M) ودرجة حرارة ترسيب ثابتة عند $500^\circ C$ بطريقة البخ الحراري. تم تلدين الأفلام المحضرة عند درجات حرارة مختلفة ضمن المجال $(600 - 900)^\circ C$ بخطوة $100^\circ C$. تمت دراسة الخصائص البنيوية للأفلام المحضرة والملدنة عند درجات حرارة مختلفة بواسطة تقانة انعراج الأشعة السينية (XRD).

لوحظ عند تحضير أفلام أولمينات الكوبالت عند الدرجة $500^\circ C$ فإن قمم الانعراج تعود جميعها لأكسيد الكوبالت، تم الحصول على أفلام اولمينات الكوبالت عند تلدينها عند درجة حرارة $800^\circ C$ ، أظهرت تبلور وفق بنية بلورية

*طالب دراسات عليا (ماجستير) في قسم الفيزياء- كلية العلوم-جامعة البعث.

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

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

مكعبية متمركزة الوجوه (FCC) تنتمي إلى المجموعة الفراغية (Fd3m). تم حساب ثابت الشبكة البلورية وحجم وحدة الخلية للأفلام المحضرة والملدنة عند درجة الحرارة 800°C . تم حساب حجم الحبيبات لأفلام CoAl_2O_4 المحضرة والملدنة عند درجات حرارة مختلفة باستخدام علاقة ديبي-شerrer. وجد أن حجم الحبيبات البلورية يزداد مع زيادة درجة حرارة التلدين.

تم دراسة أطراف النفوذية لأفلام CoAl_2O_4 المحضرة والملدنة عند درجة حرارة 800°C ضمن مجال الأطوال الموجية $(300 - 1100)\text{nm}$. حسبت قيمة طاقة المجال المحظور للأفلام المحضرة وكانت مساوية لـ $E_g = 2.14\text{eV}$.

كلمات مفتاحية: أولمينات الكوبالت - اسبينل - أفلام رقيقة - البخ الحراري - المجال المحظور.

Preparation of cobalt aluminate thin films and study of some of their physical properties

Ahmad Aton, Dr. Abla Al-Zoubi, Dr. Nasser Saad Al-Din,

University of Al-Baath Faculty of science

Dept. of Physics –Homs-Syria

Abstract:

$CoAl_2O_4$ thin films were prepared using chemical solutions of cobalt nitrates $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ and aluminum chloride $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ as starting materials on substrates of ordinary glass and quartz for a mixture ratio of primary oxides 1Co:2Al and molarity (0.5M) and a constant deposition temperature of 500 °C by spray pyrolysis method. The prepared films were annealed at different temperatures within the range (600 – 900) °C with a step of 100°C.

The structural properties of the prepared and annealed films at different temperatures were studied by X-ray diffraction (XRD) technique. The results showed that cobalt oxide films crystallized in the face-centered cubic structure (FCC) belong to the space group (Fd3m), while the crystallization of aluminum oxide films was not good.

It was also observed that when cobalt aluminate films were prepared at 500 °C, all the diffraction peaks belong to cobalt oxide. Cobalt aluminate films were obtained by annealing them at 800 °C, these films crystallized in the face-centered cubic structure (FCC) belong to the space group (Fd3m). The lattice constant and unit cell volume of the prepared and annealed films were calculated.

The grain size of $CoAl_2O_4$ films prepared and annealed at different temperatures was calculated by using the Debye-Scherrer equation. It was found that the size of the crystalline grains increases with increasing annealing temperature.

The transmittance spectra of the prepared $CoAl_2O_4$ films in the wavelength range (300 – 1100) nm were studied. The value of the band gap energy of the prepared films was calculated and was equal to $E_g = 2.14 eV$.

Keywords: Cobalt aluminate, spinel, thin films, thermal evaporation, band gap

1. مقدمة

لاقت أكاسيد المعادن اهتماماً كبيراً في السنوات السابقة بسبب خصائصها المميزة وسهولة تشكيلها واستخداماتها الواسعة، حيث تدخل في صناعة أنصاف النواقل والبطاريات والحساسات الغازية والسيراميك وتستخدم كمواد فائقة الناقلية. كما تستخدم كمحفزات كيميائية في التفاعلات العضوية وتساعد خصائصها الضوئية في استخدامها كحساسات ضوئية [1].

تعتبر أكاسيد الاسبينيل ذات الصيغة (AB_2O_4) ، حيث A و B شوارد موجبة ثنائية وثلاثية التكافؤ وتشغلان موقعين مختلفين من المواقع البلورية، من أهم الاكاسيد المختلطة. تتوضع الشوارد ثنائية التكافؤ (A) في المواقع رباعية الوجوه (Td)، وتشغل الشوارد ثلاثية التكافؤ مواقع ثمانية الوجوه (Oh). يلعب توزيع الشوارد A و B دوراً فعالاً في الخصائص الفيزيائية لأكاسيد الاسبينيل [2,3]. تتميز المواد التي تنتمي إلى هذا النوع من التركيب البلوري بأنها مستقرة حرارياً وكيميائياً وتدخل في مجموعة واسعة من التطبيقات [2,3,4].

جذب مركب أولمينات الكوبالت اهتمام الكثير من العلماء والباحثين بسبب خصائصه المميزة. يتكون من أكسيدي الكوبالت والألمنيوم. يتبلور وفق بنية بلورية مكعبية متمركزة الوجوه وينتمي إلى المجموعة الفراغية ($Fd3m$)، حيث تتوضع شوارد Co^{2+} في المواقع رباعية الوجوه وتشغل شوارد Al^{3+} المواقع ثمانية الوجوه.

يعتبر أولمينات الكوبالت أكسيداً مستقراً حرارياً وكيميائياً ويتمتع بمقاومة ميكانيكية عالية وتؤدي خصائصه الضوئية الفريدة إلى استخدامه كمرشح ضوئي (لوني) لمصابيح السيارات وكطبقة صبغة على مواد الإنارة في الأجهزة الضوئية [5].

يستخدم أيضاً أولمينات الكوبالت كصبغة خزفية زرقاء غير عضوية لها تطبيقاتها الواسعة في تلوين (البلاستيك، الطلاء، الورق، المطاط، الزجاج، الإسمنت، والأجسام الخزفية) [5,6,7]. إضافة إلى ذلك يدخل أولمينات الكوبالت في صناعة أجهزة الحساسات الكهروكيميائية كحساس رطوبة وكمحفز في التفاعلات الكيميائية [7,8,9].

تم في السنوات الأخيرة الماضية تحضير أفلام رقيقة من أولمينات الكوبالت بطرائق مختلفة منها الطريقة الهيدروحرارية وطريقة الاحتراق والتجفيف بالتجميد وتقنية السول - جل والبخ الحراري [10].

تعد طريقة البخ الحراري (spray pyrolysis) من أهم هذه الطرائق والتقنيات في الترسيب، وتطبق بشكل واسع في تحضير الأفلام الرقيقة للأكاسيد المختلطة، وذلك يعود لكونها من أكثر الطرائق سهولةً في التطبيق ولأن تجهيزاتها أقل كلفةً بالمقارنة مع تجهيزات الطرائق الأخرى، حيث يمكن من خلال طريقة البخ الحراري التحكم بنسبة الخلط والحصول على أفلام رقيقة بنقاوة جيدة، إضافة إلى كل ذلك فإن طريقة البخ الحراري تعد من الطرائق الاقتصادية الأقل تكلفةً. كما أنها تتم وفق شروط الضغط الجوي ولا تحتاج إلى ضغوط منخفضة [11].

2. أهداف البحث

تتميز الأفلام الرقيقة المحضرة من أولمينات الكوبالت بمقاومتها الجيدة للتآكل وللعوامل الخارجية، حيث تتصف بالاستقرار الكيميائي. لذا يهدف البحث إلى:

1- تحضير أفلام رقيقة من أكسيدي الكوبالت والألمنيوم ودراسة خصائصها البنوية.

2- تحضير أفلام رقيقة من أولمينات الكوبالت $CoAl_2O_4$ انطلاقاً من أملاح

الأكاسيد الأولية.

3- تحديد درجة الحرارة المثلى لتحضير أفلام أولمينات الكوبالت.

4- دراسة الخصائص البنوية والضوئية للأفلام الرقيقة من أولمينات الكوبالت المحضرة.

3- مواد وطرق البحث

3- 1 - الأجهزة والمواد المستخدمة

1 - جهاز ترسيب الأفلام الرقيقة مصنع محلياً يعتمد طريقة البخ *Spray pyrolysis* في الترسيب.

2 - جهاز انعراج الأشعة السينية (PW1840) ذو مصعد من الكوبالت إنتاج شركة (PHILIPS) متصل مع حاسب مزود ببرنامج لمعالجة طيوف الانعراج.

3 - جهاز تنظيف الشرائح بالأمواج فوق الصوتية نوع *Transsoni T 700/H*.

4 - جهاز المقياس الطيفي الضوئي (السيكتروفوتومتر) نوع *Jasco V-570 Double Beam* موصول مع حاسب.

5 - مرمدة لتلدين العينات نوع *CARBOLITE CWF 1200*.

6 - شرائح كوارتز وشرائح من الزجاج العادي ومواد كيميائية نقية هي نترات الكوبالت $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ نقاوته 98% وكلوريد الألمنيوم $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ نقاوته 99% وإيتانول نقاوته 99.9%.

3- 2 - تحضير العينات

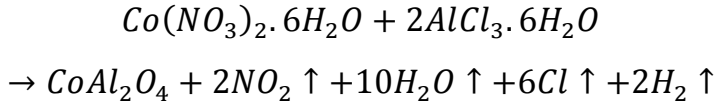
استخدمت ركائز من الكوارتز وأخرى من الزجاج العادي تم تنظيفها باستخدام تقنية الأمواج فوق الصوتية بواسطة الجهاز (*Transsonic T 700/H*)، ثم غسلت

بحمض كلور الماء الممدد. بعد ذلك تم غسلها بالكحول والماء المقطر بشكل جيد حتى الحصول على قطرة مستمرة على سطح الركيزة.

تم تحضير أفلام أكسيد الكوبالت باستخدام محلول نترات الكوبالت بمولية $0.5 M$ كمحلول البدء وأكسيد الألمنيوم باستخدام كلوريد الألمنيوم بمولية $0.5 M$.

تم تحضير محلول $CoAl_2O_4$ وذلك انطلاقاً من محاليل الأكاسيد الأولية وفق النسبة المثلى التي تحقق معادلة التفاعل وهي $1Co:2Al$.

يعود سبب اختيار نسبة الخلط هذه إلى أنها النسبة المولية التي تتوافق مع تحضير المركب أولمينات الكوبالت وفق معادلة التفاعل الآتية:



تم حل 1.455 gr من الملح $(Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O)$ في خليط من الماء المقطر والإيثانول بنسبة 3:7 وحجم 10 ml ومولية 0.5M وذلك وفقاً لعلاقة المولية حيث أن الوزن المطلوب يساوي إلى الكتلة المولية مضروبة بالحجم والمولية ومقسومة على 1000. تم إضافة قطرات من حمض الأزوت لزيادة شفافية المحلول. بعد ذلك تم حل 1.414 gr من الملح $(AlCl_3 \cdot 6H_2O)$ في خليط من الماء المقطر والإيثانول بنسبة 6:14 وبحجم 20 ml. تم إضافة قطرات من حمض كلور الماء لزيادة شفافية المحلول. تم خلط المحلولين السابقين للحصول على محلول أولمينات الكوبالت بحيث وضع المحلول على الخلاط المغناطيسي عند الدرجة $60^\circ C$ لمدة ساعة.

بعد ذلك تم ترسيب الأفلام الرقيقة باستخدام تقنية البخ الحراري بواسطة جهاز البخ المصنع يدوياً، حيث تم استخدام 20 ml من محلول أولمينات الكوبالت. وضعت

الركائز على بعد 30 cm من فوهة البخ ومن أجل ضغط هواء عادي وكانت درجة حرارة الركائز 500°C.

قدرت السماكة الوسطية للأفلام المحضرة بحوالي (500nm) حيث تم حسابها بالطريقة الوزنية من العلاقة (1) [12]:

$$t = \frac{\Delta m}{\rho \cdot A} \quad (1)$$

حيث أن:

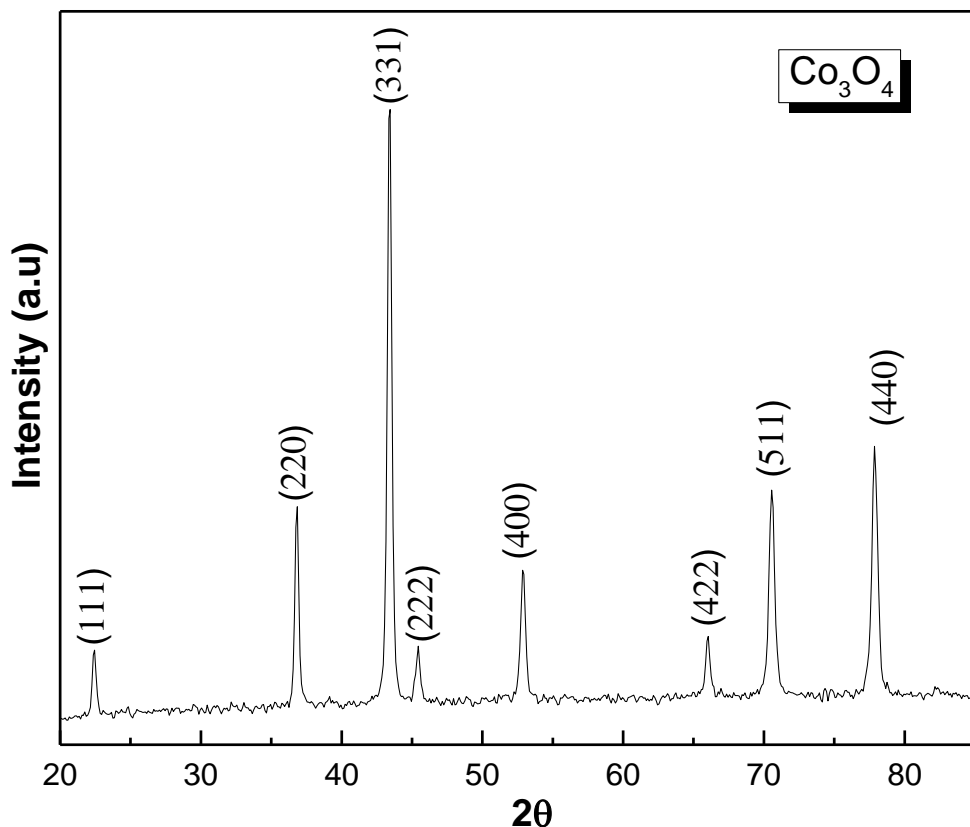
t : سماكة الفلم المحضر و Δm : الفرق في الكتلة قبل الترسيب وبعده و ρ : كثافة المادة و A : مساحة سطح العينة.

4 - النتائج والمناقشة

4-1 - الخصائص البنيوية للعينات المحضرة

4-1-1 - الخصائص البنيوية لأفلام الأكاسيد الأولية

تمت دراسة البنية البلورية للأفلام المحضرة من الأكاسيد الأولية لكل من أكسيد الكوبالت وأكسيد الألمنيوم باستخدام تقنية انعراج الأشعة السينية XRD. يبين الشكل (1) طيف انعراج الأشعة السينية لفلم أكسيد الكوبالت المحضر.



الشكل (1) طيف انعراج الأشعة السينية لفلم أكسيد الكوبالت المحضر.

تم تحديد قرائن ميلر لقمم الانعراج لأفلام أكسيد الكوبالت المحضرة بالمقارنة مع بنك المعلومات (Joint Committee on Powder Diffraction **JCPDS** Standards) (البطاقة 1003-43) وكانت على النحو الآتي:

(111) (220) (311) (222) (400) (422) (511) (440)

تتوافق جميع القمم الموجودة في طيف انعراج الأشعة السينية مع القمم العائدة لأكسيد الكوبالت Co_3O_4 ، ولم يلاحظ وجود أي قمم تعود لأطوار أخرى [13].

