



جامعة الموصل  
كلية العلوم

**تقييم التحكم التركيبي بالنضوجات  
الهيدروكاربونية في شمالي العراق باستخدام  
تقنيات التحسس النائي**

**ريان غازي ذنون يونس البناء**

**أطروحة دكتوراه  
علوم الأرض / جيولوجيا تركيبية - تحسس نائي**

**بإشراف**

**الدكتور  
نبيل قادر بكر العزاوي  
أستاذ**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إِنْ فِى خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ

وَالْفَلَاحِ وَالْجَوْحِ فَهُوَ بِمَا يُنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أُنزِلَ إِلَيْهِ

مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَالْحَيَاةِ وَالْأَرْضِ بِمَا مَوْنَهَا وَبِثَبَاتِهَا مِنْ

كُلِّ شَيْءٍ وَتُكْرِيفِ الرِّيَّاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسْتَبَدِّ بَيْنَ السَّمَاءِ

وَالْأَرْضِ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

صَلَّى اللَّهُ عَلَى النَّبِيِّ

## إقرار المشرف

أشهد أن إعداد هذه الأطروحة جرى تحت إشرافي في جامعة الموصل وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الدكتوراه فلسفة في علوم الأرض/ الجيولوجيا التركيبية - التحسس النائي

التوقيع:

المشرف: د. نبيل قادر بكر العزاوي

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: 2012 / 2/26

## إقرار المقوم اللغوي

أشهد أن هذه الأطروحة الموسومة ((تقييم التحكم التركيبي بالنضوحات الهايدروكاربونية في شمالي العراق باستخدام تقنيات التحسس النائي)) تمت مراجعتها من الناحية اللغوية وتصحيح ما ورد فيها من أخطاء لغوية وتعبيرية وبذلك أصبحت الأطروحة مؤهلة للمناقشة بقدر تعلق الأمر بسلامة الأسلوب وصحة التعبير.

التوقيع:

الاسم: د. أحمد جارالله ياسين

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: 2012 / 2/26

## إقرار رئيس لجنة الدراسات العليا

بناءً على التوصيتين اللتين قدمهما المشرف والمقوم اللغوي، أشرح هذه الأطروحة للمناقشة.

التوقيع:

الاسم: د. عامر داؤد نادر النعيمي

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: 2012 / 2/26

## إقرار رئيس القسم

بناءً على التوصيات التي قدمها رئيس لجنة الدراسات العليا، أشرح هذه الأطروحة للمناقشة

التوقيع:

الاسم: د. ذنون حامد الدباغ

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: 2012 / 2/ 26

## إقرار لجنة المناقشة

نشهد بأننا أعضاء لجنة المناقشة، اطلعنا على الأطروحة الموسومة ((تقييم التحكم التركيبي بالنضوحات الهايدروكاربونية في شمالي العراق باستخدام تقنيات التحسس النائي)) وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما له علاقة بها بتاريخ 2012/4/22 ، وإنها جديرة لنيل شهادة الدكتوراه في اختصاص علوم الأرض/ الجيولوجيا التركيبية - التحسس النائي.

توقيع  
عضو لجنة المناقشة  
أ.د. حكمت صبحي الداغستاني  
مركز التحسس النائي / جامعة الموصل  
2012/4/22

توقيع  
رئيس لجنة المناقشة  
أ.د. خالد جلال أسود  
كلية العلوم / جامعة الموصل  
2012/4/22

توقيع  
عضو لجنة المناقشة  
د. إبراهيم سعد إبراهيم  
كلية العلوم / جامعة الموصل  
2012/4/22

توقيع  
عضو لجنة المناقشة  
أ.د. منذر علي طه  
كلية التربية / جامعة ديالى  
2012/4/22

توقيع  
عضواً ومشرفاً  
أ.د. نبيل قادر بكر العزاوي  
كلية العلوم / جامعة الموصل  
2012/4/22

توقيع  
عضو لجنة المناقشة  
د. محمد راشد الجبوري  
كلية العلوم / جامعة تكريت  
2012/4/22

### قرار مجلس الكلية

اجتمع مجلس كلية العلوم بجامعة الموصل بجلسته ..... المنعقدة بتاريخ 2012/ / م وقرر التوصية بمنحه شهادة الدكتوراه في اختصاص علوم الأرض.

التوقيع  
عميد كلية العلوم  
أ.د. إحسان عبد الغني مصطفى

التوقيع  
مقرر مجلس الكلية  
أ.د. أنور مصطفى الفيضي

## بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين نبينا محمد وعلى آله وصحبه الطيبين الطاهرين. لايسعني وأنا انتهي من عملي بفضل من الله تعالى، إلا أن أتقدم بالشكر الجزيل الى الاستاذ الدكتور نبيل قادر العزاوي لمتابعته لي في الإشراف وعلى كل ما أبداه من إرشاد وتوجيه علمي ورعاية طيبة فجزاه الله كل الخير.

وأتوجه بالشكر الجزيل الى جميع منتسبي مركز التحسس النائي لما قدموه لي من دعم ومستلزمات علمية وأخص بالذكر منهم الاستاذ الدكتور حكمت صبحي الداغستاني مدير المركز والدكتور بسمان يونس والدكتور وليد العبيدي والسيد صباح حسين. وأوجه جل تقديري الى جميع منتسبي قسم علوم الارض وخاصة الدكتور ذنون حامد الدباغ رئيس القسم والدكتور رافع ابراهيم عبدالله مقرر القسم والسيد نكتل الياس مجيد مسؤول مكتبة القسم لما أبدوه من تسهيلات طيلة فترة الدراسة. والشكر والامتنان للدكتور سالم خضر فنوش - كلية الزراعة والاستاذ احمد حسين - قسم الجغرافية لمرافقتهم لي في أثناء العمل الحقلية. وكل التقدير الى الدكتور أحمد جارالله - كلية الاداب لتقويمه الاطروحة لغويا. ويفرض علي الوفاء أن أقدم بخالص التقدير والاحترام الى أساتذتي الافاضل وأخص بالذكر السيد بسمال الديوه جي والدكتور أحمد عبد الخالق لما ارسوه فينا من مبادئ وقيم علمية. وأقدم امتناني العميق الى السيد Veraldo Liesenberg والسيد Tino Mai من جامعة بيرك اكاديميك - فرايبيرج في ألمانيا على جميع الاستشارات والتوجيهات والتسهيلات العلمية المقدمة من قبلهم. كما اشكر السيد محسن دولت صالح مدير مشروع سد بخمة على استضافته لي في أثناء العمل الحقلية. وكل التقدير والاحترام للاستاذ الدكتور خالد جلال اسود على ما قدمه لي من مشورات علمية في مجال المعالجة الرقمية، كما اشكر الدكتور قتيبة اليوزبكي والسيد عدي محمد صالح لمساعدتهما لي في تفسير مخططات حيود الاشعة السينية. وأقدم عظيم امتناني لزملاء الدراسة الأخوة: عزالدين صالح حسن وربيع خلف الحمداني وأحمد نذير ذنون وعلاء نبيل حمدون الذين تحملوا معي أعباء الدراسة ومشقاتها واثمن جهودهم معي اثناء العمل الحقلية ومناقشاتهم العلمية التي كان لها الدور الاكبر في اخراج الرسالة بجلتها النهائية. كما اتقدم بالشكر للدكتور هدير غازي أديب - مركز بحوث السودان والدكتور ممتاز محمد حسن - جامعة دهوك والصديق العزيز أزهر خليل سليمان - جامعة السليمانية على التشجيع المستمر.

ويفرض علي الوفاء أن أوجه شكري واحترامي لوالدي الحاج غازي ذنون وامي الحنون لمساندتهما ومؤازرتهم لي طيلة فترة الدراسة، وأدعو الله ان يمن عليهم بالصحة والخير.

وأخيرا أتوجه بفائق الاحترام والوفاء والتقدير الى سندي الأول في الدراسة زوجتي الغالية التي عانت ما عانتها و ضحت بالكثير من اجل توفير الجو الدراسي المناسب لي فجزاها الله عني كل الخير، وحبني وامتناني الى فلذات كبدي ورياحين قلبي أولادي رحمة و ابراهيم الذين كان لهم نصيب من المعاناة والتحمل في أثناء الدراسة.

وعذرا لمن فاتني ذكره

الباحث

## المخلص

تضمنت الدراسة تحليل واستنتاج عامل البنية التركيبية المسيطر على انواع وانماط ظاهرة النضوحات الهايدروكاربونية لبعض المناطق في شمال العراق. ان وجود النضوحات الهايدروكاربونية وانتشارها على السطح في شمال العراق يكون بشكل نضوح خفيف (Microseepage) ناجم عن انبعاث الغازات الهايدروكاربونية إلى السطح. في حين يكون الاخر بهيئة نضوح ثقيل (Macroseepage) ويشتمل على المواد البيثيومينية أو القيرية المناسبة إلى سطح الأرض أو المتغلغلة في الصخور. يتصف النضوح الخفيف بأنه غير مرئي ويتم استنتاجه بصورة غير مباشرة وذلك لتأثيره على صفات المواد القريبة الموجودة على سطح الأرض كالصخور والتراب.

تم في الدراسة الحالية الاستعانة بتقنيات التحسس النائي في دراسة النضوح الخفيف وذلك بتحديد شدة الانعكاسية الطيفية التي تظهر شذوذا او تباينا لونيا يعكس مواقع وجود انطقة التحلل الجيوكيميائية المترافقة مع هذا النوع من النضوح. ولغرض تحقيق ذلك تم تطبيق ثلاث طرائق للمعالجة الرقمية على المرئيات الفضائية المستخدمة، تضمنت عملية النسبة الطيفية وتحليل المركبات الأساسية والدمج الملون الكاذب. وقد تمت الاستعانة بالمنحنيات الطيفية القياسية للمعادن المترافقة مع النضوحات الخفيفة لاختيار الحزم الطيفية المناسبة في التحليل. أوضحت الخصائص الطيفية المشتقة من هذه الطرق وجود دلائل سطحية تعكس وجود نضوحات نفطية خفيفة. وبغية التحقق من النتائج السابقة تم اختيار سبع مناطق ودرستها حقليا وقد لوحظ وجود انطقة شذوذ تطابقت مع ما تم استنتاجه في الطرائق الثلاث.

لغرض دراسة النضوح النفطي الثقيل تم اختيار عدة مناطق ضمن نطاق الطيات في شمالي العراق للاستدلال على المناطق التي تحتوي على هذا النوع من النضوح وتحديد التكاوين التي تعد وحداتها الطباقية المنفذ لهذا النضوح الى السطح. وقد اختيرت بعض أجزاء من طيات بيرات وعقرة والشيوخان. وقد أسفرت الدراسة الحقلية تحديد ظاهرة النضوح النفطي الثقيل بعدة مستويات تراوحت من مواد قيرية مائنة ومشبعة للفراغات إلى مواد قيرية مسالة على أسطح الطبقات عبر مستويات التطبيق والفواصل. تمت في الدراسة الحالية الإشارة إلى تواجد نضوح ثقيل في طيبي المحلية واشكفت ضمن نطاق الطيات الواطئة.

أوضح تحليل البنية التركيبية أن العامل المسيطر على نمط النضوحات الخفيفة يعزى إلى تأثير الصدوع الليستيرية المتحركة في قولبة هذه الطيات. كما أن تركيز النضوحات على جانب واحد من الطية يعود إلى ميكانيكية الحركة على الصدع الليستيري المصاحب لهذه الطية ، إذ إن

زيادة عدم التناظر أو الاتكاء في هذه الطيات يكون نتيجة الحركة الكبيرة على أحد جوانب الصدع الليستيري دون الآخر. إن سيادة النضوحات النفطية الخفيفة دون الثقيلة عند الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة اعتمد بشكل رئيس على الموقع التكتوني من نطاق التصادم. إذ تميزت التراكيب الجيولوجية الحاضنة للنضوحات الخفيفة بابتعادها عن مصدر القوى التكتونية. فضلا عن أن ترسبات تكوينات الحقبة الثلاثية في حوض الفورلاند وزيادة سماكاتها في هذه المناطق (خصوصا تكاوين المايوسين) أدت إلى تكوين صخور غطائية قللت من تسرب المواد النفطية إلى السطح.

أما فيما يخص تأثير عامل البنية التركيبية على النضوح الثقيل فقد بينت الدراسة الحالية أن زيادة النضوح الثقيل واقتصار تركيز تواجده في نطاق الطيات العالية وظهوره بشكل مشبع للصخرة يدل على أن عمليات الرفع التكتوني للغطاء الرسوبي وتكوين الطيات نتيجة التصادم القاري وما رافقها من إزاحة من على أسطح الصدوع الليستيرية كانت على أشدها في هذه المناطق مقارنة مع مناطق الطيات الواطئة. إذ تم رفع العديد من المكامن النفطية الخاصة بالعصر الكريتاسي وكذلك مكامن الحقبة الثلاثية مسببة في ضياع جزء من محتواها الهيدروكربوني الخفيف وبقاء الجزء الثقيل الذي شكل بدوره مواداً قيرية مشبعة للصخور وهذا ما تمت ملاحظته في طيتي بيرات وعقرة. وقد أظهر الارتفاع المحصور بين (872-979) مترا بداية الحد الطبوغرافي الممثل لعمليات الرفع التكتونية التي أظهرت أو كشفت مكامن العصر الكريتاسي إلى السطح مؤدية إلى ضياع معظم محتواها الهيدروكربوني الخفيف. وأن هذا الحد يكون بهيأة قوس يوازي النطاق الدرزي ومحاذياً للطيات الواقعة الى الشمال والشمال الشرقي.

أما النضوحات الثقيلة التي تمت ملاحظتها في نطاق الطيات الواطئة، فإن وقوع بعض الطيات (ضمن هذا النطاق) بين مجموعتين من صدوع الازاحة المضربية أدى إلى حصول نضوح نفطي فعال نتيجة الحركة المستمرة لمستويات هذه الصدوع وهذا ما توضح جليا في طية المحلبية.

ونظرا لأهمية الطيات الحديثة على احتمال أن تكون مكامن نفطية واعدة فقد ركزت هذه الدراسة عليها، إذ تم إجراء تحليل مورفوتكتوني لمنطقة الدراسة باتباع أساليب وطرائق حديثة للتعرف على العمليات التكتونية المؤثرة في نطاق الفورلاند العراقي خصوصا في دراسة وتحديد نمو الطيات غير المستكشفة سابقا. تم تقسيم منطقة الدراسة الى أربعة قطاعات لدراسة هذه الطيات وقد أسفرت النتائج عن تحديد (15) طية ضمن قاطع الموصل و (22) طية ضمن قاطع كركوك و (5) طيات ضمن قاطع الحضر و (6) طيات ضمن قاطع سنجار - تلغفر. كما

تمت دراسة الخصائص الطيفية للترسبات الواقعة فوق بعض من هذه الطيات لتحديد مدى تأثيرها بتواجد نضوح نفطي خفيف. وقد أسفرت النتائج عن ملاحظة تباين طيفي مفاجئ للترب السطحية فوق التراكيب المستنتجة (K8, K9, K20) مقارنة بالمناطق المجاورة لها والتي يلاحظ فيها تجانسا بالانعكاسية الطيفية. إن تطور نمو الطيات الحديثة يكون نتيجة استمرار النشاط التكتوني الحديث بفعل الحركة الالابية البانية للجبال. وقد أظهر تسقيط مواقع الطيات المستنتجة مع دراسات تركيبية سابقة لأطوار الطي التقادمي في نطاق الفورلانند العراقي، أن طيات قاطع الموصل وسنجانر - تلعفر أظهرت تطابقا للقطاع الأحدث عمرا أما فيما يخص طيات قاطعي كركوك الحضر فقد أظهرت تطابقا مع القطاع الأقدم.

اعتمادا على النتائج المستخلصة، تم تكوين قاعدة معلومات رقمية باستخدام مرئيات الأقمار الاصطناعية وبرامجيات نظم المعلومات الجغرافية لبعض مناطق نطاق طيات الفورلانند (قيد الدراسة) بأسلوب علمي حديث يعتمد على البرامجيات الحديثة والذي تم فيه تمثيل نتائج الدراسة بهيئة قواعد بيانات فضلا عن تحديد المناطق المقترحة في توجيه عمليات الاستكشافات النفطية الأولية والتي يمكن أن تمثل مكامن نفطية واعدة.

## قائمة المحتويات

الفصل الاول - المقدمة		
الصفحة	العنوان	التسلسل
12	تمهيد	1-1
14	الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة	2-1
14	طبيعة الدراسة ومبرراتها	3-1
17	هدف الدراسة وخطواتها	4-1
18	جيومورفولوجية المنطقة	5-1
22	العمل الحقل	6-1
23	العمل المكتبي	7-1
24	الدراسات السابقة	8-1
27	النفط والنضوح النفطي	9-1
29	التصنيف العالمي للنضوح النفطي	10-1
30	العلاقة بين النضوح النفطي والتراكيب الجيولوجية	11-1
40	الدلائل الجيوكيميائية السطحية للنضوح	12-1
الفصل الثاني - طرق المعالجة الرقمية اساسياتها واستخدامها في تحديد دلائل النضوح النفطي الخفيف		
47	تمهيد	1-2
47	المعالجات الاولية للمرئيات	2-2
51	تحويل المرئية	3-2
59	الدمج الملون الكاذب	4-2
60	استخدام المعالجة الرقمية في تحديد دلائل النضوح النفطي الخفيف	5-2
61	أسلوب التحليل	6-2
61	تحليل المرئيات التناسبية	6-2-1
62	تحليل المركبات الاساسية	6-2-2
63	تحليل الدمج الملون الكاذب	6-2-3
63	طية كركوك	7-2

64	تطبيق طرق المعالجة على طية كركوك	7-2-1
69	التحليل التركيبي لانتطقة الشذوذ الطيفي	7-2-2
70	طية رافان	8-2
70	تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية رافان	8-2-1
73	التحليل التركيبي لانتطقة الشذوذ الطيفي	8-2-2
74	طية ساسان	9-2
76	تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية ساسان	9-2-1
76	التحليل التركيبي لانتطقة الشذوذ الطيفي	9-2-2
79	طية بطمة	10-2
80	تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية بطمة	10-2-1
81	التحليل التركيبي لانتطقة الشذوذ الطيفي	10-2-2
84	طية شيخ ابراهيم-مبار- المحلية	11-2
85	تطبيق طرق المعالجة على طية شيخ ابراهيم المحلية ومبار	11-2-1
89	التحليل التركيبي لانتطقة الشذوذ الطيفي	11-2-2
90	طية عداية و طية تل عواد	12-2
90	تطبيق طرق المعالجة على طية عداية وتل عواد	12-2-1
92	التحليل التركيبي لانتطقة الشذوذ الطيفي	12-2-2
93	طية قصير	13-2
94	تطبيق طرق المعالجة على طية قصير	13-2-1
97	التحليل التركيبي لانتطقة الشذوذ الطيفي	13-2-2
98	طية عطشان	14-2
98	تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية عطشان	14-2-1
99	التحليل التركيبي لانتطقة الشذوذ الطيفي	14-2-2
101	طية قره جوخ	15-2
101	تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية قره جوخ	15-2-1
103	التحليل التركيبي لانتطقة الشذوذ الطيفي	15-2-2

104	تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طيات اخرى	16-2
105	التحليل الجيوكيميائي	17-2
106	العلاقة بين الخصائص الهندسية والجيولوجية للطيات والنضوحات النفطية الخفيفة	18-2
<b>الفصل الثالث - الدراسة الحقلية للنضوح النفطي الثقيل</b>		
109	تمهيد	1-3
109	تحديد مناطق النضوح النفطي الثقيل في مناطق مختارة من نطاق الطيات	2-3
110	الدراسة الحقلية للنضوح النفطي الثقيل	3-3
110	طية بيرات	3-3-1
118	طية عقرة	3-3-2
121	طية الشخان	3-3-3
122	طية اشكفت	3-3-4
124	طية المحلية	3-3-5
<b>الفصل الرابع - تحديد مناطق النمو الحديث للطيات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية</b>		
127	المقدمة	1-4
128	اساسيات بيانات الارتفاعات الرقمية	2-4
130	استخدام التصنيف اليدوي في تصنيف الانحدارات	3-4
132	تحديد دلائل الحركات التكتونية الحديثة ودورها في نمو الطيات الحديثة	4-4
132	الارتفاعات الطبوغرافية المتميزة في منطقة الدراسة	4-4-1
133	قاطع الموصل	4-4-1-1
138	قاطع كركوك	4-4-1-2
146	قطاع الحضر	4-4-1-3
149	قطاع سنجار - تلعفر	4-4-1-4
152	الشدوذ المورفوتكتوني في نظام التصريف لشبكة مجاري الوديان السطحية	4-4-2
157	التحري عن امكانية تواجد نضوحات نفطية خفيفة لبعض الطيات المستنتجة	5-4
160	تحديد خصائص الطيات المستنتجة وتقدير درجة صحة وجودها	6-4

الفصل الخامس- التطور التكتوني لنطاق الطيات في العراق وتأثيره على النضوح النفطي والنمو الحديث للطيات		
165	المقدمة	1-5
167	العمليات الجيوديناميكية وانعكاسها على النظام الهيدروكاربوني في العراق	2-5
167	مرحلة التصدع (او التخسف Rifting) وانتشار قاع المحيط	2-5-1
169	مرحلة الغوران	2-5-2
170	مرحلة التصادم	2-5-3
171	دور العامل التكتوني في تكوين النضوحات النفطية الثقيلة	3-5
178	دور العامل التكتوني في تكوين النضوحات النفطية خفيفة	4-5
179	دور الصدوع المضربية في النضوحات النفطية	5-5
180	النضوح الهيدروكاربوني كنوع من انواع الهجرة النفطية	6-5
187	التكتونية الحديثة وتأثيرها على النضوح النفطي	7-5
الفصل السادس- تمثيل نتائج الدراسة -الاستنتاجات و التوصيات		
191	تمهيد	1-6
191	مراحل العمل في تمثيل النتائج	2-6
193	الاستنتاجات	3-6
198	التوصيات	4-6
المصادر		
200	المصادر العربية	
202	المصادر الاجنبية	
الملاحق		
212	قيم (Eigen vector) المستخلصة من تحليل المركبات الاساسية	الملحق (1)
213	مناظر ثلاثية الابعاد لمرئية لاندسات توضح تأثر بعض الطيات بالصدوع	الملحق (2)
216	مخططات حيود الاشعة السينية	الملحق (3)

## قائمة الاشكال

الصفحة	العنوان	التسلسل
15	الرؤيا الفضائية لمنطقة الدراسة بالنسبة إلى خارطة العراق الادارية	1-1
16	التقسيمات التكتونية للعراق عن نعمان (Numan, 1997)، موضحا عليها منطقة الدراسة	2-1
20	الخارطة الجيومورفولوجية لمحافظة نينوى (Al-Daghastani, 2007)	3-1
32	تكوّن الفواصل الشدية في الطبقات العليا والفواصل القصية في الطبقات السفلى للطيات المحدبة عن (Bles & Feuga, 1986)	4-1
32	تكوّن الفواصل الشدية والفواصل القصية في أجنحة الطيات المحدبة عن (Bles & Feuga, 1986)	5-1
34	تكون نضوحات نفطية نتيجة تعرية اجزاء من الطية المحدبة	6-1
34	النضوح النفطي بواسطة الحواجز التركيبية	7-1
35	النضوح النفطي من خلال صدع اعتيادي	8-1
35	النضوح النفطي من خلال صدع زاحف	9-1
36	النضوح من خلال صدوع زاحفة ذات زوايا ميل قليلة	10-1
36	النضوح النفطي في الطيات المحدبة ذات التعرية القليلة	11-1
38	الموديلات المقترحة للنضوح النفطي عن (Macgregor, 1993)	12-1
43	موديل عام للنضوح النفطي يبين التغيرات الجيوكيميائية والجيوفيزيائية للرواسب والترب الواقعة فوق المكامن النفطية عن (Schumacher, 1996)	13-1
43	التغيرات السطحية للرواسب والترب الناجمة عن النضوحات النفطية عن (Duchscherer, 1982) في (Yang et al., 2000)	14-1
50	تعديل زاوية سقوط اشعة الشمس على الهدف الارضي	1-2
53	الانعكاس الطيفي لبعض المعادن المترابطة مع النضوح الخفيف Yang et al., 2000	2-2
54	الانعكاس الطيفي لبعض المعادن الطينية المترافقة مع النضوح الخفيف Sabins, 1999	3-2
55	الانعكاس الطيفي لبعض المعادن الحديدية Sabins, 1999	4-2
56	تكون المركبة الاولى والثانية ضمن قناتين طيفيتين	5-2

62	مثلث الالوان الرئيسية والمتممة عن (Almida -Filho etal., 1999)	6-2
70	مخطط باي لطية رافان	7-2
75	مخطط باي لطية ساسان عن (العابدي، 1986)	8-2
80	مخطط باي لطيتي بطمة الشرقية (الحديثي، 1990) و (النائب، 1982)	9-2
85	مخطط باي لطية شيخ ابراهيم والمحلبية (فنوش، 1989) و زمبار (العابدي، 1986)	10-2
90	مخطط باي لطيتي عداية وتل عواد عن(هايس، 1989)	11-2
94	مخطط باي لطية قصير	12-2
166	طباقية الصخور النفطية في الجزء الشمالي الشرقي من الطبقة العربي Beydoun, 1998	1-5
173	زيادة عمليات الرفع التكتونية عند الاتجاه الى الشمال والشمال الشرقي	2-5
174	الخارطة الجيولوجية لشمال العراق عن (WesternZagros, 2011)	3-5
175	مخطط افتراضي يوضح استجابة الصخور الفوقية للحركة من على مستويات الصدوع	4-5
177	مواقع ومقاطع المسوحات الزلزالية في طية الشخان عن (Gulf Keystone Petroleum Ltd.'s, 2011)	5-5
181	مقطع ممتد من السليمانية الى الموصل (Al-Ameri et al., 2008 in Awadh et al., 2010)	6-5
183	رسم تخطيطي يوضح اضمحلال الطي في الاعماق عند الابتعاد عن نطاق التصادم	7-5
185	المقطع الزلزالي لطية كوردامير	8-5
185	المقطع الزلزالي لطية ساركلة	9-5
186	اتجاهات مسارات هجرة النفط في صخور الجوراسي (Pitman etal., 2003)	10-5
188	اشكال الطيات في نطاق الفورلانند حسب تصنيف هدلستون مسقطا عليه الطيات تحت	11-5
193	تمثيل نتائج الدراسة الحالية بهيئة قواعد بيانات ضمن برنامج ArcGis	1-6

## قائمة اللوحات

الصفحة	العنوان	التسلسل
64	انطقة التحلل المستخلصة من المعالجة الرقمية لمرئية لانديسات عن (Perry and Kruse, 2010)	1-2
66	المرئيات المعالجة رقميا لتركييب كركوك (الجزء الوسطي – قبة افانا)	2-2
67	المرئيات المعالجة رقميا لتركييب كركوك (الجزء العلوي – قبة خورماله)	3-2
68	المرئيات المعالجة رقميا لتركييب كركوك (الجزء السفلي – قبة بابا)	4-2
72	المرئيات المعالجة رقميا لتركييب رافان	5-2
73	المكاشف الصخرية لتكوين الفتحة ضمن طية رافان المتأثرة بالتحلل نتيجة النضوحات النفطية	6-2
74	تاثير صدع الازاحة المضربية على الجزء الشرقي من طية رافان	7-2
78	المرئيات المعالجة رقميا لتركييب ساسان	8-2
79	طبقات من الحجر الجيري لتكوين الفتحة ضمن طية ساسان المتأثرة بالتحلل	9-2
79	الصدوع المضربية المؤثرة في طية ساسان	10-2
82	المرئيات المعالجة رقميا لتركييب بطمة	11-2
83	طبقات متحللة من الحجر الجيري ضمن تكوين الفتحة في طية بطمة الشرقية	12-2
83	الصدع المضربي في المنطقة السرجية بين طيتي بطمة الشرقية	13-2
87	المرئيات المعالجة رقميا لطية شيخ ابراهيم والمحلبية وزمبار	14-2
88	بعض انطقة التحلل لصخور العضو السفلي من تكوين الفتحة في الجناح الجنوبي من طية شيخ	15-2
88	تاثر انعكاسية الغطاء النباتي	16-2
91	المرئيات المعالجة رقميا لتركييب عداية	17-2
93	صدوع الازاحة المضربية المؤثرة في طيتي عداية وتل عواد والمحلبية	18-2
95	المرئيات المعالجة رقميا لطية قصير	19-2
96	بعض انطقة التحلل لصخور العضو السفلي من تكوين الفتحة طية قصير	20-2
98	صدع الازاحة المضربية في طية قصير	21-2
100	المرئيات المعالجة رقميا لتركييب عطشان	22-2

101	نطاق الصدع المتوقع في طية عطشان	23-2
102	المرئيات المعالجة رقمياً لتركيبة قره جوخ	24-2
104	صدوع الازاحة المضربية في طية قره جوخ	25-2
113	مواد قيرية مائة لفرافات الصخرة ومرافقة مع بعض عروق الكالساييت ضمن تكوين قمجوقة	1-3
113	نضوح نفطي ثقيل من خلال انطقة الضعف في تكوين قمجوقة ضمن الجناح الجنوبي لطية بيرات	2-3
114	نضوح نفطي ثقيل بشكل مالى للفرافات ضمن تكوين عقرة - بخمة	3-3
114	ترافق للمواد العضوية مع بلورات الكالساييت الثانوي	4-3
115	النضوح النفطي من خلال انطقة الكسور وبشكل مالى للفرافات وبهياة عقد	5-3
115	النضوح النفطي الثقيل من خلال انطقة الكسور لتكوين عقرة - بخمة	6-3
116	انتشار المواد القيرية بهياة عقد ضمن طبقات الحجر الجيري لتكوين عقرة - بخمة	7-3
117	نضوح نفطي ثقيل من خلال اسطح التطبق لتكوين شرانش في الطرف الجنوبي من طية بيرات	8-3
117	عقد من المواد العضوية مترافقة مع اكاسيد الحديد في تكوين خورمالة	9-3
119	النضوح النفطي الثقيل في تكوين عقرة - بخمة ضمن طية عقرة	10-3
121	المواد العضوية في تكوين خورمالة ضمن طية عقرة	11-3
123	انسياب المواد العضوية من خلال اسطح التطبق في طية الشيخان	12-3
123	انسياب المواد العضوية من خلال الكسور في طية الشيخان	13-3
124	نضوح نفطي ثقيل في قيعان احد الوديان القاطعة للجزء الوسطي من طية اشكفت	14-3
125	نضوح نفطي ثقيل من خلال الكسور في طبقات الحجر الجيري لطية المحلبية	15-3
125	انبعاث المواد الهيدروكاربونية خلال الترب السطحية لبعض الانطقة ضمن طية المحلبية	16-3
129	مهمة الرادار الطبوغرافي لمكوك الفضاء Endeavour	1-4
131	نموذج الارتفاعات الرقمية المصنفة والمرئية الفضائية المناظرة	2-4
133	الانطقة التي تم التحري فيها عن دلائل نمو حديث لطيات تحت سطحية	3-4
134	بيان الارتفاع الرقمي المصنف لقاطع الموصل والمرئية الفضائية المناظرة	4-4
136	المقاطع الطبوغرافية للطيات B17, B18, B19	5-4
137	لمقاطع الطبوغرافية للطيات B24, B25, B26, B27	6-4
138	المقاطع الطبوغرافية للطيات B29, B30, B31	7-4
139	بيان الارتفاع الرقمي المصنف لنطاق كركوك والمرئية الفضائية المناظرة	8-4

142	المقاطع الطبوغرافية للطيات K8, K9	9-4
142	صدوع الازاحة المضربية لنطاق كركوك	10-4
144	تقليل قيم الاصناف لبيان الارتفاع الرقمي المصنف ضمن جزء من نطاق كركوك	11-4
145	تاثير الصدع المضربي على الطية (K20) و طية القيارة المقابلة لها	12-4
146	بيان الارتفاع الرقمي المصنف تظهر فيه الطيتان K22,K23 و المرئية المناظرة	13-4
147	بيان الارتفاع الرقمي المصنف لنطاق الحظروالمرئية الفضائية المناظرة	14-4
149	المقاطع الطبوغرافية للطيات H5, H6	15-4
149	صدع الازاحة المضربية المؤثر في طية H7	16-4
150	بيان الارتفاع الرقمي المصنف لنطاق سنجار- تلعفر و المرئية الفضائية المناظرة	17-4
151	المقطع الطبوغرافي للطية S16	18-4
155	الاستخلاص الالي للتصريف السطحي لجزء من قاطع الموصل الطيات B17...B21	19-4
155	الاستخلاص الالي للتصريف السطحي لجزء من نطاق كركوك الطيات K9,K19,K20,K21	20-4
156	الاستخلاص الالي للتصريف السطحي لجزء من نطاق الحضر الطيات H4,H5	21-4
156	الاستخلاص الالي للتصريف السطحي لجزء من نطاق سنجار الطيات S15,S16,S17,S19	22-4
159	الشدوذ الطيفي في الانعكاسية للطيات (K8, K9) ضمن نطاق كركوك	23-4
159	الشدوذ الطيفي في الانعكاسية للطية (K20) ضمن نطاق كركوك	24-4
160	الشدوذ الطيفي في الانعكاسية للطية (H6) ضمن نطاق الحضر	25-4

## قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	التسلسل
37	النضوحات النفطية المقترحة لبعض الانطقة التكتونية في العالم	1-1
63	مصفوفة قيم (Eigen vector) لمرئيات المركبات الاساسية في طية رافان	1-2
161	الخصائص التركيبية والطوبوغرافية والجغرافية لطيات قاطع الموصل وتقديرات درجة صحة وجودها	1-4
162	الخصائص التركيبية والطوبوغرافية والجغرافية لطيات قاطع كركوك وتقديرات درجة صحة وجودها	2-4
163	الخصائص التركيبية والطوبوغرافية والجغرافية لطيات قاطع الحضر وتقديرات درجة صحة وجودها	3-4
163	الخصائص التركيبية والطوبوغرافية والجغرافية لطيات قاطع سنجان-تلعفر وتقديرات درجة صحة وجودها	4-4

# الفصل الأول

المقدمة

## 1-1 تمهيد

تعد منطقة الشرق الأوسط من أغنى مناطق العالم احتواءً وانتاجاً للنفط، إذ توفرت في هذه المنطقة جميع المقومات والعناصر الأساسية اللازمة لنشوء النفط ابتداءً من تكوينه ومروراً بنضوجه وانتهاءً في اصطياده من خلال المصائد النفطية (Beydoun, 1998). وقد أدت الأحواض الرسوبية عبر الأزمان الجيولوجية الغابرة إلى تشكيل مكان ملائم في تكوين صخور طمرت بين ثناياها بقايا وأجزاء من أحياء شكلت مواداً عضوية اشتقت منها المواد الهيدروكربونية مما أضفى عليها صفة الصخور المصدرية أو المولدة للنفط. ومع توالي الترسيب ازداد سمك العمود الطباقى الذي أحدث ثقلاً على الصخور المترسبة نتج عنه ارتفاع في درجة حرارتها مما أدى إلى نضوج المواد العضوية وتحويلها إلى نفط وغاز. لقد أدى التغير الجانبي والعمودي للصخور المترسبة إلى اختلاف في صفة النفاذية والمسامية ما بين الطبقات قاد إلى تكوين مكامن طباقية. في حين تشكلت المصائد التركيبية بفعل العمليات التكتونية خلال الإجهادات الجانبية والعمودية التي أدت إلى تشويه التتابع الطباقى وتكوين تراكيب جيولوجية عملت على اصطياذ النفط. لقد أدت الحركات الأوروغينية الألبية في العراق إلى تشكيل نطاق طيات الفورلاند (Foreland Folds) التي ترافق معها اصطياذ النفط وتموضعه في المصائد التركيبية، كما شكلت هذه الحركات أيضاً عاملاً سلبياً تمثل في ضياع المحتوى النفطى للعديد من هذه المكامن من خلال عمليات رفع التتابعات الباقية و/ أو تنشيط حركات الصدوع مسببة في ظهور النضوحات النفطية (Oil seepages) التي كانت بهيأة مواد غازية خفيفة (Microseepage) أو قيرية مسالة إلى السطح (Macroseepage). تعد ظاهرة النضوحات النفطية انعكاساً للسيطرة التركيبية على صخور المكمن النفطى وقد تم تأشير تواجدها في العراق في مواقع عدة كمنطقة هيت غرب العراق وإلى شمال العراق حيث النار الأزلية في كركوك والمواد القيرية المتسربة على سطح الأرض في منطقة القيارة جنوب الموصل. إن دراسة مواقع هذه النضوحات وأشكالها سوف لايقود إلى تحديد مناطق واعدة للاستكشاف فقط بل يتعدى ذلك إلى أن المدخلات البحثية لهكذا دراسات تؤدي إلى تحديد الأطر التكتونية والتركيبية للتراكيب الجيولوجية السطحية وتحت السطحية وذلك لارتباط هذه المظاهر (أي النضوحات) بانطقة الضعف كالتكسرات ومستويات الصدوع ومناطق النمو الحديث للطيات (Rubio, 2002).

تمت الاستعانة في هذه الدراسات بتقنيات التحسس النائي التي طورت العناصر الأساسية لهذه الدراسات، فضلاً عن أن هذه التقنيات ساهمت بشكل فاعل خلال العقود الماضية من الزمن في استغلال الموارد الأرضية بتسليط الضوء على الكثير من المعضلات وتحليلها

وتفسيرها من خلال تطبيقاتها المتعددة الجوانب والمختلفة الغايات والتي تتميز بقلّة التكاليف والكادر وسرعة النتائج مقارنة بالطرق التقليدية المعروفة.

تشكل مرئيات الأقمار الاصطناعية العنصر الأساس في هذه التقنيات، إذ تعد هذه المرئيات إحدى معطيات التحسس النائي المهمة وهي نتاجات رقمية لتسجيل الأشعة المنعكسة والمنبعثة من سطح الأرض لحزمة طيفية واحدة أو لعدد من الحزم الطيفية حسب نظام المساح المستخدم. وتعتمد هذه المرئيات على التمثيل الصوري الرقمي لشدة الإشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس والمنبعث الذي يتم التقاطه من خلال منظومة المتحسسات (Sensors) المحمولة على متن هذه الأقمار. وقد أثبتت هذه المرئيات فاعليتها وأهميتها في الاستكشافات والتحريات الجيولوجية وذلك عن طريق إجراء المعالجات الرقمية على البيانات ومن ثم تحليل المعطيات الناتجة وتفسيرها وإعداد الخرائط الجيولوجية- الغرضية التي من خلالها يتم تحديد الأدلة الاستكشافية المتوقعة كمرحلة أولية في عمليات الاستكشاف والتي تمهد في مابعد للطرق الأكثر كلفة وتعقيدا (Lillesand and Kiefer, 1994).

إن إعداد الخرائط الجيولوجية هذه أصبح أكثر فاعلية بعد ظهور معطيات أخرى حديثة ك نماذج الارتفاعات الرقمية (Digital Elevation Models-DEM)، فضلا عن توفر برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (Geographical Information Systems-GIS) التي تعمل كأداة أساسية في مجال الترسيم والمعالجة والتحليل للبيانات المكانية وغير المكانية وإخراجها على شكل مخرجات خرائطية وجداول واشكال ورسوم وتقارير والتي يمكن تحديثها بسهولة وإضافة أية معلومات جديدة متعلقة بها (Christopher, 1999).

من هنا جاءت المنهجية الأساسية لهذه الدراسة المتمثلة في استخدام التقنيات المذكورة أنفاً في دراسة التحكم التركيبي في النضوحات النفطية من خلال المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية والملاحظات الحقلية وكذلك تحديد مواقع النمو الحديث للطيات لبعض الأماكن في نطاق الفورلاند شمال العراق بالاستعانة بنماذج الارتفاعات الرقمية ومقارنتها مع المظاهر الجيومورفولوجية للمنطقة. إذ إن الحركات التكتونية أدت إلى تكوين تراكم جيولوجية متنوعة أدت إلى هجرة للنفط (عموديا وجانبيا) من صخور المصدر إلى الطبقات التي تقع فوقها وخبزنها وحفظها بالمصائد النفطية التركيبية. كما أن انطقه الضعف في هذا النطاق قادت إلى حدوث الكثير من النضوحات النفطية بهيأة مواد عضوية بيتيومينية واضحة ومميزه او بشكل نضوحات خفيفة أثرت على الصخور التي تحويها بعملية التحلل الكيماوي. وأن استمرار الحركات

الأوروجينية حتى يومنا هذا قد انعكس على الكثير من الخصائص الجيولوجية لمناطق شمال العراق.

تبرز أهمية هكذا دراسات في إثراء حقل الجيولوجيا التطبيقية والاقتصادية وذلك من خلال الربط ما بين الجيولوجيا التركيبية والأطر المورفوتكتونية الحديثة للمنطقة باستخدام أسلوب علمي حديث يعتمد على تحليل وتفسير معطيات التحسس النائي وبالتالي يمكن توظيف نتائج هذه الدراسات تطبيقياً وبكف اقتصادي واطئة في عمليات الاستكشافات الواعدة من خلال توجيه مسوحات الكشف عن الأماكن الأكثر مثالية لمواقع الحقول النفطية والتراكيب تحت السطحية وبخاصة في المناطق غير المستكشفة (البكر) التي لم تخضع لدراسات جيولوجية وجيوفيزيائية مستفيضة.

### 2-1 الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

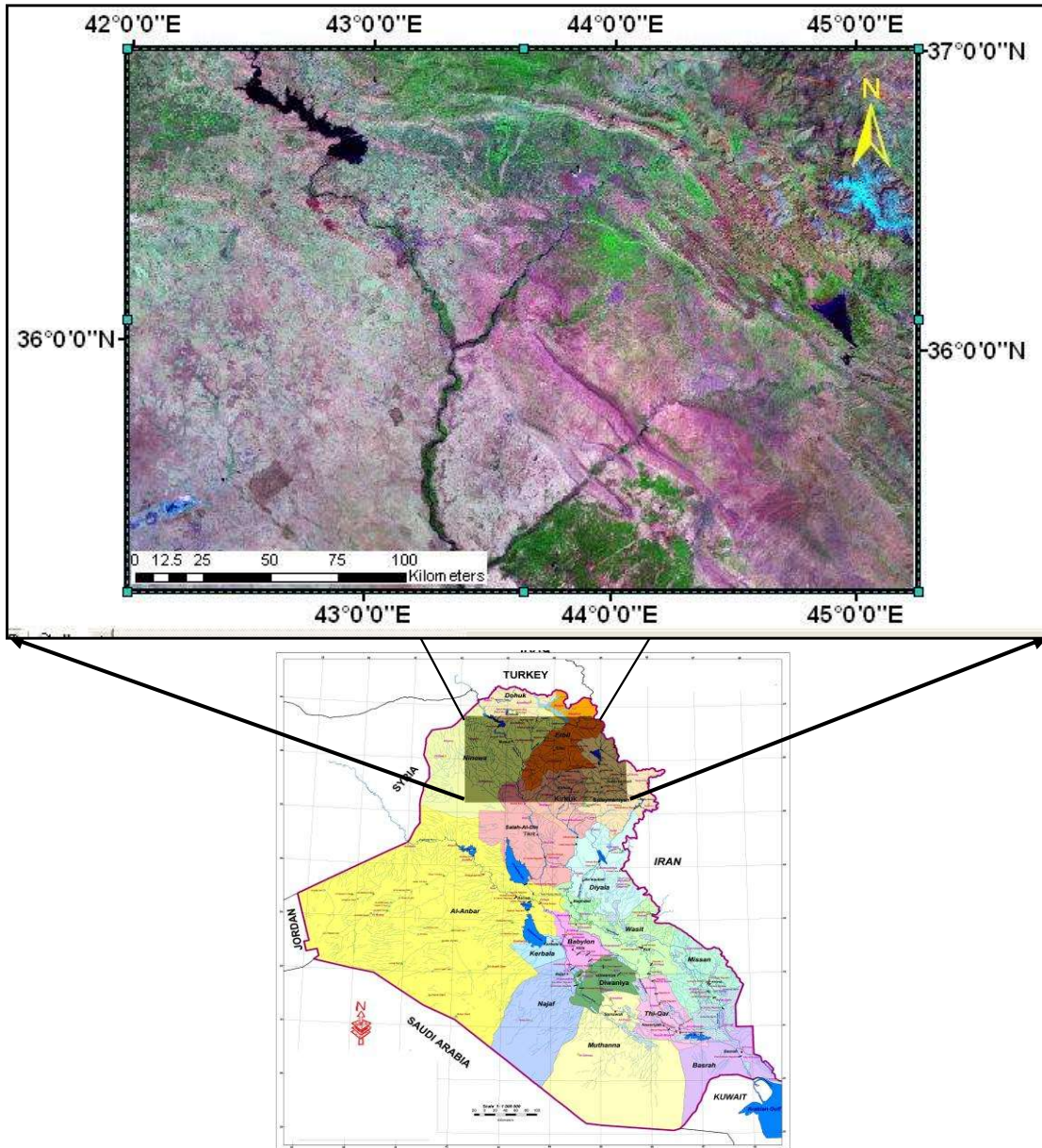
تقع منطقة الدراسة شمالي العراق، الشكل (1-1). وتتحدد بين خطي طول ( $42^{\circ}$ )  $31.8447^{\circ}$  و  $31.8447^{\circ}$  عرض ( $45^{\circ} 43' 46.3145''$ ) شرقاً، ودائرتي عرض ( $35^{\circ} 11'$ )  $48.2829^{\circ}$  و  $48.2829^{\circ}$  شمالاً. تضم هذه المنطقة العديد من طيات الفورلانند وحسب خارطة التقسيمات التكتونية للعراق المعدة من قبل (Numan, 1997) الشكل (2-1). وهذه المنطقة تشتمل على نطاق الطيات العالية في حوض الفورلانند والاحواض المعلقة (Suspended Basins) وجزء من نطاق إقدام التلال في شبه سطيح الفورلانند (Quasiplatform Foreland).

### 3-1 طبيعة الدراسة ومبرراتها

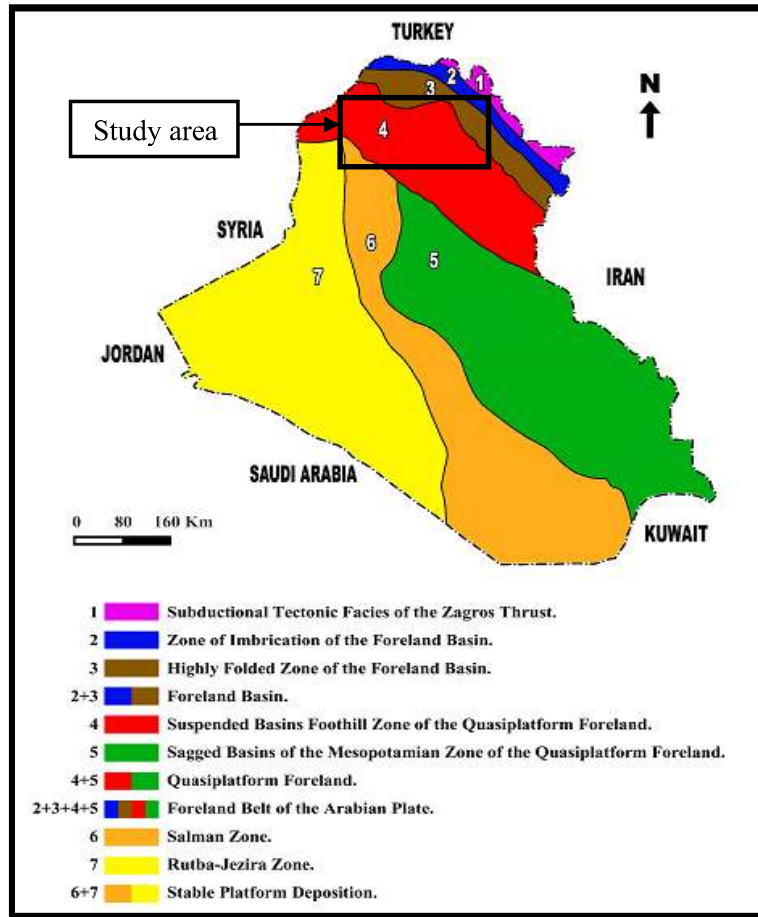
إن النظام الجيوتكتوني للعراق هو نتاج بناء طويل بدأ بالحركات الأوروجينية عبر العصور الجيولوجية القديمة واستمر حتى يومنا هذا بالحركات الالبية. إن الحركات التكتونية التي أثرت وما زالت تؤثر على سطح الأرض والتي صاحبت أيضاً بناء الجبال وأغلب المرتفعات التركيبية منذ أقدم الأزمنة الجيولوجية حتى اليوم كانت المسبب الرئيس لتكوين تراكيب الشرق الأوسط النفطية كما أن هذه الحركات تعد أهم عوامل هجرة الهيدروكربونات وتجمعها ونضوجها ونضوحها (Ameen, 1992).

عندما بدأ طور الاصطدام القاري في عصر الايوسين بين الحافة الخاملة للطبق العربي والحافتين الفعالتين للطبقين الإيراني والتركي كان من نواتج هذا الاصطدام حصول عملية طي واسعة أدت إلى تكوين نطاق طيات الفورلانند في العراق التي شكل قسم كبير منها مصائد نفطية تركيبية ذات جدوى اقتصادية. لقد درست التراكيب الجيولوجية لنطاق الفورلانند العراقي بشكل

مستفيض من خلال العديد من البحوث والاطاريح في الجامعات العراقية، وقد كان المنحى العام لهذه الدراسات متخذاً جانباً أكاديمياً ومقتصراً فقط على التحليلات الهندسية للمعلومات التركيبية بدرجات مختلفة من الدقة والتفصيل. وقد أُجريت هذه التحليلات باستخدام الطرق الجيولوجية التقليدية مثل الخرائط التركيبية، والإسقاط الستيريوغرافي للتراكيب الجيولوجية (Stereographic Projection)، وأشكال الروز (Rose Diagrams)، والأشكال المجسمة ثلاثية الأبعاد (Three Dimensional Block Diagrams)، والتمثيلات البيانية الكارتيزية (Cartesian Coordinate Presentations)، والمدرجات التكرارية (Histograms) وما شاكل (العزوي)، وهذه طرق أساسية ومهمة جداً ولا يمكن الاستغناء عنها لغرض التصور الفراغي للمجسم لمعمارية التراكيب الجيولوجية.



الشكل (1-1) الرؤيا الفضائية لمنطقة الدراسة بالنسبة إلى خارطة العراق الادارية



الشكل (1-2) التقسيمات التكتونية للعراق عن نعمان (Numan, 1997)، موضحة عليها منطقة الدراسة

أما فيما يخص الجانب الاقتصادي وبالتحديد البحث عن المكامن النفطية ، فإن ربط الخصائص التركيبية لطيات الفورلاندي في شمال العراق بعمليات الاستكشاف الواعدة عن النفط لم يتم تناولها في الجامعات العراقية بشكل موسع على الرغم من أن العراق يحتل مراتب متقدمة في مصاف الدول التي تمتلك خزناً من احتياطي النفط وهذا ما تشير إليه العديد من الدراسات (Al- Sharhan, 2012). الجانب الآخر والمهم في تحليلات الجيولوجية التركيبية والذي لم يتم التركيز عليه كثيراً هو عملية النمو المستمر للتراكيب الجيولوجية نتيجة استمرار الحركات التكتونية والذي يطلق عليه حالياً مصطلح (Neotectonics) الذي يتميز بمظاهر ودلالات جيومورفولوجية (مورفوتكتونية) تقود إلى إعطاء صبغة مميزة في التحليل التركيبي. وتعد الطيات الحديثة تحت السطحية من الامثلة على ذلك.

من خلال ما سبق احتكم الباحث إلى ضرورة إجراء هذه الدراسة التي تأخذ منحى أكاديمياً اقتصادياً يمكن من خلاله إعطاء معلومات مهمة عن المصائد التركيبية في شمالي العراق ودورها في عملية الاحتباس النفطي ونضوحه من خلال تحديد المناطق الأكثر ملائمة لعمليات الاستكشاف الواعدة.

#### 4-1 هدف الدراسة وخطواتها

تعد ظاهرة النضوح الهايدروكربوني من الشواهد المهمة المستخدمة من قبل شركات النفط في عمليات الاستكشافات والتحريات الأولية. إذ إن دراسة هذه المظاهر وتشخيص التباينات في أنواعها وتحديد نمط تواجدها وانتشارها يعطي معلومات تهدف إلى تطوير عمليات الاستكشافات والتحريات النفطية وتثبيت الدور التكتوني والتركيب في انتشارها (Macgregor, 1993). إذ إن وجود هذه المواد على السطح بهيأة مباشرة (منظورة) وغير مباشرة (غير منظورة) يعطي من الوهلة الأولى وجود سيطرة للبنية التركيبية متحكمة في عملية النضوح الهايدروكربوني، كعمليات الرفع التكتوني للمكامن النفطية أو وجود صدوع وتكسرات مؤثرة في المكامن تحت السطحية تعمل كمرات ناقلة لهذه المواد إلى الأعلى. اعتماداً على ما سبق، جاء الهدف الرئيس المتمثل في دراسة النضوح الهايدروكربوني وحسب الاجراءات الآتية.

1- استخدام تقنيات المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية (المصححة طيفياً) والدراسة الميدانية الحقلية لاستنتاج وتحديد الشواهد السطحية للنضوحات النفطية بنوعها الخفيفة والثقيلة لطيات مختارة من نطاق الفورلانند.

2- تحديد دور ونوع عامل البنية التركيبية المسيطر على النضوحات من خلال دراسة الخصائص الهندسية للطيّات ومطابقتها مع نواتج تقنيات التحسس النائي.

3- تحديد مناطق النمو الحديث للطيّات (مناطق النشاط التكتوني التي تعد مناطق مثالية للمصائد النفطية التركيبية) في منطقة الدراسة وذلك من خلال تحليل بيانات الارتفاعات الرقمية ومطابقتها مع شبكة التصريف السطحية المستخلصة ألياً لتأكيد وجودها ومطابقتها كذلك مع اتجاهات ومسارات هجرة النفط (التي تم الحصول عليها من دراسات سابقة) وتحديد امتداداتها من خلال رسم المقاطع الطبوغرافية الخاصة بها وربطها مع تحليل الانعكاسات الطيفية للترب الواقعة فوق هذه التراكيب بغية تحديد وجود دلائل النضوحات النفطية أو عدم وجودها.

4- مقارنة التقادم التكتوني لمنطقة الدراسة مع طبيعة النضوح الهايدروكربوني ونوعه.

5- اعتماداً على النتائج المستخلصة يتم تكوين قاعدة معلومات رقمية باستخدام مرئيات الأقمار الاصطناعية وبرامجيات نظم المعلومات الجغرافية لبعض مناطق نطاق طيات الفورلانند (قيد الدراسة) بأسلوب علمي حديث يعتمد على البرامجيات الحديثة بغية ربط البيانات الوصفية المستخلصة من الدراسات السابقة بالنتائج المستخلصة من الدراسة الحالية ومن ثم تحقيق الاهداف الآتية:

- أولاً: إمكانية إدخال البيانات المكانية وغير المكانية.  
 ثانياً: إمكانية تخزين البيانات وإدارتها في صورة قواعد بيانات.  
 ثالثاً: إمكانية عرض البيانات وإخراجها بوسائل مختلفة.  
 رابعاً: إمكانية نقل المعلومات وتبادلها من وإلى البرنامج.  
 خامساً: القيام بعمليات المعالجة والتحليل على البيانات المكانية والوصفية.  
 سادساً: إمكانية ربط المعلومات المتوفرة والمعلومات المستنتجة حديثاً مع البيانات الأخرى  
 كالمعطيات الجيوفيزيائية.  
 سابعاً: إمكانية التحديث والإضافة المستمرة لقاعدة للبيانات.

### 5-1 جيومورفولوجية المنطقة

يحتوي نطاق طيات الفورلاند على العديد من المظاهر والأشكال الجيومورفولوجية. إذ يلاحظ وجود سيطرة تركيبية وصخرية في تحديد نمط هذه الأشكال وتوزيعها وامتدادها. في الفقرة التالية سوف يتم الاعتماد على المصطلحات العلمية في وصف الوضعية الجيومورفولوجية لنطاق طيات الفورلاند والمأخوذة من سلسلة كتب (ITC) الهولندية (Verstappen and Zuidam, 1975) التي تعد مرجعاً عالمياً يعنى بالتحليل الجيومورفولوجي وقابلاً للتطبيق في بيئات ومناطق مختلفة من العالم.

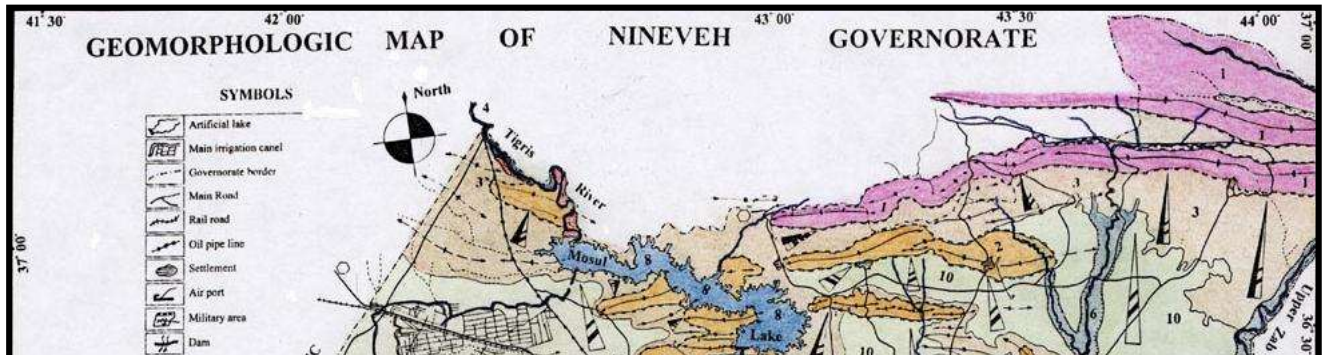
إن تكوين وحدات جيومورفولوجية متنوعة في نطاق الفورلاند لشمال العراق يعود بشكل أساسي إلى تباين شدة الاجهادات التكتونية التي أدت إلى تكوين تراكيب مختلفة وإلى ظهور اختلافات في الوضعية الطبوغرافية المحلية من خلال تكوينه لمناطق مرتفعة (كالطيات المحدبة) ومناطق منخفضة (كالطيات المقعرة... الخ). تعد الصفات الصخرية للمنطقة العامل الأساس في تحديد العديد من المظاهر نتيجة اختلاف الصلادة ما بين الوحدات الصخرية ضمن التكوينات الجيولوجية وهذا ما توضح بوجود سلسلة من الحواجز التركيبية ضمن الطيات يمكن فصلها عن بعضها بخطوط توقف الانحدار (Break of slope) تكونت نتيجة عمليات التعرية التفاضلية.

إن الظروف المناخية السائدة في المنطقة تحكمت كذلك في الوضع الجيومورفولوجي للمنطقة من خلال عمليتي التجوية الميكانيكية أو الكيميائية، إذ إن منطقة الدراسة تقع ضمن المناخ شبه الجاف حسب التقسيمات المورفومناخية العالمية عن (Peltier, 1950). يمكن وصف الجيومورفولوجيا الاقليمية لمنطقة الدراسة بأنها متباينة التموج بمدى كبير وتندرج إلى الاستواء باتجاه الجنوب الغربي، وتسودها المظاهر المورفوتكتونية المتنوعة بشكل

واضح ضمن أجزائها الرئيسية المتمثلة بمناطق شديدة التضرس العالي (خصوصاً في المناطق الواقعة إلى الشمال والشمال الشرقي) كالحواجز التركيبية (Structural ridges) والمنحدرات العكسية (Back slopes). أما في المناطق ذات التضرس الواطئ فتنتشر مظاهر وأشكال تتضوي تحت صنف المنحدرات القديمة (Foot slopes) الواسعة الامتداد والمتمثلة بالسطوح التعرؤية (Erosional glacies) والسطوح التجميعية (Accumulation glacies)، كما يلاحظ أن نظام التصريف السطحي يشتمل على عدة انماط رئيسية أو محورة منتشرة في جميع منطقة الدراسة ومتأثرة بنوعية الصخور والترسبات المنكشفة من جهة وبوضعها التركيبي والتكتوني من جهة أخرى. ولغرض توضيح جيومورفولوجية المنطقة الاقليمية، تمت الاستعانة بالخارطة الجيومورفولوجية المعدة من قبل (Al- Daghastani, 2007) التي يظهر فيها جزء كبير من منطقة الدراسة، الشكل (1-3). واعتماداً على العوامل المذكورة أنفاً سيتم التطرق بشئ من الإيجاز إلى أهم الوحدات الجيومورفولوجية الملاحظة في منطقة الدراسة.

أولاً: الوحدات الجيومورفولوجية ذات الأصل التركيبي

تمثل جميع الأشكال الأرضية الناتجة عن تأثير العمليات التكتونية وما يصاحبها من ظواهر جيومورفولوجية. إذ تؤدي هذه العمليات دوراً أساسياً في نشوء مفردات هذه الأصناف، ويعتمد المظهر الجيومورفولوجي لهذه الأشكال بصورة أساسية على زاوية ميل الطبقات الصخرية فضلاً عن عمليات التعرية وموقع هذه الأشكال. وتعد وحدة الحواجز التركيبية الأحادية (Homoclinal structural ridges) من الأنواع الرئيسية لأشكال ذات الأصل التركيبي، إذ تعطي هذه الحواجز صفة الغلق التركيبي (Structural closure) لمعظم الطيات المحدبة والمقعرة فضلاً عن توضيح الهيكل الهندسي للطفية. وتتصف الحواجز أيضاً بأن هنالك عدداً من الوديان القاطعة لها والتي تكون متوازية مع بعضها البعض مكونة ما يعرف بالأشكال المثلثية أو أشكال المكواة (Triangular facets or flat iron topography) نتيجة تقادم عمليات التعرية فيها. يعتقد أن هذه الوديان قد تمثل مستويات فواصل عمودية أو مائلة الامتداد على محور الطيات. إن الخصائص الجيومورفولوجية لهذه الوحدة تتحكم فيها العوامل الصخرية وهذا ما قاد إلى نشاط عملية التعرية التفاضلية نتيجة اختلاف الصلادة للصخور ضمن التكوين الجيولوجي الواحد والذي أدى إلى تكوين المنحدرات العكسية (Back slope) ومنحدرات الميل (Dip slope).



ثانياً: الوحدات الجيومورفولوجية ذات المنشأ النهري

تمثل هذه الوحدات جميع الأشكال الناتجة عن نشاط الأنهار أو الوديان (الدائمة والموسمية الجريان) من عمليات التعرية والترسيب وأثرهما في تحويل المظاهر الأرضية، وعليه فإن الخصائص الجيومورفولوجية لهذه الأشكال ترتبط بشكل مباشر بنمط الأنهار أو الوديان وخصائصها من التصريف والحمولة. وتعد وحدة السهل الفيضي ورواسب ملئ الوادي والمدرجات النهرية من الأشكال المميزة لهذه الوحدة خصوصاً في المناطق المحاذية لنهر دجلة ونهري الزاب الكبير والصغير. أما فيما يخص أنظمة شبكة التصريف السطحية فقد قام كل من (Verstappen and Zuidam, 1975) من معهد (ITC) بتحديد ستة أنواع رئيسة و ستة

أخرى ثانوية (وسيقصر ذكرنا هنا على الأنواع الرئيسية فقط). لوحظ أن أغلب الطيات ينتشر فيها النمط الشعاعي (Radial pattern) وذلك لأن النمط التصريفي ينحدر من الأجزاء العليا باتجاه جناحي الطية، أما النظام الشجري فينتشر في المناطق المستوية ذات الانحدارات القليلة في حين يتواجد النظام المتوازي في المنحدرات ذات الميل العالي للحواجز التركيبية ويتحول إلى شبه متوازي مع قلة ميل هذه المنحدرات.

ثالثاً: الوحدات الجيومورفولوجية ذات المنشأ التعريوي

تمثل الأشكال الأرضية الناتجة عن العمليات التعريوية المسلطة على الطبقات العليا من صخور الأرض. إذ يشيع ظهور هذه الأشكال التعريوية في المناطق التي تتسم بوجود صخور ضعيفة، وتنتج عندما لا تتمكن الأشكال الأصلية الموجودة في المنطقة (ذات الصخور الضعيفة) من أن تستمر لمدة طويلة محافظة على أشكالها ومن ثم تتعري مكونة هذه الأشكال. يمكن تمييز أربعة أشكال جيومورفولوجية رئيسية ذات أصل تعريوي في منطقة الدراسة وهي: السطوح التجميعة والسطوح التعريوية والأراضي الوعرة (Bad lands) فضلاً عن ان وجود الكتلان الرملية في منطقة الدراسة يعد دليلاً على التعرية الريحية.

تمثل السطوح التجميعة مجمل الترسبات الحديثة للعصر الرباعي والمتمثلة بترب ذات سمك عال مع فتاتيات ناعمة نتجت من خلال عمليات النقل والترسيب بواسطة عدة عوامل منها التعرية الجدولية والتعرية الأخدودية والجريان الصفائحي والريحي، إن السطوح التجميعة تعرف على أنها سطح ذو انحدار بسيط يتراوح من ( $1-7^\circ$ ) ومتواجدة في نطاق أقدام التراكيب، كالتراكيب الواقعة باتجاه الجنوب والجنوب الغربي من منطقة الدراسة التي يلاحظ فيها انتشار هذه الوحدة في المناطق المستوية المحيطة بهذه التراكيب. أما السطوح التعريوية فتظهر بهيأة طوبوغرافية متموجة نتيجة ظهور بعض المكاشف الصخرية العائدة للطيات المحدبة وبقياء الحواجز التركيبية. إذ إن هذه الوحدة تحيط بأغلب الحواجز التركيبية الخارجية للطيات في عدة أماكن من منطقة الدراسة. فيما يخص الأراضي الرديئة فيمكن وصفها بالمناطق التي تظهر مكاشف صخرية مقطعة بكثافة عالية بالوديان بحيث يمكن تمثيل المنطقة الحاوية على هذه الأشكال بشبكة من الحزوز تتخللها جروف حادة ناشئة عن تعرية الوديان القاطعة لها نتيجة انخفاض مستوى القاعدة وقد تمت ملاحظة هذه الأشكال لبعض المناطق المحاذية لنهر دجلة.