تتبلور أفلام أكسيد الكوبالت المحضرة وفق بنية بلورية مكعبية متمركزة الوجوه نمط الاسبينيل وتنتمي إلى المجموعة الفراغية (Fd3m).

بالاستفادة من قياسات انعراج الأشعة السينية لأفلام اكسيد الكوبالت المحضرة تم تعيين القيمة الوسطية لثابت الشبكة البلورية a بعد حساب قيم d من قانون براغ [14]:

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\theta \quad (2)$$

يعطى البعد بين المستويات البلورية المتوازية d_{hkl} في حالة البنية البلورية المكعبية بالعلاقة الآتية [15]:

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (3)$$

تم حساب حجم وحدة الخلية أيضاً الذي يعطى بالعلاقة [15]:

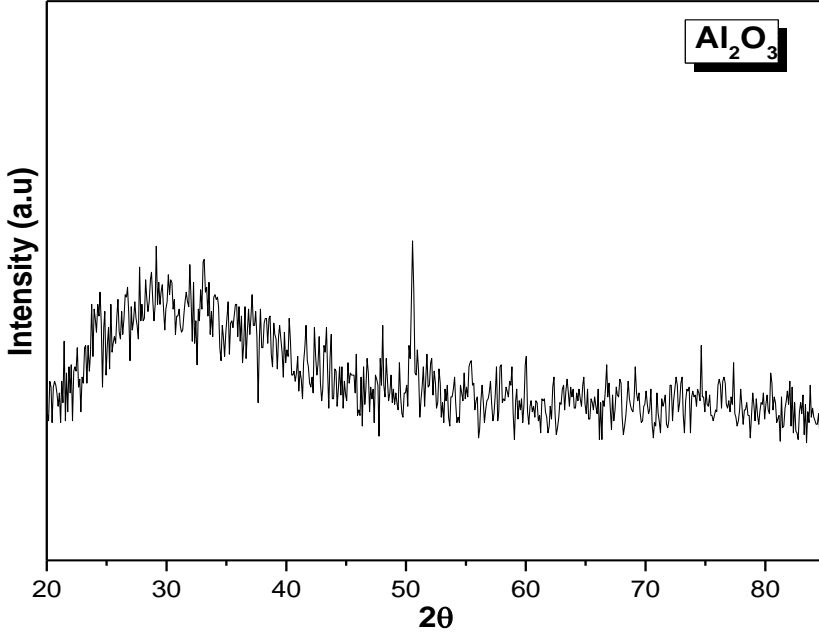
$$V = a^3 \quad (4)$$

يبين الجدول (1) قيم كلٍ من 2θ و d_{hkl} و a و V لأفلام اكسيد الكوبالت المحضرة.

الجدول (1)

$a(A^\circ)$	$d_{hkl} (A^\circ)$	$2\theta(^\circ)$	(hkl)
7.968	4.600	22.425	(111)
8.012	2.833	36.815	(220)
8.023	2.419	43.406	(311)
8.030	2.318	45.400	(222)
8.033	2.008	52.900	(400)
8.044	1.642	66.013	(422)
8.048	1.549	70.557	(511)
8.051	1.423	77.882	(440)
$a = 8.026(A^\circ)$			
$V = 517.008(A^\circ)^3$			

يبين الشكل (2) طيف انعراج الأشعة السينية على فلم أكسيد الألمنيوم المحضر.



الشكل (2) طيف انعراج الأشعة السينية على فلم أكسيد الألمنيوم المحضر.

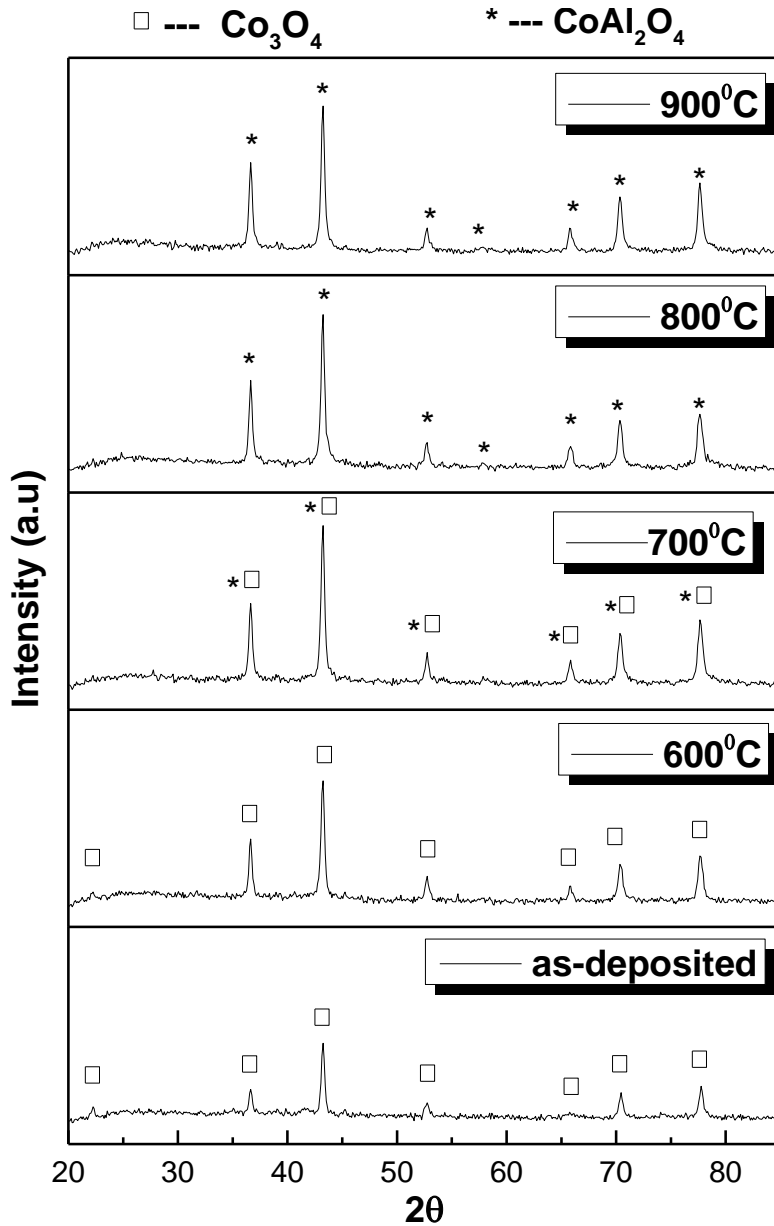
نلاحظ من الشكل (2) أن أفلام أكسيد الألمنيوم المحضرة عند درجة الحرارة 500°C غير متبلورة بشكل جيد وذلك من أجل شروط الترسيب ذاتها المتبعة في تحضير أفلام أكسيد الكوبالت، ويعود ذلك إلى أن أكسيد الألمنيوم يبدأ بالتبلور وفق بنية بلورية سداسية عند درجة حرارة تليدين حوالي 825°C تقريباً، ويتوافق ذلك مع الأعمال العلمية [18,17,16].

2-1-4 - الخصائص البنيوية لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة والملدنة

تم استخدام تقنية انعراج الأشعة السينية لدراسة البنية البلورية لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة والملدنة عند درجات حرارة مختلفة.

يبين الشكل (3) أطياف انعراج الأشعة السينية للأفلام المحضرة من المركب أولمينات

الكوبالت وذلك من أجل درجات حرارة تليدين مختلفة.



الشكل (3) أطياف انعراج الأشعة السينية للأفلام المحضرة من أولمينات الكوبالت عند درجات حرارة

تليدين مختلفة.

تمت مقارنة قمم الانعراج في الشكل (3) لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة والملدنة عند درجات حرارة مختلفة مع البطاقات المرجعية العائدة للأكاسيد الأولية Co_3O_4 ، Al_2O_3 ، وللمركب $CoAl_2O_4$ ذات الأرقام (43-1003)، (43-1484)، (44-0160) على الترتيب.

نلاحظ من الشكل (3) أن قمم انعراج الأشعة السينية للأفلام المحضرة قبل التلدين تعود إلى أكسيد الكوبالت Co_3O_4 ، وبالتالي فإن درجة حرارة التحضير غير كافية لتشكل المركب $CoAl_2O_4$ لذلك تم تلدين العينات المحضرة عند الدرجة $600^\circ C$ ولم يلاحظ سوى زيادة في شدة قمم الانعراج.

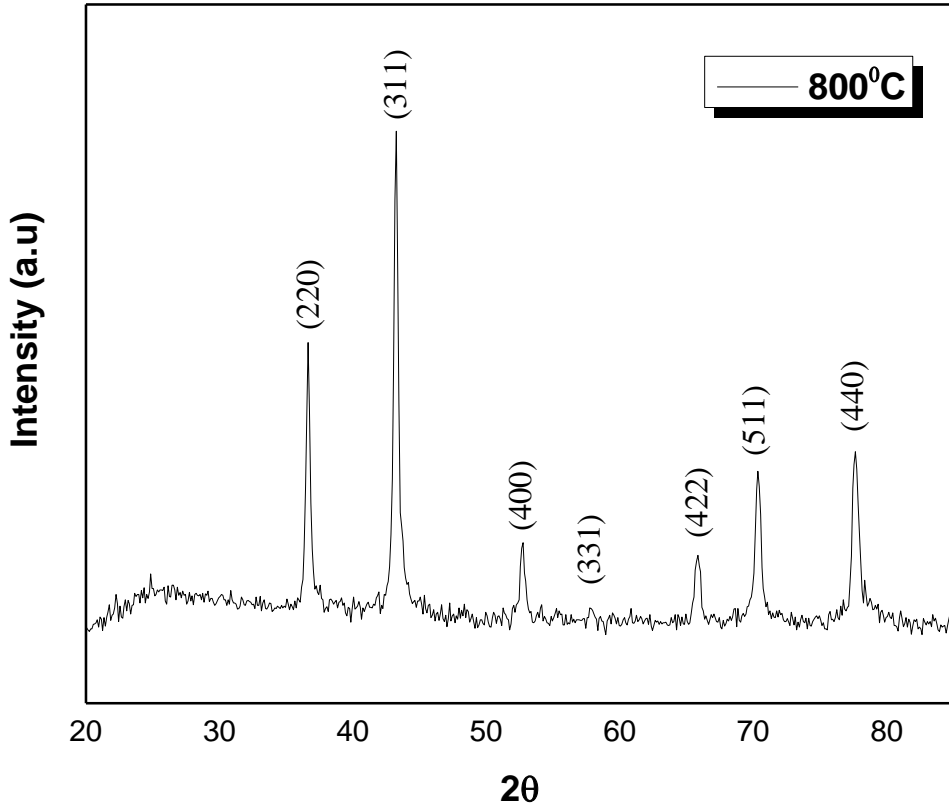
لذا تم زيادة درجة حرارة التلدين أكثر إلى $700^\circ C$ ، حيث بدأت مواضع القمم تتزاح باتجاه المركب، ولكن لم تكن درجة حرارة التلدين $700^\circ C$ كافية لتشكل المركب $CoAl_2O_4$. عند درجة حرارة التلدين $800^\circ C$ نلاحظ أن جميع القمم تعود إلى المركب $CoAl_2O_4$ ، حيث نلاحظ انزياح واضح لمواضع القمم باتجاه المركب وكذلك فإن شدة كل من هذه القمم عند درجة حرارة التلدين $800^\circ C$ تتطابق بشكل كبير مع البطاقات المرجعية الخاصة بالمركب أولمينات الكوبالت وتتوافق هذه النتيجة مع العديد من الأعمال العلمية. عند الدرجة $900^\circ C$ بقي فلم $CoAl_2O_4$ مستقراً.

لوحظ أن درجة حرارة التلدين تلعب دوراً مهماً في تلوين الأفلام الرقيقة المحضرة، حيث تكون أفلام أولمينات الكوبالت المحضرة والملدنة عند درجة الحرارة $600^\circ C$ خضراء اللون، وعند زيادة درجة حرارة التلدين إلى $700^\circ C$ تصبح الأفلام زرقاء اللون، ويتحول اللون الأزرق للأفلام ليصبح أزرق ساطع عند زيادة درجة حرارة التلدين إلى $800^\circ C$ ويعود اللون الأزرق للأفلام إلى تفكك شوارد الكوبالت Co^{3+} إلى Co^{2+} [19].

4- 1- 3- الخصائص البنيوية لأفلام $CoAl_2O_4$ المحضرة والملدنة عند $800^\circ C$

يبين الشكل (4) طيف انعراج الأشعة السينية على فلم أولمينات الكوبالت

المحضر والملدن عند درجة الحرارة $800^\circ C$.



الشكل (4) طيف انعراج الأشعة السينية على فلم أولمينات الكوبالت المحضر والملدن عند درجة الحرارة $800^\circ C$.

تم تحديد قرائن ميلر لقمم الانعراج لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة بالمقارنة مع بنك المعلومات JCPDS البطاقة (44-0160) وكانت على النحو الآتي:

(220) (311) (400) (331) (422) (511) (440)

تتوافق جميع القيم الموجودة في طيف انعراج الأشعة السينية مع القيم العائدة لأولمينات الكوبالت، ولم يلاحظ وجود أي قمم تعود للأكاسيد الأولية أو لأيّة مركبات أخرى [20].

تتبلور أفلام أولمينات الكوبالت المحضرة وفق بنية بلورية مكعبية متمركزة الوجوه نمط الاسبينيل وتنتمي إلى مجموعة التناظر الفراغية (Fd3m).

بالاستفادة من قياسات انعراج الأشعة السينية لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة تم حساب البعد بين المستويات البلورية d من زوايا الانعراج عند كل خط طيفي باستخدام قانون براغ المعادلة (2).

تم تعيين القيمة الوسطية لثابت الشبكة البلورية a باستخدام العلاقة (3) بعد حساب قيم d .

تم حساب حجم وحدة الخلية أيضاً باستخدام المعادلة (4).

يبين الجدول (2) قيم كل من 2θ و d_{hkl} و a و V لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة.

الجدول (2)

$a (A^\circ)$	$d_{hkl} (A^\circ)$	2θ	(hkl)
8.049	2.846	36.639	(220)
8.053	2.428	43.234	(311)
8.058	2.015	52.722	(400)
8.061	1.849	57.856	(331)
8.062	1.646	65.853	(422)
8.067	1.552	70.365	(511)
8.074	1.427	77.612	(440)
$a = 8.061(A^\circ)$ $V = 523.802(A^\circ)^3$			

تم حساب حجم الحبيبات البلورية بعد حساب العرض عند منتصف الشدة العظمى لقمم الانعراج باستخدام علاقة ديبياي_شيرر [21]:

$$D = \frac{K \cdot \lambda}{\beta \cdot \cos\theta} \quad (5)$$

حيث أن:

D : حجم الحبيبات البلورية و K : ثابت يساوي 0.93.

λ : طول موجة الأشعة السينية المستخدمة $\lambda = 1.788971 \text{ \AA}$

β : العرض الكلي عند منتصف الشدة العظمى ويقدر بالراديان.

θ : زاوية براغ.

يبين الجدول (3) قيم كل من β و D لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة

والملدنة عند درجة الحرارة 800°C .