### 6-1 العمل الحقلّي

تم القيام بالعمل الحقلّي وجمع المعلومات لمقاطع مختارة من الطيات حددت مسبقاً من خلال التفسير البصري والرقمي للمرئيات الفضائية والتي تشير إلى وجود دلائل نضوحات نفطية

ثقيلة وخفيفة فيها. استخدمت اثناء هذه الجولات خرائط طوبوغرافية بمقاييس (1: 25000 و 100000: 1) المتوفرة عن المنطقة وخرائط جيولوجية بمقاييس (1: 250000) صادرة عن مديرية المسح الجيولوجي والتحري المعدني العراقية - Geosurve (1993; 1995; 1996) وكذلك خرائط جيولوجية لنطاق زاكروس الغربي بمقاييس (1: 200000) عن (Western Zagros, 2011)، فضلا عن الخرائط الجيولوجية التخصصية المأخوذة من الاطاريح والبحوث السابقة. كما تم في العمل الحقلي الاستعانة بثلاث مرئيات فضائية معالجة رقميا ملتقطة بواسطة راسم الخرائط الموضوعي (ETM) للقمر لاندسات (7)، وذات (9) حزم طيفية، اثنتان من هذه المرئيات كانتا ضمن المسار (70)، صف (35)، ذات قدرة تمييز مكانية (28.5) مترا، الأولى ملتقطة بتاريخ (13/06/2001)، والثانية بتاريخ (15/09/2009). أما المرئية الثالثة فقد كانت عبارة عن تجميع موزائيكي لعدة مرئيات للقمر لاندسات (7) ومحسنة ومدمجة لونيا في هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (USGS) وذات قدرة تمييزية مكانية قدرها (15) مترا تم استخدامها في إسقاط المعلومات ضمن قاعدة البيانات المصممة ضمن الدراسة الحالية. ولغرض اختيار المسارات الحقلية وأقرب الطرق إليها استخدمت مرئيات (Google earth) ذات القدرة التمييزية (1.4) مترا المتوفرة على الانترنت. لغرض تحديد المواقع الحقلية بدقة التي تشمل على خطوط الطول والعرض، استخدم جهاز تحديد الموقع الجغرافي (Global position system GPS) ذو دقة تصل إلى (95%) وبخطأ يتراوح (+5m-) لغرض إسقاط الوحدات الصورية (pixels) ذات أنماط الانعكاسية المتباينة على الأرض، وقد تم أخذ كل قراءة بهذا الجهاز بتغطية لاتقل عن (6) أقمار صناعية من مجموع (24) قمراً صناعياً تدور جميعها على ارتفاع (20000km) عن سطح الأرض وبسنة مدارات مائلة بمقدار (60) درجة عن مستوى خط الاستواء وذلك للتأكد من أن أية نقطة على الكرة الأرضية تغطيها ثلاثة أقمار على الأقل.

ويمكن تلخيص اهداف العمل الحقلي بما يأتي:

1- اشتمل العمل الحقلي على اختيار ثلاثة مناطق ضمن نطاق الطيات العالية وسبع مناطق ضمن نطاق الطيات الواطئة لغرض دراسة النضوحات النفطية. إذ تم في المقاطع الثلاثة الأولى تعقب الطبقات الصخرية التي تتميز بوجود مواد عضوية ناتجة عن نضوحات نفطية ثقيلة ودراسة امتداداتها ونمط توزيعها وانتشارها وتشخيص التباينات في أنواعها وتحديد العوامل التركيبية المسيطرة على خروجها إلى السطح. أما في المقاطع السبعة (الواقعة ضمن نطاق الطيات الواطئة) فتم تتبع طبقات تكوين الفتحة الذي تمثل وحداته الطباقية المكاشف الرئيسية ضمن أغلب هذه المناطق وعليه تم تتبع طبقات الجبس والطين وصخور الحجر الجيري كونها

تتأثر بنواتج التحلل بشكل كبير ودراسة التغيرات اللونية المفاجئة العاكسة لتواجد اكاسيد الحديد او وجود تحلل للأطيان او تحلل الجبس إلى كالسيت، إذ تعد هذه التغيرات من العناصر الجيوكيميائية المترافقة مع النضوحات النفطية الخفيفة.

2- تم تحديد التراكيب الحاوية على نضوحات نفطية (فواصل، مستويات تطبق وصدوع). 3- جمع القياسات الحقلية لطيات لم تدرس تركيبيا وذلك بأخذ قراءات مستويات التطبيق لجناحي الطية وعلى مقاطع اختيرت لهذا الغرض وتحليلها باستخدام طرق الإسقاط الستيريوغرافي.

4- تم جمع بعض النماذج للصخور الحاوية على تحلل (Alteration) واضح نتيجة تأثير النضوحات النفطية على التراكيب الصخرية التي تخرقها وأخذ القراءات الخاصة بإحداثيات هذه المواقع بغية تسقيطها على المرئية الفضائية المعالجة طيفيا للتأكد من تطابقها مع مناطق الشذوذ أو التباين في انعكاسيات الوحدات الصورية للمرئيات الفضائية المستخدمة، فضلا عن استخلاص البصمة الطيفية الممثلة لهذه التحولات في الصخور، وبالتالي يمكن تعميمها على مناطق أخرى تعذر الوصول إليها. كما تم عمل تحليل جيوكيميائي لبعض النماذج للتعرف على المعادن الناجمة عن التحلل.

#### 7-1 العمل المكتبي

تضمن العمل المكتبي استخدام بعض البرامج الحاسوبية الخاصة بمعالجة معطيات التحسس النائي (المرئيات الفضائية). إذ يتميز كل برنامج من هذه البرمجيات بإمكانيات تحليل عالية للقيمة الرقمية لشدة الإشعاع الكهرومغناطيسي الملتقط من خلال منظومة المتحسسات، وفيما يأتي استعراض مبسط لهذه البرمجيات ودورها في عملية التحليل:

1- برنامج (ENVI -Environment for Visualizing Images V. 4.5): نظرا للأهمية البالغة لهذا البرنامج والذي يعد من البرامج الرائدة عالميا في عملية المعالجة الطيفية للمرئيات الفضائية وبالنظر أيضا لاعتماد الدراسة الحالية على القيمة الحقيقية للعدد الرقمي الخاص بالوحدة الصورية (القيمة الخالية من الضوضاء) فقد تم أخذ دورة مكثفة على طرق المعالجة الطيفية لبرنامج (ENVI) لمدة (15) يوماً في وحدة التحسس النائي - قسم الجيولوجيا بجامعة (TU Bergakademie Freiberg University) في ألمانيا أثناء تواجد الباحث هنالك خلال الفترة من (1-12-2009) ولغاية (1-3-2010) ضمن إطار المنحة القطرية لتدريب الأساتذة الجامعيين في محافظات العراق، إذ تم تصحيح جميع المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة الحالية في مختبرات المعالجة الرقمية في الجامعة المذكورة وبإشراف أساتذة تخصصيين.

2- برنامج (ArcGis V.9.3): استخدم هذا البرنامج في عملية حساب الانحدار وتصنيفه رقميا والمستنتج من بيانات الارتفاعات الرقمية.

3- برنامج (Global Mapper V.10): تم استخدام هذا البرنامج في رسم بعض المقاطع الطبوغرافية لتراكيب جيولوجية (سطحية وتحت سطحية) مستنتجة من الدراسة بغية التعرف على انحدارها وحساب امتدادها الطبوغرافي، كما استخدم هذا البرنامج في عملية تقطيع بيانات الارتفاعات الرقمية وتصديرها إلى برنامج (ArcGis V9.3).

4- برنامج (ArcView V.3.2): لغرض الحصول على مناطق مستقطعة لبعض المناطق من المرئيات الفضائية، تم الاعتماد على الحزمة البرمجية (Image analysis) ضمن هذا البرنامج والتي تتصف بالدقة البالغة في عملية الاستقطاع من المرئيات الفضائية دون الحصول على اي تشويه للقدرة التمييزية الطيفية والمكانية.

5- برنامج (ERDAS-Earth Resources Data Analysis System V9.1): استخدم هذا البرنامج لغرض اجراء عملية التصحيح الهندسي للمرئيات الفضائية من خلال تعديل المساقط والنظام الاحداثي لها وتوحيدها مع بيانات الارتفاعات الرقمية لكي تصبح هنالك سهولة في عملية تطابق هذه البيانات، كما ان دقة هذا التصحيح كانت ضرورية جدا في تحديد مناطق الشذوذ الطيفي للوحدات الصورية ومطابقتها مع النماذج الحقلية. يجب الاشارة الى ان الباحث قام باخذ دورة تدريبية على هذا البرنامج في المملكة الاردنية الهاشمية للفترة من (2011-1-22) ولغاية (2011-2-1).

### 8-1 الدراسات السابقة

عنيت الكثير من دراسات الجيولوجيا التركيبية لمنطقة شمال العراق (تحديدا نطاق طيات الفورلانند) بالجانب التكتوني والتركيب الوصفي لعناصر هذا النطاق الذي أشتمل على وصف التراكيب الجيولوجية من طيات وصدوع وفواصل وتصنيفها هندسيا واستقراء تكونها عبر التاريخ الجيولوجي في ضوء نظرية تكتونية الأطباق. أما فيما يخص علاقة هذه التراكيب بالجانب النفطي، فيلاحظ أن هنالك قلة في الدراسات التي تتناول حقل الجيولوجيا التركيبية التطبيقية والخاصة بالجانب الاقتصادي وهذا يعود من وجهة نظر الباحث إلى عاملين أساسيين، يشتمل الأول على أن هذا النوع من الدراسات يقتصر فقط على العاملين في شركات النفط العراقية وقد لوحظ أن اغلب المعلومات المتعلقة بالجانب النفطي تكون مراجعها أو مصادرها العلمية غير متوفرة في الجامعات والمؤسسات الأكاديمية. أما العامل الثاني فيشير إلى أن هذا النوع من

الدراسات يعتمد على التقنيات والبرامجيات الحديثة التي كانت غير متوفرة بسبب الوضع الأمني والاقتصادي آنذاك.

توفر تقنيات التحسس النائي في الوقت الحالي الركيزة الأولية في عملية الاستكشاف من خلال تحديد المنطقة المستكشفة واستخلاص العديد من خصائصها الجيولوجية تمهيدا للطرق الأكثر كلفة ودقة، ويلاحظ من هذا أن متطلبات انجاز مثل هذه الدراسات يستوجب توفر كفاءة عالية في مجال المعالجة الرقمية لمعطيات التحسس النائي، وأن هذه الدورات غير متوفرة بتفاصيلها الدقيقة داخل العراق، مما يسبب غياب هكذا دراسات. وقد رتبنا الدراسات السابقة في اتجاهين هما:

#### أولا : الدراسات السابقة المتعلقة بمنطقة الدراسة

1- قام أمين (Ameen, 1992) بدراسة تأثيرات تكتونية صخور القاعدة على تكون النفط وهجرته في شمال العراق باستخدام معطيات التحسس النائي والمعطيات الجيوفيزيائية.

2- درس معروف (Maroof, 1999) منطقة شمال العراق من الناحية التركيبية والتكتونية، إذ تناولت الدراسة التطور الديناميكي للأحواض الرسوبية في شمال العراق وعلاقته بنشوء الهيدروكربونات وهجرتها واصطيادها.

3- أجرى (المفتي، 2002) دراسة تتضمن تحديدا للظواهر الجيومورفولوجية والدلالات الجيوكيميائية وعلاقة الأول مع الثاني للوصول إلى تفسير ظاهرة الشذوذ الحراري الظاهرة في المرئيات الحرارية للقمر لاندسات (Landsat) في منطقتي قره جوخ الجنوبي وبابي حسن في شمال العراق. إذ تعد هذه الدراسة من الدراسات المهمة في توضيح الأسلوب الأمثل في ربط مرئيات الأقمار الصناعية الحرارية مع البيانات الجيوكيميائية، فضلا عن أنها تناولت كذلك تحديد أنماط التصريف ووضعيات المكاشف الصخرية ومدى مطاوعة سطح الأرض مع الظروف الجيولوجية والسطحية وربطها مع المعطيات والدلالات الجيوكيميائية إلى جانب الشواهد الهيدروكربونية واستخدام النتائج في دراسة الاختلافات في درجات الحرارة في المرئيات الحرارية للقمر لاندسات.

4- تعد الدراسة المقدمة من قبل (Al- Daghastani and Al- Dewachi, 2009) من الدراسات المهمة في الاستخدام الأمثل لمعطيات التحسس النائي في تحديد مناطق الاستكشافات النفطية الواعدة. إذ تم في هذه الدراسة تحديد عدد من الشواذ المورفوتكتونية التي سيطرت على مظاهر التضاريس الأرضية وشبكات التصريف السطحي في منطقة الشريط الحدودي بين العراق

وسوريا من فيش خابور وإلى وادي العجيج والتي أسهمت في تحديد تراكيب تحت سطحية جديدة. كما تم في هذه الدراسة أيضا تحديد عدد من النضوحات النفطية وربطها مع المظاهر المورفوتكتونية الشاذة من خلال استخدام الدمج الملون الكاذب للحزم (741) والتي تم الاعتماد عليها في الدراسة الحالية.

5- أما آخر الدراسات الحديثة التي تم إجراؤها لتحديد مناطق النضوحات النفطية باستخدام المرئيات الفضائية لبعض المناطق في إقليم كردستان، فكانت الدراسة المقدمة من قبل (Perry and Kruse, 2010) إذ تم في هذه الدراسة استنتاج النضوح النفطي من خلال تطبيق طرق المعالجة الرقمية على بعض الطيات لتحديد انطقه التحلل نتيجة نضوح النفط وتأثيره على الصخور. وقد تم في هذه الدراسة عرض خارطة عن انطقة التحلل لجزء من طية كركوك وكذلك عرض خارطة إقليمية بمقياس (1:2000000) لمناطق شمال العراق وبعض المناطق في غرب دجلة توضح مواقع حقول النفط والغاز فضلا عن تأشير بعض المواقع لتواجد النضوحات النفطية.

ثانيا : الدراسات السابقة المتعلقة بموضوع الدراسة

6- درس دنكتون (Dunnington, 1958) الصخور المصدرية وتجمع النفط وهجرته في مناطق شمال العراق، وقد أعطى خرائط خاصة بالسحنات الصخرية للفترة الممتدة من (Middle Jurassic) وحتى (Pliocene)، وأفاد بأن معظم التجمعات النفطية شمال العراق قد تأثرت بالهجرة العمودية، التي قادت كذلك إلى حصول النضوحات النفطية في انطقه الطيات العالية من الكريتاسي الأوسط أو أقدم من ذلك.

7- قام بيتمان واخرون (Pitman et al., 2003) بدراسة تكون النفط وهجرته في العراق لصخور الجوراسي المصدرية. إذ تم عرض مواصفات هذه الصخور والصدوع تحت السطحية المؤثرة فيها وكذلك تقديم خرائط اقليمية للعراق بمقياس (1:10,000000) موضحا فيها المواصفات الحرارية لهذه الصخور قبل (10) ملايين سنة أي في فترة (المايوسين المتأخر) وحتى الوقت الحالي، فضلا عن تقديم ثلاث خرائط إقليمية خاصة بمسارات الهجرة النفطية للفترة قبل (25) مليون سنة (الاوليجوسين المتأخر) وقبل (8) ملايين سنة وحتى الوقت الحالي.

8- عمل كل من الكيلاني ومعروف (Al- Gailani and Marouf, 2010) موديلا خاصاً بالصخور المصدرية وتكوين المواد النفطية لمناطق شمال العراق، علما أن هذه الدراسة كانت بهيأة إعلان ملصق (Poster) تم الحصول عليه من خلال المراسلة مع الباحث الأول.

9- يعد الكتابان المقدمان من قبل كل من (Al- Sharhan and Narin, 2003)، و (Aqrabi et al., 2010) من الكتب المهمة في توضيح النظام النفطي والخصائص التكتونية لمنطقة الشرق الاوسط عموما والعراق خصوصا.

### 9-1 النفط والنضوح النفطي

يتألف النفط من خليط معقد من الهيدروكربونات (الكاربون والهيدروجين) وعناصر أخرى كالأوكسجين، والنيتروجين، والكبريت، كما يحتوي النفط على آثار من بعض العناصر المعدنية، كالحديد والفاناديوم والنيكل. ويشكل الميثان ( $CH_4$ )، والإيثان ( $C_2H_6$ )، والبروبان ( $C_3H_8$ )، والبيوتان ( $C_4H_{10}$ ) نسبة عالية من الغازات الهيدروكربونية المكونة للنفط. ويتفاوت تركيبه بشكل كبير من نوع إلى آخر ويحصل هذا نتيجة اختلاف مصادر الخامات النفطية في خواصها الجيولوجية والصخرية الطبيعية وتركيبها الكيميائي وفقا لمصادر إنتاجها. على الرغم من أنها تكونت في الغالب من رواسب عضوية متماثلة التركيب والخواص بدرجة كبيرة. ويرجع ذلك إلى تكوين النفط في ظروف متباينة من الضغط ودرجات الحرارة وعمق بيئة الرسوبيات، كما أن حركة هذه الخامات تكون من خلال مسام الصخور الرسوبية التي تتفاوت في خواصها الكيميائية والمعدنية والطبيعية، وتختلف في أعمارها الجيولوجية.

منذ بدأ التاريخ المكتوب للبشرية ولحد الان لعب النفط دورا في التطور الحضاري، ففي العراق لوحظ وجود علاقة وطيدة بين النفط و نشوء الحضارات الأولى (كحضارة الاوبايديان Ubaidian Culture)، (Aqrabi, 2010). كما وجدت شواهد للمواد النفطية في المواقع الأثرية في بقايا مدينة بابل مستخدمة لطلاء الأسس منعا لتسرب الماء كما أن هنالك شواهد على القيام بالبحث والتنقيب عن النفط في حوض الفرات يرجع تاريخها إلى (6000) سنة قبل الميلاد باستخدام طرائق بدائية (المرسومي، مقالة عن البترول في وادي الرافدين)، وتعد ايران أيضا من أوائل الدول التي اهتمت بالبحث عن النضوحات النفطية قبل (6000-2000) سنة قبل الميلاد لاستخدامها في الأعمال اليومية (Noomen, et al., 2003). تتميز المناطق الحاوية على النفط بتواجد ظاهرة النضوحات (تسمى أيضا النزيز أو التسربات أو الرشوحات) النفطية وهي الشواهد السطحية المنظورة للنفط على سطح الأرض والمكونة حاليا أو متكونة في فترة من الزمن الماضي. تظهر هذه النضوحات على سطح الأرض بعدة أشكال كالمواد القيرية أو الاسفلتية ذات اللزوجة العالية المتسربة على سطح الأرض والنفط الخام الذائب والغازات النفطية وبعض آبار المياه الملوثة بالمواد النفطية.

منذ البدايات المبكرة لاكتشاف النفط تم استخدام النضوحات المرئية للنفط على السطح من قبل الجيولوجيين، وذلك لتحديد مواقع المكامن النفطية تحت سطحية، فضلا عن أنها (أي النضوحات) يمكن أن تقدم معلومات عن الطبيعة الصخرية والتركيبية للطبقات تحت السطحية. إذ إن الدلائل النفطية السطحية الناتجة عن النضوح من الأعماق الباطنية تعطي معلومات متعلقة بوجود صخور المصدر أو طبيعة المواد تحت السطحية و نوع المادة النفطية (نفط أو غاز) أو قد تعطي معلومات مهمة عن تواجد انطقة الضعف تحت السطحية كالصدوع والكسور مثلا، وهذا ما أشارت إليه العديد من الدراسات المقدمة من قبل عدة باحثين والذين اشارو في قسم منها كذلك إلى أن الكثير من الصدوع في العالم تم استنتاجها من خلال الدلائل النفطية السطحية.

(Macgregor, 1993), (Schumacher, 1996;1999), ( Eichhubl et al., 2000), (Rubio, 2002), ( De Beukelaer, 2003), (Nommen et al, 2003), ( Abrams, 2005), (Van Der Werff, 2006), ( Rollet, 2006), ( Khan and Jacobson, 2008), (Petrovic et al., 2008), ( Tiehu et al., 2009), ( Zhang, et al., 2010).

أما في العراق، فقد وصل البعض من الصدوع والتكسرات إلى مكامن نفطية قريبة من سطح الأرض مما أدى إلى تسرب الغاز الطبيعي والنضوحات النفطية الثقيلة على سطح الأرض في الكثير من المناطق في شمالي العراق ومنها كركوك، القيارة وغيرها.

تعد النضوحات النفطية في الوقت الحالي من الدلائل السطحية المهمة في عملية استكشاف النفط والمعتمدة من قبل شركات التنقيب العاملة في هذا المجال. إذ إن الكثير من الحقول المهمة حول العالم تم اكتشافها كونها واقعة مباشرة تحت نضوحات نفطية سطحية. وفي منطقة الشرق الاوسط فان اغلب الابار الاستكشافية التي تم حفرها كان بالاعتماد على ملاحظة وجود دلائل لنضوحات نفطية ومن الامثلة على ذلك، الحقول المستكشفة في منطقة مسجد سليمان في جنوب غرب إيران، والنفط خانة في منطقة خانقين، وبابا كركر والقيارة في شمال العراق، والعوالي في البحرين، والبرقان في الكويت.

## 10-1 التصنيف العالمي للنضوح النفطية

هنالك العديد من التصنيفات الخاصة بالنضوحات النفطية إلا أن أكثرها شيوعا وتداولاً في البحوث العلمية تلك التي تعتمد على المعايير الخاصة بمواقع تواجد هذه النضوحات والآخر يعتمد على نمط ظهورها من خلال الطبقات الصخرية أو تقسيمها بالاعتماد على فاعليتها في الظهور إلى سطح الأرض، وفيما يأتي عرض لهذين التصنيفين:

## اولا تصنيف النضوحات اعتمادا على موقع تواجدها

يستخدم هذا التصنيف في تحديد موقع النضوح النفطي في منطقة اليابسة او في منطقة المسطحات المائية، إذ يطلق على النضوحات في المناطق ضمن القارة بمصطلح (Onshore seepage) والتي تكون متواجدة في المناطق داخل القارة بهياة انبعاثات غازية او نفطية من الشقوق او بشكل ينابيع ناتجة عن تدفق مواد بيتيومينية او قيرية على سطح الأرض من المكامن النفطية تحت السطحية. أما النوع الآخر (Offshore seepages) فهو تسريب داخل البحر (Marine seepages) ويتواجد في مناطق الرف القاري (Continental shelves) بهياة انبعاثات غازية ونضوحات سائلة وبهياة نضوح منتشر (Diffuse seepage) في مناطق وسط المحيط (Rubio, 2002).

ثانيا: تصنيف النضوحات اعتمادا على نمط ظهورها من خلال الطبقات الصخرية

يرتبط هذا التصنيف بعنصر الرؤيا (Visibility) في تمييز النضوحات المنبعثة من الصخور على سطح الأرض، ويستخدم هذا التصنيف بشكل واسع في ربط المواد الهيدروكربونية مع التراكيب الجيولوجية كالطيات والصدوع ويشمل هذا التقسيم على صنفين:

1- النضوح الثقيل (Macroseepage): ويشتمل على جميع المواد البيتيومينية أو القيرية أو الاسفلتية التي تخرج من الفواصل أو الشقوق ضمن الطبقات الصخرية او المشبعة لها، وكذلك الينابيع المرتبطت بكونها بالمكامن النفطية (كينابيع المياه الحاوية على مواد هيدروكربونية) ويكون القاسم المشترك لهذه المواد جميعا أنها واضحة للعيان في الحقل (منظورة) وترتبط بعلاقة فيزيائية خاضعة لقانون جريان دارسي (Darcy flow). وقد أشار (Abrams, 2005) إلى أن النضوحات الثقيلة لايزيد حجم المحتوى الغازي فيها عن (100ppm) جزء لكل مليون في حين يشكل حجم الرواسب الهيدروكربونية الثقيلة إلى نسبة حجمية تصل إلى (1000ppm) جزء لكل مليون. ان عملية التدفق (Effusion process) هي العملية الرئيسية المسؤولة عن تكون النضوحات الثقيلة (Van deer meer etal, 2000). إذ تحدث هذه العملية نتيجة الضغط التفاضلي الكبير المسلط على المكامن النفطية بوجود انطقة الضعف التي تعمل كممرات لجريان المواد الهيدروكربونية، ومع قربها من السطح يحصل تحرر للغازات وخروج المواد الثقيلة إلى السطح.

2- النضوح الخفيف للنفط (Microseepage): يكون هذا النوع من النضوح غير مرئي ولكنه مستتج بصورة غير مباشرة من دراسة صفات المواد الموجودة على سطح الأرض مثل

الصخور والتراب والنباتات وغيرها. إذ إن الصفات الكيميائية لهذه المواد تتغير نتيجة تعرضها للمواد الهيدروكربونية وبهذا يمكن الاستدلال على وجود النضوح من دراسة هذه التغيرات. أشار (Abrams, 2005) إلى أن حجم المحتوى الغازي في النضوحات الخفيفة يصل إلى (10000ppm) جزء لكل مليون في حين يصل حجم الرواسب الهيدروكربونية إلى نسبة حجمية لا تزيد عن (100ppm) جزء لكل مليون. ويشير معظم الباحثين أمثال (Rubio, 2002) إلى أن النضوح النفطي الخفيف يحصل بعملية الانتشار (Diffusion) للغازات التي تكون عادة مذابة في المياه المهاجرة عموديا عبر انطقة الضعف حتى وصولها إلى السطح.

ثالثا: تصنيف النضوحات اعتمادا على فاعليتها

اعتمد هذا التصنيف من قبل (Abrams, 2005)، الذي صنف النضوحات إلى نوعين، الأول: النضوحات الفعالة (Active seepage): وهي تلك التي تكون واقعة ضمن مناطق تمتاز بتدفق كميات كبيرة من المواد الهيدروكربونية المنبعثة إلى السطح (نضوح مستمر). الثاني: النضوحات غير الفعالة (Passive seepage): تتواجد في مناطق تحتوي على كميات قليلة من المواد الهيدروكربونية أو غير المتدفقة.

تم في الدراسة الحالية استخدام تصنيف النضوحات المعتمد على نمط ظهورها من خلال الطبقات الصخرية وذلك لملائمة هذا التصنيف مع طبيعة منطقة الدراسة ومع هدف الدراسة، وتجدر الإشارة إلى اعتماد المصطلح (Macroseepage) للنضوح الثقيل، والمصطلح (Microseepage) للنضوح الخفيف للغازات الهيدروكربونية.

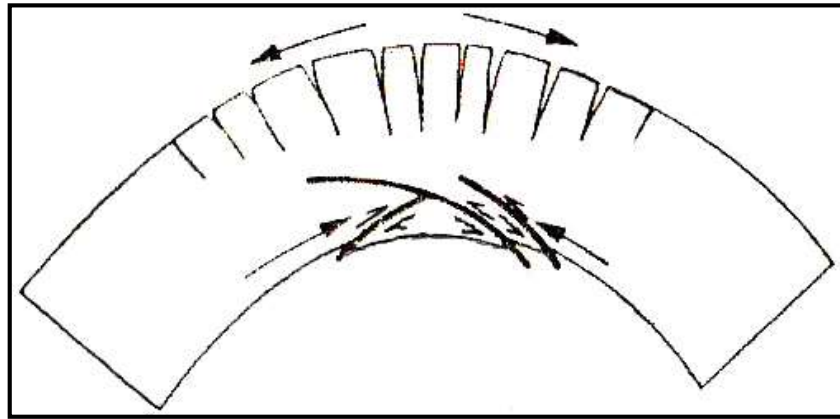
### 11-1 العلاقة بين النضوح النفطي والتراكيب الجيولوجية

تلعب العمليات التكتونية دورا رئيسا في اصطياد النفط من خلال المصائد التركيبية، وتعد مصائد الطيات المحدبة أكثر أنواع المصائد شيوعاً، وتتكون بفعل تقصير قشرة الأرض (Crustal Shortening)، كما تقوم الصدوع بدور آخر مهم ومباشر في تكوين المصائد من خلال إحداث تغيير في ترتيب الطبقات، كاعتراض طبقة غير مسامية وغير منفذة لطبقة أخرى حاملة للنفط. كما قد يكون للصدع دور غير مباشر في اصطياد النفط، وذلك بأن يشترك في هذا مع تراكيب أخرى، مثل الطيات وهذا ما يلاحظ في الطيات العائدة للصدوع. إن العمليات السابقة تتطوي ضمن العوامل التركيبية المؤدية إلى اصطياد النفط، التي تقود كذلك إلى حدوث عمليات تسرب لهذه المواد إلى السطح من خلال انطقة الضعف المتكونة بفعل العمليات نفسها، حيث إن

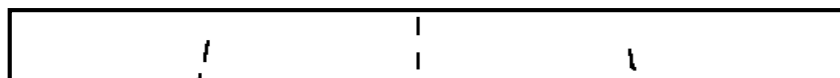
طبقات صخور المكنم النفطي استجابت للاجهادات التكتونية مما ادى إلى ثنيها واحتباس النفط فيها، تعاني كذلك من تشوهات داخلية ثانوية تتمثل بالكسور الناجمة عن العمليات التكتونية.

لقد أوضحت الدراسات التركيبية الخاصة بالطيات ان هنالك علاقة بين الفواصل وميكانيكية تكوّن الطيات، وأن طبيعة توزيع الفواصل تعتمد على الطريقة التي تتكون بها الطيات، وقد اشار (Bles and Feuga, 1986) الى ان في المناطق المفصلية للطيات المحدبة تتكون قوى شديدة في الطبقات العليا وقوى ضغط في الطبقات السفلى، أما في مفاصل الطيات المقعرة فإن قوى الشد تكون في الطبقات السفلى وقوى الضغط في الطبقات العليا، وأن الفواصل الشدية تتكون في الطبقات العليا وأحياناً صدوع اعتيادية، أما الفواصل القصية فتتكون في الطبقات السفلى للطيات المحدبة وتتطور إلى صدوع عكسية او زاحفة، الشكل (1-4). كما اضاف (Bles and Feuga, 1986) إلى أن الفواصل يمكن أن تتكون في أجنحة الطيات المتوازية، إذ أن هناك قوى شد وقص تحدث في أجنحة الطيات المحدبة والمقعرة، الشكل (1-5)، وإن قوى الشد غالباً ما تكوّن فواصل شدية والتي بدورها يمكن أن تتكون أيضاً في الطبقات السميكة نسبياً. اما في الطيات العائدة للصدوع، فان الانفعال (Strain) يتركز في المناطق المفصلية للطيات الصلدة، كما يلاحظ كذلك توزيع لمناطق عالية الانفعال ومناطق واطئة خلال الطية العائدة للصدوع (Sommaruga, 1997).

اعتماداً على ما سبق فان التكرسات تحت السطحية المرافقة للتراكيب الجيولوجية يمكن أن تعمل كممرات لنقل ونضوح المواد النفطية إلى السطح، فضلاً عن أن ربط تكسرات السطح العلوي والسفلي تؤدي إلى زيادة النضوح وهذا يعتمد على سمك الطبقة. كما ان اتصال سطح تماس الغاز او النفط بمستويات الصدوع يقود إلى حدوث نضوحات عبر هذه المستويات.



الشكل (1-4) تكوّن الفواصل الشدية في الطبقات العليا والفواصل القصية في الطبقات السفلى للطيات المحدبة عن<sup>31</sup>(Bles and Feuga,1986)



أشار (Duchscherer, 1982) في (Yang et al., 2000)، (Rubio, 2002)، (Schumacher, 1996;1999) إلى أن النضوحات النفطية تعد كذلك من دلائل الهجرة النفطية (الثانوية)، وهنا يجب التطرق بشئ من الإيجاز إلى أنواع الهجرة النفطية كما ذكر عند (Momper, 1978; Mc Auliffer, 1979; Ungerer et al., 1990, Hindle, 1997) في (Marouf, 1999). تقسم هجرة النفط بصورة رئيسة إلى أولية وثانوية، تتمثل الهجرة الأولية بحركة الهيدروكربونات من صخور المصدر إلى الصخور الحاملة للنفط بفعل عوامل الضغط وتأثير الخاصية الشعرية والتيارات المائية، وتغير حجم المسام واختلاف أنواع الغازات المصاحبة. تكون الهجرة الثانوية للهيدروكربونات خلال طبقات المكمن النفطي (الصخور الخازنة) ذات المسامية والنفاذية العالية وتعد قوة الطفو (Buoyancy) والحركة العمودية من أهم العوامل المؤثرة على حركة النفط داخل المكمن النفطي. إذ أن الماء يعتبر المؤثر الرئيس في أي خزان هايدروكربوني، حيث يعتبر هو الموجه الرئيسي لاتجاه الحركة ومقدارها وهذه القوة ناشئة من فرق الكثافات بين الحالات المختلفة للموائع، ويعتمد نظام الجريان الحركي داخل المكمن بصورة عامة على عدة عوامل أهمها درجات الحرارة والضغط ووجود انطقة الضعف، إذ ان الغاز المذاب في النفط والماء بفعل درجات الحرارة والضغط يلعب دورا مهما في حركة النفط وهجرته داخل المكمن باتجاه اعلى التراكيب الجيولوجية كمنطقة قم الطيات المحدبة لسطح الأرض عبر قنوات من التشققات الصخرية والصدوع والتراكيب الخطية واسطح عدم التوافق والقنوات في الصخور. وأحيانا تصل الكسور والصدوع إلى سطح الأرض وتكون متصلة بشكل مباشر بصخور مكمن

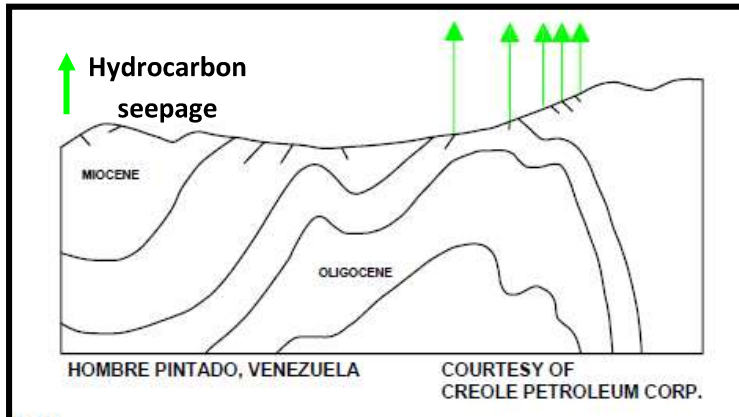
تحت سطحي لذا يلاحظ انتشار دائم للغازات او تدفق مستمر للنفط وما وجود النار الأزلية في منطقة كركوك الا أحسن مثال على ذلك.