الجدول (3)

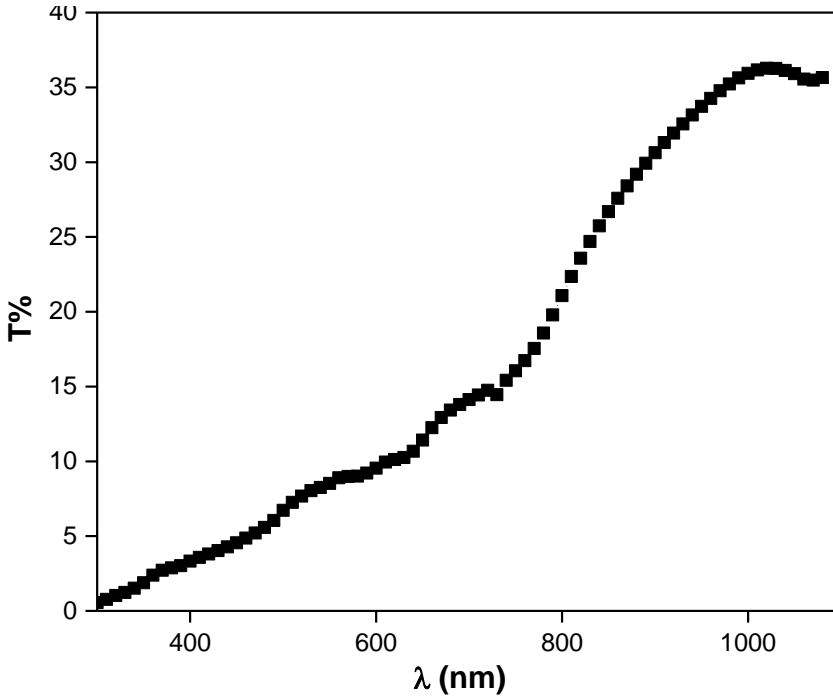
$D(\text{nm})$	$\beta(^{\circ})$	2θ
25.51	0.394	36.639
34.73	0.295	43.234
36.04	0.295	52.722
18.45	0.590	57.856
23.08	0.492	65.853
29.63	0.394	70.365
24.86	0.492	77.612
$\bar{D} = 27.47 \text{ nm}$		

4-2 - الخصائص الضوئية

تسمح دراسة الخصائص الضوئية بإعطاء فكرة عن التطبيقات المتاحة لهذه الأفلام، من أهم هذه الخصائص النفوذية والامتصاصية وطاقة المجال المحظور.

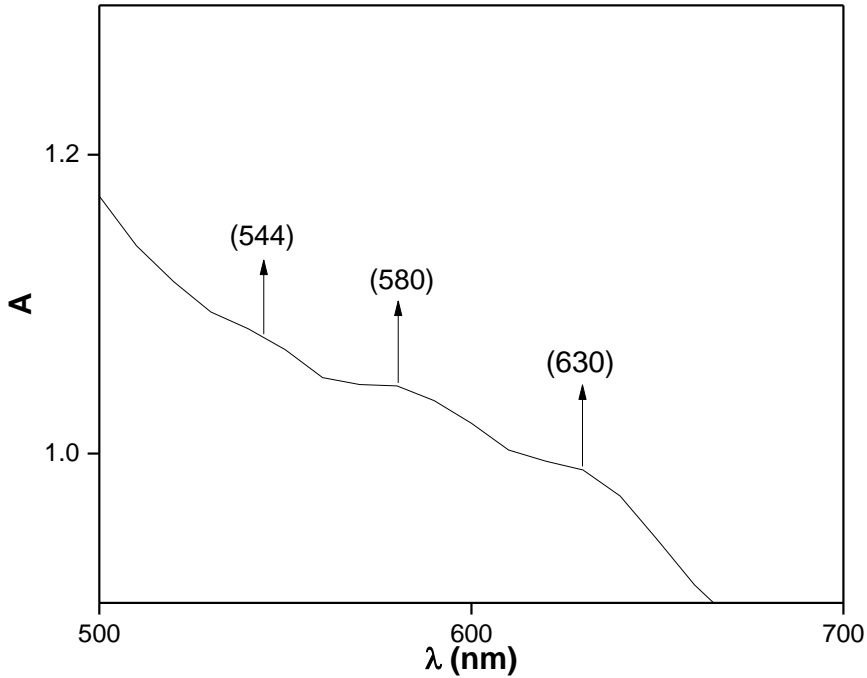
4-2-1 - النفوذية

تم قياس أطيف النفوذية لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة والملدنة عند درجة الحرارة 800°C في مجال الطول الموجي $(300 - 1100)\text{nm}$ باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر. يبين الشكل (5) أطيف النفوذية لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة والملدنة عند درجة الحرارة 800°C .



الشكل (5) أطيف النفوذية لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة والملدنة عند درجة الحرارة 800°C .

سجلت أطياف الامتصاصية للأفلام المحضرة. يوضح الشكل (6) تغيرات الامتصاصية بدلالة الطول الموجي لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة.



الشكل (6) تغيرات الامتصاصية بدلالة الطول الموجي لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة.

نلاحظ من الشكل (6) وجود ثلاث عصابات امتصاص تقع عند:

$(544, 580, 630) \text{ nm}$ ، تعزى هذه العصابات إلى الانتقالات السبينية المسموحة لشوارد

Co^{2+} ، حيث ترتبط هذه الانتقالات بالانتقال الإلكتروني: ${}^4A_2 \rightarrow {}^4T_1$

ويتوافق ذلك مع بعض الأعمال العلمية [24,23,22].

4-2-3 - حساب طاقة المجال المحظور

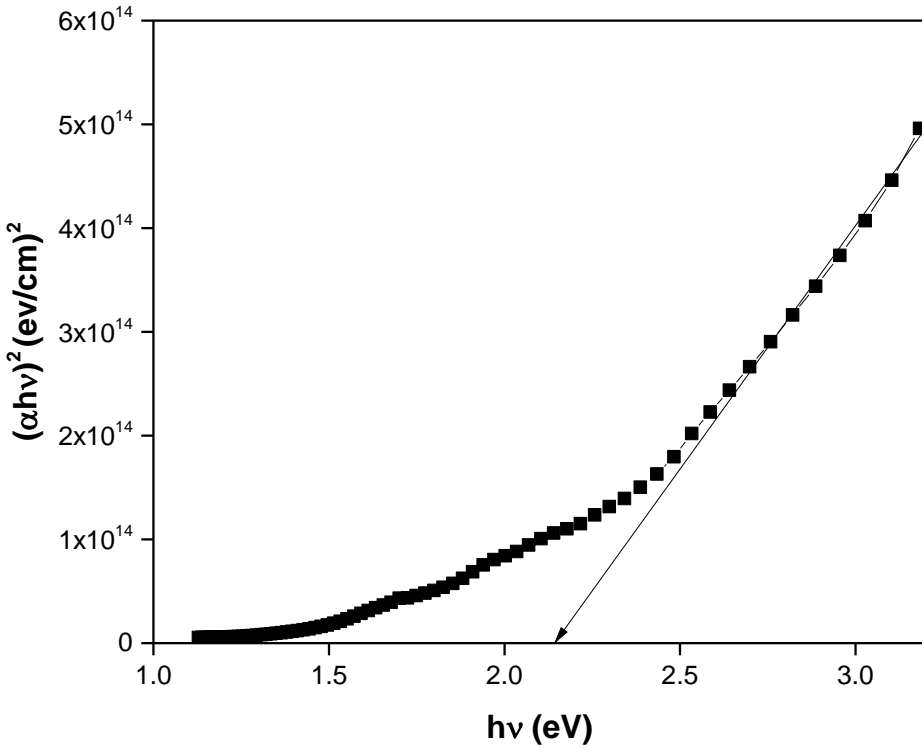
تم تحديد طاقة المجال المحظور لأفلام أولمينات الكوبالت باستخدام العلاقة

الآتية [25]:

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^n \quad (6)$$

حيث A و n ثوابت و α معامل الامتصاص و $h\nu$ طاقة الفوتون الوارد E_g طاقة المجال المحظور. بالنسبة للانتقالات المباشرة فإن قيمة n تكون $\frac{1}{2}$. بينما بالنسبة للانتقالات غير المباشرة فإن قيمة n تكون 2.

تم تحديد طاقة المجال المحظور E_g بتمديد الجزء الخطي للمنحني البياني لتغيرات $(\alpha h\nu)^2$ بدلالة $h\nu$ والذي يعطي قيمة المجال المحظور المباشر. يبين الشكل (7) تغيرات $(\alpha h\nu)^2$ بدلالة $h\nu$ لأفلام أولمينات الكوبالت المحضرة.



الشكل (7) تغيرات $(\alpha h\nu)^2$ بدلالة $h\nu$ لأفلام أولمينات الكوبالت.

تم استقراء قيمة طاقة المجال المحظور لأفلام أولمينات الكوبالت من الشكل (7) وكانت

$$E_g = 2.14eV$$

وهذه القيمة تتوافق مع قيمة طاقة المجال المحظور في الأعمال العلمية [27,26].

الاستنتاجات

1. تم تحضير أفلام رقيقة من أولمينات الكوبالت $CoAl_2O_4$ انطلاقاً من المحاليل الكيميائية لنترات الكوبالت وكلوريد الألمنيوم.
2. أظهرت نتائج XRD أن الأفلام المحضرة عند درجة حرارة $500^\circ C$ هي أفلام أكسيد الكوبالت وبالتالي درجة حرارة التحضير غير كافية لحدوث تفاعل بين أكسيد الألمنيوم وأكسيد الكوبالت.
3. تم الحصول على أفلام أولمينات الكوبالت $CoAl_2O_4$ عند تليدين العينات عند درجة الحرارة $800^\circ C$.
4. تتبلور أفلام $CoAl_2O_4$ وفق بنية مكعبية متمركزة الوجوه تنتمي للمجموعة الفراغية $Fd3m$.
5. ازدادت قيم كل من ثابت الشبكة البلورية وحجم الحبيبات بزيادة درجة التليدين.
6. وجد أن قيمة طاقة المجال المحظور لأفلام أولمينات الكوبالت مساوية لـ:

$$E_g = 2.14eV$$

التوصيات

نوصي بـ:

1. دراسة إمكانية استبدال أكاسيد أخرى بأكسيد الكوبالت.
2. دراسة الخصائص الكهربائية لأفلام أولمينات الكوبالت.

المراجع

1. Arora, A. K., Jaswal, V. S., Singh, K., & Singh, R. (2016). Applications of metal/mixed metal oxides as photocatalyst:(A review). *Oriental Journal of Chemistry*, 32(4), 2035.
2. Duan, X., Pan, M., Yu, F., & Yuan, D. (2011). Synthesis, structure and optical properties of CoAl₂O₄ spinel nanocrystals. *Journal of Alloys and Compounds*, 509(3), 1079–1083.
3. Gholami, T., Salavati–Niasari, M., & Varshoy, S. (2016). Investigation of the electrochemical hydrogen storage and photocatalytic properties of CoAl₂O₄ pigment: Green synthesis and characterization. *International journal of hydrogen energy*, 41(22), 9418–9426.
4. Jafari, M., & Hassanzadeh–Tabrizi, S. A. (2014). Preparation of CoAl₂O₄ nanoblu pigment via polyacrylamide gel method. *Powder Technology*, 266, 236–239.
5. Srisawad, N., Chaitree, W., Mekasuwandumrong, O., Praserttham, P., & Panpranot, J. (2012). Formation of CoAl₂O₄ nanoparticles via low–temperature solid–state reaction of fine gibbsite and cobalt precursor. *Journal of Nanomaterials*, 2012, 95–95.
6. Khajeh Aminian, M., Azizi, T., Dehghan, R., & Hakimi, M. (2017). Synthesis and characterization of CoAl₂O₄ nano pigments

by polyol method. *Progress in Color, Colorants and Coatings*, 10 (4), 231 – 238 .

7. Boudiaf, S., Nasrallah, N., Mellal, M., Belabed, C., Belhamdi, B., Meziani, D., ... & Trari, M. (2020). Synthesis and characterization of semiconductor CoAl_2O_4 for optical and dielectric studies: application to photodegradation of organic pollutants under visible light. *Optik*, 219, 165038.

8. Dumitru, R., Manea, F., Lupa, L., Păcurariu, C., Ianculescu, A., Baci, A., & Negrea, S. (2017). Synthesis, characterization of nanosized CoAl_2O_4 and its electrocatalytic activity for enhanced sensing application. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 128, 1305–1312.

9. Ummartyotin, S., Sangngern, S., Kaewvilai, A., Koonsaeng, N., Manuspiya, H., & Laobuthee, A. (2009). Cobalt aluminate (CoAl_2O_4) derived from Co–Al–TEA complex and its dielectric behaviors. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 1, 31–37.

10. Abaide, E. R., Anchieta, C. G., Foletto, V. S., Reinehr, B., Nunes, L. F., Kuhn, R. C., ... & Foletto, E. L. (2015). Production of copper and cobalt aluminate spinels and their application as supports for inulinase immobilization. *Materials Research*, 18, 1062–1069.

11. Granados, N. B., Yi, E., Laine, R., & Baena, O. J. R. (2015). CoAl₂O₄ blue nanopigments prepared by liquid-feed flame spray pyrolysis method. *Matéria (Rio de Janeiro)*, *20*, 580–587.
12. Borah, S. M. (2013). Direct current magnetron glow discharge plasma characteristics study for controlled deposition of titanium nitride thin film. *Journal of Materials*, *2013*.
13. Jiang, J., & Li, L. (2007). Synthesis of sphere-like Co₃O₄ nanocrystals via a simple polyol route. *Materials Letters*, *61*(27), 4894–4896.
14. Podder, M., Ahmed, M. F., Moni, M. R., Rahman, M. L., Biswas, B., & Sharmin, N. (2023). Effect of metal ions on structural, morphological and optical properties of nano-crystallite spinel cobalt-aluminate (CoAl₂O₄). *Arabian Journal of Chemistry*, *16*(5), 104700.
15. Gao, H., Yang, H., Wang, S., Li, D., Wang, F., Fang, L., ... & Yang, G. (2018). A new route for the preparation of CoAl₂O₄ nanoblue pigments with high uniformity and its optical properties. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, *86*, 206–216.
16. Dhonge, B. P., Mathews, T., Sundari, S. T., Thinaharan, C., Kamruddin, M., Dash, S., & Tyagi, A. K. (2011). Spray pyrolytic deposition of transparent aluminum oxide (Al₂O₃) films. *Applied Surface Science*, *258*(3), 1091–1096.

17. Barbos, C., Blanc–Pelissier, D., Fave, A., Blanquet, E., Crisci, A., Fourmond, E., ... & Lemiti, M. (2015). Characterization of Al₂O₃ thin films prepared by thermal ALD. *Energy Procedia*, 77, 558–564.
18. Bahlawane, N., & Watanabe, T. (2000). New sol–gel route for the preparation of pure α -alumina at 950 c. *Journal of the American Ceramic Society*, 83(9), 2324–2326.
19. Lavrenčič Štangar, U., Orel, B., & Krajnc, M. (2003). Preparation and spectroscopic characterization of blue CoAl₂O₄ coatings. *Journal of sol–gel science and technology*, 26(1–3), 771–775.
20. Ouahdi, N., Guillemet, S., Durand, B., El Ouatib, R., Rakho, L. E., Moussa, R., & Samdi, A. (2008). Synthesis of CoAl₂O₄ by double decomposition reaction between LiAlO₂ and molten KCoCl₃. *Journal of the european ceramic society*, 28(10), 1987–1994.
21. Agilandeswari, K., & Kumar, A. R. (2015, June). Synthesis, characterisation, optical and luminescence properties of CoAl₂O₄. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1665, No. 1). AIP Publishing.
22. Blanco, O., Morán–Lázaro, J. P., Rodríguez–Betancourt, V. M., Reyes–Gómez, J., & Barrera, A. (2016). Colloidal synthesis of CoAl₂O₄ nanoparticles using dodecylamine and their structural characterization. *Superficies y vacío*, 29(3), 78–82.

23. Gaudon, M., Robertson, L. C., Lataste, E., Duttine, M., Ménétrier, M., & Demourgues, A. (2014). Cobalt and nickel aluminate spinels: blue and cyan pigments. *Ceramics International*, 40(4), 5201–5207.
24. Gingasu, D., Mindru, I., Patron, L., Marinescu, G., Ianculescu, A., Surdu, V. A., ... & Oprea, O. (2018). Synthesis of cobalt aluminate nanoparticles by combustion methods using cinnamon bark extract. *Rev Roumaine Chim*, 63(5–6), 459–66.
25. Agilandeswari, K., & Kumar, A. R. (2015, June). Synthesis, characterisation, optical and luminescence properties of CoAl₂O₄. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1665, No. 1). AIP Publishing.
26. Gingasu, D., Mindru, I., Patron, L., Marinescu, G., Ianculescu, A., Surdu, V. A., ... & Oprea, O. (2018). Synthesis of cobalt aluminate nanoparticles by combustion methods using cinnamon bark extract. *Rev Roumaine Chim*, 63(5–6), 459–66.
27. Arunkumar, M., & Samson Nesaraj, A. (2023). Facile chemical fabrication of Ni doped CoAl₂O₄ nano-spinel photocatalysts: Physico-chemical properties and photodegradation of toxic malachite green dye under visible light. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 103(5), 1086–1106.

دراسة بتروغرافية وكيميائية للتوضعات الفسفاتية المتكشفة في منطقة الصوانة، السلسلة التدمرية الجنوبية

الطالب سليمان سمير الرضوان - جامعة تشرين - كلية العلوم

الدكتور علي شحود - الدكتور رافع محسن

الملخص

أجريت دراسة بتروغرافية، وكيميائية للصخور الفوسفاتية المتكشفة في منطقة الصوانة السلسلة التدمرية الجنوبية وتحديد محتواها من P_2O_5 . صنفت هذه الصخور إلى حجر فوسفاتي ذو ملاط سيليسي - كلسي ورمال فوسفاتية مفككة. في حين بينت نتائج التحاليل الكيميائية أن نسبة P_2O_5 ذات قيمة اقتصادية جيدة وأن هذه النسب مترافقة مع ارتفاع نسبة SiO_2 ، وانخفاض قيم CaO ، مما يشير إلى مصدر شاطئي للرسوبات الفوسفاتية. بينت الدراسة البتروغرافية ازدياد نسبة الفوسفات إلى جانب الكوارتز ضمن الملاط السيليسي الذي يتحول باتجاه الجنوب الشرقي إلى ملاط كلسي وتسيطر عمليات السيلسة في الجهة الجنوبية لمنطقة الدراسة مع تراجع واضح في عمليات السمنتة.

الكلمات المفتاحية: بتروغرافية، فوسفات الصوانة.

Petrographical and Chemical study of Phosphate deposits exposed in Al – Sawwaneh area, Southern Palmyra Chain

Student Suleiman Samir Alradwan

- Tishreen University - Faculty of Science

Dr. Ali Shahoud - Dr. Rafea Mohsen

Abstract

Petrographic and chemical study was conducted for the phosphate rocks exposed in Al – Sawwaneh area, Southern Palmyra Chain, and to determine their content of P_2O_5 . These rocks were classified into phosphate rock with a siliceous-calcareous cement, and loose phosphate sand. While the results of chemical analyze showed that the percentage of P_2O_5 has a good economic value and that these percentages are associated with a high percentage of SiO_2 and low values of CaO , which indicates a coastal source of phosphate sediments. The petrographic study showed that the percentage of phosphate increased along with quartz within the siliceous cement, which change lateral towards the southeast into calcareous cement, and siliceous processes dominate in the southern side of the study area, with a clear decline in cementation processes.

Keywords: Petrographic, Al-Sawwana Phosphate.

1 - مقدمة:

شكلت السلسلة التدمرية حوضاً رسوبياً ضمن الجزء الشمالي من السطحة العربية وتمتد السلاسل الجبلية باتجاه شمال شرق - جنوب غرب بطول 400 كم وعرض 100 كم، وتشغل مساحة 35000 كم²، حيث تشكلت نتيجة للحركات التكتونية المسيطرة خلال الفترة الممتدة من نهاية الكريتاسي الأعلى حتى النيوجين والرباعي وصولاً لشكلها الحالي.

تقسم السلسلة التدمرية استناداً لنمط الطي فيها إلى:

- السلسلة التدمرية الشمالية: تتألف من كتلتي البلعاس والبشري تتميز هذه السلسلة بمحدرات عريضة واسعة، خفيفة الميل، اتجاه محاورها شمال شمال شرق.
- السلسلة التدمرية الجنوبية: تتألف من صفوف سلمية لمحدرات ضيقة تتجه محاورها نحو الشمال الشرقي يتميز الجناح الجنوبي الشرقي بأنه قصير وذو ميل شديدة وأحياناً مقلوبة، يحده نطاق صدعي، والجناح الشمالي الغربي طويل وذو ميل خفيفة.
- يفصل السلسلتين حوض بين جبلي يعرف بحوض الدو ملئ برسوبات سينوزوية (ميوسينية ورباعية)، وبلغت ثخانة الرسوبات 2000 م. (سويده، 2014)

تحتوي هذه السلسلة على العديد من التشكيلات الهامة أهمها الصخور الفوسفاتية ضمن السلسلة التدمرية الجنوبية التي تلعب دوراً اقتصادياً هاماً في سورية، وبسبب الطلب المتزايد عليها عالمياً. وتأتي أهميتها لأنها تُعد المصدر الأساسي والوحيد للفوسفور ذو الأهمية العالية، في صناعة الأسمدة وحمض الفوسفوريك من جهة، وأهميته الغذائية لدى الكائنات الحية من جهة أخرى. (EI BAMIKI et al., 2021, DERHY et al., 2020)

حيث تعتبر خامات الفوسفات في سورية من أهم الثروات الباطنية الإستراتيجية بعد النفط، حيث ينتج القطر سنوياً /2.5/ مليون طن من الخام الفوسفاتي القابل للتصدير. ويتم تصنيع قسم من الإنتاج إلى أسمدة فوسفاتية، وتصدر الباقي. وتعد مناجم الشرقية وخنيفيس من أهم المواقع المستثمرة حالياً.

2 - موقع منطقة الدراسة:

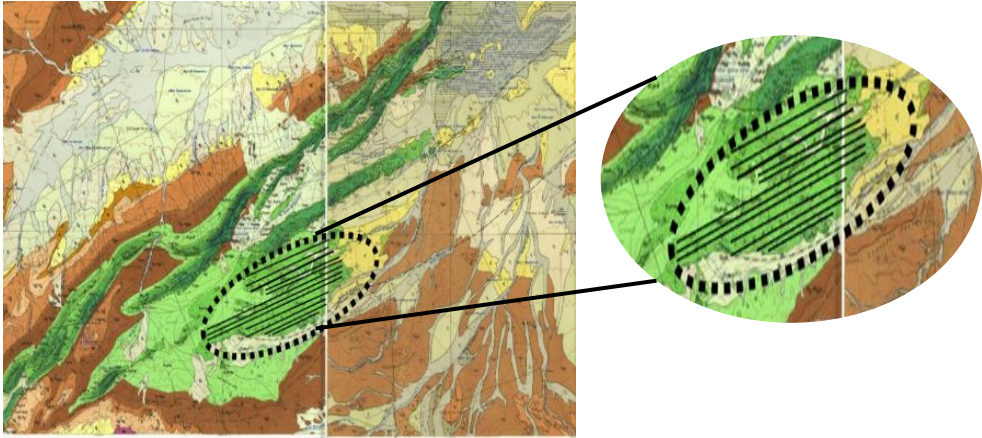
تقع منطقة الدراسة إلى الجنوب من جبل الأبتز ويبعد عنها حوالي 10 كم وإلى الشرق من محذب الصوانة الحمراء وتبعد عن تدمر مسافة 45 كم باتجاه الجنوب الغربي وعن مدينة دمشق مسافة 200 كم إلى الشمال الشرقي منه (عثمان، 2004) (سويدة وآخرون، 2010)، تتحدد حدودها برقعتي تدمر والقريتين وفقاً لتقسيمات القطر تمتد ضمن احداثيات التالية:

E: 37° 98'

E: 38° 00'

N: 34° 02'

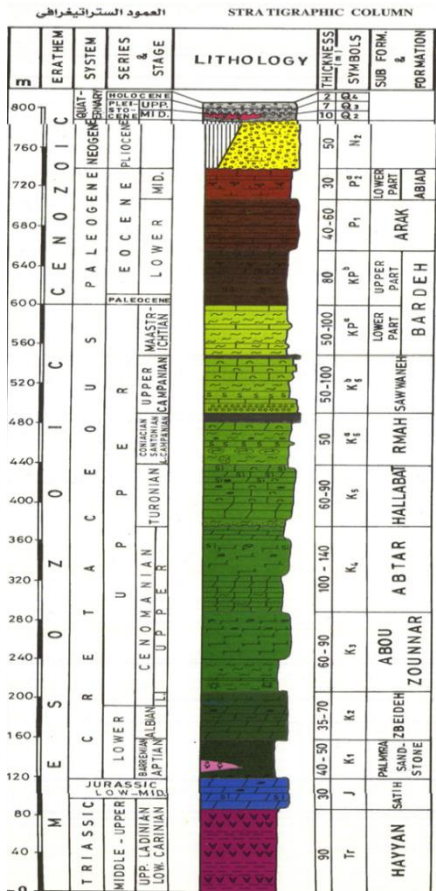
N: 34° 25'



الشكل (1): خارطة جيولوجية توضح موقع منطقة الدراسة مقطعة من رقعتي تدمر والقريتين (Faradzhev, 1966 & Souliidi-Kondratiev, 1966).

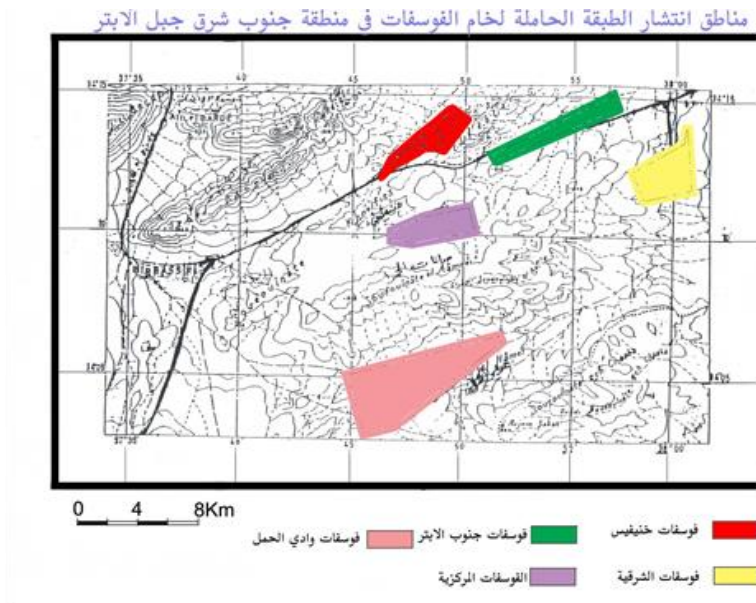
3 - الوضع الجيولوجي والبنوي لمنطقة الدراسة:

إن أقدم الصخور المنكشفة في المنطقة التي نحتوي على أهم توضعات الفوسفات في سورية تعود لطابق الكامبانيان وتتداخل رسوباته مع طابق الماستريختيان لتشكل وحدة جيولوجية متكاملة ومتشابهة وتتألف من رسوبات كلسية وكلسية غضارية، إن أول النطاقات المفسفة تعود لأعلى الكامبانيان وتصل سماكة توضعات الفوسفات في المناطق التي لم تتعرض للحت إلى ما يزيد عن 20 متراً. (البيروني، 2009).



المتوجة من أهمها: محذب الصوانة الحمراء الذي يحوي أهم توضعات الفوسفات وقد أثر الوضع التكتوني للمنطقة على شكل وتركيب حوض الترسيب الحامل للفوسفات حيث لوحظ أن الرسوبات الفوسفاتية تكون أقل ما يمكن في المناطق الأكثر تعرضاً لعمليات الطي وذلك نتيجة تكشفها وتعرضها المتتالي لعمليات الحت.(البيروني، 2009)

ترسبت التوضعات الفوسفاتية في هذه المنطقة نتيجة تغير في شروط الترسيب على كامل السطحية التدمرية حيث بدأ الانفتاح البحري شمال السطحية العربية بانفتاح أوقيانوس التيتس في أطرافها الغربية والشمالية الغربية وبقاء مرتفع الحماد طافياً حيث لعبت البنات الناهضة الدور الرئيسي في توجيه ترسب الفوسفات. (سويدة، 2014)



الشكل (3) خارطة توضح مناطق انتشار التوضعات الفوسفاتية في السلسلة التدمرية

(المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية تقرير داخلي عام 2004)

يغطي السطح العلوي للمنطقة الوحدة الكريتاسية السادسة (تشكيلة الصوانة) حيث تميزت بترسيب كربونات بحري متوسط العمق إلى عميق، مع هبوط في قاع الحوض الترسيبي الذي أدى إلى تراكم رسوبات ثخينة في السلسلة التدمرية الشمالية حيث تراوحت ثخانتها من 200 الى 450 م مقارنة مع السلسلة التدمرية الجنوبية التي تراوحت ثخانتها بين 10 إلى 120 م. (سويدة وآخرون، 2010)

تركز الترسيب الفوسفاتي في السلسلة التدمرية الجنوبية، بينما اختفى باتجاه المناطق ذات الترسيب الكربونات العميق (التدمرية الشمالية)، يُعدُّ الترسيب الفوسفاتي مرحلة متزامنة مع الانفتاح البحري ومميزة بتباين الترسيب وطبيعة القيعان البحرية وعدم استقرارها، وموجهة بشكل خاص بتأثير البنية الإقليمية لمرتفع الحماد. (سويدة، 2014)

4 - أهداف الدراسة:

- 1) إجراء دراسة بتروغرافية للتوضعات الفوسفاتية من خلال رفع مقطعين جيولوجيين ضمن جبهات التكشف.
- 2) إجراء تحاليل كيميائية للصخور في منطقة الدراسة لتحديد نسب الأكاسيد الموجودة ضمن الصخر.
- 3) تحديد بيئة الترسيب.

5 - مواد وطرق الدراسة:

5 - 1 - العمل الحقلية:

- ✓ الجولات الحقلية حيث تم القيام بثلاث جولات حقلية
- ✓ رفع المقاطع تم القيام برفع مقطعين (مقطع الجبهة الجنوبية الشرقية حيث تم أخذ 7 عينات - موقع الجبهة الجنوبية حيث تم أخذ 7 عينات أيضاً)
- ✓ الوصف الأولي

5 - 2 - العمل المخبري، وتتضمن:

- ✓ الدراسة البتروغرافية والترسيبية وتحديد بيئة الترسيب.
- ✓ التحاليل الكيميائية.

5 - 3 - مواد الدراسة:

- ✓ مجهر استقطابي - مجهر انعكاسي.
- ✓ جهاز الأشعة السينية المفلورة XRD - جهاز قص الصخور لصنع الشرائح.
- ✓ خرائط جيولوجية - جهاز GPS.

6 - النتائج والمناقشة:

تمت دراسة مقطعين للتكشفات الفوسفاتية الموجودة ضمن منطقة الصوانة وهي:



الشكل (4): خارطة توضح موقع المقطعين المدروسين

6 - 1 - المقطع الجنوبي الشرقي:

يمثل تكشف ضخم ضمن المنجم قيد الاستثمار، يقع المقطع عند الإحداثية:

N: 34° 11' 02.5"

E: 38° 01' 05.7"

H: 582m

توضعات فوسفاتية مؤلفة من صخر فوسفاتي ورمل فوسفاتي مفكك تصل سماكتها حوالي 4 م يتخللها سويات صوانية سنتمترية هذه السويات تفصلها عن التوضعات التي تعلوها.