يتم النضوح النفطي (كما ذكر انفا) عن طريق انطقه الضعف من صدوع وفواصل ومستويات تطبق وأسطح عدم توافق (Rubio, 2002)، وبغية فهم هذه الميكانيكة تم وضع موديلات تفسر كيفية وصول النضوحات إلى سطح الأرض من خلال المنظور التركيبي للطبقات تحت السطحية، علما ان قسماً من هذه الموديلات تم وضعها من قبل شركات البحث والتنقيب عن النفط، وتعد المعلومات المتوفرة عن هذه الموديلات قليلة جدا لأنها تعد معلومات لا يتم الكشف عنها عادة لارتباطها بالسياسة الاقتصادية للبلدان والشركات العاملة في هذا المجال. من هذا المنظور تم الحصول على عدة موديلات من دراسات سابقة. وتعد الدراسات المقدمة من قبل كل من (Rubio, 2002), (Schumacher, 1996), (Macgregor, 1993), (Link, 1952) من أهم الدراسات الخاصة بالعلاقة ما بين النضوح النفطي والتراكيب الجيولوجية، وسيتم التطرق إلى الموديلات الموضوعية من قبل (Link, 1952) و (Macgregor, 1993) كونها ذات تفاصيل أكثر من الموديلات الأخرى.

قام لنك (Link, 1952) باقتراح بعض الموديلات للنضوح النفطي الثقيل والميكانيكية التي يخرج بها إلى السطح عبر الطبقات الصخرية المتعرضة إلى طي وتصدع، وكما يأتي:

### 1- النضوح النفطي من خلال تعرية أجزاء من الطية

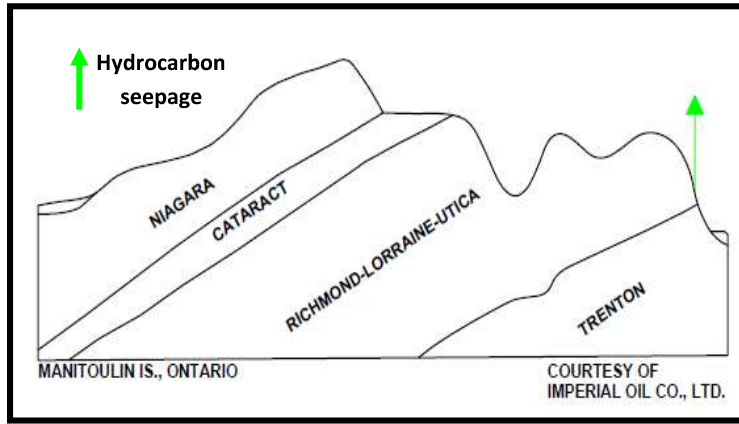
يكون تواجد النضوح في مصائد الطيات المحدبة في مناطق قمم الطيات نتيجة وجود شبكة من الفواصل الشدية المتكونة بعملية الطي. ويزداد هذا التأثير من خلال دور عملية التعرية في قطع جزء من الخزان النفطي اي ازالة جزء من صخور الغطاء (Cap rocks) وهذا ما يهيئ الظروف للنفط من الهروب او النضوح من المصيدة باتجاه الاعلى، الشكل (1-6)، وهذه الظاهرة موجودة في بعض المناطق في فنزويلا .



الشكل (1-6) تكون نضوحات نفطية نتيجة تعرية أجزاء من الطية المحدبة

## 2- النضوح النفطية من خلال الطبقات الصخرية للحواجز الراهسية

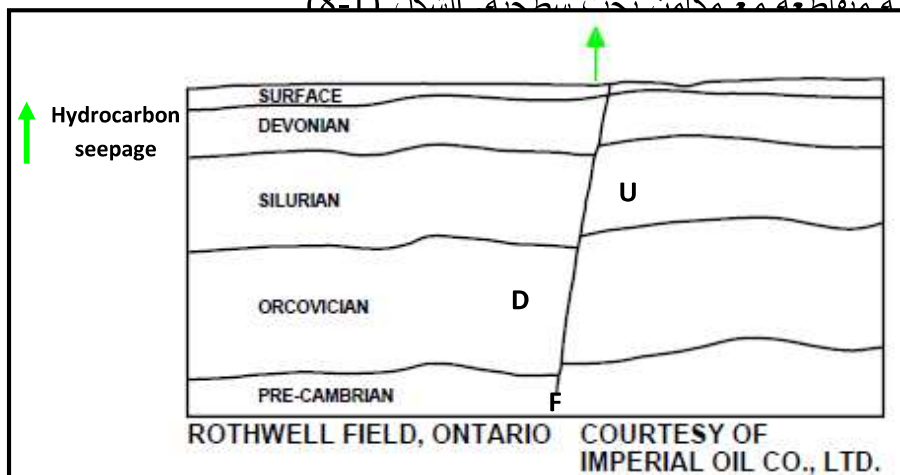
يرتبط هذا النوع من النضوح بالحواجز التركيبية ذات الطبقات الصخرية المائلة مكونة ما يعرف بحواجز الهوموكلاينال (Homoclinal structures). إذ إن حصول ميل في الطبقات الصخرية يكون له دور كبير في إبراز الحواجز وزيادة ارتفاعاتها، وأن وجود طبقات صخرية حاملة للنفط في هذه الحواجز سوف يؤدي إلى نضوح النفط منها، الشكل (7-1).



الشكل (7-1) النضوح النفطية بواسطة الحواجز التركيبية

## 3- النضوح النفطية من خلال الصدوع الاعتيادية

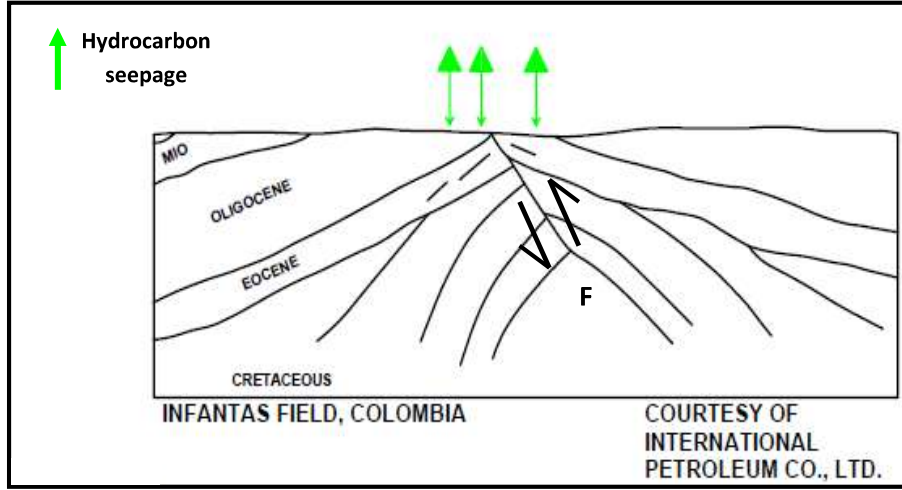
عند وجود طبقات أفقية حاملة للنفط متأثرة بصدع اعتيادي فإن منطقة التقاطع ما بين هذه الطبقات ومستوي الصدع تعد المنطقة الرئيسية في عملية مرور النفط عبر مستوي الصدع باتجاه الأعلى. لقد تمت ملاحظة هذا النوع في الحقول النفطية للجزء الشرقي من ساحل خليج فنزويلا إذ اتصفت هذه الحقول بنضوحات نفطية نتيجة اقترانها مع صدوع اعتيادية متقاطعة مع مكان تحت سطحية الشكل (8-1).



الشكل (8-1) النضوح النفطية من خلال صدع اعتيادي

#### 4- النضوح النفطي من خلال الصدوع الزاحفة

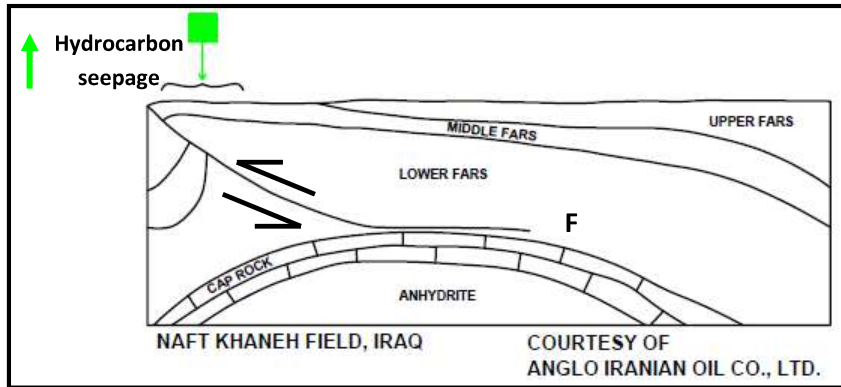
يحصل هذا النوع عند وجود صدع زاحف (Thrust fault) قاطع لطبقات حاملة للنفط مما يؤدي إلى حدوث نضوحات عبر مستوي الصدع، وهذا ما تمت ملاحظته في بعض الحقول في كولومبيا، الشكل (9-1).



الشكل (9-1) النضوح النفطي من خلال صدع زاحف

#### 5- النضوح من خلال الصدوع الزاحفة ذات زوايا ميل قليلة

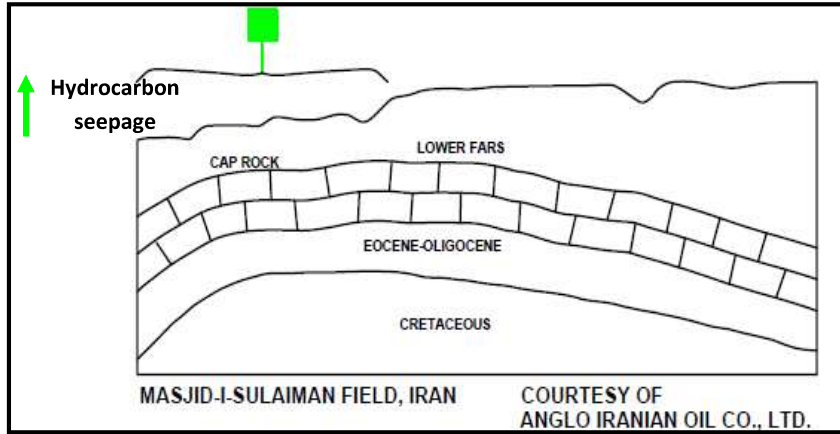
تتميز العلاقة ما بين النضوح والتراكيب الجيولوجية في هذا النوع بأن النضوح النفطي هنا ليس بالضرورة أن يكون واقعا فوق الخزان النفطي وانما يمكن ان يكون التسرب النفطي متمركزا في منطقة بعيدة عن الخزان النفطي الذي يمرر المواد النفطية إلى السطح. وقد أشار (Link, 1952) إلى أن نضوحات حقول النفط خانة العراقية ظهرت على السطح من خلال وجود صدع زاحف بزوايا ميل قليلة أدى إلى نقل كمية من النفط إلى السطح، الشكل (10-1).



الشكل (10-1) النضوح من خلال صدوع زاحفة ذات زوايا ميل قليلة

6- النضوح النفطية في الطيات المحدبة ذات التعرية القليلة

يحصل هذا النوع في بعض الطيات التي تعد كاملة (Complete anticline) (غير متأثرة بالتعرية الشديدة)، ويقتصر تواجد النضوح النفطية في هذا النوع من الطيات على المناطق الواقعة في قمة التركيب فقط (أي منطقة لب الطية). الشكل (11-1). بين (Link, 1952) أن بعض الحقول الخاصة بتكوين اسمري الجيري (Asmari limestone reservoir) في إيران من أحسن الأمثلة على هذا النوع من النضوح.



الشكل (11-1) النضوح النفطية في الطيات المحدبة ذات التعرية القليلة

كما قام ماكروجر (Macgregor, 1993) من شركة النفط البريطانية بوضع موديلات للنضوح النفطية تتمحور في قسمين يشتمل كل منها على عدة أنواع اعتماداً على الترابط التكتوني وقد استعرض عدة مناطق من العالم تم تطبيق الموديل الموضوع من قبله عليها كما في الجدول (1-1) الشكل (12-1)، وقد قسمت مناطق النضوح إلى قسمين:

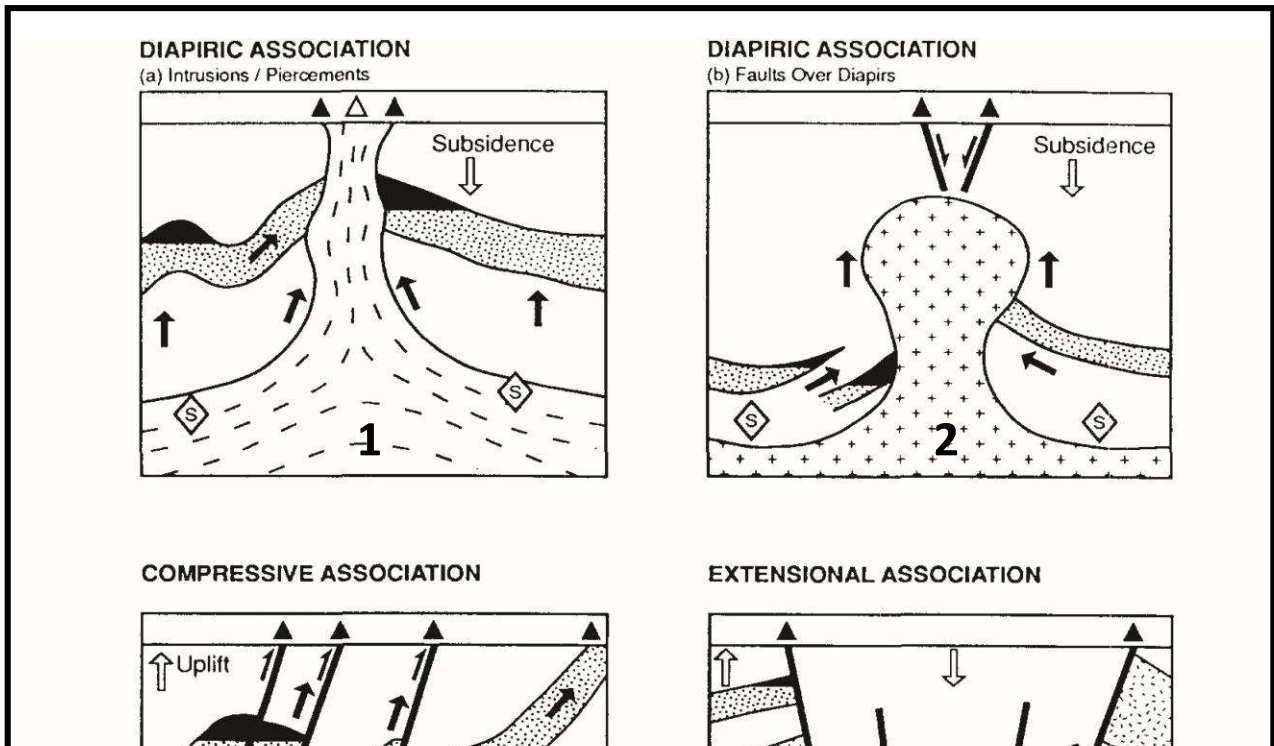
الجدول (1-1) النضوحات النفطية المقترحة لبعض الانطقة التكتونية في العالم

Feature	Tectonic association	Sub-associations	Examples	Proposed origin	Relationships with subsurface accumulations
Flowing seeps	<i>Diapiric association</i> ( <i>mud or salt diapirs</i> )	Mud volcanoes and associated features	Burma, South Caspian	Strongly focused secondary migration (partly overpressure-driven)	Variable, dependent on reservoir geometry with respect to diapir
		Collapse faults over diapirs	Gulf of Mexico		Poor to moderate, may be linked to downdip and laterally offset traps
	<i>Compressive association</i> ( <i>includes transpression</i> )	Reverse fault planes	N/S Sumatra, Zagros	1. Breaching of and leakage from traps 2. Tertiary migration (redistribution of petroleum)	Moderate to good, though little relationship with field size
		Shattered anticlinal crests	Assam, Zagros, Ste. Barbara		Often good, most commercially significant seeps
		Extensional association ( <i>includes transtension</i> )	Normal fault planes		Central Sumatra Gulf of Suez
Uplifted margin association	Outcropping carrier beds, especially along unconformities	Belait syncline (Brunei), ?California onshore	1. Strongly focused secondary migration 2. Tertiary migration	Good only for very shallow basin margin traps; otherwise fields substantially offset from seeps	

القسم الاول: مناطق النضوحات السائلة (Flowing seeps): وهي تلك المناطق التي تتميز بنضوح نفطي جرياني يسيطر عليه بشكل اساسي الوضع التكتوني للمنطقة وزمن الهجرة النفطية وتشتمل على الانواع الآتية :

### 1.النضوحات الناجمة عن قنب الاختراق (Diapiric)

تتكون مصائد الاختراق القبوي نتيجة تحرك كتل من الملح أو الطين إلى أعلى، نتيجة اختلاف كثافتي الملح والطبقة الرسوبية التي تعلوه، فالمالح أقل كثافة وله قابلية للسيولة مع الضغط الحرارة، ومن ثم يندفع إلى أعلى مسببا تقبب الطبقات الرسوبية التي تعلوه، فإذا وجد فيها نفط فإنه يتحرك نحو الجوانب الخارجية للطبقة الملحية، وينحصر بين الطبقات الرسوبية من جهة والقبة الملحية من جهة أخرى (السياب و عبد الحميد، 1979).



أشار ماكروجر (Macgregor, 1993) إلى أن اقتحام أو توغل الكتل الملحية في الرواسب ينتج عنه نضوح نفطي بعاملين، يتمثل الأول إذا كان انسياب الكتل الملحية في حركتها إلى الأعلى مستمرا بحيث تكون ما يعرف بالقباب الملحية الخارقة (Diapir piercement salt dome) ويحصل هذا نتيجة قلة الكثافة لهذه الأجسام مما يسبب زيادة صعودها واختراقها للطبقات الفوقية لتستمر هذه الحركة وصولا إلى السطح الشكل (1.1-12). ان عملية اندفاع الكتل هذه سوف يولد انطقة ضعف في الحد الفاصل ما بين هذه الكتل والطبقات المجاورة، مما يدفع بالطبقات الحاملة للنفط على جانبي الكتل الملحية الى أن تتحرك رأسيا متخذة من هذه الانطقة ممرا لها وبالتالي تكوين نضوحات سطحية. اما العامل الثاني يتمثل

في القباب الملحية غير المخترقة (Diapir non-piercement salt dome) التي لا تستطيع فيها الكتل الملحية الاختراق باتجاه الأعلى نتيجة قوة الصخور الفوقية وصلادتها مما يؤدي إلى توقفها عن الحركة العمودية. ان نواتج الحركة العمودية، يمكن أن ينتج عنه انطوق كسور شعاعية وصدوع نتيجة الاندفاعات العمودية للرواسب الواقعة فوق هذه الكتل وانخفاض المناطق المجاورة مما يؤدي إلى تكوين بيئة شديدة تعمل على تكوين صدوع اعتيادية تساهم في عملية اصطياد النفط من جهة ، ونقل المواد النفطية في الطبقات الحاملة للنفط (المحصورة على جانبي مستوي الصدع) لتظهر بشكل نضوح نفطي إذا وصلت هذه المستويات إلى سطح الأرض من جهة أخرى الشكل (12-1.2).

## 2.النضوحات ذات الصلة بالبيئة التكتونية الانضغاطية (Compressive tectonic)

يتعلق هذا النوع بالمصادد التركيبية التي تنشأ بفعل حوادث تكتونية أو بنائية انضغاطية كمصادد الصدوع المعكوسة الناجمة عن قوى تضاغاطية تقود إلى تقصير قشرة الأرض. وكما اسلفنا سابقا يتم صعود المواد النفطية عن طريق أنطقة الضعف المصاحبة لهذه الصدوع. ويطابق هذا الموديل منطقة زاكروس (التي يكون العراق جزءا منها) نتيجة البيئة التكتونية الانضغاطية الناجمة عن الاصطدام ما بين الطبقة العربي والايرواني الذي أدى إلى تقصير في قشرة الأرض وتكوين العديد من المصادد التركيبية. وعلى سبيل المثال لاالحصر حقول النفط في شمال العراق، الشكل (12-1.3).

## 3.النضوحات ذات الصلة بالبيئة التكتونية التمديدية (Extensional tectonic)

يتعلق هذا النوع بالمصادد التركيبية ذات البيئة التمديدية الناجمة عن القوة التكتونية الشديدة المؤدية إلى تكوين صدوع اعتيادية من نوع هورست (Horst) أو المرتفع، وكرابن (Graben) أو المنخسف، الشكل (12-1.4). إذ تعمل الأزاحة العمودية للصخور باتجاه ميل مستويات هذه الصدوع على اعاقه حركة النفط جانبيا وحجزه. وقد يصل تأثير هذه الصدوع إلى مناطق سطح الأرض لتعمل كممرات لتسرب النفط.

## 4.النضوحات في المناطق المرتبطة بالحافات المرتفعة(Uplifted margin)

يرتبط هذا النوع من النضوح بعمليات الرفع التكتونية ، إذ قد تحصل ارتفاعات تكتونية تحت سطحية لمناطق حاوية على طبقات خازنة للنفط، بحيث تتكشف هذه الطبقات على السطح أو بالقرب منه، مما يسبب نضوحات نفطية، الشكل (12-1.5)

القسم الثاني: مناطق الإشباع النفطي (Impregnations): يقتصر هذا النضوح بكونه مشبعاً أو مائلاً للفراغات أو المسام أو الشقوق الصخرية دون حصول تدفق أو سيحان نفطي. وعند حصول تعرية لقمم بعض الطيات يلاحظ فيها وجود مواد هايدروكاربونية مائة للمسام التي تعكس وجود مخزون نفطي سابق قد تم استنفاده نتيجة عملية التعرية التي قد تكون ازلت صخور الغطاء، الشكل (12-1.6).

## 12-1 الدلائل الجيوكيميائية السطحية للنضوح

تعتمد الطريقة الجيوكيميائية السطحية في البحث عن المكامن النفطية على اكتشاف دلائل النضوحات النفطية الخفيفة السطحية فوق هذه المكامن ، إذ إن هذه النضوحات تتكون وتنتشر حسب خواصها الفيزيائية والكيميائية ، وهي تختلف حسب نوع المكنن الباطني سواء كان نفطياً اوغازياً. اعتماداً على ما تم ذكره سابقاً من ان المواد النفطية تتحرك أو تهاجر راسياً إلى صخور اخرى نتيجة عدة عوامل كتعرض صخور الغطاء إلى تشققات أو وجود الصدوع العاملة كمرات ناقلة للنفط، فان هذا الانتقال يكون مصحوباً بتغيرات كيميائية للصخور المضيفة (Host rocks) نتيجة عملية التحلل (Alteration) بتأثير الغازات والمواد النفطية. تعد عملية الأكسدة والاختزال بفعل البكتريا من أهم العوامل التي تقود إلى حصول تاثير مباشر على الصخور والتراب إذ تكون نواتجها حصول تغييرات معدنية وكيميائية لهذه الرواسب. إن هذه البكتريا تعمل على إحداث تغييرات في قيمة الدالة الحامضية (pH) و (EH) للبيئة المحيطة بها وبالتالي تعمل على احداث تغييرات في حقل الاستقرارية لعدة انواع من المعادن المختلفة الموجودة. ان هذه التغييرات ينجم عنها ترسيب أو إذابة أو اعادة حركة (Remobilization) لأنواع متعددة من المعادن والعناصر وهذا ما يؤدي في نهاية الامر إلى اختلاف كلي للعمود الطباقى للصخور الواقع فوق المكنن النفطي عن ما يحيط به من صخور مكافئة له. ان مناطق التحلل فوق المكامن النفطية قد تم تاثير وجودها في عدة مناطق من العالم وفيما يأتي بعض الأمثلة التي أشار إليها (Schumacher,1996):

1. يعد هاريز (Harris, 1908) اول من سجل تقريراً عن وجود معدن الباييرايث وكبريتات اخرى فوق حقول نفطية في ولاية لويزيانا الامريكية.
2. لاحظ ريفيز (Reeves, 1922) وجود تغاير لوني لبعض الطبقات الصخرية وزيادة في ترسيب مواد كاربوناتية وتواجدها عند قمم بعض التراكيب في حقول جنوب غرب اوكلاهوما، إذ عزى ذلك إلى وجود نضوح نفطي مسببا هذه التغيرات عند تلك القمم.

3. تطرق كل من مك ديرموت (McDermott, 1940) وروزاير (Rosaire, 1940) إلى ان وجود التمدن الثانوي (Secondary mineralization) مثل الترب الكربوناتيية (Soil carbonate) وترسبات الكاليجي (Caliche) و السلكتة (Silicification) في المناطق المجاورة لبعض حقول نفط تكساس نتيجة نضوح النفط.

4. أشار ثومسن (Thompson, 1994) إلى ان الكبريت والبايريت (في منطقة الحزام الممتد من العراق إلى الخليج العربي)، يرتبطان مع التجمعات النفطية وقد اشار الباحث نفسه إلى أن بعضا من صخور الجبس والانهايديرايت قد تحولا إلى صخور الحجر الجيري في الحزام نفسه بفعل تأثير انبعاث الغازات الهايدروكربونية كما لاحظ ايضا ان تكون معادن مثل الجاروسايت كان نتيجة للنضوحات النفطية.

اعتمادا على ما سبق يمكن عمل تلخيص جيوكيميائي في ضوء الامثلة السابقة وكما يلي (اليوزبكي، مناقشة شخصية):

أولا: ان تفسير وجود الكبريتات والكبريتيدات (مثل الباييريت) فوق الحقول النفطية يعزى الى ان بعض من الكبريتات تختزل الى الكبريتيد بفعل النشاط الاحيائي للبكتريا التي تقوم باستخلاص الاوكسجين لفعاليتها الحيوية او نتيجة تاكسد المادة العضوية التي تتحول الى مركبات عضوية اخرى. يشكل غاز كبريتيد الهيدروجين ناتج مرحلة من عمليات او مراحل الاختزال الذي ينعكس تأثيره بوجود المحاليل من خلال تحلله بالمياه وتكوين حامض الكبريتوز الذي يتأين بدوره في المياه ليظهر تأثيره الحامضي في عمليات الغسل على مكونات التربة فتتحول المعادن الطينية نتيجة ذلك الى معادن الجاروسايت والالونايت والتي تظهر دلائلها السطحية بشكل هالات ملونة.

ثانيا: يمكن ان ينتج ترسب للكربونات بشكل موضعي في المناطق التي تعلقو المكامن النفطية نتيجة اكسدة المادة العضوية التي تنتج غاز ثنائي اوكسيد الكربون الذي يتحلل بالماء ليترسب بعدها بشكل كربونات الكالسيوم الثانوية.

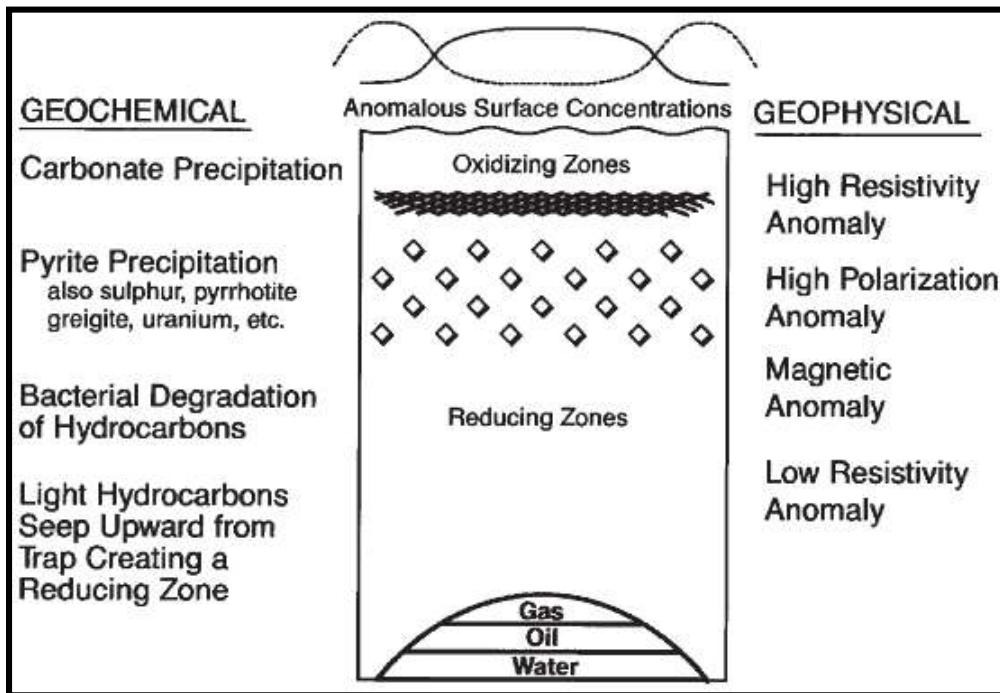
ثالثا: ان تحلل غاز كبريتيد الهايدروجين بالماء يكون حامض الكبريتوز الذي يمكن ان يتحلل كذلك بالماء مطلقا ايون الهايدروجين مما يسبب في انخفاض الدالة الحامضية وزيادة فعاليات الغسل والاذابة على مكونات الترب والصخور ومنها المعادن الطينية وبالتالي تحولها الى اطوار اخرى. ان استمرار هذا النشاط الحامضي سيؤدي الى غسل جميع العناصر تقريبا مخلقا رواسب غنية بالسليكا.

رابعا: ان فعاليات الغسل بفعل التاثير الحامضي لكبريتيد الهيدروجين او ثنائي اوكسيد الكربون في ظروف مؤكسدة ينتج بالاضافة الى ما ذكر سابقا أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد ( $Fe^{+2}$ ) التي تعكس اللون الاحمر والاصفر على التوالي.

تم وضع عدة موديلات جيوكيميائية للنضوح الخفيف من قبل العديد من الباحثين امثال (Duchscherer, 1982) في (Yang et al., 2000) و (Schumacher, 1996) شرحا فيه تاثير هذا النضوح على الطبقات الصخرية في أثناء صعوده من المكنم النفطي إلى سطح الأرض، الأشكال (13-1) و (14-1). يلاحظ من خلال هذه الأشكال ان النضوح النفطي يقود إلى نتائج تحلل اهمها:

1. تغيرات في المعدنية (Mineral changes) مثل تكوين معدني البايرايت (Pyrite) واليورينايت (Uraninite) والعناصر الكبريتية وكبريتات حديد واكاسيد حديد مغناطيسية وطبقات حمر مغسولة (Bleaching of red beds) وتحلل للمعادن الطينية.

2. تغيرات كيميائية كهربائية (Electrochemical changes): تحصل هذه التغيرات نتيجة تكون معادن جديدة (كما تم ذكره في الفقرة الاولى)، إذ أن تكون بعض المعادن في منطقة ما دون الأخرى يؤدي إلى حدوث تباير في الكيمياء الكهربية المقاسة، فعلى سبيل المثال، ينتج عن تكوين معدن البايرايت والماركسايت تباير في الاستقطاب الكهربائي (Polarization anomalies)، كما أن المواد الكربوناطية المتحللة نتيجة النضوحات الخفيفة تعطي تغيرات عالية في المقاومة الكهربائية (High resistivity anomalies) (Schumacher, 1996).



الشكل (13-1) موديل عام للنضوح النفطي يبين التغيرات الجيوكيميائية والجيوفيزيائية

3. الشواذ الإشعاعية (Radiation anomalies): بين شوماخر (Schumacher, 1996)، ان عمليات المسح الجوية والأرضية، أوضحت أن نسبة اشعاع (Gamma) تقل في المناطق التي تمتاز بوجود مكامن تحت سطحية، إذ إن نسبة عنصر البوتاسيوم - 40 (Potassium-40) في الاطيان تكون المسبب الرئيس لهذا الاشعاع. وقد عزى (المصدر نفسه) إلى أن قلة هذا العنصر نتيجة النضوح النفطي الخفيف يكمن في تحلل البوتاسيوم والفلدسبار إلى كاؤولين.