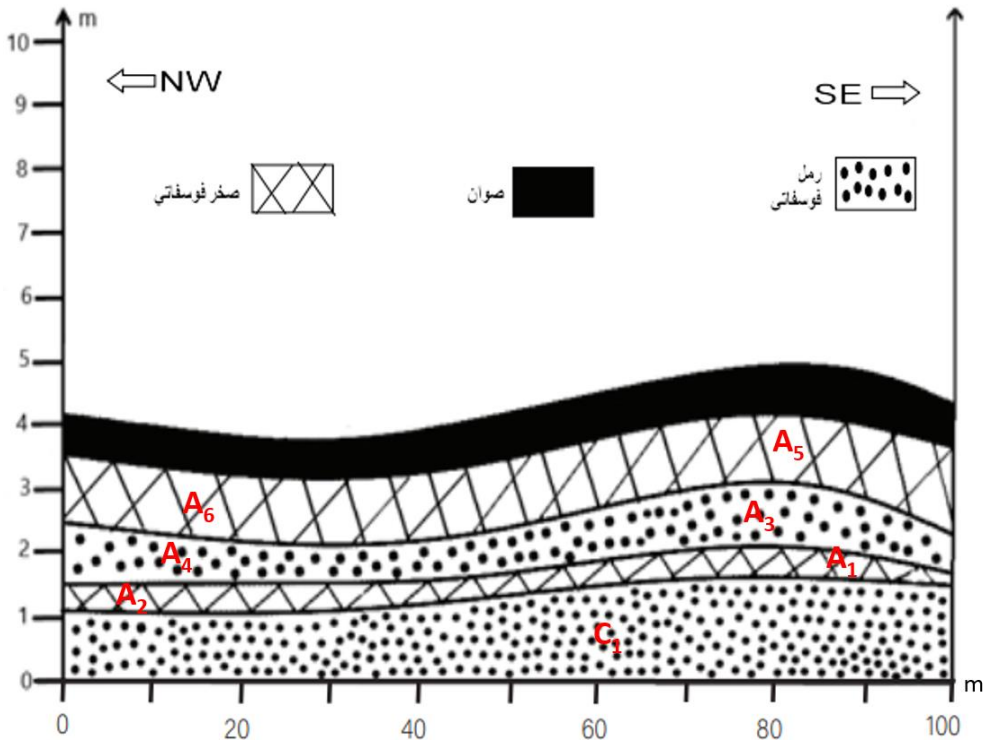


الشكل (5): صورة توضح التوضعات الفوسفاتية

تم أخذ العديد من العينات من الجبهة المدروسة تبعاً لتغير خصائص التكشف السحنية وتمت دراستها تحت المجهر الاستقطابي وتحديد مكوناتها العضوية واللاعضوية وبيئة ترسيبها حيث يبين الجدول رقم (1) الرموز المستخدمة:

الجدول رقم (1): يبين الرموز المستخدمة ضمن الشرائح

الرمز	معنى الرمز
S	فراغ
W	مكروسابريت
M	مكريت
P	بيليت
O	أوليت فوسفاتي
Ph	حبة فوسفات
K	كسارات وشظايا عظمية
L	سيلسة
F	فسفتة



الشكل (6): يمثل موقع الجبهة الجنوبية الشرقية

6 - 1 - 1 - صخر كلسي فوسفاتي:

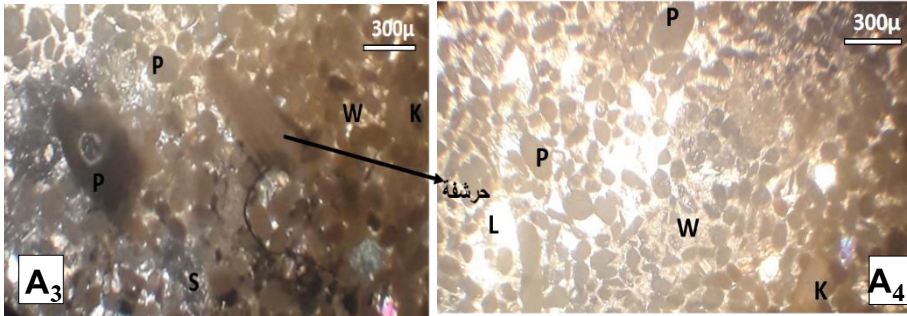


الشكل (7) صورة مجهرية للشريحة الصخرية A₁, A₂

المكونات اللاعضوية حبات فوسفاتية ذات لون بني إلى بني الغامق تأخذ أشكال متنوعة:

بيلت بنسبة المئوية 20%، حبات ذات نواة تكون عبارة عن أوليت فوسفاتي نسبة 10%، نلاحظ ظهور ملاط سيليسي بنسبة تصل إلى 10%.

المكونات العضوية بقايا عظمية متطاولة وتكون ذات حواف حادة ذات بنية ليفية وشوكيات جلد مفسفة وهياكل مستحاثية وأسنان وحرشف أسماك بنسبة 25%، الملاط يجمع الحبات ملاط ميكروسباريتي ومكريتي بنسبة 20% (حسب فولك).
البيئة قليلة العمق وذات طاقة عالية وبحسب دونهام (باكستون)

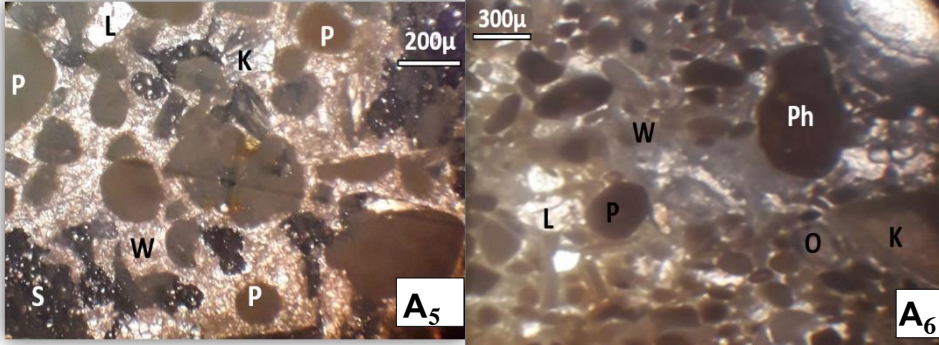


الشكل (8) صورة مجهرية للشريحة الصخرية A₃, A₄

6 - 1 - 2 - صخر فوسفاتي عضوي:

المكونات اللاعضوية حبات فوسفاتية ذات لون بني غامق تأخذ أشكال متنوعة أيضاً بيلت مقاطعها دائرية الشكل وأحياناً بيضوية بنسب قليلة تصل إلى 40 - 50%، لا تحوي نواة، حبات ذات نواة وهي عبارة عن أوليت فوسفاتي تأخذ أشكال دائرية أيضاً نسبتها تصل إلى 5%، نلاحظ زيادة في الملاط السيليسي.

المكونات العضوية يوجد بعض البقايا العظمية ذات البنية الليفية بأشكال متطاولة زاوية مسيلسة ذات فسفتة غير مكتملة وحراشف سمكية 15%، الملاط يجمع الحبات ملاط ميكروسباريتي بنسبة 15% (حسب فولك)، البيئة قليلة العمق ذات طاقة عالية، حسب دونهام غرين ستون فوسفاتي



الشكل (9) صورة مجهرية للشريحة الصخرية A₅, A₆

6 - 1 - 3 - صخر كلسي فوسفاتي:

المكونات اللاعضوية حبات فوسفاتية ذات اللون البني مؤلفة من بيلت بنسبة 20 - 30% وحبات ذات نواة (أوليت فوسفاتي) بنسبة 5% وفراغات بنسبة 3% المكونات العضوية يوجد بعض البقايا العظمية ذات البنية الليفية بأشكال متطاولة زاوية مسيلسة ذات فسفتة غير مكتملة وحراشف سمكية 15%، يجمع الحبات ملاط ميكروسباريتي بنسبة 25% (حسب فولك) البيئة قليلة العمق ذات طاقة عالية، حسب دونهام غرين ستون فوسفاتي

6 - 1 - 4 - العينة C₁ عبارة عن رمال فوسفاتية مفككة تمت دراستها باستخدام المجهر الانعكاسي (المكبرة) وأمكن مشاهدة حبات من الكوارتز وكسارات عظمية والغلوكونيت



الشكل (10) شريحة عينة تنقية C₁

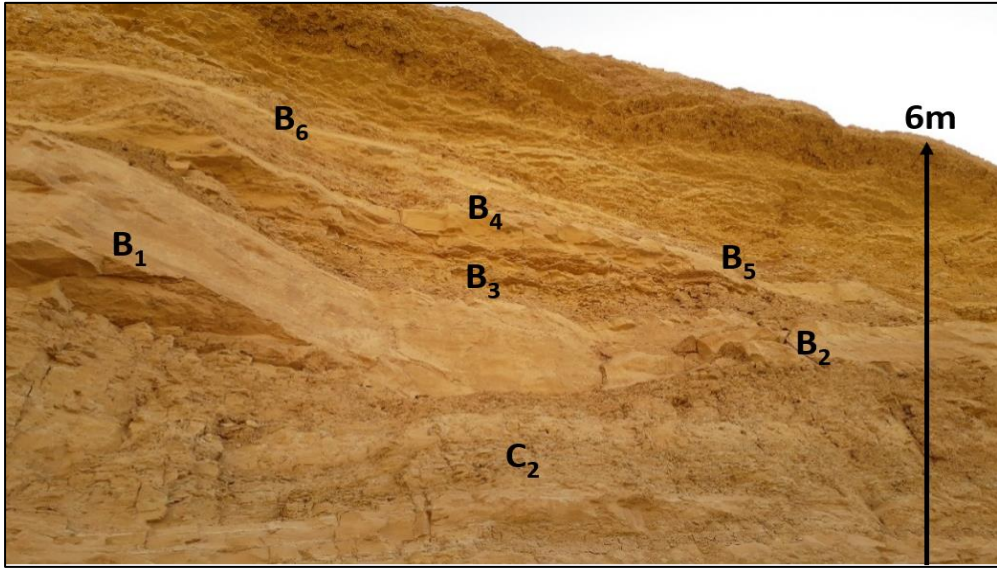
6 - 2 - المقطع الجنوبي:

يتكون التكشف من توضعات غضارية بسماكات تصل حوالي 1 - 2 م تقريبا ذات اللون أصفر إلى بيج يليها توضعات من الحجر الفوسفاتي القاسي ذات سماكة تصل حوالي 5 إلى 15 م ثم توضعات أيضاً من الغضار بسماكة 15 م تتناوب معها توضعات من الرمال الفوسفاتية بسماكة 1 م مع ملاحظة اختفاء السويات الصوانية.

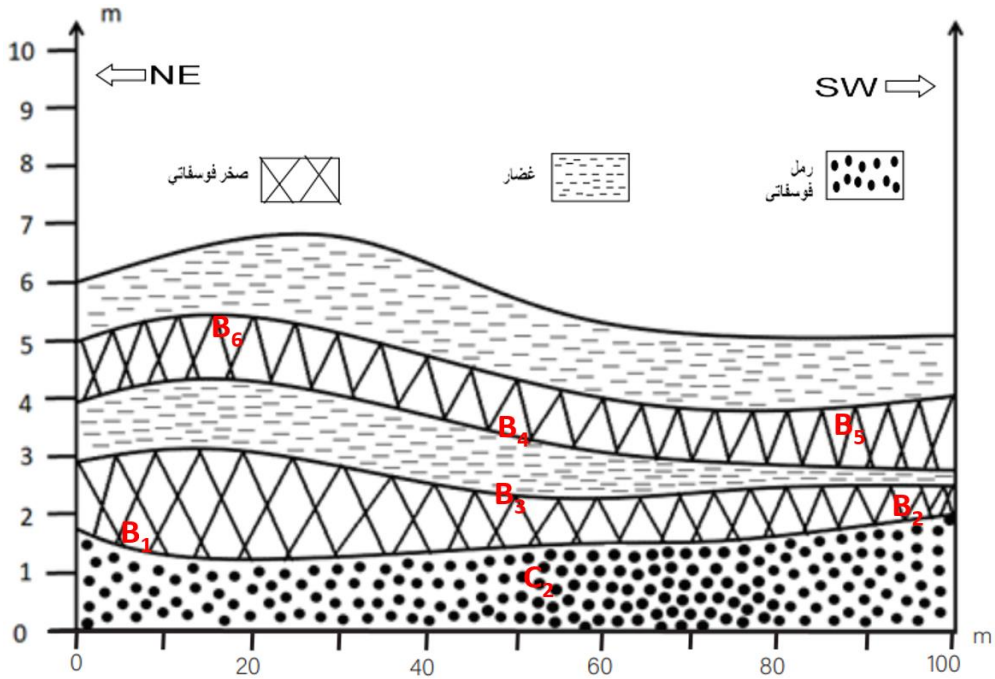
N: 34° 10' 52.3"

E: 38° 00' 28.9"

H: 578 m

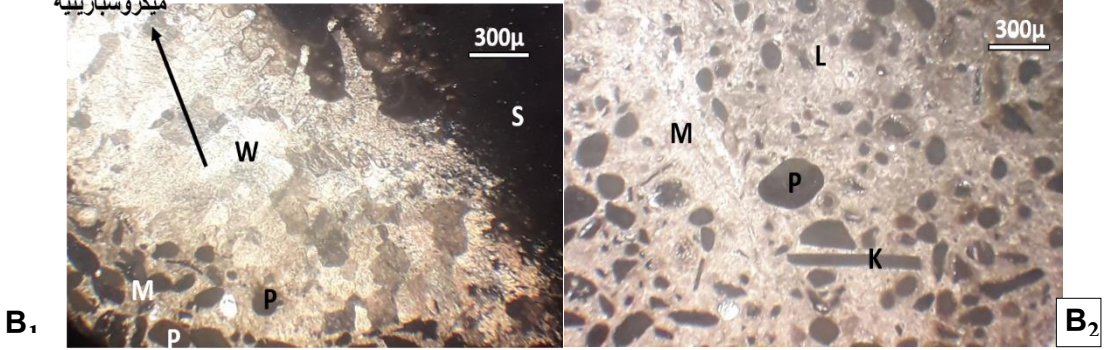


الشكل (11): صورة توضح المقطع الجنوبي



الشكل (12) يمثل المقطع الجنوبي

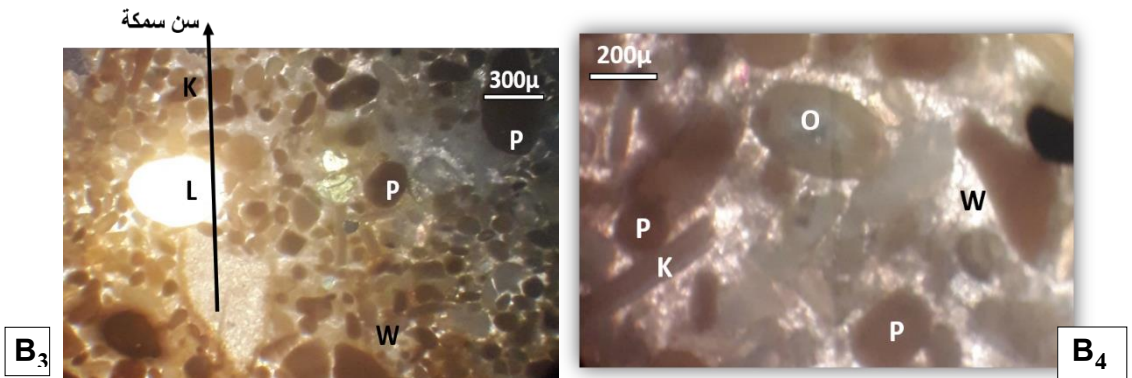
ميكروسباريتية



الشكل (13) صورة مجهرية للشريحة الصخرية B₁, B₂

6 - 2 - 1 - صخر كلسي فوسفاتي:

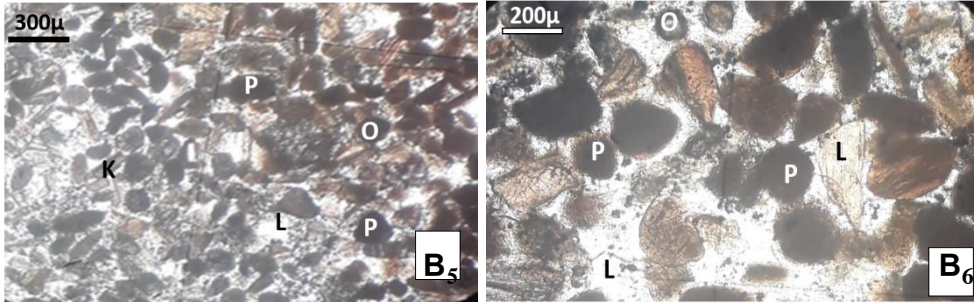
المكونات العضوية عبارة عن حبات فوسفاتية ذات لون بني إلى غامق تأخذ أشكال متنوعة مؤلفة من بيلت مقاطعها دائرية الشكل لا تحوي نواة نبتها تصل إلى 25% وأوليت فوسفاتي 5% ونلاحظ وجود بلورات ميكروسباريتية متبلورة واضحة أما المكونات العضوية عبارة عن بقايا عظمية تأخذ أشكال طولية 5% والملاط ميكروسباريتي نسبته حوالي 40% (حسب فولك)، البيئة قليلة العمق طاقتها متوسطة وحسب دونهام باكستون



الشكل (14) صورة مجهرية للشريحة الصخرية B₃, B₄

6 - 2 - 2 - صخر رملي فوسفاتي:

المكونات اللاعضوية عبارة عن حبات فوسفاتية ذات اللون البني وتأخذ أشكال متنوعة بيلت مقاطعها دائرية أو بيضوية الشكل بنسبة 30 - 40% لا تحوي نواة، حبات ذات نواة أوليت فوسفاتي بنسبة 15% نلاحظ زيادة في ظهور للملاط السيليسي. المكونات العضوية شظايا عظمية مسيلسة ذات فسفة غير مكتملة وأسنان أسماك بنسبة 20%، الملاط يجمع الحبات ملاط ميكروسباريتي بنسبة 20% (حسب فولك). البيئة قليلة العمق وطاقتها متوسطة وحسب دونهام غرين ستون فوسفاتي



الشكل (15) صورتين مجهريتين للعينات الصخرية B₅, B₆

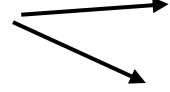
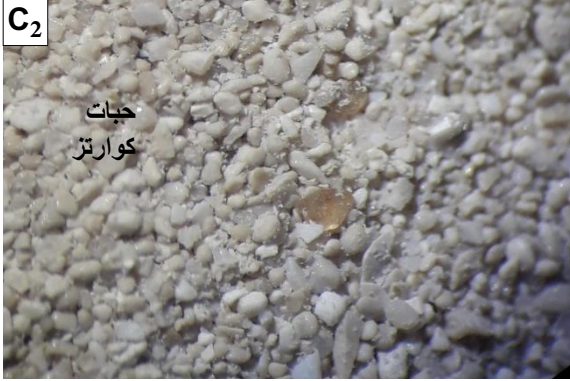
6 - 2 - 3 - صخر رملي فوسفاتي:

المكونات اللاعضوية عبارة عن حبات فوسفاتية ذات اللون البني وتأخذ أشكال متنوعة مثل البيلت، حبات ذات نواة (أوليت فوسفاتي) بنسبة 5%، زيادة في نسبة الملاط السيليسي على حساب الميكروسباريتي، فراغات بنسبة 5%. المكونات العضوية عبارة عن شظايا عظمية مسيلسة ذات فسفة غير مكتملة بنسبة 20%.

الملاط يجمع الحبات ملاط سيليسي بنسبة 25% (حسب فولك)

البيئة قليلة العمق وطاقتها متوسطة، حسب دونهام غرين ستون فوسفاتي

6 - 2 - 4 - العينة C₂ عبارة عن رمال فوسفاتية مفككة تمت دراستها باستخدام المجهر الانعكاسي (المكبرة) وأمكن مشاهدة حبات من الكوارتز وكسارات عظمية واختفاء الغلوكونيت في هذا المقطع C₂



الشكل (16) شريحة عينة تنقية C₂

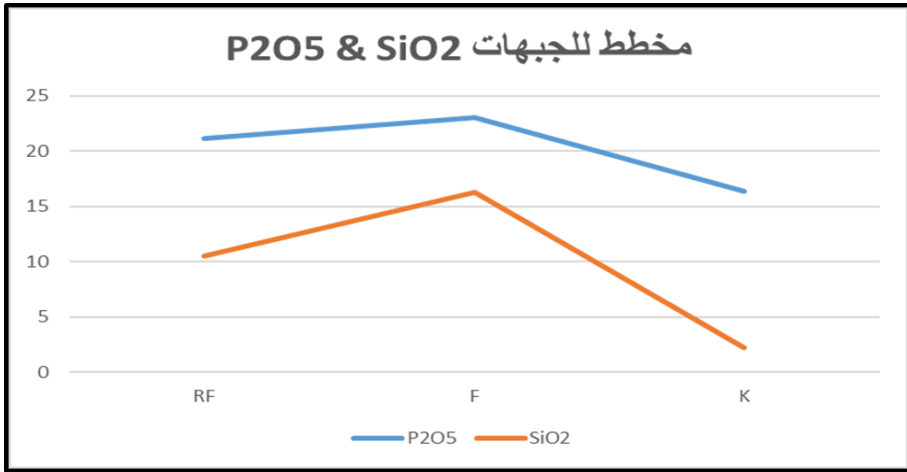
ونلاحظ من عينات التنقية كثرة المجلويات الحطامية المسيلسة.

7 - الدراسة الكيميائية للصخور الكلسية الفوسفاتية:

تتمتع الصخور الفوسفاتية في المقطعين المدروسين بتمائل الخصائص البتروغرافية فيما عدا اختلاف درجة السيلسة إلى السمنتة وتتشابه أيضاً في التركيب كيميائي، حيث تم اختبار ثلاث عينات باستخدام XRF اثنتان ضمن المقطع الجنوبي الشرقي وواحدة من المقطع الجنوبي، وكانت النتائج كما يلي:

الجدول (2): يبين نتائج التحاليل الكيميائية ($\text{SiO}_2 / \text{P}_2\text{O}_5$)

الأكاسيد	(جبهة جنوبية) RF	(جبهة جنوبية شرقية) F	(جبهة جنوبية شرقية) K
P_2O_5	21.13	23.06	16.37
SiO_2	10.48	16.27	2.28

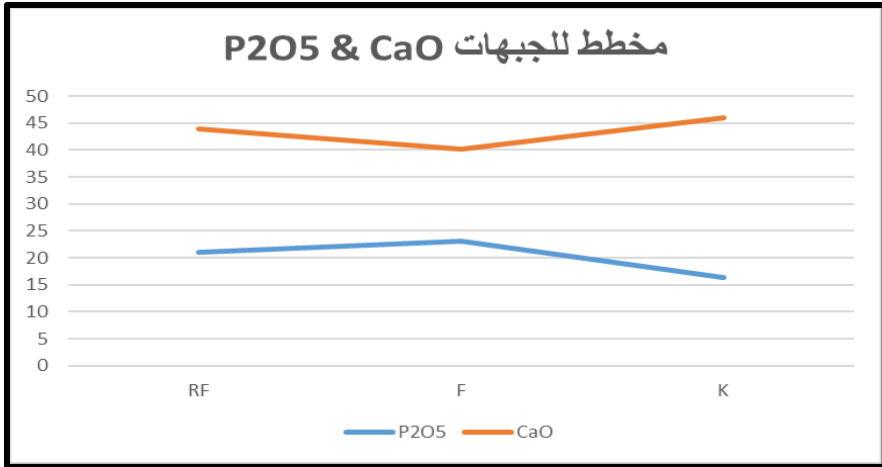


الشكل (17): مخطط SiO_2 & P_2O_5

7 - 1 - نسب تغير $\text{SiO}_2 / \text{P}_2\text{O}_5$: من خلال الجدول (2) والشكل (17) نلاحظ انخفاض نسبة SiO_2 من 16% في العينة F إلى 2.28% في العينة K وهذا يترافق مع انخفاض مماثل لـ P_2O_5 مما يشير إلى العلاقة الطردية بين عمليات الفسفة والسلسلة ويعتبر مؤشراً هاماً للمنشأ الحطامي للفوسفات. (أوزون، 2011) (KHAN et al., 2012) (KHAN et al., 2012)

الجدول (3): يبين نتائج التحاليل الكيميائية ($\text{CaO} / \text{P}_2\text{O}_5$)

الأكاسيد	(جبهة جنوبية) RF	(جبهة جنوبية شرقية) F	(جبهة جنوبية شرقية) K
P_2O_5	21.13	23.06	16.37
CaO	43.89	40.16	45.94

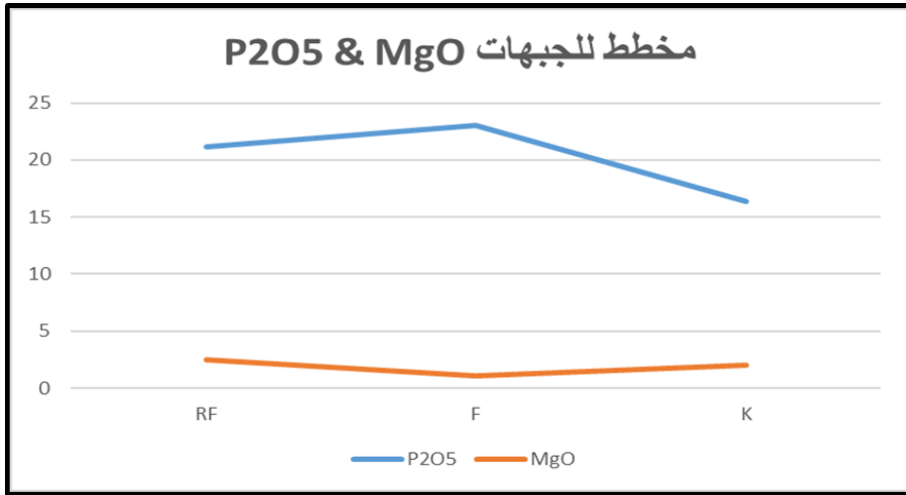


الشكل (18): مخطط $\text{CaO} & \text{P}_2\text{O}_5$

7 - 2 - نسب تغير P_2O_5 / CaO : نلاحظ من الجدول رقم (3) والشكل (18) ازدياد قيمة CaO حيث تبلغ أعلى قيمة في العينة K 45.94% وأخفض قيمة في العينة F 40.16% وبالمقارنة مع P_2O_5 نلاحظ وجود علاقة عكسية بين CaO و P_2O_5 مما يؤكد أن الملائ الكلسي (عمليات السمنتة) تقلل من قيمة P_2O_5 . (أوزون، 2011) (KHAN et al., 2012) (KHAN et al., 2012)

الجدول (4): يبين نتائج التحاليل الكيميائية

الأكاسيد	(جبهة جنوبية) RF	(جبهة جنوبية شرقية) F	(جبهة جنوبية شرقية) K
P_2O_5	21.13	23.06	16.37
MgO	2.49	1.06	2.05



الشكل (19): مخطط MgO & P_2O_5

7 - 3 - نسب تغير MgO/P_2O_5 : تبلغ قيمة MgO العظمى في العينة RF 2.49% كما في الجدول (4) والشكل (19) وقيمة مقارنة لها في العينة K 2.05% أما في العينة F يشاهد انخفاض ملحوظ لتصبح 1.06% وهذا يوضح التأثير السلبي لعمليات الدلمة على عمليات الفسفة حيث تبلغ في العينة F عند أخفض قيمة لـ MgO القيمة العظمى لـ P_2O_5 التي تبلغ 23.06% (أوزون، 2011) (KHAN et al., 2012) (KHAN et al., 2012)

8 - الاستنتاجات، من خلال هذه الدراسة تبين ما يلي:

- تتألف توضعات الفوسفات في منطقة الصوانة من حجر فوسفاتي ذو ملاط كلسي - سيليسي، رمال فوسفاتية مفككة
- توضع الفوسفات ضمن بيئة شاطئية قليلة العمق وهو ذو منشأ حطامي يترافق بشكل كبير مع الكوارتز وبشكل أقل مع الكالسيت.
- يعتبر الموقع الجنوبي الشرقي ذا مردود اقتصادي بنسبة أكبر من الموقع الجنوبي بسبب زيادة عمليات الدلمة والسمنتة بالاتجاه نحو الجنوب.
- إن التوضعات الفوسفاتية في منطقة الصوانة ذات محتوى جيد من P_2O_5 وذات قيمة اقتصادية عالية.
- تماثل الخصائص البتروغرافية والكيميائية بين المقاطع المدروسة ما عدا اختلاف في نسبة السيلسة إلى السمنتة.

9 - المراجع:

- [1] عثمان، غسان، 2004، التقرير الفني لأعمال التنقيب عن الفوسفات في مناجم الشرقية. المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية - مديرية التنقيب.
- [2] البيروني، عبد الرحمن، 2009، اقتصاديات تعدين الفوسفات في سورية، الشركة العامة للفوسفات والمناجم - مديرية الإنتاج.
- [3] سويدة، م. ع.، المرجي، ص.، أبو شاكر، م. د. & حسن، ع. 2010. المذكرة الإيضاحية للخارطة الجيولوجية السورية رقعة خنفس مقياس 1/50000. منشورات المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، دمشق، سوريا، ص. 76.
- [4] سويدة، م. 2014. دراسة سحنية لتوضعات الكريتاسي السطحية وتحت السطحية في السلسلة التدمرية، رسالة دكتوراه غير منشورة - جامعة حلب، ص 207.
- [5] أوزون، ر.، 2011. دراسة ستراتغرافية وجيوكيميائية لتوضعات الفوسفات في منطقتي عين التينة وعين ليلون وأهميتها الاقتصادية. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة تشرين، ص. 96.

[6] EI BAMIKI, R.; RAJI, O.; OUABID, M.; ELGHALI, A.; YAZAMI, O. and BODINIER, J. 2021. Phosphate Rocks: A Review of Sedimentary and Igneous Occurrences in Morocco, Minerals. 11, 1137.

[7] DERHY, M.; TAHA, Y.; HAKKOU, R. and BENZAAZOUA, M. 2020. Review of the Main Factors Affecting the Flotation of Phosphate Ores, Minerals.10,1109.

[8] KHAN, KF. DAR, SA. and KHAN, SA. 2012. Geochemistry of phosphate bearing sedimentary rocks in parts of Sonrai block, Lalitpur District, Uttar Pradesh, India. *Chemie der Erde – Geochemistry*, 72: 117–125.

[9] KHAN, KF. DAR, SA. and KHAN, SA. 2012. Geochemistry of phosphorite deposits around Hirapur – Mardeora area in Chhatarpur and Sarga Districts, Madhya Pradesh, India. *Journal of Geology and Mining Research* Vol. 4 (3): 51– 64.

بعض الخصائص لمسافة Carnot_ Carathéodory

على زمرة هايزنبرغ

د. سهى علي سلامة

عضو هيئة فنية، قسم الرياضيات، كلية العلوم، جامعة طرطوس، سوريا

الملخص

نقدّم في هذا البحث زمرة هايزنبرغ III ، و ندرس بنية هذه الزمرة. حيث سنبدأ بمسألة تساوي المحيط في المستوي ثم نحصل على البنية تحت الريمانية لزمرة هايزنبرغ. سنقدم مسافة كارنوت كاراثيودوري على زمرة هايزنبرغ و نعرف المنحنيات الأفقية على هذه الزمرة و نقدم عدة خصائص لهذه التعريفات.

الكلمات المفتاحية:

زمرة هايزنبرغ، البنية تحت الريمانية، التمديد، الانسحاب، المنحني الأفقي، مسافة كارنوت كاراثيودوري.

Some properties of Carnot_ Carathéodory distance on Heisenberg group

Abstract

In this work we introduce the first Heisenberg group \mathbb{H} and study the structure of this group. We start with the isoperimetric problem in the plane and obtain the sub_Riemannian structure on Heisenberg group. We introduce the Carnot_ Carathéodory distance on Heisenberg group, and we define the horizontal curves on this group, and we introduce many properties of these definitions.