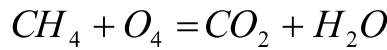
4. الشواذ الجيوكيميائية الحياتية والشواذ النباتية (Biogeochemical and geobotanical anomalies): إن تأثير النضوح النفطي الخفيف لا يقتصر على الرواسب والطبقات الصخرية فقط بل يمتد ليشمل عناصر أخرى على سطح الأرض ومنها النباتات التي

تستخدم اليوم في المسوحات والاستكشافات الأولية للنفط وذلك بتحليل عناصر الخلية النباتية مختبرياً أو من خلال تحليل خصائص الانعكاسية الطيفية للنبات باستخدام معطيات التحسس النائي. ان تأثر النبات بالنضوح النفطي يحدث نتيجة التغيرات في الدالة الحامضية (pH) و الدالة القاعدية (EH) للتربة التي تنمو عليها هذه النباتات (Schumacher, 1996).

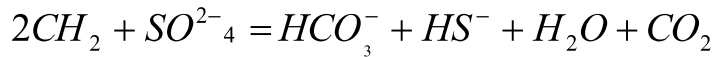
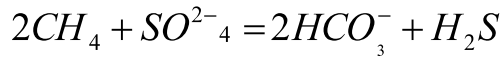
اعتماداً على ما سبق تم تلخيص مبسط لاهم التفاعلات والعمليات التي قدمها كل من (Duchscherer, 1982) في (Yang et al., 2000) وشوماخر (Schumacher, 1996; 1999) وكما يأتي:

أولاً: العملية تكمن في حصول انبعاث للغازات الهيدروكربونية من الممكن النفطي إلى سطح الأرض، وتعد غازات الميثان (Methan) و (Pentane) من اهم الغازات الخفيفة الصاعدة.

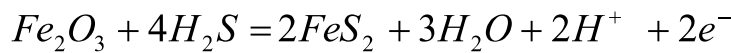
ثانياً: عندما تصل هذه المواد الهيدروكربونية الخفيفة إلى منطقة قريبة من السطح تتوفر فيها ظروف مؤكسدة فان البكتريا الهوائية المؤكسدة للهيدروكربونات تقوم باستهلاك الميثان (او أية غازات خفيفة أخرى) وتقلل الأوكسجين في مياه المسامات (Pore waters) وكما في المعادلة الآتية:



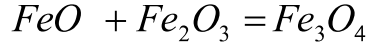
ثالثاً: مع الزيادة في الظروف الهوائية، فإن فعالية البكتريا المختزلة للكبريتات (Sulfate-reducing bacteria) تقود إلى اكسدة واختزال ايون الكبريت للكربونات العضوية لتنتج أنواعاً من الكبريت المختزل وايون البيكاربونات (Bicarbonate ion) وفق المعادلة الآتية:



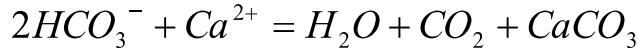
رابعاً: انواع الكبريت المختزلة وذات الفعالية العالية تشترك مع الايون الموجود لتكوين الكبريتات والاكاسيد كما في المعادلة التالية:



(ايونات الكبريت يمكن ان تكون بشكل البايريت والماركسايت والماغنتايت والبروتايت)



خامسا: كنتيجة لاختزال الكبريت من قبل البكتريا، يقل تركيز ايون الكبريت فضلاً عن أن البيكاربونات تضاف إلى مياه المسامات ويحصل ارتفاع في قيمة الدالة الحامضية pH مما يقود في النهاية إلى ترسيب مواد كاربوناتية مألثة للمسامات



إن هذا الموديل من التحلل كما أشار شوماخر (Schumacher, 1996) لا يعني انه يمثل جميع التفاعلات الكيميائية والعمليات الحياتية في البيئات القريبة من السطح والناجمة عن النضوح النفطي الخفيف، بل ان هذا الموديل يمكن أن يعد إطارا عاما بمدى واسع في تمثيل التفاعلات، أي انه في بيئات اخرى يمكن أن تحدث تفاعلات اخرى غير متوفرة في الموديل الحالي.

## **الفصل الثاني**

**طرق المعالجة  
الرقمية أساسياتها  
وإستخدامها في  
تحديد دلائل النضوح  
النفطي الخفيف**

## 1-2 تمهيد

تعد المعالجة الرقمية لمعطيات التحسس النائي التقنية الحديثة المستخدمة بصورة واسعة في شتى المجالات كالمسوحات الطبوغرافية، الدراسات البيئية، الهندسية وكذلك في الدراسات الجيولوجية المتعلقة باستكشاف موارد الأرض المعدنية والنفطية وتحديد التراكيب الجيولوجية من طيات وصدوع وغيرها (Mather, 1987). وتأتي أهمية هذه التقنية في استخلاص معلومات طيفية في منطقة الجزء المرئي من الطيف فضلا عن معلومات أخرى تقع في مدى طيفية لا يمكن للعين البشرية التحسس بها كجمال الأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة والحرارية.

أن التطور الحاصل في البرمجيات قاد إلى التنوع والدقة العالية في الحصول على المعلومات. في الوقت الحالي، أصبحت شركات النفط العالمية تعتمد بشكل رئيس، على استقراء المعلومات المستقاة من تقنيات المعالجة الرقمية لتحديد مواقع التنقيب عن النفط والغاز مما يسهل توجيه الطرق الاستكشافية الأخرى لأعمال التنقيب التفصيلي، والوصول إلى النتائج بفترات قياسية بعد أن كانت الطرق القديمة تعتمد على المسح الجيولوجي التقليدي الذي يستنفذ كثيرا من الوقت والتكاليف. إن أهم أهداف المعالجة الرقمية للمرئيات في عمليات الاستكشاف الواعدة هو في استخلاص دلائل النضوحات الخفيفة غير المنظورة، ويتم ذلك من خلال متابعة أنماط الانعكاسية الطيفية (للمرئيات الفضائية المعالجة رقميا) التي تظهر شذوذا أو تباينا لونها يعكس وجود أنطقة التحلل الجيوكيميائية المترافقة مع هذا النوع من النضوح . فضلا عن طرق المعالجة التي تعمل على تحديد واستخلاص أنطقة الضعف من صدوع وفواصل وربطها مع الشذوذ الجيوكيميائي المستنتج.

## 2-2 المعالجات الأولية للمرئيات (Images Pre-processing)

إن المرئيات الخام (Raw images) لا تمثل الانعكاسية الحقيقية للأهداف الأرضية لأنها (أي المرئيات) تتعرض لبعض التشويه أثناء عملية المسح و التحويل إلى بيانات رقمية، لذا يتطلب الأمر إجراء مرحلة أولية تصحيحية يطلق عليها المعالجة الأولية أو الترميم (Lillesand and Kiefer, 1994) (Data restoration). يتم في هذه المرحلة تصحيح للأخطاء الهندسية و الأخطاء الإشعاعية و الضوضاء في المرئيات، ويطلق عليها المعالجات الأولية كونها تسبق عمليات المعالجة اللاحقة للمرئيات التي تتضمن التعامل مع المعلومات المكانية أو تحليل الانعكاسية الطيفية. وقبل توضيح أساسيات المعالجة الأولية المطبقة في الدراسة الحالية لابد من تعريف بنية المرئيات الفضائية (Structure of satellite images). تتكون المرئية الفضائية من عدد من المربعات الصغيرة المترافقة إلى جانب بعضها البعض مشكلة مصفوفة مكونة من

أعمدة وصفوف وكل مربع من هذه المربعات يمثل ما يعرف بالوحدة الصورية أو العنصورة (Pixel). إن هذه الوحدات الصغيرة المرصوصة بهذا النمط تمثل مكانياً مساحات أرضية صغيرة لأهداف على سطح الأرض ، يطلق عليها خلايا أو عناصر أو وحدات أرضية (Ground pixels) ، وبالتالي فإن المرئية الفضائية تتكون من عدد من الأعمدة بدءاً من أعلى الصورة إلى أسفلها و بناءً على هذا الترتيب تكون نقطة الأصل لنظام الإحداثيات في المرئية هي الوحدة الصورية التي تقع في أقصى يسار المرئية و في الصف الأعلى و تكون إحداثياتها (1,1). إن كل وحدة صورية واحدة من المرئية تحتوي على إحداثيات طول وعرض تتمثل بالبعدين الأول والثاني (X,Y)، أما البعد الثالث (Z) فيكون بصيغة عدد رقمي (Digital Number- DN). يمثل العدد الرقمي في المرئية شدة الأشعة المنعكسة من الهدف الأرضي، وعادة ما تبدأ هذه الأعداد الرقمية بالرقم (0) الذي يمثل عدم وصول أشعة إلى المتحسس أو جهاز الاستشعار و بالتالي يعطي لوناً أسود في المرئية. تتدرج الأعداد بعد ذلك بزيادة الأشعة الواصلة للمتحسس، فكلما زادت شدة الأشعة المنعكسة كلما زاد العدد الرقمي و أصبحت الوحدة الصورية أكثر لمعان (ناصعة) حتى يتم الوصول إلى القيمة العليا المتمثلة بالعدد الرقمي (255) الذي يمثل وحدة صورية بيضاء، وهذا المدى يطلق عليه بالترج الرمادي (Grey level).

تعد طرق التصحيح الهندسي والطيفي (Geometrical and spectral corrections) من المعالجات الأولية التي لا بد من تطبيقها على المرئيات قبل الشروع في تحليلها واستخلاص المعلومات منها. إن تطبيق التصحيح الطيفي يكمن في أن القيم الرقمية للوحدات الصورية لا تمثل تماماً الطاقة التي عكسها الهدف الأرضي المقابل، كما أن التصحيح الهندسي يطبق لأن الموقع المكاني للهدف الأرضي في المرئية لا ينطبق بصورة دقيقة مع موقعه الحقيقي على الأرض، وفيما يأتي توضيح لعمليات المعالجة الأولية :

#### أولاً: التصحيح الهندسي

تحتوي المرئيات الخام عادة على تشوهات هندسية كبيرة بحيث لا يمكن عمل قياسات مساحية دقيقة عليها. تنتج هذه التشوهات من عدة عوامل أهمها، دوران الأرض في أثناء عملية المسح (Earth rotation) وتشوهات ناتجة من جهاز المتحسس (Mather, 1987) . إن الغاية من عملية التصحيح الهندسي هي تصحيح موقع وحدة الصورة الرقمية و بالتالي وضع الهدف الأرضي في موقعه الهندسي الصحيح في المرئية. تعد هذه العملية من الخطوات الرئيسية التي تم تطبيقها على المرئيات المستخدمة في الدراسة الحالية لأن تحديد المناطق ذات الدلالات النفطية تطلب فيها عمل فحص أو اختبار حقيقي وعليه فإن الإحداثيات المأخوذة في أثناء العمل الحقلية استوجب إسقاطها على المرئيات المعالجة وبأقل قيمة من الأخطاء. تم استخدام برنامج (ERDAS V9.1) لغرض إجراء عملية التطابق من خلال اتباع طريقة التطابق الهندسي اليدوية (مرئية - خارطة)

(Registration Image to map) وهي عملية المطابقة الهندسية لمرئية فضائية مع الخارطة الطبوغرافية وذلك لإزالة التشوهات الهندسية الموجودة في المرئية على افتراض أن المرئية هي المرجع (Jezching, 1989). تعتمد المطابقة الهندسية اليدوية على اختيار نقاط تحكم (Control Points) متناظرة في المرئية والخارطة من قبل المستخدم (المفسر). إن من مزايا المطابقة الهندسية اليدوية أنها تحقق دقة عالية بشكل عام عندما تحوي المرئية معالم بارزة خصوصا إذا كان المفسر ذا خبرة في التعامل مع معطيات التحسس النائي. تم تحديد نقاط التحكم المتناظرة في الخارطة الطبوغرافية ومرئية (ETM)، إذ تم اختيار نقاط تحكم الاحداثيات التي تمثل الخصائص الدائمة أي الخصائص التي لا تتغير بتغير الوقت وبتغير الحزمة الطيفية التي التقطت بها المرئية على سبيل المثال (التقاء الاودية، تقاطعات الطرق)، وبعد أن تم تحديد هذه الإحداثيات تم إسقاطها على المرئيات الفضائية المستخدمة في عمليات المعالجة. ولغرض تقييم إحداثيات المرئيات المصححة هندسيا في أثناء العمل الحقلية أخذت عدة نقاط معلومة (سهلة الكشف) وتم إسقاطها على المرئيات المصححة والتي أظهرت دقة أعلى مقارنة بالمرئيات غير المصححة.

#### ثانيا: التصحيح الطيفي

إن الإشعاعات التي تسجلها المتحسسات (Detectors) الخاصة بالمتحسسات المحمولة على متن الأقمار الاصطناعية مهما كان مصدرها، يجب أن تجتاز مسافة في الغلاف الجوي الذي تلعب مكوناته دورا مهما في التأثير على شدة وتركيب هذه الإشعاعات من خلال ظاهرتي التشتت والامتصاص اللتين تعملان على ظهور بعض الأخطاء التي تقلل من القدرة على قياس الأشعة الحقيقية المنعكسة من المعالم الأرضية. واعتمادا على ذلك، فقد أشار (Crippen, 1987) إلى أن الإشعة المسجلة بواسطة نظام المسح في المجالين المرئي وتحت الحمراء لأي وحدة صورية من وحدات المرئية الفضائية تتبع في خصائصها الفيزيائية المعادلة الآتية:

$$L = \frac{S.T.\rho.H.Cos\alpha}{\pi} + \frac{S.T.\rho.Hs}{\pi} + S.A + S.O \quad \dots(1)$$

إذ إن :

(L) تساوي الأشعة المسجلة ( $\rho$ ) تمثل انعكاسية السطح والنسبة ( $\rho/\pi$ ) تشكل وحدات الإشعاع ذات الانعكاس الكاذب و( $Cos\alpha$ ) تمثل اتجاهية السطح، إذ تعتبر ( $\alpha$ ) الزاوية المحصورة بين متجه الشمس والخط العمودي على السطح، أما (A) فتحسب على أنها مسار الإشعاع الجوي بطول موجي معين فضلا عن اشتراكها مع إشعاع السطح الخارج عن نطاق حقل الرؤيا اللحظية (Instantaneous field of view-IFOV) للمتحسس، وتمثل (O) إزاحة المتحسس و(S) عامل الزيادة فيه و(Hs) الأشعة الناتجة من التشتت و(H) الأشعة المباشرة

القادمة من الشمس باتجاه السطح وتمثل (T) الناقلية الجوية. يتبين من المعادلة السابقة أن جميع عناصر المعادلة باستثناء  $(\cos \alpha)$  تكون ثابتة للمجالات الطيفية كلها، ولتسهيل عملية التصحيح الطيفي يتم نمذجة المعادلة السابقة لتصبح بالشكل الآتي:

$$L = Kp + \text{Constant} \quad \dots(2)$$

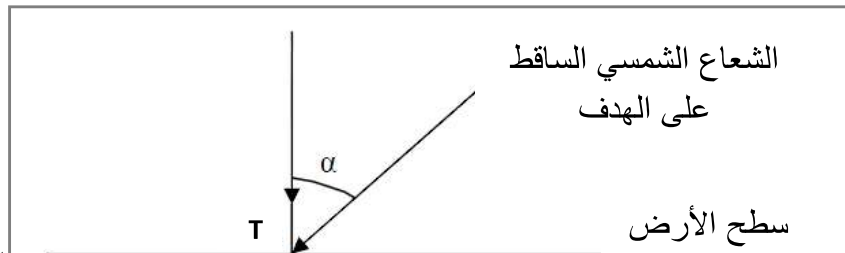
إذ ان :

$$K = \frac{T.H.Cos\alpha}{2\pi} \quad \dots(3)$$

حيث يعزى الثابت إلى كمية الاشعاع المضاف نتيجة التشتت والذي يجب طرحه من المرئية قبل اجراء عمليات المعالجة اللاحقة، (Tahir, 1991). إن تأثير هذا التشتت يكون ذا تأثير كبير في الأطوال الموجية المرئية (0.4-0.7 $\mu\text{m}$ ) ويقل بشكل كبير في الأطوال الموجية تحت الحمراء القريبة والمتوسطة والبعيدة. إن المرئيات الفضائية التي يتم التقاطها في أوقات مختلفة للهدف نفسه يحدث فيها تغير للخصائص الطيفية حتى إذا لم يطرأ أي تغير في الهدف نفسه وذلك بسبب تغير زاوية سقوط الشمس على الهدف على طول السنة. وعليه فإن دراسة الخصائص الطيفية في منطقة ما بواسطة هذه التقنية يستوجب إزالة تأثير التغير الذي يحدث بفعل تغير زاوية سقوط أشعة الشمس. إن إحدى الطرق المستخدمة لذلك هي اعتماد الزاوية (90°) لتكون زاوية سقوط شعاع الشمس لكل الصورة الرقمية بغض النظر عن فصل السنة الذي التقطت فيه يكون هو العدد (DNn) إلى عدد رقمي جديد (DNo) الصورة و بالتالي يتم تحويل العدد الرقمي لكل وحدة صورية في حالة ما كانت زاوية سقوط الشمس 90 درجة ، ويتم الحصول عليه من المعادلة:

$$DNn = DNo / \cos \alpha \quad \dots(4)$$

حيث ان  $\alpha$  هي زاوية سقوط الشعاع الشمسي مقاسة من الخط الرأسي الذي يمر بالهدف المصور، الشكل (1-2)



اعتماداً على زاوية سقوط الشعاع الشمسي على الهدف الأرضي. إن هذا البرنامج بالتعامل مع الخصائص الطيفية حسب نوعية المنحس من خلال موديل تصحيح الغلاف الجوي (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes-Flaash atmospheric correction model). تتم المعالجة في هذا الموديل بالاعتماد على القيم او المتغيرات التي تحسب رقميا في أثناء الحصول الانبي على المرئيات. إذ

يلاحظ احتواء كل مرئية للقمر لاندسات على ثمانية حزم طيفية مصحوبة بملفين من نوع (Mit file) الذي يحتوي بدوره على قيم معايرة خاصة بالتصحيح الطيفي والتي تشمل على معلومات عديدة منها زاوية سقوط أشعة الشمس و عرض الحزم الطيفية وزمن التقاط المرئية وخطوط الطول والعرض لمركز المرئية، وامتغيرات أخرى يتم ادخالها عن طريق برنامج (ENVI) الذي يقوم بتصحيح ومعايرة المرئية من خلال إجراءات معقدة لتصبح بعدها البصمة الطيفية لأي مظهر ارضي مطابقة لما هو موجود على الأرض، ولغرض التأكد من دقة عملية المعالجة هذه تم البحث عن نمط لنبات سليم وقياس انعكاسيته من المرئية ومقارنتها مع انعكاسية النبات السليم المعروفة والمتداولة في الكتب الخاصة بمجالات التحسس النائي، وقد أظهرت هذه العملية تطابقا كبيرا.

### 2-3 تحويل المرئية (Image transformation)

إن مصطلح تحويل المرئية يقصد به تغيير قيم البيانات الرقمية الأصلية لوحدات الصور بقيم جديدة تساعد في عمليات تفسير المرئية. ويمكن تقسيم أهم عمليات التحويل إلى مجموعتين تعرف بطرق التحويل النظرية (Theoretical transformation methods) ويتم فيها التحويل بإجراء عمليات حسابية كعملية النسبة أو القسمة (المستخدمة في الدراسة الحالية). أما الطريقة الثانية تعرف بطرق التحويل التجريبية (Empirical transformation methods) مثل تحويل المركبات الاساسية (المستخدمة كذلك في الدراسة الحالية) وتحويل الألوان وغيرها. وفيما يأتي توضيح لعمليتي القسمة (او التي يطلق عليها عادة النسبة او التناصب الطيفي) وعملية تحويل المركبات الاساسية.

أولاً: تحليل المرئيات التناصبية (Ratio images): ان عملية التناصب الطيفي تتم بتقسيم الخلايا الخاصة بمرئية فضائية لحزمة طيفية معينة (البسط) على الخلايا الخاصة بمرئية فضائية لحزمة طيفية أخرى (المقام) على أساس التناظر الموجود بين الخلايا (Mather, 1987). تتم هذه العملية بإدخال مرئيتين لمجالين مختلفين للمتحمس نفسه الموجود في القمر الاصطناعي أو من الممكن لعدة متحمسات خصوصا إذا كانت المرئيات متطابقة فيما بينها من ناحية قوة التمييز المكانية (Spatial resolution).

و تعد هذه العملية من أكثر عمليات التحويل الحسابي المستخدمة في معالجة المرئيات الفضائية، و يعزى ذلك لسببين هما:

1. يمكن من خلال هذه المعالجة، الاستفادة من جميع مناطق الأطوال الموجية لاستخلاص المعلومات التي تتعلق بمعدنية الصخور من خلال دراسة منحنى الانعكاسية الطيفية لكل معدن.

2. تتميز طريقة المعالجة بالنسبة الطيفية بكونها غير حساسة للتغيرات في زاوية سقوط أشعة الشمس وبهذا يمكن مقارنة المعلومات المأخوذة في أوقات مختلفة (مرئيات مأخوذة بعدة سنوات متعاقبة).

3. يمكن التحسس بالتغيرات الطيفية الدقيقة الحاصلة في الصخور نتيجة عوامل جيولوجية معينة فعلى سبيل المثال تفيد مرئيات النسبة الطيفية في تمييز وإبراز وتحسين التغيرات او الشواذ الطيفية ضمن كتل الصخور ويعزى هذا التمييز إلى أن هذه المرئيات تصور بوضوح التغيرات في منحنيات الانعكاسية الطيفية ضمن حزمتين طيفيتين. لذا فإن اختيار اي نسبة طيفية يعتمد على خصائص الانعكاسية الطيفية للهدف أو الجسم المدروس والتي يتم الحصول عليها من النشريات أو البحوث العلمية. وبهذا يمكن ربط مرئيات النسبة الطيفية المستخلصة بوسائل المعالجة الرقمية مع تلك المقاسة مختبريا.

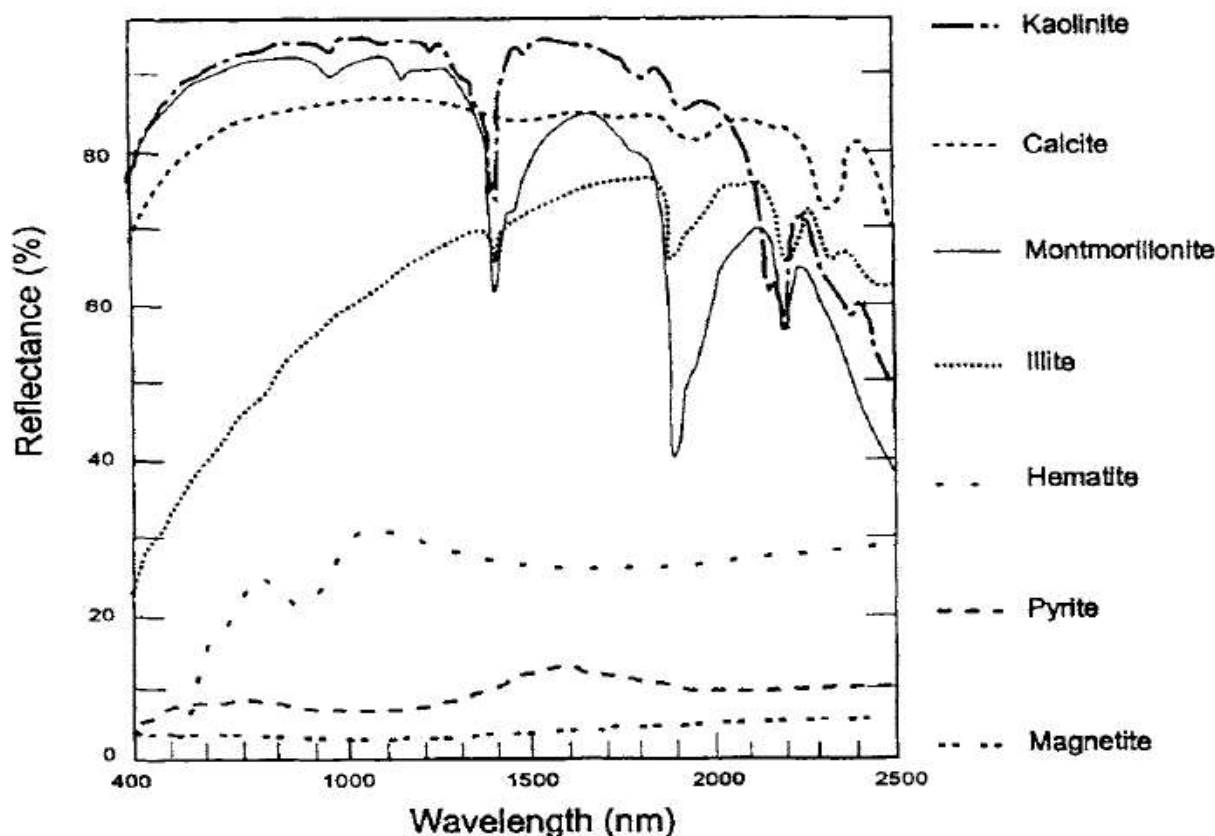
إن العديد من الغازات والمواد الهيدروكربونية المنبعثة إلى السطح عن طريق أنشطة الضعف في الصخور تعمل على إحداث تأثير على الصخور المارة بها من خلال التفاعلات الكيميائية وبالتالي يحصل تحلل للصخور، اي تغيير في معدنياتها يمكن ان يمتد لمسافات بعيدة عن موقع المكنم النفطي (Schumacher, 1996). ان لهذه التحولات مجاميع متميزة من المعادن الثانوية والتي تعد ادلة استكشافية جيوكيميائية مهمة، فضلا عن أن عمليات الرفع التكتوني والتعرية تعمل على إبراز مناطق تحت سطحية ذات طبيعة معدنية متغايرة. ان هذه العمليات تعمل على حصول تباينات لونية متميزة في الصخور المتأثرة مما يؤدي إلى إمكانية تحديدها من خلال المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية المصححة طيفيا من عاملين اسايين. يتمثل الأول في أن الصخور المتحللة او المتأثرة كيميائيا، تتميز بأن منحنى الانعكاسية الطيفية لها يكون ذا تغيرات واضحة، على عكس منحنى الصخور غير المتأثرة الذي يظهر تغيرات بسيطة. أما العامل الثاني فيشير إلى ان الصخور المتحللة تكون لها انعكاسية أعلى من الصخور نفسها غير المتأثرة بعمليات التحلل.

اعتمادا على ما سبق، يلاحظ في اغلب البحوث التي تعتمد على الاستكشاف الجيوكيميائي لتحديد المناطق التي تتمتع بدلائل نضوحات نفطية انها تتجه في استخدام المعالجة الرقمية بطريقة النسبة الطيفية لتمييز مناطق التحلل في الصخور، وفيما يأتي إشارة الى بعض من هذه المصادر:

(Lammoglia et al., 2008), ( Yang et al., 2000), ( Zhang et al., 2010), (Almida-Filho, 2002) ( Sabins, 1998), ( Almida -Filho et al, 1999) ( Pena and Abdelsalam, 2006) ( Shi, 2010), and ( Zhang et al., 2009).  
تعد مجاميع الصخور الحاوية على أكاسيد الحديد (كالجاروسايت والبايرايت

والليمونايت...الخ) والمعادن الطينية (الايلايت والكاولينايت..الخ) وكذلك الصخور الكربوناتية والكبريتاتية المتحللة أدلة استكشافية أولية لتواجد النضوحات النفطية الخفيفة، الشكل (2-2). ونظرا لأن هذه المجاميع تمتاز بتباينات كبيرة في منحنيات الانعكاسية الطيفية الخاصة بها فقد أدى هذا إلى إمكانية فصلها من خلال تقنيات المعالجة الرقمية فضلا عن إن هذه المجاميع (وكما لوحظ حقليا) تمتاز بتباينات لونية عن ما يحيط بها.

ان المجاميع الصخرية السابقة تم استنتاجها باستخدام وسائل المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية لغرض تحديد أنطقة النضوح النفطي الخفيف (Khan and Wuyi et al., 2001), (Zhang, 2009), (Shi, 2010), (Jacobson, 2008), (Lammoglia et al., 2008), (Zhang et al., 2010). (Hisam et al., 2011)



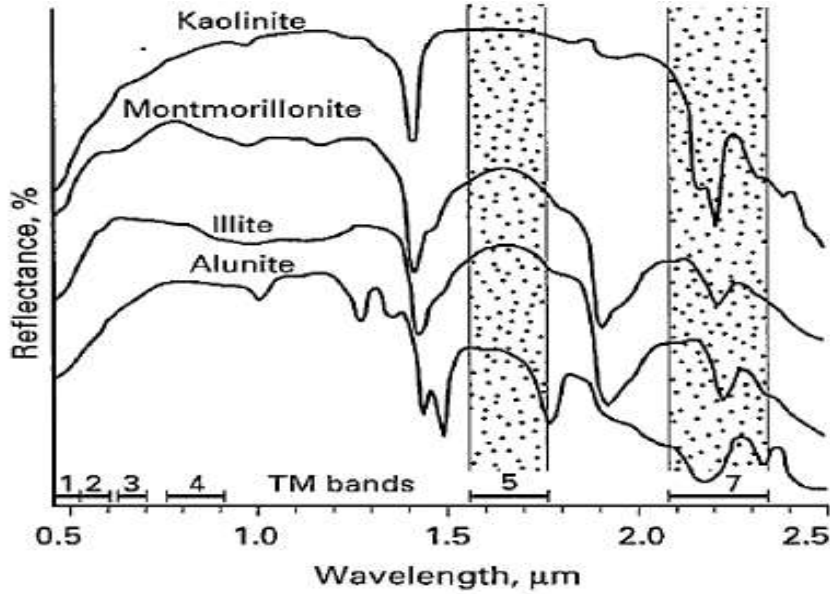
الشكل (2-2) الانعكاس الطيفي لبعض المعادن المترابطة مع النضوح الخفيف Yang et al., 2000 تم في الدراسة الحالية حساب النسبة الطيفية ضمن منطقة الأطوال الموجية من 0.4-

2.5) مايكرومتر لمرئيات لاندسات. لغرض تحديد أفضل الحزم الطيفية لتطبيق عملية النسبة الطيفية، تم الاعتماد على منحنيات الانعكاسية الطيفية فضلا عن نتائج البحوث المنجزة في هذا المجال لاستخلاص مناطق التحلل في الصخور الناجمة عن النضوح النفطي الخفيف. ونظرا

لأن الكثير من التكوينات الجيولوجية المنكشفة ضمن نطاق طيات الفورلانند تشتمل على صخور الحجر الجيري والرملي والجبس والمارل فقد تم استخدام النسب الأتية:

1. النسبة الطيفية (5/7):

تعد من أهم النسب المستخدمة في تحديد مجاميع الصخور الحاوية على الأطيان والصخور الجيرية فضلا عن كشف بعض المعادن المترافقة مع تحلل الاطيان (Clay alteration) (Sabins, 1999) (Yang et al., 2000). لذا فإن هذه النسبة تعطي مؤشرات جيدة في تمييز المكاشف الصخرية لطبقات الحجر الجيري والمارل ضمن تكوين الفتحة فضلا عن تحديد بعض المعادن الناجمة عن تحلل الاطيان كالكاولين والايلايت والالونايت. إذ ان المواد السابقة هذه تقوم بامتصاص الطيف الكهرومغناطيسي ضمن الحزمة الطيفية (7) للقمر لاندسات وتعكس أجزاء عالية منه ضمن الحزمة الطيفية (5) للقمر نفسه، الشكل (2-3). وعليه فإن مجاميع الصخور الطينية أو الجيرية (أو المعادن المتحللة المترافقة معها) بعد اجراء عملية النسبة الطيفية سوف تظهر بأنعكاسية أو لمعان أعلى مقارنة بالصخور الأخرى. أما في حالة حدوث تجانس في المستويات الرمادية (لايوجد تفاوت كبير) فهذا مؤشر على عدم تأثر الصخور بأي عملية تحلل.