Key Words:

Heisenberg group, the sub_Riemannian structure, dilation, translation, horizontal curve, Carnot_ Carathéodory distance

مقدمة

تعرف زمرة هايزنبرغ على أنها زمرة لي المرتبطة بجبر لي المولد من علاقة التبادل لمؤثر الموضع و مؤثر كمية الحركة. حيث إن جبر لي هو جداء ثنائي الخطية معرف على فضاء متجهي و يحقق شروطاً خاصة. لقد أخذ كل من زمرة هايزنبرغ و جبر لي الموافق تسميتهما الأولى عام 1970، على الرغم من أنهم درّسوا لفترة طويلة قبل ذلك.

إن المفهوم الرياضي للهندسة تحت الريمانية لزمرة هايزنبرغ ينطلق من مسألة تساوي المحيط (Isoperimetric problem)، و هي مسألة الحصول على أكبر مساحة ممكنة يحددها منحنى، الأمر الذي يمكن رؤيته من منظور آخر بأنه إيجاد المنحني الأقصر الذي يحدد مساحة مثبتة ما.

هدف البحث:

دراسة البنية تحت الريمانية لزمرة هايزنبرغ، و توضيح المسافة على هذه الزمرة و دراسة بعض الخصائص التي تميز هذه المسافة.

أهمية البحث:

تعد زمرة هايزنبرغ الزمرة الأكثر شهرة في زمرة لي عديمة القوى، ولها دور مهم في العديد من فروع الرياضيات مثل نظرية التمثيل و المعادلات التفاضلية الجزئية و ميكانيكا الكم.

المناقشة:

1.1. زمرة هايزنبرغ:

تعريف 1.1.1: زمرة هايزنبرغ الأولى ($n = 1$): [12]

إن عناصر الزمرة \mathbb{H} تعطى بالشكل:

$$\mathbb{H} = \left\{ \begin{pmatrix} 1 & a & c \\ 0 & 1 & b \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} ; a, b, c \in \mathbb{R} \right\}$$

و يكون قانون التشكيل لهذه الزمرة بالشكل:

$$(x, y, z). (\acute{x}, \acute{y}, \acute{z}) = \left(x + \acute{x}, y + \acute{y}, z + \acute{z} + \frac{1}{2}(x\acute{y} - \acute{x}y) \right) \quad (1.1)$$

تعريف 1.1.2: الحقول المتجهية المولدة لجبر هايزنبرغ \mathfrak{h} : [12]

إن جبر هايزنبرغ \mathfrak{h} يُؤَلد بثلاثة حقول متجهية X, Y, Z لا متغيرة يسارياً تشكل قاعدة لهذا الجبر، و تُعطى بالشكل:

$$\begin{aligned} X &= \partial_x - \frac{y}{2} \partial_z \\ Y &= \partial_y + \frac{x}{2} \partial_z \\ Z &= \partial_z \end{aligned} \quad (1.2)$$

و تكون علاقة التبادل الوحيدة غير التافهة هي:

$$[X, Y] = Z$$

حيث:

$$[X, Y] = XY - YX = \frac{1}{2} \partial_z + \frac{1}{2} \partial_z = \partial_z = Z$$

بينما:

$$[X, Z] = [Y, Z] = 0$$

تعريف 1.1.3: زمرة هايزنبرغ \mathbb{H}^n : [12]

بشكل عام يكون:

$$\mathbb{H}^n = \left\{ (x, y, z) \in \mathbb{R}^{2n+1}: (x, y, z). (\acute{x}, \acute{y}, \acute{z}) = \left(x + \acute{x}, y + \acute{y}, z + \acute{z} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i \acute{y}_i - \acute{x}_i y_i \right) \right\}$$

وتكون الحقول المتجهية اللامتغيرة يسارياً و المولدة لجبر هايزنبرغ \mathfrak{h}_n بالشكل:

$$X_j = \frac{\partial}{\partial x_j} - \frac{1}{2} y_j \frac{\partial}{\partial z}; j = 1, \dots, n$$

$$Y_j = \frac{\partial}{\partial y_j} + \frac{1}{2} x_j \frac{\partial}{\partial z}; j = 1, \dots, n$$

$$Z = \frac{\partial}{\partial z}$$

ملاحظة 1.1.1: [12]

يمكن تعريف زمرة هايزنبرغ \mathbb{H}^n بالشكل $\mathbb{C}^n \times \mathbb{R}$ وذلك وفق قانون التشكيل المُعرّف

كالآتي:

$$\mathbb{H}^n = \left\{ (z, t) \in \mathbb{C}^n \times \mathbb{R}: (z, t). (\acute{z}, \acute{t}) = \left(z + \acute{z}, t + \acute{t} + \frac{1}{2} \text{Im}(z. \acute{z}) \right) \right\}$$

حيث: $z = (z_1, \dots, z_n) \in \mathbb{C}^n$, $t, \acute{t} \in \mathbb{R}$, $z. \acute{z} = \sum_{j=1}^n z_j \bar{\acute{z}}_j$

تعريف 1.1.4: الانسحاب اليساري على زمرة هايزنبرغ: [11]

يعرف الانسحاب اليساري على زمرة هايزنبرغ بالشكل:

$$L_g(p): \mathbb{H}^n \rightarrow \mathbb{H}^n$$

$$L_g(p) = g.p = (u, v).(z, t) \quad ; p = (z, t), g = (u, v)$$

حيث $g, p \in \mathbb{H}^n$.

تعريف 1.1.5: التمدد غير الإيزوتروبي على زمرة هايزنبرغ

[4]: (Non_isotropic dilation)

يُعرّف التمدد غير الإيزوتروبي على زمرة هايزنبرغ بالشكل:

$$\delta_\lambda: \mathbb{H}^n \rightarrow \mathbb{H}^n$$

$$(z, t) \mapsto (\lambda z, \lambda^2 t) \quad ; \lambda > 0$$

1.2. البنية تحت الريمانية لزمرة هايزنبرغ: [1], [10]

نقوم أولاً بدراسة زمرة هايزنبرغ الأولى \mathbb{H}^1 ثم نقوم بتعميم النتائج إلى زمرة هايزنبرغ \mathbb{H}^n .

ليكن: $\alpha: [0, T] \rightarrow \mathbb{R}^2$ هو منحنى من $\partial\Omega$ (حيث Ω نطاق مغلق) عندئذ:

$$Area(\Omega) = \int_{\Omega} dx \wedge dy = \int_{\Omega} \frac{1}{2} d(xdy - ydx)$$

$$= \int_{\alpha} \frac{1}{2} (xdy - ydx)$$

$$:= \int_0^T \frac{1}{2} (x(t) \dot{y}(t) - y(t) \dot{x}(t)) dt$$

و ذلك حسب مبرهنة Stokes أو صيغة Green_ Stokes.

لنأخذ الآن منحني يبدأ من نقطة الأصل و يصل نقطة الأصل مع نقطة ما:

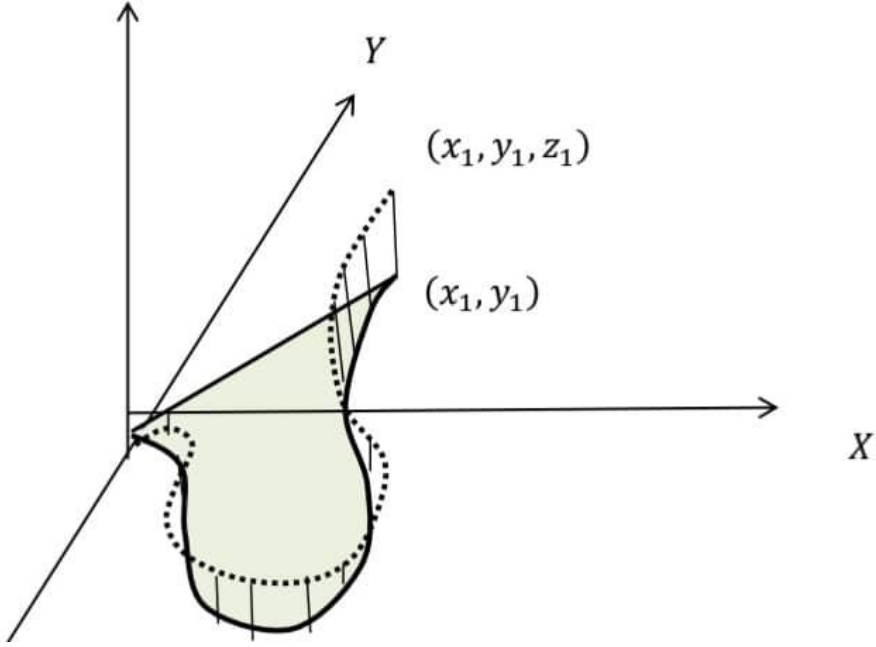
$$\gamma: [0, T] \rightarrow \mathbb{R}^2$$

$$\gamma(t) = (x(t), y(t)); x(0) = y(0) = 0$$

و نُعرّف $z(t)$ على أنها المساحة المغلقة بالمنحني المغلق المُعطى بواسطة γ ثم الخط المستقيم الواصل بين نقطتي البداية و النهاية لهذا المنحني، و لنسمي هذه المساحة Ω ، أي: $z(t) = Area(\Omega)$.

و الآن نريد أن نرفع المنحني السوي (left planar curve) $\gamma(x(t), y(t)) \subset \mathbb{R}^2$

إلى منحنى بالبعد 3 و ليكن: $\Gamma(x(t), y(t), z(t)) \subset \mathbb{R}^3 \cong \mathbb{H}^3$ حيث $z(t) = Area(\Omega)$ و بالتالي يكون γ هو مسقط Γ على \mathbb{R}^2 ، و يسمى المنحني Γ بمنحني كارنوت (Carnot curve)، و أما المسألة فتصبح مسألة إيجاد منحنى بالفضاء 3D بحيث γ هو مسقط هذا المنحني في 2D.



الشكل (1)

ملاحظة 1.2.1:

لدينا:

$$z(t) := \int_0^T \frac{1}{2} (x(t) \dot{y}(t) - y(t) \dot{x}(t)) dt \quad (1.3)$$

$$\Rightarrow \dot{z}(t) = \frac{1}{2} (x(t) \dot{y}(t) - y(t) \dot{x}(t)) \quad (1.4)$$

$$w := dz - \frac{1}{2} (x dy - y dx) \quad (1.5) \quad \text{و بفرض أن:}$$

و بفرض المنحني: $\Gamma = (\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3)$ عندئذ:

$\Gamma \in \ker(w) \Leftrightarrow \gamma$ هو رفع للمنحني السوي γ

$$w(\Gamma) \equiv 0 \Leftrightarrow \quad (1.6)$$

تعريف 1.2.1: المنحني الأفقي على زمرة هايزنبرغ \mathbb{H} (Carnot curve)
(Horizontal curve): [5], [8], [9]

ليكن لدينا منحني ليبشتز (Lipschitz curve) $\gamma: [0, T] \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{H}$

$$\gamma(t) := (x(t), y(t), z(t))$$

نقول عن هذا المنحني إنه منحني أفقي إذا كان يحقق لأجل أي $t \in (0, T)$ المعادلة التفاضلية الآتية:

$$\dot{z}(t) = \frac{1}{2}(x(t) \dot{y}(t) - \dot{x}(t)y(t)) \quad (1.7)$$

وهذا مكافئ للشرط السابق: $\dot{\gamma}(t) \in \Delta_{\gamma(t)}(\mathbb{H})$

$$\dot{\gamma}(t) \in \text{span} \{X(\gamma(t)), Y(\gamma(t))\} \quad \text{أو:}$$

و بالتالي:

$$\dot{\gamma}(t) = u_1(t) X(\gamma(t)) + u_2(t) Y(\gamma(t)) \quad (1.8)$$

تعريف 1.2.2: المنحني الأفقي على زمرة هايزنبرغ \mathbb{H}^n : [11]

نقول عن المنحني المستمر مطلقاً (absolutely continuous):

$$\gamma: [0, T] \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{H}^n$$

$$\gamma(t) := (x_1(t), \dots, x_n(t), y_1(t), \dots, y_n(t), z(t))$$

إنه منحنى أفقي إذا تحقق لأجل أي $t \in (0, T)$ المعادلة التفاضلية الآتية:

$$\dot{z}(t) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n (x_j(t) \dot{y}_j(t) - \dot{x}_j(t) y_j(t))$$

و هذا يكافئ الشرط: $\dot{\gamma}(t) \in \Delta_{\gamma(t)}(\mathbb{H}^n)$

أي:

$$\dot{\gamma}(t) \in \text{span} \{X_1(\gamma(t)), \dots, X_n(\gamma(t)), Y_1(\gamma(t)), \dots, Y_n(\gamma(t))\}$$

$$\dot{\gamma}(t) = \sum_{j=1}^n (a_j X_j(\gamma(t)) + b_j Y_j(\gamma(t))) \quad \text{أو:}$$

$$\Delta_p(\mathbb{H}^n) = \ker(w_p) \quad ; \forall p \in \mathbb{H}^n \quad \text{حيث:}$$

$$w := dz - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n (x_j dy_j - y_j dx_j) \quad \text{و:}$$

$$\Delta_p = \text{span}\{(X_1)_p, \dots, (X_n)_p, (Y_1)_p, \dots, (Y_n)_p\} \quad \text{أي:}$$

و هو ما يسمى الفضاء الأفقي في النقطة P (أو التوزيع).

و الآن لنقدم بعض المعلومات عن الحقول المتجهية المولدة لجبر هايزنبرغ: [3]

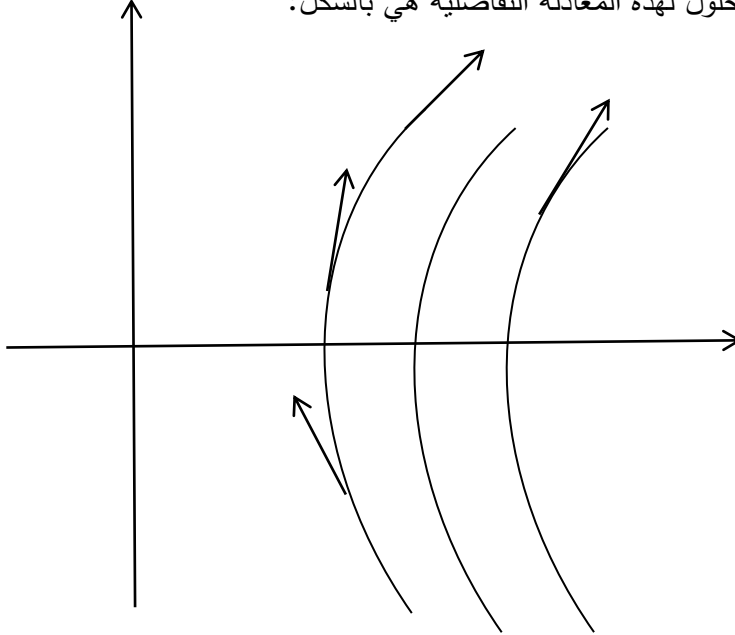
$$X: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n \quad \text{لنضع:}$$

$$X(x) = (a_1(x), \dots, a_n(x))$$

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = a_1(x_1, \dots, x_n) \\ \vdots \\ \dot{x}_n(t) = a_n(x_1, \dots, x_n) \end{cases} \quad \text{و لنضع:}$$

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = X(x(t)) \\ x(0) = x_0 \end{cases} \quad \text{و منه: (1.9)}$$

و إن الحلول لهذه المعادلة التفاضلية هي بالشكل:



الشكل (2)

و هي المنحنيات المماسية بكل لحظة للحقل المُتجهي، و لنكتب الصيغة الرياضية لهذه الحلول بالشكل:

$$x(t) = e^{tX}(x_0) \quad (1.10)$$

و لتكن $\frac{\partial}{\partial x_1}, \dots, \frac{\partial}{\partial x_n}$ هي القاعدة القانونية لـ \mathbb{R}^n عندئذٍ يمكننا أن نكتب الحقل المُتجهي بالشكل الآتي أيضاً:

$$X(x) = \sum_{i=1}^n a_i(x) \frac{\partial}{\partial x_i} \quad (1.11)$$

لتكن الدالة $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ عندئذٍ يكون:

$$\begin{aligned}
 Xf(x) &:= \frac{d}{dt} \Big|_{t=0} f(e^{tX}(x)) \\
 &= \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \dot{x}_i = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} a_i(x) \quad (1.12)
 \end{aligned}$$

و بالتالي:

$$X(x) = \sum_{i=1}^n a_i(x) \frac{\partial}{\partial x_i} \Rightarrow Xf(x) = \sum_{i=1}^n a_i(x) \frac{\partial f}{\partial x_i}$$

مبرهنة 1.2.1: مبرهنة Rashevskii_Chow [2], [3], [10]:

إذا حققت الحقول المتجهية X_1, \dots, X_k في \mathbb{R}^n الشرط:

$$\dim \text{span} \{X_{j_1}, [X_{j_1}, X_{j_2}], [X_{j_1}, [X_{j_2}, X_{j_3}]], \dots\} (x) = n \quad (3.17)$$

حيث: $x \in \mathbb{R}^n$; $j_i = 0, 1, \dots, k$

عندئذٍ فإنه من الممكن ربط كل زوج من النقاط بمنحنيات مماسية للأسرة

$\cdot \{X_1, \dots, X_k\}$

نتيجة 1.2.1:

بما أنه يمكننا وصل أي زوج من النقاط عندئذٍ فإننا نستطيع أن نُعرّف مسافة، و هذا ما

نقدمه على زمرة هايزنبرغ، و ذلك باختيار ترميز لطول المنحنيات.

ملاحظة 1.2.2:

نعلم أن طول أي منحنى كارنوت γ (منحني أفقي) في \mathbb{H}^n هو طول مسقطه على المستوي، فإذا كان المسقط هو α عندئذٍ نُعرِّف طول γ بأنه طول α في المستوي، أي إذا كان:

$$\pi : \mathbb{H}^n \rightarrow \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^n \times \{0\}$$

$$\pi_{\mathbb{R}^n}(x, y, z) = (x, y)$$

$$\pi_{\mathbb{R}^n}(\gamma) \Big|_{\gamma \text{ Carnot}} = \alpha \quad \text{و}$$

عندئذٍ فإن:

$$length_{SR}(\gamma) = l_{SR}(\gamma) = l_{\mathbb{R}^n}(\alpha)$$

فإذا كان:

$$\dot{\gamma}(t) = u_1(t) X(\gamma(t)) + u_2(t) Y(\gamma(t))$$

فإن:

$$\begin{aligned} l(\gamma) &:= \int_{Dom(\gamma)} (u_1^2(t) + u_2^2(t))^{\frac{1}{2}} dt = \int \sqrt{\dot{x}^2(t) + \dot{y}^2(t)} dt \\ &= l_E(\alpha) \quad (3.18) \end{aligned}$$

أما على زمرة هايزنبرغ \mathbb{H}^n فإذا كان γ هو منحنى كارنوت و

$$\pi : \mathbb{H}^n \rightarrow \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^n \times \{0\}$$

يرمز لتطبيق الإسقاط على الإحداثيات الأولى $2n$ على المستوي XY .

و إذا كان $\alpha = \pi(\gamma)$ هو مسقط γ على $\mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^n \times \{0\}$ عندئذٍ فإن طول γ في

\mathbb{H}^n يُعرَّف بالشكل:

$$l_{SR}(\gamma) = l_E(\alpha)$$

حيث l_E هو الطول الإقليدي للمنحني α .

تعريف 1.2.3: مسافة Carnot_Carathéodory على زمرة هايزنبرغ

[7], [9], [10]: \mathbb{H}

لتكن $p_1, p_2 \in \mathbb{H}$ نقطتين من زمرة هايزنبرغ الأولى، عندئذٍ تُعرّف المسافة تحت الريمانية أو مسافة كارنوت_ كاراثيودوري بين هاتين النقطتين بالشكل:

$$d_{CC}(p_1, p_2) := \inf \left\{ l(\gamma) : \gamma \text{ منحنى أفقي يصل بين } p_1 \text{ و } p_2 \right\} \quad (1.13)$$

و سنرمز اختصاراً لهذه المسافة باسم مسافة C_C

مبرهنة 1.2.2:

إن مسافة C_C بين نقطتين p, q على زمرة هايزنبرغ \mathbb{H} تساوي مسافة C_C بين النقطتين gp, gq حيث $g \in \mathbb{R}^3$ أي:

$$d_{CC}(p, q) = d_{CC}(gp, gq) \quad ; \forall g \in \mathbb{R}^3 \quad (1.14)$$

الإثبات:

نعلم أن الحقول المتجهية X, Y لا مُتغيرة تحت الانسحابات اليسارية:

$$L_g: \mathbb{H} \rightarrow \mathbb{H}$$

$$p \mapsto gp \quad ; \quad g \in \mathbb{R}^3 \cong \mathbb{H}$$

و منه:

$$(dL_g)_p X(p) = X(gp)$$

$$(dL_g)_p Y(p) = Y(gp)$$

و بالتالي إذا كان γ منحنى أفقي، و يتحقق:

$$\begin{aligned}\dot{\gamma}(t) &= u_1(t) X(\gamma(t)) + u_2(t) Y(\gamma(t)) \\ &= u_1 (X \circ \gamma) + u_2 (Y \circ \gamma)\end{aligned}$$

عندئذٍ لدينا:

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}(L_g \circ \gamma)(t) &= (dL_g)_{\gamma(t)}(\dot{\gamma}(t)) \\ &= (dL_g)_{\gamma(t)}(u_1 (X \circ \gamma) + u_2 (Y \circ \gamma)) \\ &= u_1 (dL_g)_{\gamma(t)} X \circ \gamma(t) + u_2 (dL_g)_{\gamma(t)} Y \circ \gamma(t) \\ \Rightarrow \frac{d}{dt}(L_g \circ \gamma)(t) &= u_1 X(g \gamma(t)) + u_2 Y(g \gamma(t)) \\ &= u_1 X(L_g \circ \gamma(t)) + u_2 Y(L_g \circ \gamma(t))\end{aligned}$$

و بالتالي فإن $L_g \circ \gamma(t)$ هو منحنى أفقي أيضاً، و نجد أن:

$$l(L_g \circ \gamma) = \int \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = l(\gamma)$$

أي أن الانسحاب اليساري يحافظ على المنحنى الأفقي و كذلك يحافظ على طوله، و منه نجد أن:

$$d_{CC}(p, q) = d_{CC}(gp, gq)$$

□

مبرهنة 1.2.3:

ليكن $\lambda > 0$ و $p, q \in \mathbb{H}$ عندئذٍ تتحقق العلاقة الآتية:

$$d_{CC}(\delta_\lambda(p), \delta_\lambda(q)) = \lambda \cdot d_{CC}(p, q) \quad (1.15)$$

الإثبات:

نعلم أن δ_λ يحقق: $\delta_\lambda(p \cdot q) = \delta_\lambda(p) \cdot \delta_\lambda(q)$

و أن d_{CC} لا متغيرة يسارياً، و بالتالي:

$$\begin{aligned} d_{CC}(\delta_\lambda(p), \delta_\lambda(q)) &= d_{CC}\left(id, (\delta_\lambda(p))^{-1} \delta_\lambda(q)\right) \\ &= d_{CC}(id, \delta_\lambda(p^{-1}q)) \end{aligned}$$

و الآن يكفي أن نبين أن:

$$\lambda \cdot d_{CC}(id, p) = d_{CC}(id, \delta_\lambda(p))$$

حيث:

$$\begin{aligned} &d_{CC}(id, (x, y, z)) \\ &= \inf \text{length} \left\{ \gamma \text{ منحنى من } (0,0) \text{ إلى } (x, y) \text{ يحدد المساحة } z \right\} \end{aligned}$$

$$\delta_\lambda = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & \lambda^2 \end{bmatrix} \text{ لنضع المؤثر } \delta_\lambda \text{ بشكل مصفوفي، فيكون:}$$

و لكن إن طبقنا هذا المؤثر على المنحنى السوي من $(0,0)$ إلى (x, y) بحيث تغلق

المساحة Z يكون:

$$\delta_\lambda \Big|_{\mathbb{R}^2 \times \{0\}} = \lambda I$$

وبما أن طول المنحني في \mathbb{H}^n من نقطة الأصل إلى (x, y, z) يساوي طول مسقطه على المستوي بحيث يغلق مساحة Z . فلو أخذنا التمديد للمنحني في \mathbb{H}^n فإن طوله هو طول تمديد مسقطه γ في δ_λ في المستوي بحيث يغلق مساحة $\lambda^2 Z$ و تتغير الإحداثيات (x, y) لتصبح $(\lambda x, \lambda y)$ و يصبح الطول $l(\gamma)$ ، و هذا مكافئ لتغير المساحة التي سيمسحها المنحني γ δ_λ فعلياً، لأننا لو حسبنا المساحة باستخدام محدد جاكوبي سنجد أنها $\lambda^2 Z$ أي أن المؤثر δ_λ أثر في الإحداثيات x, y في المستوي، و أيضاً أثر في المساحة التي سنحصل عليها وجعلها $\lambda^2 Z$ ، وبالتالي

$$\lambda \cdot d_{CC}(id, p) = d_{CC}(id, \delta_\lambda(p))$$

□

تعريف 1.2.4: [5], [7], [9]

الخط الجيوديزي الذي يصل نقطتين $p_0, p_1 \in \mathbb{H}^n$ هو المنحني الأفقي المُصغر للطول $\gamma: [0, T] \rightarrow \mathbb{H}^n$ (Length minimizing horizontal curve) أي هو منحني يحقق:

$$l(\gamma) = d_{CC}(p_0, p_1) \quad \text{و} \quad \gamma(0) = p_0, \gamma(T) = p_1$$

مبرهنة 1.2.4: [6]

لأجل أي نقطتين $p_0, p_1 \in \mathbb{H}^n$ فإنه يوجد خط جيوديزي γ يصل بين هاتين النقطتين، ويكون:

$$d_{CC}(\gamma(0), \gamma(T)) = t \quad ; \forall t \in [0, T]$$

مبرهنة 1.2.5: [8]

ليكن (\mathbb{R}^n, d) فضاء كارنوت_ كاراثيودوري مرتبط بأسرة من الحقول المتجهية $\{X_1, \dots, X_n\}$ ، و بفرض أن:

$$\bullet \quad d(x, y) < \infty \quad \text{لأجل كل } x, y \in \mathbb{R}^n$$

$$\bullet \quad d \text{ مستمرة بالنسبة للتولوجيا الأقليدية}$$

عندئذٍ فإنه لأجل كل دالة L لبيشتر $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ يوجد

$X_j f(x); j = 1, \dots, m$ تقريباً لأجل كل $x \in \mathbb{R}^n$ و يكون:

$$|Xf(x)| = \left(\sum_{j=1}^m (X_j f(x))^2 \right)^{\frac{1}{2}} \leq L \quad (a.e)$$

مبرهنة 1.2.6:

بفرض \mathbb{H}^n مزودة بمسافة كارنوت كاراثيودوري عندئذٍ فإنه يكون:

$$|\nabla_{\mathbb{H}^n} d_{cc}(z, t)| = 1$$

حيث $\nabla_{\mathbb{H}^n} = (X_1, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_n)$ و ذلك لأجل كل $(z, t) \in \mathbb{H}^n$ بحيث $z \neq 0$.

الإثبات:

إن زمرة هايزنبرغ تحقق فرضيات المبرهنة 1.2.5 و هكذا بما أن d_{cc} هي دالة

1_ لبيشتر فإنه يتحقق:

$$|\nabla_{\mathbb{H}^n} d_{cc}(z, t)| \leq 1 \quad (1.16)$$

تقريباً في كل مكان على \mathbb{H}^n ، حيث:

$$|\nabla_{\mathbb{H}^n} u|^2 = \sum_{j=1}^n [(X_j u)^2 + (Y_j u)^2]$$

و الآن لتكن:

$$Z = \{(z, t) \in \mathbb{H}^n; z = 0\}$$

و لنثبت نقطة $(z, t) \in \mathbb{H}^n \setminus Z$ بحيث تتحقق العلاقة (1.16)

نختار خط جيوديزي $\gamma: [0, T] \rightarrow \mathbb{H}^n$ يصل 0 إلى (z, t) ، و بشكل خاص يكون:

$$\dot{\gamma}(t) = \sum_{j=1}^n \left(a_j X_j(\gamma(t)) + b_j Y_j(\gamma(t)) \right)$$

إذا كان $z \neq 0$ يمكن أن نفرض $\gamma(t) \notin Z$

و من المبرهنة 1.2.4 لدينا:

$$t = d_{cc}(\gamma(0), \gamma(T)) = t = d_{cc}(\gamma(T))$$

و بالتالي:

$$\begin{aligned} 1 &= \frac{d}{dt} d(\gamma(T)) = \sum_{j=1}^n \left(a_j(t) X_j d(\gamma(t)) + b_j(t) Y_j d(\gamma(t)) \right) \\ &\leq \left| \nabla_{\mathbb{H}^n} d(\gamma(t)) \right| \end{aligned}$$

و ذلك لأجل كل $t \in [0, T]$

باختيار $t = T$ نحصل على:

$$\left| \nabla_{\mathbb{H}^n} d_{cc}(z, t) \right| \geq 1 \quad (1.17)$$

و هكذا نجد أن:

$$\left| \nabla_{\mathbb{H}^n} d_{cc}(z, t) \right| = 1$$

تقريباً في كل مكان على \mathbb{H}^n .

□

المراجع

1. Agrachev, A., & Barilari, D. (2010). Sub-Riemannian structures on 3D Lie groups. *arXiv preprint arXiv:1007.4970*.
2. Agrachev, A. A., Barilari, D., & Boscain, U. (2012). Introduction to Riemannian and sub-Riemannian geometry
3. Agrachev, A., Barilari, D., & Boscain, U. (2016). Introduction to geodesics in sub-Riemannian geometry. *Geometry, analysis and dynamics on sub-Riemannian manifolds*, 2, 1-83.
4. Blachere, S. (2003). Word distance on the discrete Heisenberg group. In *Colloquium Mathematicum* (Vol. 1, No. 95, pp. 21-36).
5. Calin, O., Chang, D., & Greiner, P. (2005). Geometric mechanics on the Heisenberg group. *Bulletin-Institute of Mathematics Academia Sinica*, 33(3), 185.
6. Franchi, B., Serapioni, R., & Serra Cassano, F. Meyers-Serrin Type Theorems and Relaxation of Variational Integrals Depending Vector Fields. *Houston Journal of Mathematics*, 22, 4, 1996, 859-889.
7. Hajtasz, P., & Zimmerman, S. (2015). Geodesics in the Heisenberg group. *Analysis and Geometry in Metric Spaces*, 3(1).

8. Monti, R. (2000). Some properties of Carnot-Carathéodory balls in the Heisenberg group. Proceedings of the Accademia Nazionale dei Lincei. Class of Physical, Mathematical and Natural Sciences. Lincei reports. Mathematics and Applications, 11 (3), 155-167.
9. Monti, R., & Rickly, M. (2005). Geodetically convex sets in the Heisenberg group. *J. Convex Anal*, 12(1), 187-196.
10. Nasehi, M. (2020). On the geometrical properties of Heisenberg groups. *Archivum Mathematicum*, 56(1), 11-19.
11. Ruszkowski, B. (2017). Spectral and Hardy inequalities for the Heisenberg Laplacian. Faculty of Mathematics and Physics, University of Stuttgart.
12. Thangavelu, S.: Harmonic analysis on the Heisenberg group. Progress in Mathematics 159, Birkhäuser, Boston, MA, (1998).