الشكل (2-3) الانعكاس الطيفي لبعض المعادن الطينية المترافقة مع النضوح الخفيف Sabins, 1999

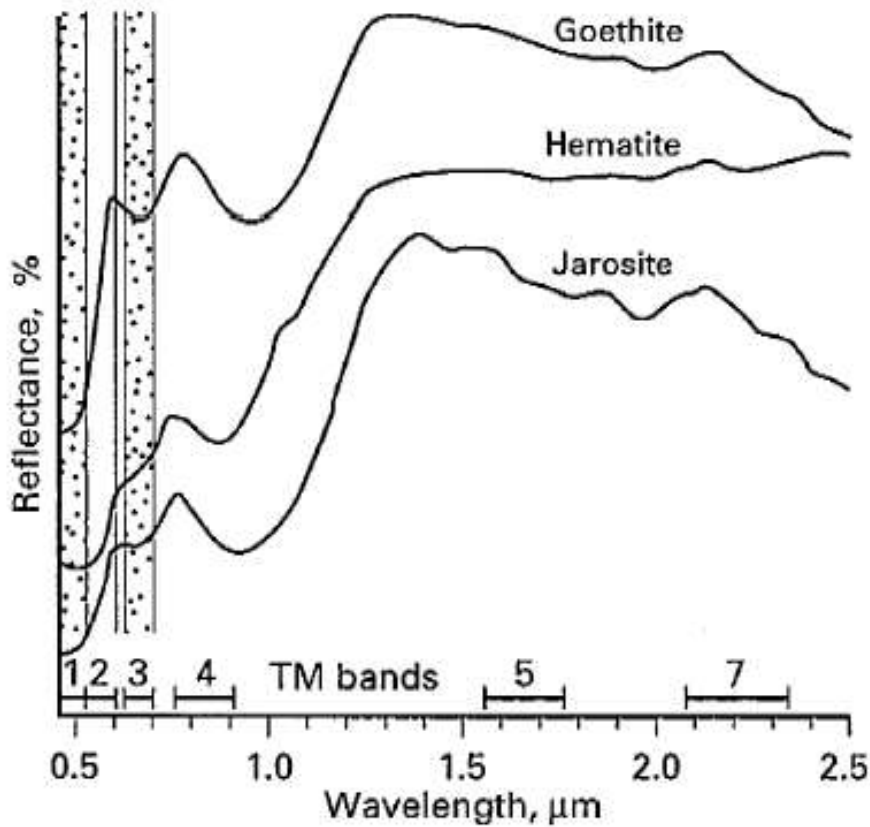
2. النسبة الطيفية (5/4):

تركز اغلب الدراسات المستخدمة في تحديد تراكيز اكاسيد الحديدوز (Ferrous) على استخدام هذه النسبة. إذ إن هذه المعادن تترافق مع النضوحات الخفيفة وعادة ماتدخل ضمن

مراحل الاستكشافات الجيوكيميائية البدائية إذ يتم التحري عنها في الأنطقة التي يتوقع أنها تشكل  
مكمننا نفطيا كالتطيات المحدبة (Freeman, 2003). تمتاز المعادن اعلاه بأنعكاسها الطيفي  
العالي ضمن نطاق الحزمة الطيفية (5) للقمر لاندسات وقللة انعكاسها ضمن نطاق الحزمة (4)  
لذ فإن مناطق التدرجات الرمادية ذات القيم العالية تعطي مؤشرات عن إمكانية تواجد مجاميع  
صخرية تحتوي على هذه المعادن.

3.النسبة الطيفية (3/1):

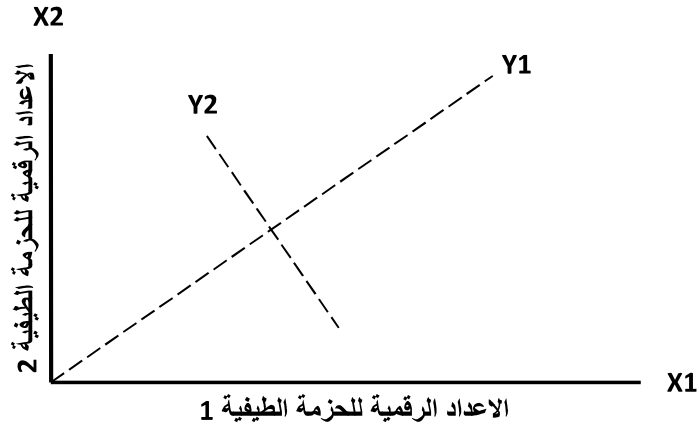
تستخدم هذه النسبة الطيفية لتحديد المناطق الحاوية على تراكيز عالية من المعادن  
الحديدية (Iron minerals) وكذلك الكبريتية (Sulfates) الناشئين نتيجة التحلل في الصخور  
(Sabins, 1999) ، الشكل (4-2).



لغرض الاستكشاف (4-2) الأمل مكانتنا في البياض، متى دمج المرئيات التالية Sabins في 1999 مرئية واحدة من  
خلال إعطاء كل مرئية تناسبية أحد ألوان الجمع الأولية (الأحمر او الأزرق او الأخضر)، إذ  
يوفر الدمج الملون الكاذب لمعطيات التحسس النائي جمع المعطيات في مرئية واحدة لأكثر من  
مجال وعرضها بالألوان وبالتالي تمييز أكبر كمية من المعلومات. لأن حساسية العين البشرية  
للمستويات الرمادية تكون محدودة قياسا إلى حساسيتها بالنسبة للتدرجات اللونية. فضلا عن ان

إدماج ثلاث مرئيات (خصوصا المعالجة رقميا) تسهل على المفسر ربط الألوان الناتجة مع المنحنيات الطيفية، وقد تم تحديد الألوان الأتية (5/7R,5/4G,3/1B).

ثانيا: تحليل المركبات الأساسية (Principal component analysis): تعد طريقة تحليل المركبات الاساسية من المعالجات المهمة المستخدمة في الدراسات الإحصائية للتبسيط من كميات البيانات الكبيرة وذلك عبر تحويل عدد من المتغيرات ذات الارتباط الوثيق إلى عدد اقل من المتغيرات لا يرتبط بعضها ببعض وتسمى المركبات الأساسية. إن الميكانيكية الخاصة بهذا النوع من التحليل تشتمل على تحويل البيانات خطيا من نظام إحداثيات إلى نظام إحداثيات آخر بحيث يصبح التباين الأعظم على المحور الأول لنظام الإحداثيات الجديد ويسمى هذا المحور المكون الأساسي الأول. كما يقع التباين الأعظم الذي يليه على المحور الثاني، الشكل (2-5) (Mather, 1987). في أنظمة التحسس النائي، يكون مقدار الأشعة المنعكسة من المظهر او الهدف الأرضي متقاربا في بعض الحزم الطيفية (بمعنى أنه في الكثير من الحالات يوجد تشابه في معامل الانعكاس للأهداف الأرضية في الحزم المختلفة من الطيف). وهذا يوضح أن الأجسام التي تتمتع بخصائص طيفية مغايرة عن ما يجاورها سوف تكون هنالك صعوبة في تمييزها لانتشارها بسبب طغيان المواد ذات الخصائص الطيفية البارزة والمتكررة على مواد أخرى تتمتع بخصائص طيفية غير متكررة.



لذا فإن الشكليك (2) تحليل) تكون المركبة الأولى والثانية ضمن قناتين طيفيتين المرئيات إلى عدة مركبات بحيث يتم حفظ المعلومات الرئيسية والمتكررة في المركبة الأولى (PC1) التي تحتوي على نسبة عالية جدا من المعلومات الكلية، وتحتوي المركبة الثانية (PC2) على عدد اقل من البيانات في حين تحتوي المركبات الأخرى (خصوصا الثالثة والرابعة) على معلومات اقل تتمثل بالتغيرات الطيفية الدقيقة ، وبهذا تكون صور المركبات الرئيسية الناتجة عن هذه العملية اقل ارتباطا.

ويوضح الشكل (2-5) ما سبق، إذ انه يمكن اختيار نظام إحداثيات جديد يكون فيه المحور الرئيسي الأول (المركبة الأولى) المحور الذي تجمعت فيه البيانات (Y1) والمحور الثاني (Y2) يكون متعامدا مع المحور الرئيس الأول، ويتم هذا التحويل باستخدام العلاقة الرياضية التالية:

$$Y1 = a11x1 + a12x2$$

$$Y2 = a21x1 + a22x2$$

حيث ان  $(x1, x2)$  هي إحداثيات وحدة المرئية في النظام الأصلي (قبل المعالجة)

$(Y1, Y2)$  هي إحداثيات وحدة المرئية في النظام الجديد (بعد المعالجة)

والقيم  $a11, a12, a21, a22$  هي ثوابت التحويل التي يمكن حسابها بفرض الشروط الأتية

1- مجموع مربعات الثوابت يعادل وحدة واحدة

2- أن يبلغ التباين بين بيانات مرئية الإدخال  $(xi)$  ومرئية الإخراج  $(yi)$  في الحزمتين

أقصى قيمة له (حيث ان  $i$  تمثل الحزمة 1 والحزمة 2)

3- عدم الارتباط بين المركب الرئيس  $(y1)$  والمركب الثانوي  $(y2)$ .

اعتمادا على ما سبق فإنه يمكن القول بأن عدد أبعاد الفراغ الطيفي يمثله عدد الحزم الطيفية التي يمكن أن يستشعرها المتحسس المحمول على متن القمر الاصطناعي، فمثلا المتحسس الخاص براسم الخرائط الغرضي المحسن (Enhanced Thematic Mapper- ETM) المستخدم في الدراسة الحالية يمكن ان يستشعر (8) حزما طيفية وبالتالي يمكن تشكيل فراغ طيفي من (8) أبعاد في حين لا يمكن تشكيل فراغ طيفي ذات أبعاد أكثر من (4) في نظام المتحسس الخاص بالماسح الالكتروني متعدد الأطياف (Multi Spectral Scanner- MSS) لوجود أربعة حزم طيفية فقط يمكن استشعارها من خلال هذا المتحسس.

يتم استخدام تحليل المركبات الرئيسية في مجال التحري والاستكشاف عن المعادن والنفط لإبراز التغيرات الطيفي الحاصل في الصخور نتيجة تأثرها بعمليات التحلل الجيوكيميائية، إذ إن هذه العمليات ينتج عنها تغيرات معدنية ضمن كتل الصخور التي تحتويها. لإجراء هذا التحليل يتم أولا تحديد الحزم الطيفية الأساسية لمجموعة المعادن (المذكورة انفاً) التي ترتبط بالنضوحات النفطية والتي تبدي خصائص مميزة في الانعكاسية الطيفية. إذ ان التعرف على الخصائص المميزة للطيف المنبعث من المعادن المترافقة مع النضوحات النفطية و المستكشفة بطريقة تحليل المركبات الأساسية يعد العنصر المهم في تحديد المكامن النفطية (Zhang et al., 2009). من هذا المنطلق تم انتقاء اربع حزم لتطبيق طريقة المعالجة بالمركبات الاساسية وهي (Band1, Band3, Band4, Band5) من مجموع ثماني حزم الموجودة في راسم الخرائط

الغرضي (ETM) وهي كالتالي:

(Band1,Band2,Band3,Band4,Band5,Band61+62,Band7,Band8) اي استبعاد

اربع حزم طيفية متبقية من التحليل وفق العاملين التاليين (أسود مناقشة شخصية):

**الأول:** لغرض إجراء التحليل بالمركبات الأساسية بأقل قيمة من الأخطاء يفضل استبعاد الحزم ذات التأثير المتكرر والمتشابه (والتي يتم التعرف عليها من خلال إسقاط اعدادها الرقمية في الفضاء متعدد الأطياف) وبالتالي يتم الحصول على مركبات أساسية ذات معلومات أدق وأوضح خصوصاً إذا ما قورنت مع مركبات أخرى ناتجة عن استخدام حزم طيفية أكثر. يمكن توضيح تأثير هذا التكرار من خلال دراسة انعكاسية الصخور الحاوية على اكاسيد الحديدوز أو معادن طينية متحللة نتيجة النضوحات النفطية، إذ يكون القاسم المشترك ما بين هذه المواد (اي اكاسيد الحديدوز والمعادن الطينية) انهما يمتلكان انعكاسات طيفية عالية في الحزمتين الطيفيتين الخامسة والسابعة، لذا يفضل استبعاد إحدى هذه الحزم من التحليل لتلافي ظهور العديد من المظاهر المتكررة.

**الثاني:** من خلال المقارنة لقيم (Eigen vector) (وهي بيانات رقمية تتكون لكل مركبة أساسية وتوضح الهيكلية الأساسية لكيفية تكوين المركبات الرئيسية) لمركبات مستخلصة من جميع الحزم الطيفية لمرئيات لاندسات (باستثناء الحزم الحرارية) مع أخرى ناتجة عن حزم طيفية منتقاة وفق منظور خصائص الانعكاسية الطيفية للهدف المتحرى عنه تبين ان المصفوفة الخاصة بقيم هذا المتجه تكون مقترية من (1) و (-1) وهذا ما يشير إلى عدم الارتباط العالي وإلغاء تكرار المظاهر وبالتالي الحصول على مرئيات ذات تباين مبرز لخصائص الأهداف بشكل أفضل في عدد محدود من نطاقات الطيف. تم الاعتماد في الدراسة الحالية على المركبة الثالثة في تفسير مناطق الشذوذ الطيفي التي تعكس تغيراً جيوكيميائياً في كتل الصخور ضمن صخور أنطقة الطيات المحدبة المتحرى عنها لاعطائها قيم (Eigen vector) وفق ما تم التطرق إليه أعلاه، فضلاً عن أنها تطابقت بشكل جيد مع النتائج المستخلصة من المرئيات التناسبية والدمج الملون الكاذب كما أن هذه المركبة استخدمت في بحوث حديثة في تحديد التحلل في أنطقة الصخور (Zhang et al., 2009).

## 2-4 الدمج الملون الكاذب

إن استخدام الالوان في عرض مرئيات الأقمار الاصطناعية يعتبر اجراءً ضرورياً في طرائق المعالجة الرقمية التي تعتمد على معالجة أنطقة طيفية متعددة، إذ يستطيع محلل بيانات التحسس النائي ان يستنبط منها معلومات أكثر عند النظر اليها لتفسيرها وتصنيفها. ان العين البشرية محدودة القدرة في تمييز تدرجات اللون الرمادي ولكنها تتمتع بقدرة عالية في تمييز الالوان، وعليه يلاحظ استخدام نظام الألوان المركبة في اغلب بحوث التحسس النائي المعتمد

على دمج الألوان الرئيسية الدارجة وهي الأحمر والأخضر والأزرق. يمكن من خلال منظومات المتحسسات او المستشعرات المحمولة على متن الأقمار الاصطناعية التحسس بأجزاء واسعة من الطيف لا يمكن للعين البشرية التحسس بها كالأشعة فوق الحمراء (Infra red) وأجزاء من الأشعة فوق البنفسجية (Ultra violet). ولكي تستطيع العين البشرية إدراك ما تمثله هذه الحزم الطيفية لابد من مزج تركيبات من الألوان الرئيسية مع الحزم الطيفية وفق نظام الإبصار حتى تتكون مرئيات ملونة يمكن تمييزها بالعين. إن السهولة التي تقدمها وسائل المعالجة الرقمية تتمثل بقدرتها على تحويل الأعداد الرقمية التي تشتمل عليها المرئية إلى ألوان معينة، وبالتالي يزداد التباين لقيم معينة من الأعداد الرقمية بالنسبة لوحداث صورية مجاورة لها. ويمكن كذلك ان يتم تحويل المرئية ذات التدرجات الرمادية إلى مرئية ملونة. وهنا لابد من الإشارة إلى ان مصطلح دمج الألوان الاعتيادية (Normal Color Composite-NCC)

المستخدم في التحسس النائي يطبق على المرئيات الملونة بالألوان الطبيعية وهي التي تكون الألوان الممثلة للأعداد الرقمية في مجال الطيف الذي يعطي هذه الألوان بحقيقتها بحيث تظهر الأجسام الزرقاء باللون الأزرق والخضراء باللون الأخضر والحمراء باللون الأحمر، ونتيجة لذلك تصبح المرئية اقرب تمثيلا لما هو موجود على سطح الأرض. أما مصطلح الدمج الملون الكاذب (False color composite) فيعتمد على وضع الألوان الممثلة للإعداد الرقمية بمظهر يختلف عن ما تمثله حقيقته من انعكاس طيفي عن سطح الأرض، وبهذا فإن من مميزات هذا الدمج ان يساعد في التركيز على مظاهر أرضية معينة وذلك من خلال إبرازها بألوان أكثر ظهورا.

في الدراسة الحالية تم الاعتماد على الدمج الملون الكاذب لحزم طيفية منتقاة بغية تكوين مرئيات ملونة يمكن من خلالها أن تقدم معلومات خاصة بالبنية الجيولوجية للمنطقة المدروسة وكذلك يمكن من خلالها التحري عن مناطق النضوحات النفطية، وعليه تم استخدام التركيبة التالية لمرئيات راسم الخرائط الغرضي للقمر لاندسات وهي: Band 7

(Red) + Band 4 (Green) + Band 1 (Blue). تعد هذه التركيبة من اشهر التركيبات المستخدمة في الدراسات الجيولوجية وذلك للتباين الكبير بين القنوات فضلا عن ما تقدمه من معلومات عن صخرية المنطقة وهذا ما تتمتع به الحزمة (7) (Sabins, 1998). لقد تم التركيز على هذه التركيبة ليس لأهميتها في إبراز الخصائص الجيولوجية فقط بل يتعدى ذلك كونها تحتوي على الحزمة (1) التي تستطيع أن تلتقط بعضا من أجزاء نطاق الأشعة فوق البنفسجية والتي تعد من الإشعاعات الطيفية التي تستخدم حاليا بالكشف عن المواد الهيدروكربونية. من خلال ما سبق يلاحظ ان الحزمة الطيفية الأولى لراسم الخرائط الغرضي تم تصميمها بحيث تلتقط الإشعاع من (0.45mm) حتى يتم الابتعاد عن تأثير الأشعة فوق البنفسجية الا ان هذه القناة تستطيع ان تلتقط بعضا من هذه الاشعاعات (الداغستاني، مناقشة

شخصية). لغرض إجراء تحقيق لطرق المعالجة بطريقة النسبة الطيفية وتحليل المركبات الأساسية، تم تطبيق التركيبة (7R 4G 1B) ومتابعة نمط اللون الشذري المتكون من هذه التركيبة وهو لون متمم ناجم عن الدمج ما بين اللون (الأزرق) و (الأخضر) والذي يعد من الألوان التي تعطي وجود دلائل هايدروكاربونية وهذا ما تمت ملاحظته من خلال الدراسة المقدمة من قبل (Al- Daghastani and Al- Dewachi, 2009) على بعض المناطق الواقعة شمال غرب العراق، إذ تم استخدام هذا اللون في متابعة أنشطة التحلل الموجودة في الصخور نتيجة النضوحات النفطية.

## 5-2 استخدام المعالجة الرقمية في تحديد دلائل النضوح النفطي الخفيف

بعد أن تم توضيح أساسيات طرق المعالجة المستخدمة في الدراسة الحالية، سيتم في هذا الجزء التطرق إلى نتائج هذه الطرق المطبقة على مرئيات راسم الخرائط الغرضي (ETM) للقمر الاصطناعي الأمريكي لاندسات والمحسن طيفيا لبعض الأنطقة المختارة من منطقة الدراسة، وتفسير نتائجها ومطابقتها مع النتائج الحقلية وكذلك نتائج التحاليل الجيوكيميائية، وربط هذه المعلومات لتحديد التوزيع المكاني للوحدات الصخرية المتأثرة بعملية التحلل الناجمة عن النضوح النفطي الخفيف وتفاصيلها ومظاهرها من خلال اعداد خرائط غرضيه رقمية تحدد توزيع التفاصيل السابقة لبعض الطيات في نطاق الفورلاند ومواقعها. وبهذا يمكن ان تشكل الركيزة الأساس لأي مسح جيوكيميائي تفصيلي مستقبلي لأغراض الاستكشافات النفطية. وهنا يجب الإشارة إلى ان الإجراءات الأساسية في هذه المعالجات قد تم اختيارها وفق الأساليب المطبقة من عدة بحوث عالمية تناولت الاسلوب ذاته المستخدم في التحري عن النضوحات النفطية. وقبل الشروع في عرض نتائج المعالجة الخاصة بكل طية، عمد الباحث إلى توضيح بعض الإجراءات المتبعة في أسلوب التحليل المعتمد.

## 6-2 اسلوب التحليل

تم انتقاء طيات ضمن نطق الفورلاند وتطبيق طرق المعالجة الرقمية عليها واعتماد بعض العناصر والخصائص الطيفية في عملية التفسير لكل طريقة مستخدمة وكما يأتي:

### 6-2-1 تحليل المرئيات التناسبية

تم الاعتماد على التركيبات (5/7 Red), (5/4 Green), (3/1 Blue) وكما تم ذكره سابقا، إذ ان وصف الانعكاسات المتباينة اعتمد على الخصائص القياسية في عملية دمج الألوان التي يوضحها الشكل (6-2). فعلى سبيل المثال المناطق الحاوية على المواد الطينية (كالمارل

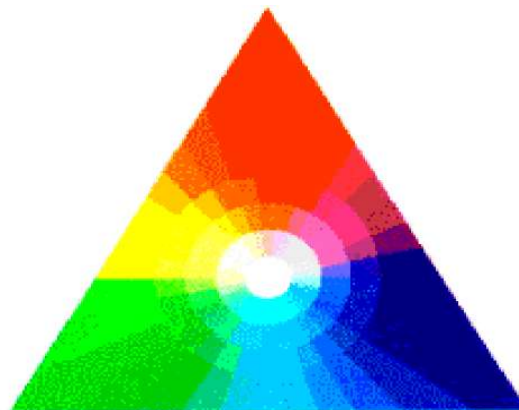
في تكوين الفتحة) والمواد الجيرية (كطبقات الحجر الجيري في التكوين نفسه)، يبديان انعكاسية عالية (ذات لون احمر) ضمن مرئية النسبة (Ratio image) العائدة للتركيبية (5/7 Red)، أما الطبقات التي تبدي زيادة في تراكيز اكاسيد الحديد فتميل إلى بروز هذه الانعكاسية بلون اخضر في حالة استخدام تركيبية مرئية النسبة (5/4 Green) ولون ازرق عند استخدام التركيبية (3/1 Blue).

يمكن تحديد أنطقة التحلل ضمن المكاشف الصخرية في حالة الدمج ما بين الألوان الأساسية السابقة. فعلى سبيل المثال، في حالة حصول تحلل لطبقات المارل والحجر الجيري وتكوين معادن حديدية فإن الانعكاسية سوف تنتج عن زيادة الانعكاسية الحمراء نتيجة وجود المارل وصخور الكربونيت فضلا عن زيادة الانعكاسية الخضراء نتيجة وجود المعادن الحديدية. فبالتالي وحسب نظرية الألوان الأساسية التي تعد الأساس في تمييز معطيات التحسس النائي الملونة والتي يوضحها الشكل (2-6)، فإن الدمج ما بين اللونين الأحمر والأخضر سوف ينتج لوناً احمر مصفراً (Yellowish red) وان زيادة اللون الأحمر سوف ينتج لوناً احمر مصفراً ذا تركيز عال في الشدة اللونية وهكذا.

وهنا يجب الإشارة إلى أن الأسلوب السابق يعد الأسلوب المتبع في عمليات التحري والاستكشاف المعدني وتحديد أنطقة التحلل في الصخور (Sabins, 1999). تم الاعتماد على الالوان الناجمة في تفسير التباينات في الانعكاسية الطيفية لبعض الطيات من نطاق الفورلاندي والتي تمثل مكامن نفطية بعضها مستغل والآخر احتياطي، ثم إيجاد علاقة ما بين هندسية الطية كالاتكاء او احتوائها على الصدوع وربطها مع توزيعات هذه التباينات في الانعكاسية لغرض تحديد المناطق الأكثر انبعاثا للمواد النفطية ضمن الطية الواحدة.

ان التباينات في الانعكاسية تظهر أحيانا بحجم يصعب ملاحظته في الخرائط المطبوعة، لذا تم في الدراسة الحالية عرض مرئية النسبة الطيفية فضلا عن عرض أخرى مشابهة لها تم فيها تحديد التباينات في الانعكاسية بهيأة نقاط سود لكي يسهل متابعتها في اثناء عرضها، علما أن هذا الإجراء تم تطبيقه على بعض الطيات التي أظهرت تباينا في الانعكاسية بحجم يصعب تمييزه في أثناء عملية الإخراج والطباعة.

ETM5/ETM7



الشكل (2-6) مثلث الألوان الرئيسية والمتممة عن (Almida -Filho et al., 1999)

### 2-2-6 تحليل المركبات الاساسية

تم تطبيق هذا التحليل على الحزم الطيفية (1,3,4,5) ومن ثم الحصول على أربعة مركبات أساسية، وقد تمت الاستعانة بهذه الحزم كون ان معادن التحلل الطينية والمعادن الحديدية تظهر بانعكاسية عالية فيها، كما ان هذه الحزم تم استخدامها في تحديد أنطقة التحلل الناجمة عن النضوح النفطي من قبل عدة باحثين منهم (Petrovic et al., 2008) (Zhang et al., 2009)، فضلا عن استخدامها في تحديد أنطقة تحلل ناجمة عن عمليات أخرى كالتحلل المرافق لترسبات اليورانيوم (Rajesh, 2008). إن تطبيق هذا التحليل يضيف إلى تحديد التغيرات الطيفية الدقيقة في المظاهر الأرضية الظاهرة في المرئيات الفضائية. لغرض اختيار المركبة المناسبة والعاكسة لوجود انطق تحلل تمت الاستعانة بقيم (Eigen vector) وهو عبارة عن مصفوفة رقمية تمثل الية تكوين نطاقات مرئيات المركبات من حزمها الطيفية الأصلية (Mather, 1987). تم الاعتماد على المركبة التي تبدي قيم (Eigen vector) وفيها قيما مقترية من (1) و (-1) العاكسة لعدم حصول ارتباط في البيانات والغاء تكرار المظاهر. إن هذا الإجراء يعمل على فصل التغيرات الطيفية الدقيقة إذ إن المظاهر ذات الارتباط الوثيق سوف يتم تركيزها في المركبة الأولى وحتى الثانية، في حين تتمركز المظاهر ذات الارتباط غير الوثيق في المركبات المتبقية وبالتالي يتم رصد اي تغيير (Change detection) لأي مظهر ارضي في المرئية الفضائية. فعلى سبيل المثال يمثل الجدول (1-2) قيمة مصفوفة (Eigen vector) للمركبات الأساسية في طية رافان، وقد تم الاعتماد على المركبة الثالثة لأنها تبدي خصائص رقمية تعكس وجود مظاهر طيفية متباينة ضمن مكاشف الصخور. واعتمادا على ما أشار إليه (Zhang et al., 2009)، المتضمن ان القيم الواطئة (Low value) للمركبة الثالثة او الرابعة تعكس تحلاً جيوكيميائياً في الصخور. فقد تم في الدراسة الحالية تطبيق طريقة شرائح المستويات (Level slicing) على المركبات التي تم اختيارها وفق قيم (Eigen vector) ومن ثم فصل القيم الواطئة جدا وإعطائها لونا احمر لغرض تمييز أنطقة التحلل بالألوان وبالتالي سهولة مقارنتها مع مرئيات النسبة الطيفية والدمج الملون الكاذب.

Eigenvector	Band 1	Band 3	Band 4	Band 5
Band 1	0.489154	0.519267	0.505973	0.502865

الجدول (1-2) مصفوفة قيم (Eigen vector) لمركبات الأساسية فى طية رافان

Eigenvector	Band 1	Band 3	Band 4	Band 5
Pc1 Band 1	0.480154	0.510267	0.505073	0.503965
Pc2 Band 3	0.847454	-0.059942	-0.368677	-0.377236
Pc3 Band 4	0.148414	-0.546363	-0.338876	0.751414
Pc4 Band 5	0.171018	-0.661454	0.702952	-0.197710

### 6-2-3 تحليل الدمج الملون الكاذب

تم الاعتماد على التركيبة (7R 4B 1G) (كما تم ذكره سابقا)، إذ تم التركيز على هذه التركيبة كونها المعتمدة في الدراسات الجيولوجية فضلا عن قرب الحزمة الطيفية الأولى من الأجزاء العليا لقيم الأشعة فوق البنفسجية التي تتحسس بالانبعاثات الهيدروكربونية، وعليه فإن اللون الشذري في الحزمة الطيفية الأولى يمكن ان يعكس الخصائص الطيفية للمواد الهيدروكربونية المنبعثة إلى السطح. وقد تمت متابعة هذا اللون ومقارنته مع المعالجات السابقة (النسبة الطيفية والمركبات الأساسية). لغرض إبراز الانعكاسات المتباينة من خلال الطرق الثلاثة فقد ارتأى الباحث إلى عرض صورة شاملة للطية مصحوبة بجزء مكبر لغرض إبراز هذه الانعكاسات.

### 7-2 طية كركوك (Kirkuk Anticline)

عبارة عن طية محدبة ذات غاطسين وغير متماثلة تتكئ باتجاه الجنوب الغربي. تمتد هذه الطية إلى مسافة تقارب (125) كم، ويأخذ محورها في اتجاهه العام شمال غرب - جنوب شرق، وتتألف من ثلاث قباب وهي بابا وافانا وخورماله (Khurmala, Avanah and Baba domes) (Dunnington, 1958).

قام كل من بييري وكروس (Perry and Kruse, 2010) بدراسة النضوح النفطى الخفيف في هذه الطية (بالاعتماد على معطيات التحسس النائي) من خلال تأثيره على صخور تكوين الفتحة بعملية التحلل. إذ تم عمل موديلات طيفية بتطبيق طرق المعالجة الرقمية على مرئيات متعددة الحزم الطيفية (Multispectral images)، اللوحة (1-2). لذا فقد تم استخدام هذه الدراسة (المصدر نفسه) في عملية التحقق من المعالجة المطبقة في الدراسة الحالية وإبراز كفاءتها، حيث تم البدء بالتطبيق على جزء من طية كركوك بشكل بدائي لغرض التعرف على الانعكاسات المتباينة التي تعكس وجود أنطقة تحلل ومطابقتها مع الدراسة المذكورة أعلاه ومن ثم تعميم المعالجات نفسها على طيات أخرى. تم استقراء الانعكاسات المتباينة من خلال ثلاث عمليات معالجة تتضمن النسبة الطيفية وتحليل المركبات الأساسية والدمج الملون الكاذب، علما

ان الوحدات الصورية التي أكدت وجود تباين طيفي والظاهرة بعد تطبيق العمليات الثلاث، هي التي تم اعتمادها فقط في تحديد أنطقة التحلل دون الأخرى لزيادة الدقة.

### 7-2-1 تطبيق طرق المعالجة على طية كركوك

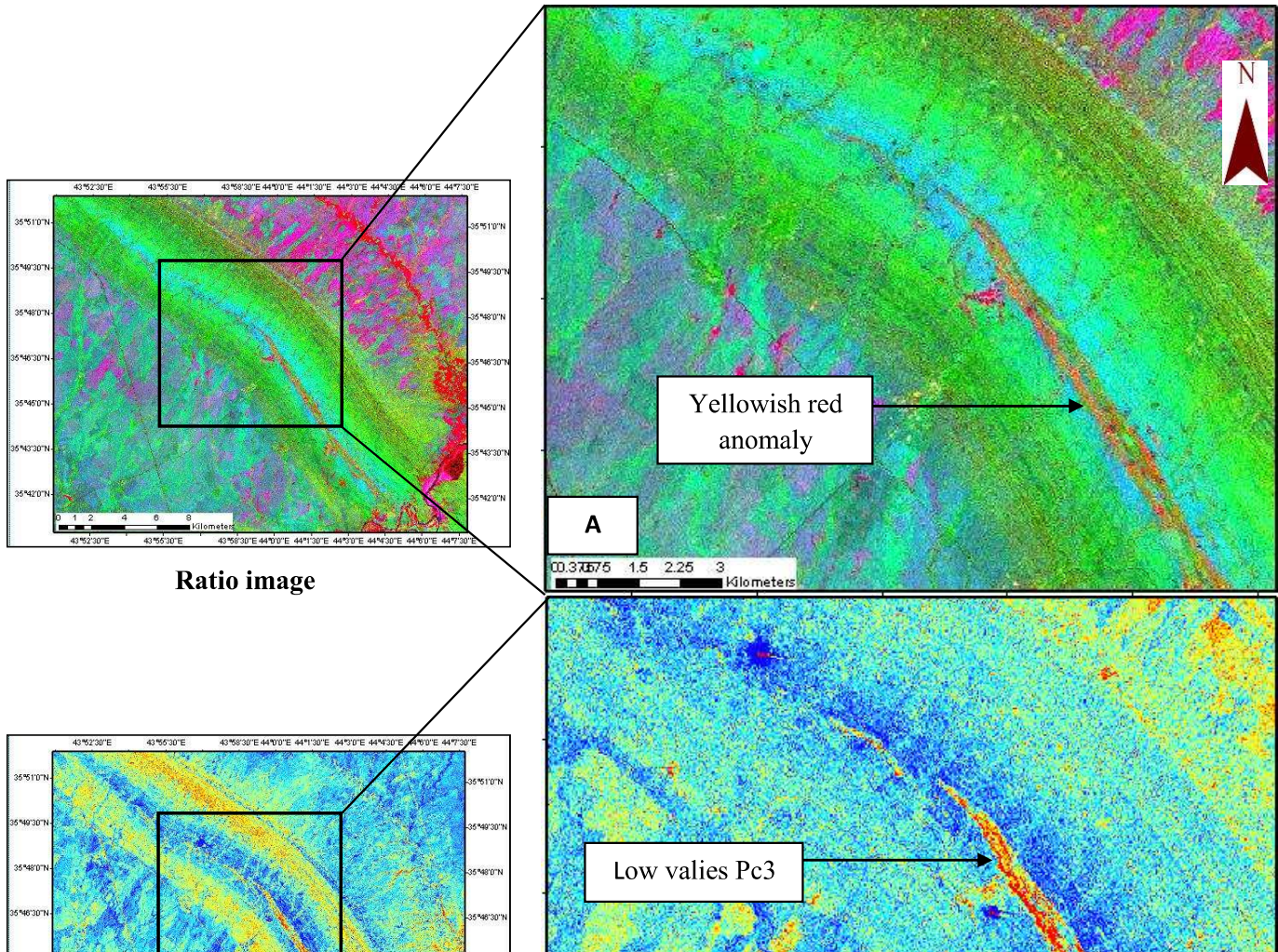
ان الامتداد الكبير لطية كركوك تطلب تقسيمها لثلاث مناطق لكي يتاح معالجتها رقميا ومتابعة أنطقة التحلل بوضوح. تمثلت المنطقة الأولى بجزء طية كركوك الوسطي والواقع إلى الشمال الغربي من نهر الزاب الصغير والمتمثل بقبة افانا. أما المنطقة الثانية والثالثة فقد ضمت على التوالي قبتي خورماله (في الجزء الشمالي الغربي) وبابا (الواقعة إلى الجنوب الشرقي من نهر الزاب الصغير).

يلاحظ من خلال اللوحة (2-2-A) ان الجزء الوسطي لقبة افانا يظهر تباينات في الانعكاسية الطيفية (متمثلة بتدرجات لونية حمر مصفرة) في جزئه الوسطي بهيأة نمط خطي يمتد بشكل واضح من جزء التركيب الواقع شمال نهر الزاب الصغير وباتجاه الأجزاء الشمالية الغربية منه ليضمحل مع الاقتراب من قبة خورماله، إذ يلاحظ ظهوره بصورة متقطعة في حين يلاحظ امتداد اللونين السمائي والأخضر العميق بالتركيز نفسه في جميع أجزاء التركيب. ان التباين الطيفي للون الأحمر المصفر تم تأكيده كذلك في مرئية المركبات الأساسية المصنفة بطريقة شرائح المستويات (Level slicing)، اللوحة (2-2-B)، الملحق (1)، والذي تمت ملاحظته باللون الأحمر الداكن المصفر فضلا عن تأشير تواجده على اطراف التركيب وبتراكيز اقل من منطقة اللب. وضح استخدام الدمج الملون الكاذب وجود أنطقة التحلل السابقة وخصوصا

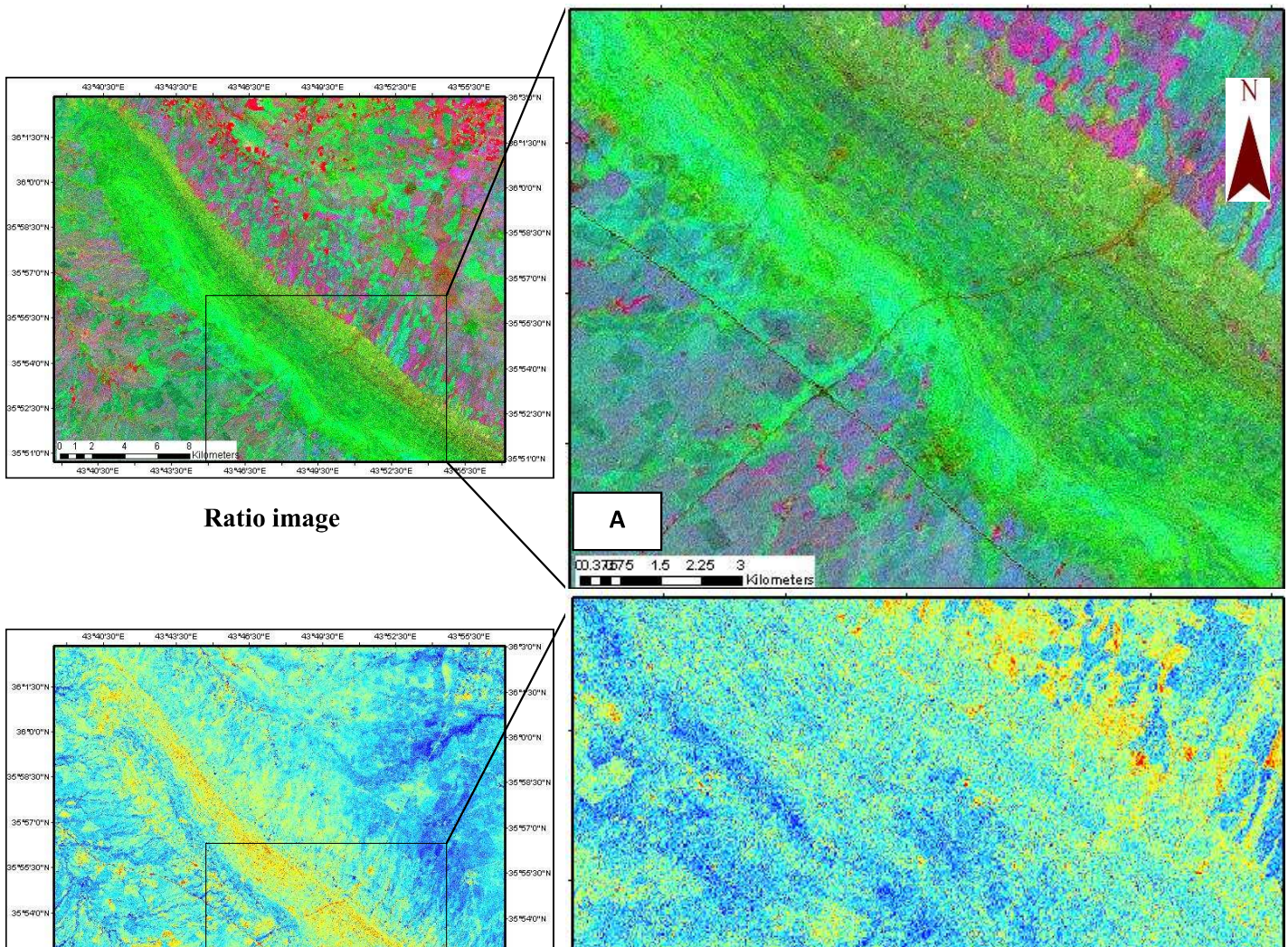
اللون الشذري المكافئ للون الاحمر المصفر في بيان النسبة الطيفية فضلا عن تحديد اثنين من الينابيع الغازية (Gas springs) ضمن قبة افانا من خلال ظهورها بهيأة بقع حمراء مضيئة، اللوحة (2-2-C).

عند الانتقال إلى قبة خورماله يلاحظ من خلال مرئية النسبة، اللوحة (3-2-A) اختفاء اللون الأحمر المصفر وتركز اللون الأخضر الداكن والأزرق ألسمائي على الجناح الجنوبي من التركيب، كما أوضحت مرئية المركبات عدم وجود تراكيز في القيم الداكنة للوحدات الصورية وامتدادها بنمط محدد وإنما لوحظ فيها توزيع لقيم واطئة بشكل عشوائي على امتداد الطرف الشمالي بصورة أكبر من الجنوبي المناظر له وقلتها في منطقة لب التركيب، وعند الانتقال إلى مرئية الدمج الكاذب يلاحظ قلة تواجد او عدم وضوح اللون الشذري الظاهر في قبة خورماله، اللوحات (3-2-A) (3-2-B) (3-2-C).

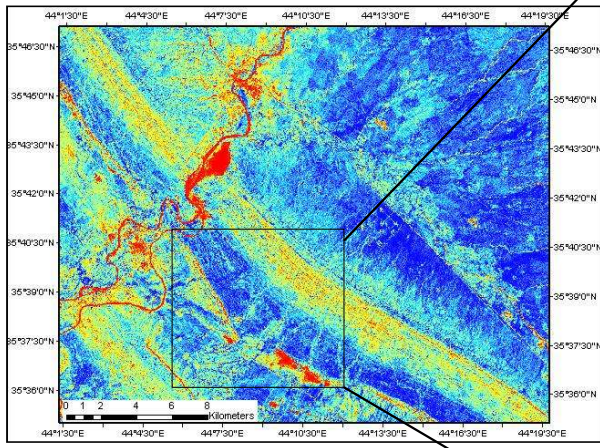
أما في قبة بابا فيلاحظ ان النتائج تشابه كثيراً لما تم ذكره في قبة افانا من خلال استمرار اللون الأحمر المصفر في مرئيات النسبة وتركز القيم الواطئة ذات اللون الأحمر الداكن في مرئية المركبات وظهور نطاق اللون الشذري المميز وزيادة تركيز لونه في مرئية الدمج الملون الكاذب باتجاه الأجزاء الجنوبية الشرقية من التركيب، اللوحات (4-2-A) (4-2-B) (4-2-C).



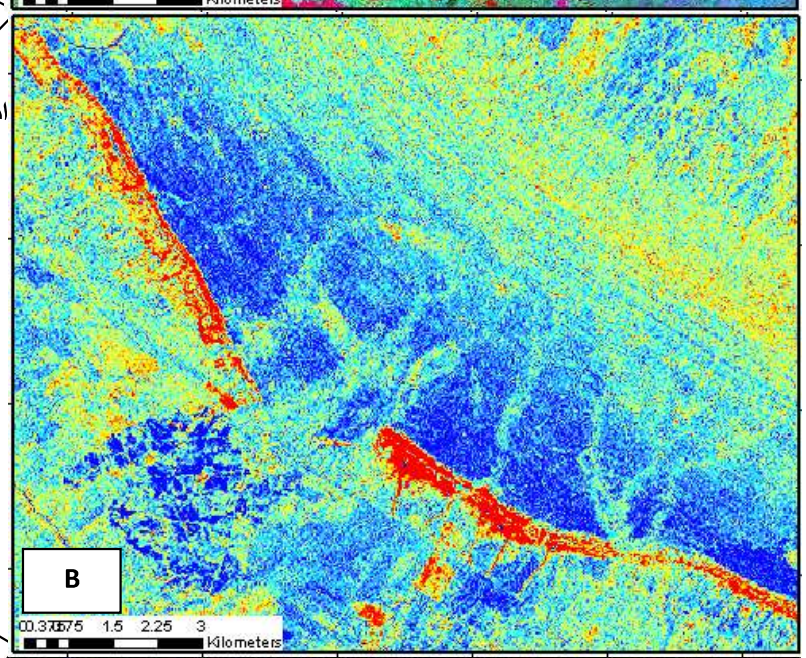
الفصل الثاني ..... طرق المعالجة الرقمية اساسياتها واستخدامها في تحديد دلائل النضوح النفطي الخفيف



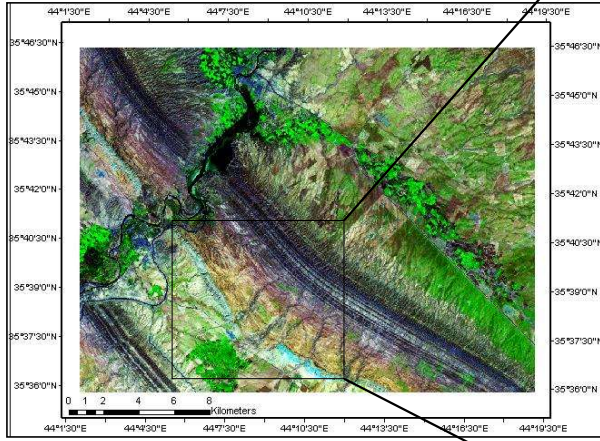




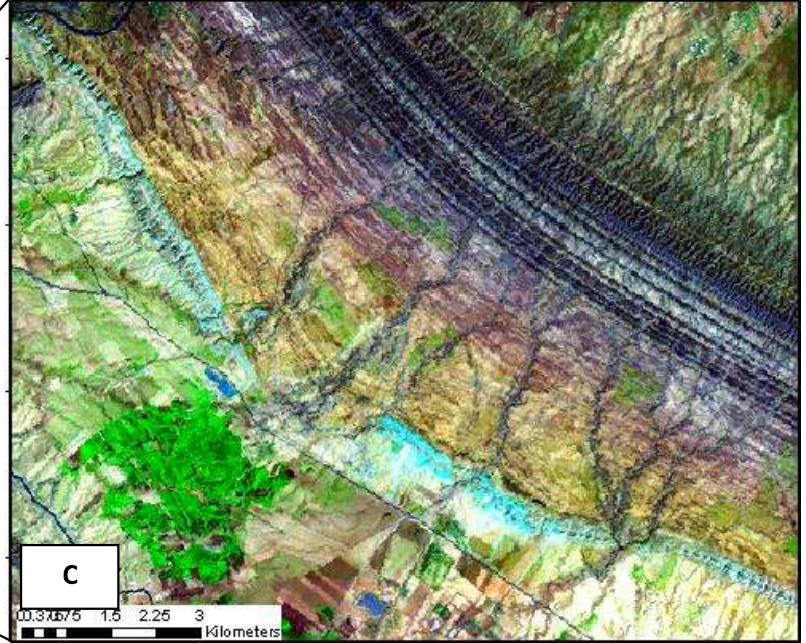
Principal component image



B



False color composite image



C

اللوحة (2-4) المرئيات المعالجة رقمياً لتركيبة كركوك (الجزء الجنوبي الشرقي - قبة بابا)

ان ظهور التركيز العالي لأنطقة التحلل وخصوصا اللون الاحمر المصفر (الذي يعكس وجود تحلل للأطيان وصخور الكاربونيت) في قبة افانا وبابا، يعود إلى النضوح النفطية من خلال صدع معكوس والذي وصلت بعض من آثاره إلى السطح خصوصا في المنطقة الوسطية والجنوبية الشرقية من طية كركوك (Duninngton, 1958)، إذ إن امتداد هذا الصدع يكون بهيأة موازية لمحور طية كركوك ضمن اغلب المناطق، (الملحق، 2)، وقد لوحظ ذلك من خلال تأشيرته في الخارطة الموضوعية من قبل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين (Geosurv- Iraq, 1993) وكذلك الخارطة المعدة من قبل كل من بييري و كروس (Perry and Kruse, 2010) اللذين أشارا إلى تواجد صخور كاربوناتية متحللة مترافقة مع هذا الصدع.

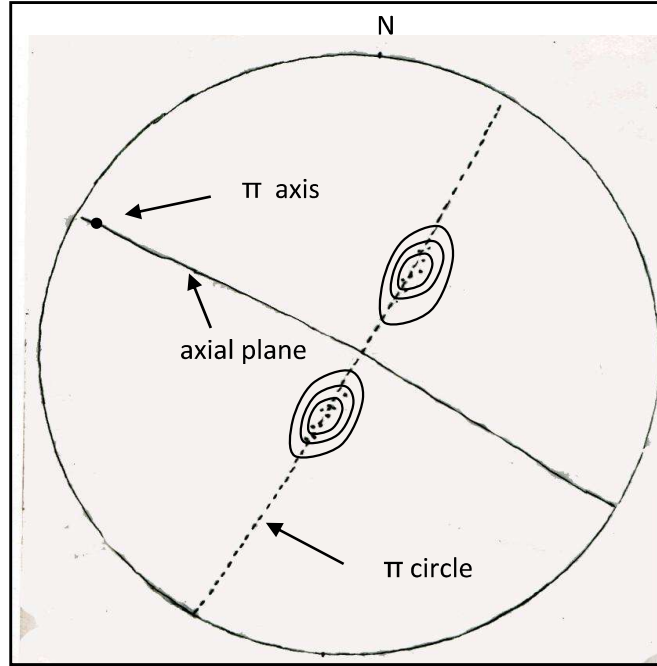
بينت الدراسة الحالية أن تأثير هذا الصدع على المناطق الواقعة في أقصى الشمال الغربي من طية كركوك يكون اقل تأثيرا مقارنة بالمناطق الأخرى لعدم وجود أنطقة تحلل بتراكيز

عالية في المناطق الواقعة في لب تركيب خورماله مما يمكن ان يمثل هذا الجزء من طية كركوك مكمنا غازيا ونفطيا اقتصاديا وذلك لعدم ضياع أو فقدان كميات كبيرة من الغازات الخفيفة. إذ يعتقد أن تأثير الإزاحة العمودية للصدع أدت إلى كسر بعض من صخور الغطاء لقبتي افانا وبابا ولم يؤثر عليه في قبة خورماله وهذا ما توضح جليا في بيان الارتفاع الرقمي المصنف في الدراسة الحالية الذي اظهر ان ارتفاع أعلى نقطة في لب قبة افانا بلغ (410) مترا، في حين وصل ارتفاع أعلى نقطة في لب قبة خورماله بحدود (340) مترا، وهذا ما سيتم التطرق اليه في الفصل الرابع.

ان الانبعثات الهايدروكاربونية المتواجدة حاليا في طية كركوك تكون بمستويات أعلى في معظم أنطقة أقدام الانحدار (Foot slope) للطرف الجنوبي الغربي من التركيب (خصوصا في المناطق الواقعة إلى الشمال الغربي من نهر الزاب الصغير) بالمقارنة مع المناطق المناظرة لها في الطرف الشمالي من الطية وهذا ما توضح من دراسة الانعكاسية الطيفية للنباتات المتواجدة في هذه المناطق والتي يلاحظ فيها زيادة مادة الكلوروفيل (Chlorophyll) للنباتات الطبيعية المتواجدة في الطرف الشمالي مقارنة بالنباتات المتواجدة في الطرف الجنوبي التي أظهرت تباينا في انعكاسية اللون الأخضر في مرئيات الدمج الملون الكاذب، اللوحات (2-2-C) (4-2-C) (3-2-C).

## 8-2 طية رافان (Ravan Anticline)

تقع هذه الطية إلى الجنوب الشرقي من طية عين زالة المحدبة، وهي طية محدبة ذات غاطسين يفصلها عن القبة الشرقية لطيّة بطمة المحدبة (الواقعة إلى الجنوب) طية مقعرة واسعة. تتصف هذه الطية بأنها غير متناظرة قليلا باتجاه الشمال. ذكر كل من توفيق ودوماس (Tawfiq and Domas, 1977) ان هذا التركيب يمتد باتجاه شمال غرب- جنوب شرق وانه يرتفع في جزئه الشرقي على شكل قوس قليل الميل. كما أن خط مفصل الطية يتجه باتجاهين ثانويين ففي الجزء الشرقي يكون باتجاه شرق-غرب أما في الجزء الوسطي والغربي فإنه ينحرف باتجاه شمال غرب - جنوب شرق. يبلغ طول هذه الطية حوالي (13.5) كم. تم رسم مخطط باي للطية الذي يظهر ان الطية اسطوانية وذات محور يغطس بوضعية ( $305/15^\circ$ ) كما بلغت قيمة الزاوية الداخلية بين طرفي الطية ( $130^\circ$ ) ويميل السطح المحوري للطية بمقدار ( $114/85^\circ$ )، الشكل (7-2).



الشكل (7-2) مخطط باي لطية رافان

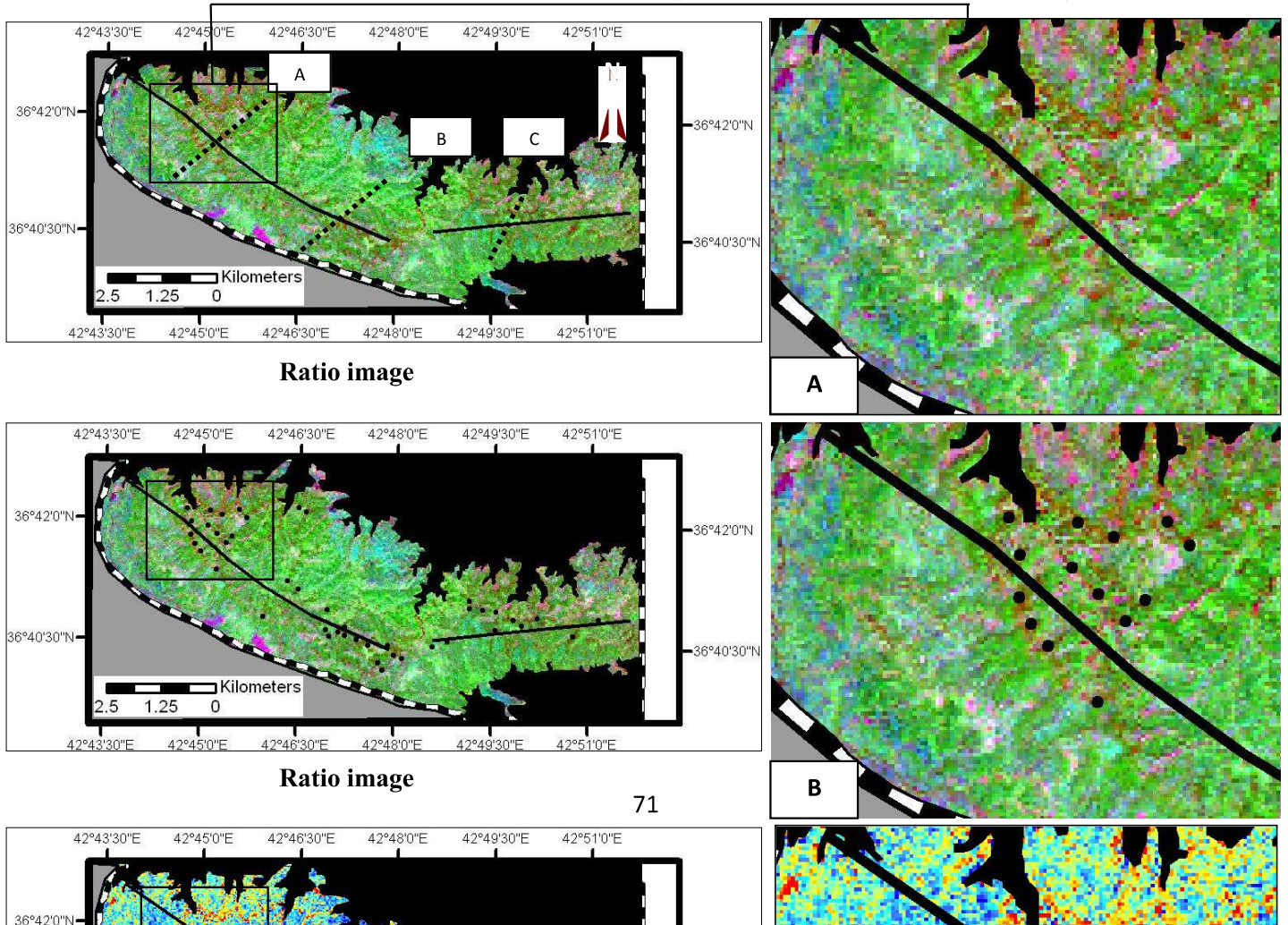
### 8-2-1 تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية رافان

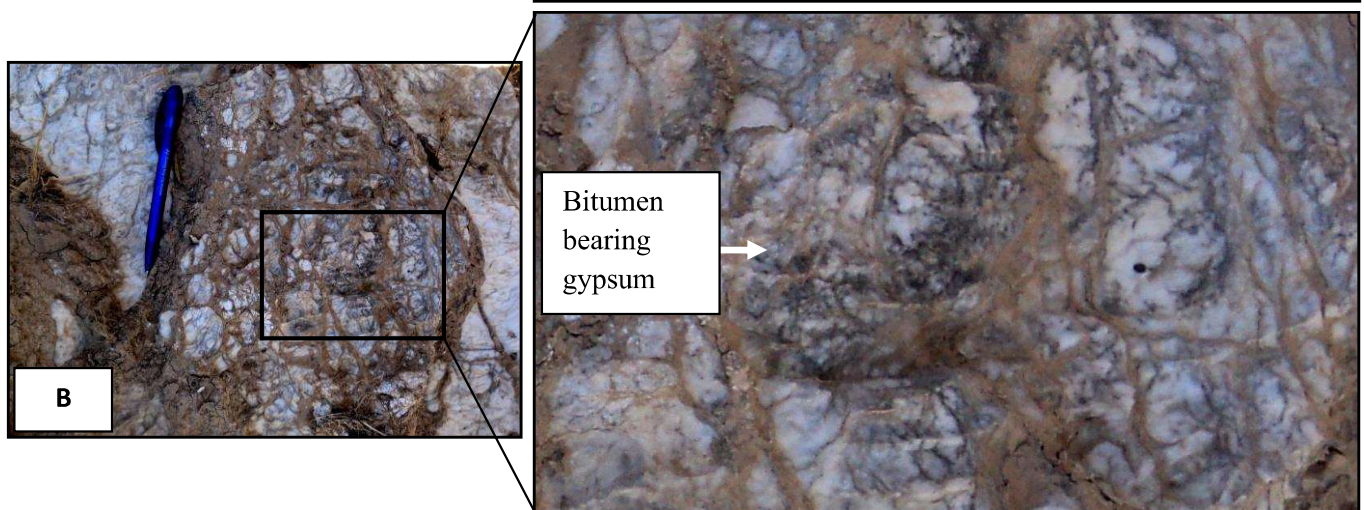
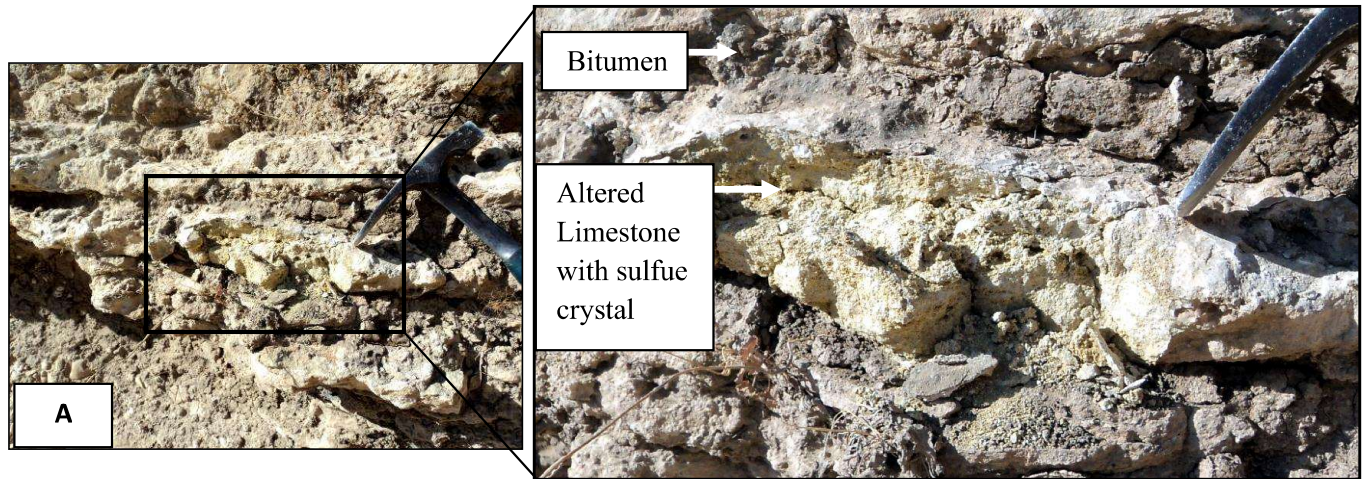
تم تطبيق طريقة الدمج الملون للمرئيات التناسبية على طية رافان وقد لوحظ ظهور انعكاسات طيفية متباينة. إذ يلاحظ في المقطع (A)، اللوحة (5-2-A-B)، إن هذه الانعكاسات تكون ضئيلة جدا في الجناح الجنوبي ويزداد هذا التباين باتجاه لب الطية. إن التباين في الانعكاسية المتمركز في لب الطية يظهر جليا في مناطق المكاشف الصخرية او ما يسمى جيومورفولوجيا وحدة المنحدرات الخلفية (Back slope) ضمن طبقات العضو السفلي من تكوين الفتحة (الوحدات الثانوية (A1+A2) المتاخمة لبعض الوديان وهذا ما تمت ملاحظته حقليا.

إذ توضح اللوحة (6-2-A) تطللاً لصخور الحجر الجيري واحتوائها كذلك على بلورات الكبريت نتيجة الغازات الهيدروكربونية والمواد العضوية المنبعثة من أسطح التطبق لتعاقبات الأجزاء السفلى من تكوين الفتحة لبعض الأنطقة في لب طية رافان (المقطع A)، فضلا عن ملاحظة انتشار المواد العضوية بشكل يملأ المادة البينية لطبقات الجبس، اللوحة (6-2-B) وملاحظة تواجد طبقات الجبس المتحللة إلى طبقات من الحجر الجيري (ضمن الوحدة الثانوية) التي تعد احد الدلائل لتأثير النضوحات الخفيفة على هذا النوع من الصخور، اللوحة (6-2-C)، وهنا يجب الإشارة إلى ان المواد القيرية ضمن تكوين الفتحة (تحديدا في العضو السفلي) تم تأشير تواجدها بطبقات سمكية ضمن هذه الطية وهذا ما أكده كل من توفيق ودوماس (Tawfiq

.and domas, 1977).

أما في المقطع (B) فيلاحظ تواجد التباينات في الانعكاسية في منطقة لب الطية حصرا، أما في نطاق الجناح الشمالي فتكون قليلة جدا ويصعب تمييزها بشكل واضح. ويلاحظ في المقطع (C) ان التباين في الانعكاسية يتخذ في بعض المناطق مظهرا خطيا و يزداد في لب الطية مع وجود عدم انتظام وتوزيع عشوائي لهذه الانعكاسات مما يعكس وجود سيطرة تركيبية لذلك، وسوف يتم تفسير اسباب ذلك لاحقا. يلاحظ كذلك أن نطاق الجناح الشمالي في هذا المقطع يكون من الصعب متابعة وملاحظة الانعكاسات الطيفية فيه كون ان جزء كبير منه مغمر بمياه بحيرة سد الموصل. إن النتائج السابقة تطابقت بشكل كبير مع مرئية المركبات الأساسية اللوحة (5-2- C). يلاحظ ان قيمة التدرجات الرمادية ذات القيم الواطئة (التي تم تمثيلها باللون الأحمر المصفر في طريقة شرائح المستويات) والمعبرة عن التغير في حالة الصخور تكون بهياة نطاق متميز في لب الطية ولاسيما في الأجزاء الوسطى من التركيب في حين يلاحظ ان مناطق الأجنحة تظهر تواجداً أقل وعدم وجود انتظام في التوزيع، كما أوضحت المرئية نفسها ان هنالك إزاحة خطية للقيم الواطئة التي تمت ملاحظتها أيضا في المرئيات التناسبية مما يؤكد وجود عامل تركيبى مؤثر على الصخور في هذا النطاق. أوضحت مرئية الدمج الملون الكاذب تطابقا كبيرا بين اللون الشذري الظاهر فيها مع الانعكاسية المتباينة المستقاة من مرئية النسبة الطيفية ومرئية المركبات الأساسية من خلال ظهور هذا اللون (اي الشذري) بشكل نطاق يحيط بلب الطية، وحصول إزاحة واضحة لهذا اللون في المنطقة الوسطية للطية وعدم وجوده في أنطقة الجناح الجنوبي للتركيب، ويلاحظ كذلك حصول زيادة في كثافة هذا اللون باتجاه الجناح الشمالي، اللوحة (5-2-D).

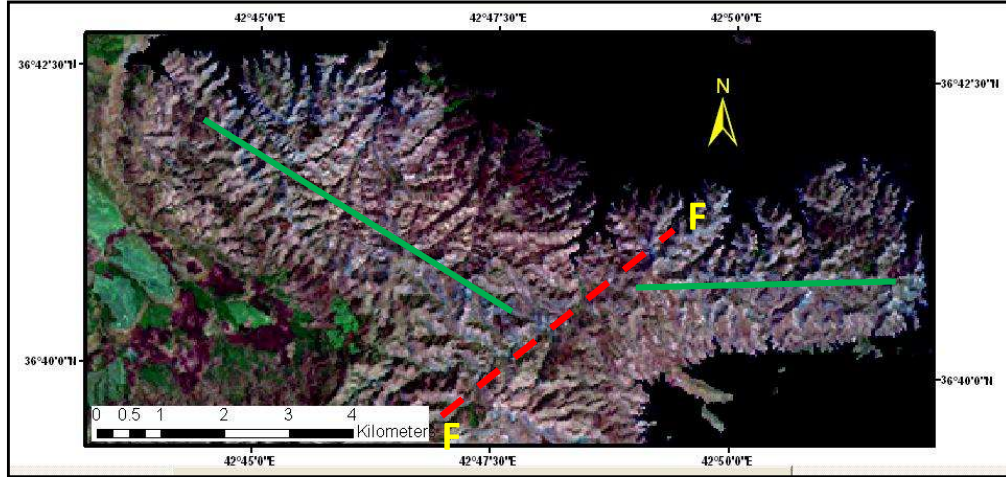




## 8-2-2 التحليل التركيبى لأنطقة الشذوذ الطيفى

تتصف طية رافان بقلة درجة عدم التماثل، إذ لوحظ حقلها ان الفرق في الميل بين طبقات الجناح الشمالى والجنوبى لا يتعدى ( $10^{\circ}$ ). واعتمادا على ما تم ذكره في دراسات سابقة التي تناولت مضمون تاثر معظم طيات نطاق الفورلاندر بصدوع ليستيرية أدت إلى حصول عدم تماثل فيها واتكاءها في طرف معين (Numan and Al-Azzawi,1993)، (العزاوي، 2003)، وحسب هذه الدراسات فإن طية رافان يفترض أنها تأثرت بصدع ليستيري درزى وذلك لاتكائها نحو الشمال. وبما أن درجة الاتكاء قليلة أي أن الفرق بين ميل الجناح الشمالى عن الجنوبى قليل. لذلك يمكن القول بأن ميل مستوي الصدع اللىستيري درزى الاتكاء المؤثر في هذه الطية كان ذا ميل عالٍ بحيث أدى إلى تكوين طبقات متناظرة تقريبا في الميل وبالتالي تركيز الاجهادات في المنطقة المفصلية وبعض الصخور في طبقات الجناح الشمالى القريبة من هذه المنطقة. وهذا نجم عنه نضوح للمواد الهايدروكاربونية في هذه المواقع من الطية وتكوين أنطقة تحلل في الصخور نتيجة النضوح عبر مستوي هذا الصدع اللىستيري درزى الاتكاء او ما سببه هذا الصدع من تكسرات. كما يعتقد الباحث أيضا ان اختلاف الإزاحات على طول هذا الصدع هي التي سببت الاختلافات في كثافة النضوحات وتوزيعها على طول الطية، إذ يرتفع الجزء الغربى لطيّة رافان بحدود (561) مترا، في حين لا يتعدى ارتفاع أعلى نقطة في الجزء الشرقى من طية رافان عن (432) مترا عن مستوى سطح البحر. وهذا يفسر كثافة الانعكاسات المتباينة على الأجزاء الغربية من الطية وقتلتها على الشرقية. أما فيما يخص الجزء الشرقى من الطية وتحديد المقطع (C) فقد وجد من تحاليل المعالجة لهذه المنطقة ان قيم الانعكاسات المتباينة

تأخذ نمطاً خطياً واضحاً مفصلاً بإزاحة مقدارها (1.1) كم (مقاسه من المرئية الفضائية). إن ظهور الانعكاسات بهيئة خطية مفصولة قد يكون ناجم عن صدع مضربي يساري بامتداده شمال- جنوب، ويلاحظ كذلك ان حركة الصدع قد اثرت أيضا على مفصل الطية من خلال الانحراف، اللوحة (7-2)، الملحق (2).

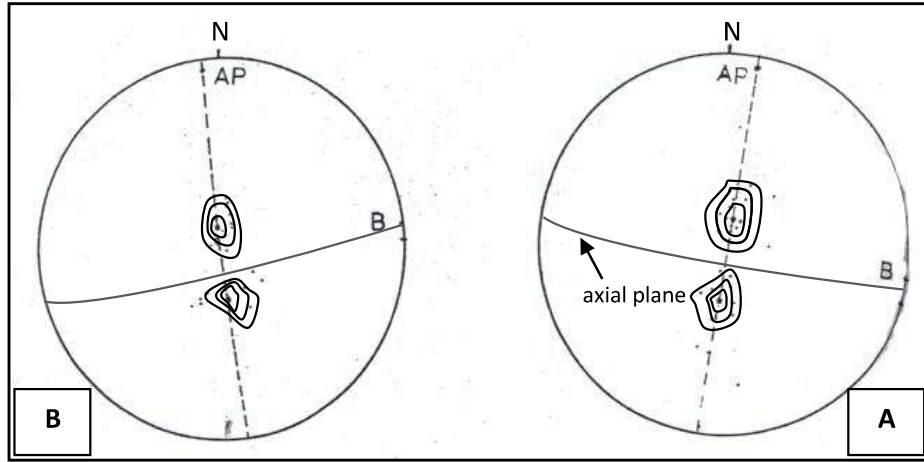


اللوحة (7-2) تأثير صدع الإزاحة المضربية على الجزء الشرقي من طية رافان

## 9-2 طية ساسان (Sasan Anticline)

تعد طية ساسان طية محدبة غير متناظرة ثنائية الغطس منحنية المفصل تمتد باتجاه شرق - غرب. ويلاحظ وجود إزاحة في مفصل الطية بحيث تظهر الطية في جزئين منفصلين جزء شرقي وجزء غربي. واعتمادا على ذلك اعتبرها محي الدين (Mohi Ad Din et al, 1978) بأنها مكونة من قبتين أطلق عليهما القبة الشرقية والقبة الغربية. يتميز الطرف الجنوبي للطية باستقامته النسبية وبأنه اقل ميلا من الطرف الشمالي الذي يظهر تقوسا تحديبا باتجاه الشمال (العابدي، 1986) وبهذا يكون انكاء الطية باتجاه الشمال. يبلغ طول الطية حوالي (18) كم وأقصى عرض لها (7.5) كم. ان الجزء الشرقي للطية يمثل معظم هيكلها التركيبي وياخذ الخط المفصلي في هذا الجزء اتجاه شرق جنوب شرق - غرب شمال غرب وبشكل تقوس تحديبي نحو الشمال. تقدر قيمة زاوية غطسه عند الغاطس الشرقي بحدود ( $13^\circ$ ) درجة. ويمثل الشكل (8-2-A) مخطط باي للقبة الشرقية إذ يتضح من نتائج الاسقاط الستيريوغرافي لاقطاب مستويات التطبيق بأن الطية اسطوانية وذات محور افقي يتجه باتجاه (098). بلغت قيمة الزاوية الداخلية المحصورة بين طرفي الطية حوالي ( $145^\circ$ )، وتكون وضعية المستوي المحوري (278/84) (العابدي، 1986). أما الجزء الغربي فيكون بشكل مثلث قاعدته قصيرة وملتصقة بالجزء الشرقي للطية ورأسه يغطس باتجاه الغرب ، إذ يقترب طول مفصل هذا الجزء من (9) كم وياخذ اتجاه شرق- غرب. يلاحظ ان هذا الجزء اوطا طوبوغرافيا من الجزء الشرقي ويظهر انخفاض عند منتصفه يمر من خلاله وادي كبير يقطع الطية بشكل مستعرض.

تظهر الطية في هذا الجزء بأنها غير متناظرة واتكأها باتجاه الشمال ولكن تقل درجة عدم التناظر باتجاه الغاطس الغربي بينما بلغت أقصى قيمتين للميل في الطرف الشمالي والجنوبي المأخوذ في هذا الجزء من الطية ( $30^\circ$ ) و ( $18^\circ$ ) على التوالي. كما يمتاز هذا الجزء بمنطقة مفصلية شبه دائرية وضيقة نسبيا مقارنة مع الجزء الشرقي. اظهر الاسقاط الستيريوغرافي لاقطاب مستويات التطبق بأن الطية اسطوانية وان وضعية المستوي المحوري (264/86)، وقد بلغت الزاوية الداخلية بين طرفي الطية ( $150^\circ$ )، الشكل (8-2-B).



الشكل (8-2) مخطط باي لطيّة ساسان عن (العابدي، 1986). A: القبة الشرقية B: القبة الغربية

### 9-2-1 تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية ساسان

أوضحت مرئية النسبة الطيفية لطيّة ساسان اللوحة (8-2-A-B)، أن الانعكاسات المتباينة تقع في المنطقة المفصلية وبتجاه الجناح الجنوبي للطيّة، كما يلاحظ ان الأطراف الخارجية للجناح الجنوبي تبدي هذه الانعكاسات في بعض الأجزاء او المناطق التي تشكل بعض المكاشف الصخرية المتاخمة للوديان المتوازية (العمودية على محور الطية) في منطقة الهيكل الخارجي للطيّة (كما في طية شيخ ابراهيم)، وقد تم حقلها ملاحظة وجود مكاشف من صخور الحجر الجيري المتحللة الحاوية على اكاسيد الحديد ومادة بينية قيرية (بيتوميينية) والتي التي تمت ملاحظتها في أثناء عملية كسر النماذج من المكشف الصخري، اللوحة (9-2)، وهذا ما أشار اليه (العابدي، 1986) في وصفه لصخور تكوين الفتحة ضمن طية ساسان والذي أشار فيه إلى ان بعض الوحدات الثانوية ضمن العضو السفلي من التكوين احتوت على حجر جيري قيري. لقد لوحظ في الغاطس الشرقي لقبة ساسان الشرقية (باتجاه مدينة تلغفر) تواجد لانعكاسات لونية متباينة في مرئية النسبة الطيفية اللوحة (8-2-A-B)، تمثلت بشدة لونية حمراء مصفرة. كما تم في اللوحة السابقة نفسها تأشير تواجد الانعكاسات نفسها بمظهر خطي منتظم في النطاق

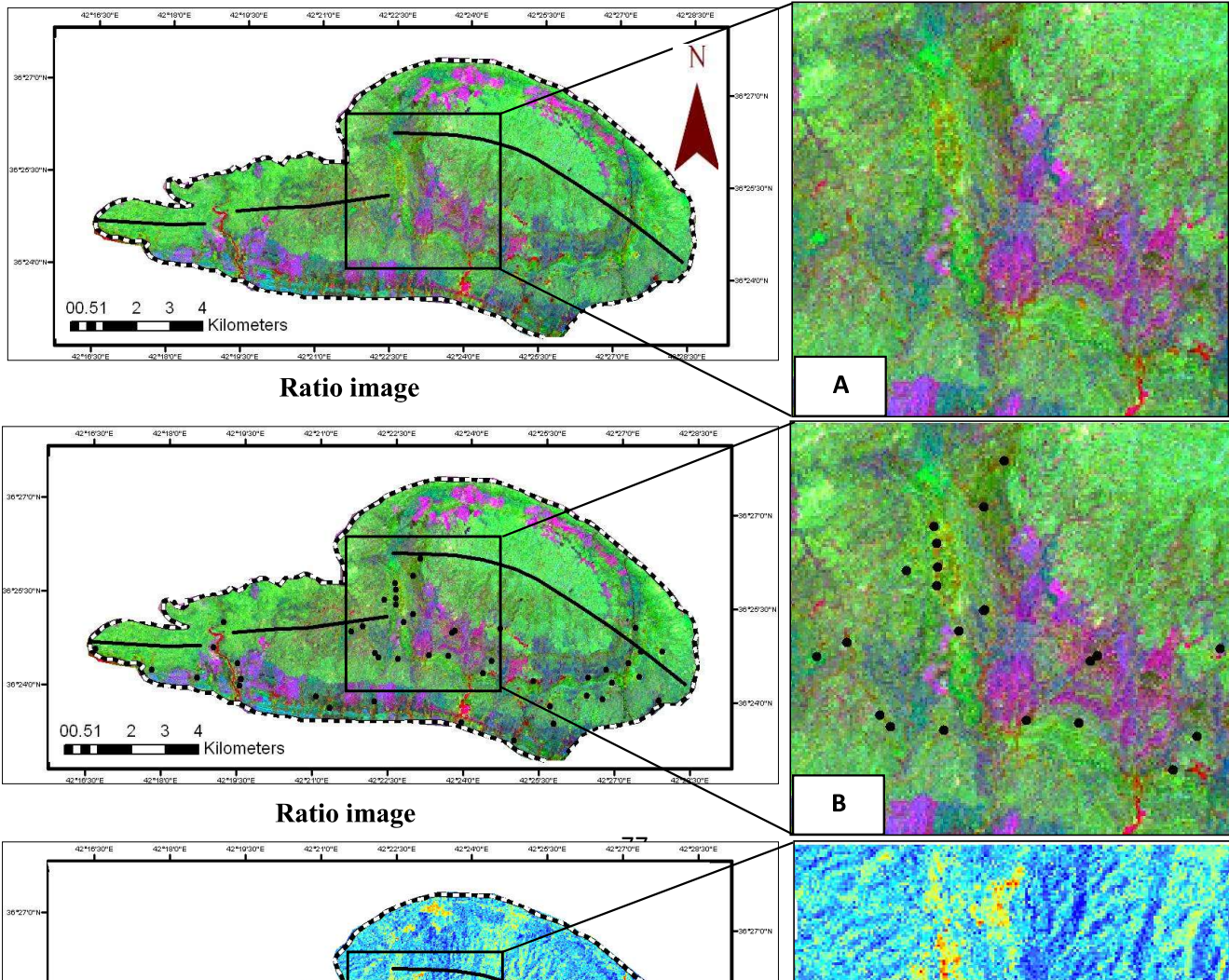
السرقي الفاصل بين القبة الشرقية والغربية وتحديداً عند مستوى صدع الازاحة المضربية والذي سيتم التطرق إليه في الفقرة القادمة.

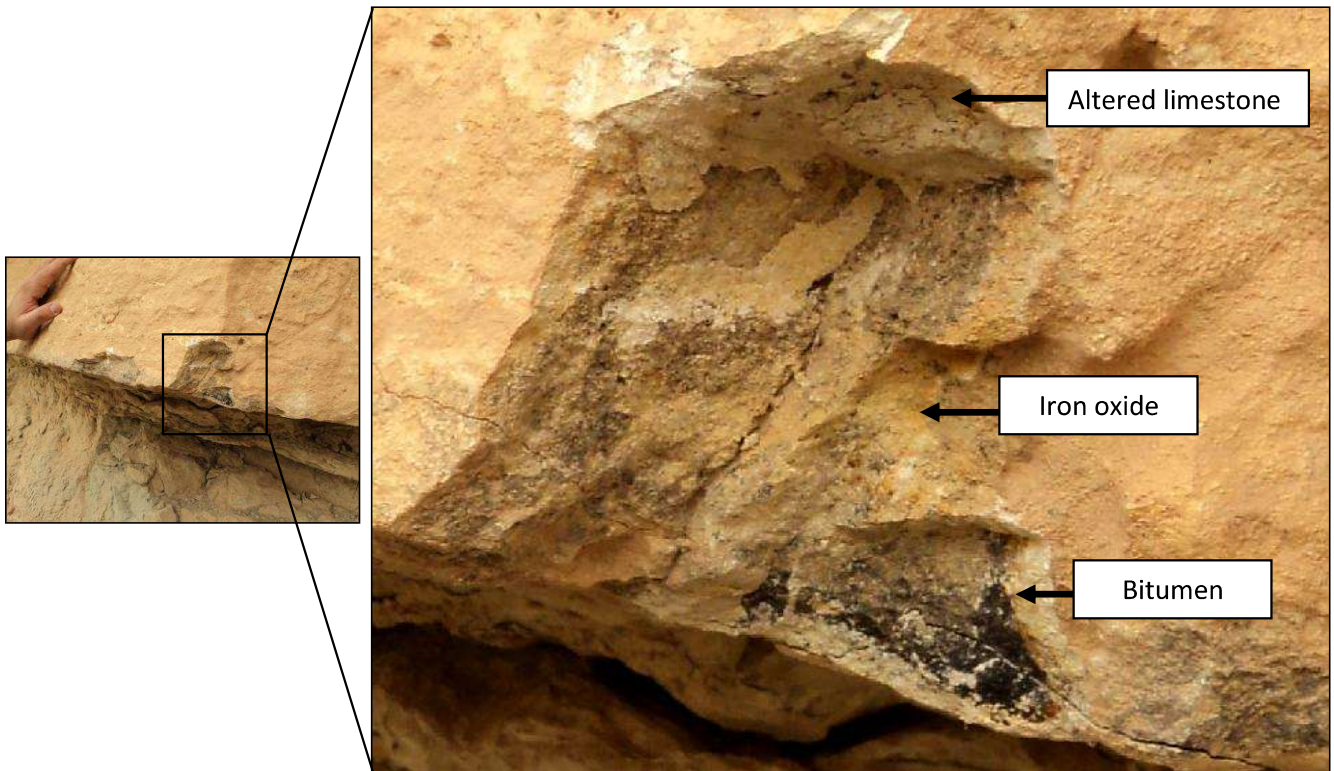
أوضحت مرئية النسبة للقبة الغربية ان الانعكاسات المتباينة تكون بشكل نطاق دائري في المنطقة المفصلية للقبة الغربية ولا يلاحظ تواجدها في الجناح الشمالي للقبة. من خلال مقارنة مرئية النسبة الطيفية مع مرئيتي المركبات الأساسية، اللوحة (8-2-C)، الملحق (1) والدمج الملون الكاذب، اللوحة (8-2-D)، فقد لوحظ ان هنالك تطابقا كبيرا للنتائج السابقة من خلال ظهور القيم الواطئة في المركبة الثالثة في بعض المناطق في لب الطية وانتشار توزيعها في الجناح الجنوبي فضلا عن ظهور اللون الشذري في مرئية الدمج الملون الكاذب في المناطق ذاتها.

## 9-2-2 التحليل التركيبي لأنطقة الشذوذ الطيفي

ان الصدع الليستيري في طية ساسان المقترح من قبل (العزاوي، 2003) هو من النوع الدرزي وقد اثر على تناظر الطية قليلا وهذا ما توضحه قيم الميل على طرفي الطية الشمالي والجنوبي، الا ان اقتصار وجود أنطقة التحلل المصاحبة للنضوحات النفطية على بعض أجزاء الطرف الجنوبي يعود إلى ان معظم أجزاء هذه الطية تكون واقعة بين صدعي ازاحة مضربية، اللوحة (10-2)، يكون الأول يسارياً ضمن نطاق الطية وأدى إلى فصل قبة ساسان الشرقية عن القبة الغربية، وأشار محي الدين (Mohi Ad- dain et al., 1978) إلى ان هذا الصدع تحت سطحي وان أثاره لا تظهر على السطح، وقد دعم (العابدي، 1986) احتمالية وجود هذا الصدع بدراسته لمستويات التطبيق في صخور القبة الشرقية والغربية لتركيب ساسان، و اضاف (العزاوي، 2003) إلى ان الصدع المضربي اليساري هذا قد تركزت حركته في البلوك الواقع إلى شرق الفالق مما أدى إلى اندفاع هذا البلوك باتجاه الشمال نسبة إلى البلوك الواقع غرب الفالق المضربي. ويلاحظ ظهور أنماط الانعكاسات المتباينة العاكسة لأنطقة التحلل بنمط خطي واضح في نطاق هذا الصدع وكما موضح في الأجزاء المكبرة للوحة (8-2). أما الصدع الثاني فيتموضع في المنطقة الفاصلة بين طيتي شيخ ابراهيم وساسان ويكون ذا ازاحة مضربية يمينية مع وجود رفع للجزء اليميني أكثر من الجزء اليساري المناظر، وهذا ما يفسر ارتفاع الغاطس الشرقي لطيبة ساسان مقارنة بالغاتس الغربي لطيبة شيخ ابراهيم. تعد الدراسة الخاصة بالاطار التكتوني الحديث لبعض المناطق من الرصيف غير المستقر بضمنها طية ساسان والمقدمة من قبل (الجوادي، 1998) من المصادر الحديثة التي تؤكد وجود هذين الصدعين، ان وجود التباينات في الانعكاسية الطيفية واقتصارها على المناطق الواقعة في الجناح الجنوبي وعدم

ظهورها في الجناح الشمالي يدل للوهلة الأولى على ان أنطقة الضعف تحت السطحية (العاملة كممرات لنقل المواد الهيدروكربونية) تكون متركزة على الطرف الجنوبي من الطية وان من الدلائل على ذلك هو ان ترافق الحركة اليمينية للصدع الواقع شرقي تركيب ساسان(الصدع الفاصل بين طيتي ساسان وشيخ ابراهيم) مع الحركة اليسارية للصدع الفاصل بين القبة الشرقية والغربية من طية ساسان) يمكن ان ينتج نظريا أنطقة شد واسعة في الطرف الجنوبي من التركيب، وهذا ما أكده العمل الحقلّي من خلال ملاحظة أنطقة من المواد العضوية البيتيومينية (نضوح ثقيل في طبقات الحجر الجيري من تكوين الفتحة مترافق يعلوها أنطقة تحلل واسعة ناجمة عن النضوح الخفيف (الغازات المبتعدة والمخلفة للمواد العضوية الثقيلة). ونظراً لتعذر الوصول إلى منطقة لب الطية الشرقية كونها منطقة عسكرية محظورة، فقد تم الاستفسار من بعض السكان عن وجود اية أدلة نفطية سطحية وقد أشاروا إلى انه عند الاقتراب من نطاق لب الطية يوجد تجمعات قيرية خارجة من السطح (اتصال شخصي مع بعض السكان من قرية ترمي). هنا يجب الإشارة إلى تواجد بعض التباينات في الانعكاسات الطيفية للطرف الجنوبي من القبة الغربية قد يكون ناجماً عن وقوع هذه القبة بين صدعي ازاحة مضرية الأول ما تم ذكره سابقاً أما الثاني فيمكن تأشير تواجده بالوادي الكبير القاطع للقبة الغربية الذي يعتقد انه قد فصل القبة الغربية عن قبة أخرى وبالتالي فإن طية ساسان يمكن ان تتكون من ثلاث قباب وكما موضح في اللوحة (2-10)، الملحق (2).



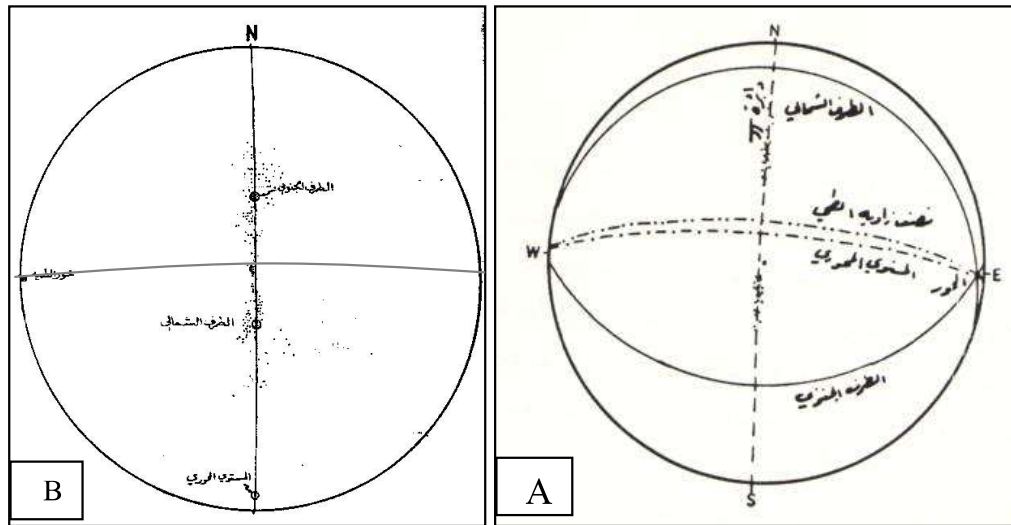


اللوحة (9-2) طبقات من الحجر الجيري لتكوين الفتحة ضمن طية ساسان المتأثرة بالتحلل



## 10-2 طية بطمة (Butmah Anticline)

تقع هذه الطية إلى الجنوب من طيتي رافان وعين زالة المحدثتين، وهي عبارة عن طية محدبة غير متناظرة متكونة من جزئين يطلق على الأولى طية بطمة الشرقية والثانية طية بطمة الغربية. تكون الطية الشرقية ثنائية الغطس وذات محور يمتد باتجاه شرق غرب وتتكى باتجاه الجنوب (الحديثي، 1990). ان الاسقاط الستيريوغرافي لأقطاب مستويات التطبق لطيبة بطمة الشرقية بين انها اسطوانية، ويتجه مضرب المستوي المحوري للطيبة باتجاه شرق-غرب ويميل بزاوية (79°) باتجاه (N01E) ويغطس محور الطية بزاوية (04°) باتجاه (N91E)، كما بلغت قيمة الزاوية الداخلية بين جناحي الطية حوالي (126°)، الشكل (9-2-A).



الشكل (9-2) مخطط باي لطيتي بطمة الشرقية (A) (الحديثي، 1990) و بطمة الغربية (B) (النائب، 1982)

تعد طية بطمة الغربية طية محدبة غير متناظرة ذات غاطسين وياخذ مستويها المحوري اتجاه شرق غرب، وتمتد بطول (12) كم، ويتميز طرفها الجنوبي باستقامته في حين يكون طرفها الشمالي محدبا باتجاه الأجزاء الشمالية للطية. يمثل الشكل (9-2-B) مخطط باي للأجزاء الوسطية من للطية، الذي يبين ان هنالك تباينا ملحوظا في زوايا ميل طبقات الطرف الشمالي والجنوبي للطية التي تظهر كذلك بشكل اسطواني وبمحور شبه أفقي، وتكون قيمة الزوايا الداخلية بين طرفي الطية حوالي (135)، كما ان وضعية المستوي المحوري (090/80) (النائب، 1982).

### 10-2-1 تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية بطمة

تم تقسيم طيتي بطمة (الشرقية والغربية) إلى ثلاثة مقاطع، إذ يلاحظ ان الانعكاسات المتباينة لمريئة النسبة الطيفية في المقطع (A)، اللوحة (11-2-A)، تظهر في الجناح الجنوبي وتحديدًا في الغاطس الشرقي للقبة الشرقية، إذ عكست هذه الانعكاسية وجود أنطقة تحلل في تكوين الفتحة من خلال زيادة في نسبة اكاسيد الحديد. تم توثيق هذه الزيادة حقلًا من ملاحظة مكاشف صخرية متنوعة تشمل تحلل العديد من صخور الحجر الجيري لتكوين الفتحة إلى معادن حديدية كالجاروسايت اللوحة (12-2)، في حين لم يلاحظ وجود هذا التحلل في طبقات الجناح الشمالي من هذه الطية.

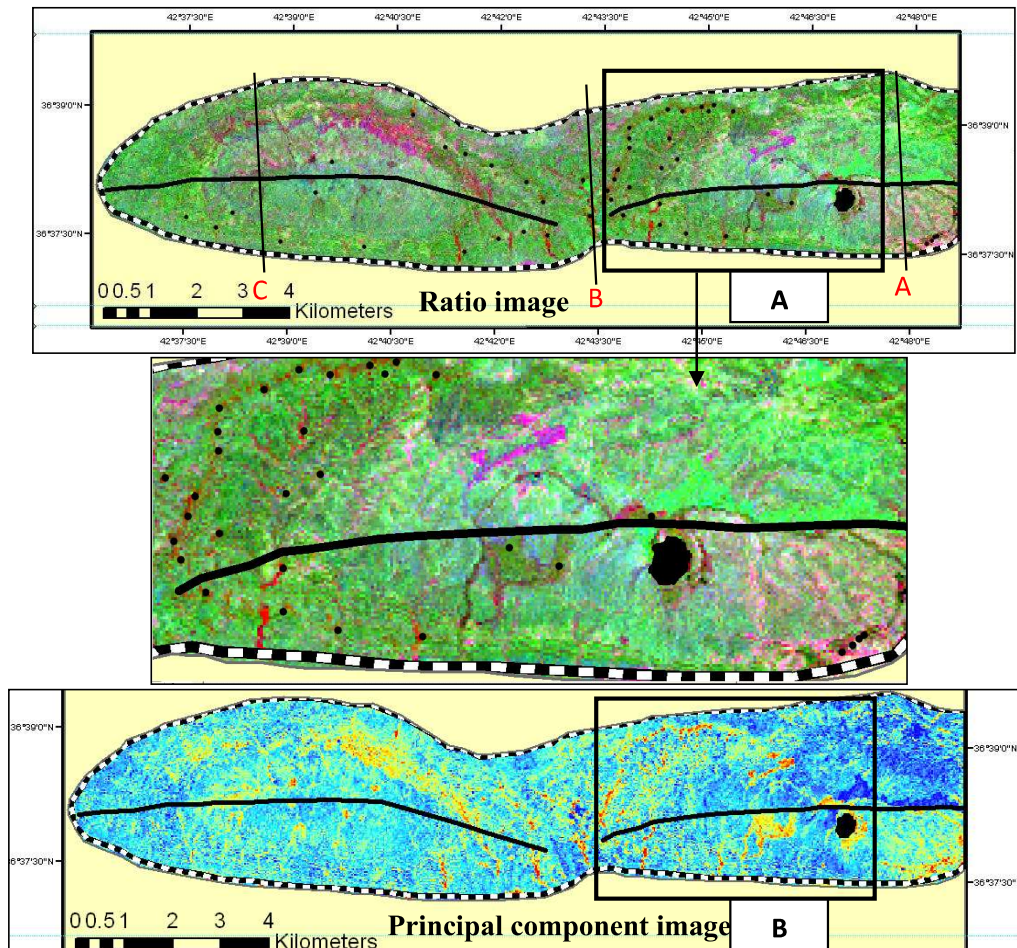
أما في المقطع (B) وبالتحديد المنطقة السرجية الفاصلة بين القبة الشرقية والغربية لتكوين بطمة، فقد لوحظ وجود تركيز للوحدات الصورية ذات الانعكاسية المتباينة وتمركزها على المنحدرات العكسية (Back slope) التي تظهر فيها مكاشف صخور تكوين الفتحة في كلا طبقات الجناح الجنوبي والشمالي لغاطسي الطيتين الشرقية والغربية، كما يلاحظ قلة هذه الانعكاسات مع الابتعاد عن منطقة السرج، وهذا ما توضح في أجزاء المقطع (c) الذي يبين تواجد أنماط الانعكاسات المتباينة في الجناح الجنوبي من طية بطمة الغربية ولا يلاحظ تواجدها في الجناح الشمالي. واعتمادًا على ما سبق يكون تواجد التباينات في الانعكاسية الطيفية لطية بطمة في الجناح الجنوبي دون الشمالي باستثناء منطقة السرج التي توضح امتداد هذه الانعكاسات إلى طبقات الجناح الشمالي وهذا ما يمكن ملاحظته كذلك في مريئي المركبات، اللوحة (11-2-B)، والدمج الملون الكاذب اللوحة (11-2-C) الملحق (1).

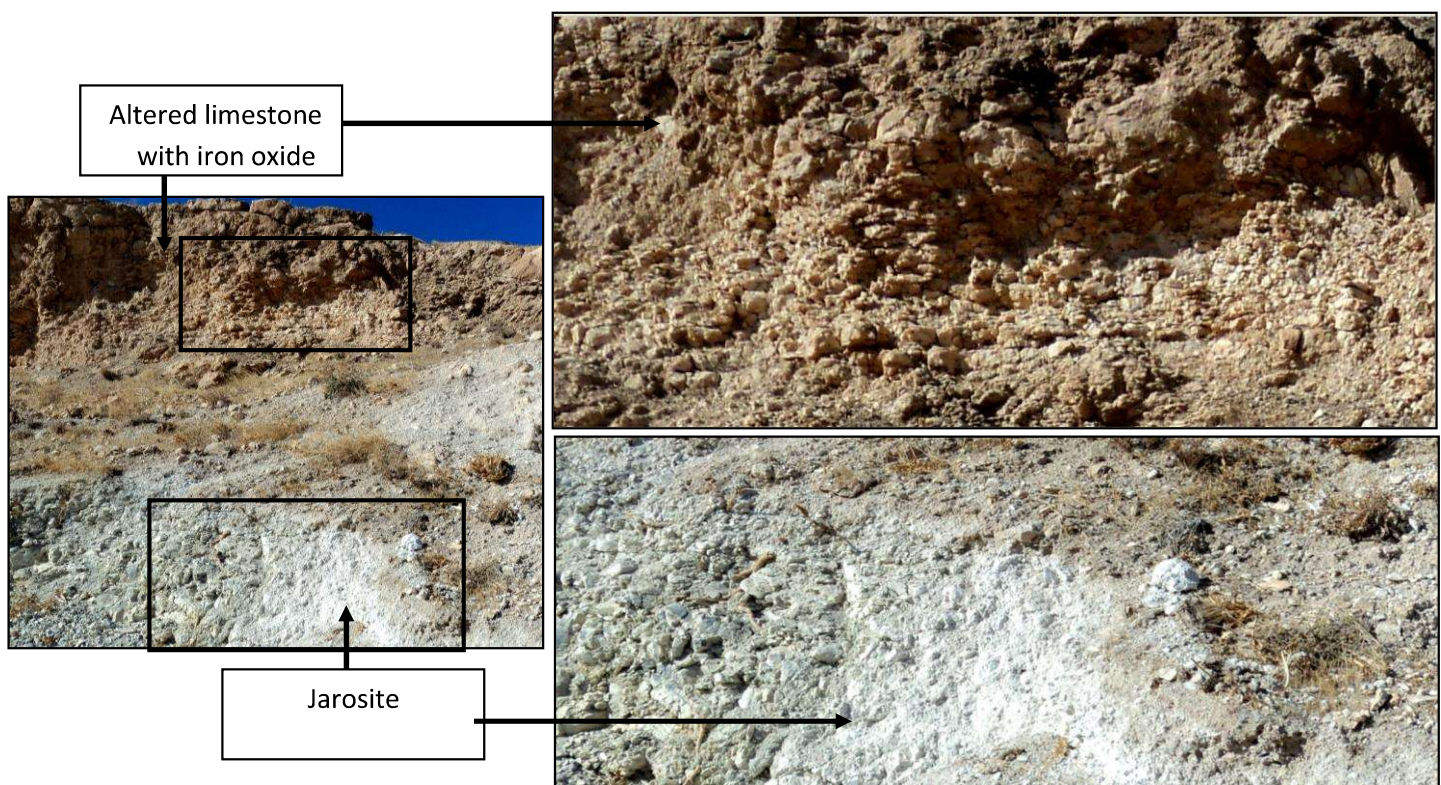
### 10-2-2 التحليل التركيبي لأنطقة الشذوذ الطيفي

إن ظهور نطاق من الانعكاسات المتباينة في الجناح الجنوبي دون الشمالي بشكل عام يعزى إلى تاثر الطية بفالق فورلاندي الانتكاء الذي يساعد على نمو الطية وزيادة انغلاقها وانكائها نحو الجنوب.

ان هذه الزيادة والتقدم في النمو ادى إلى تطور الاجهادات نتيجة رفع أجزاء الجناح الجنوبي العليا نتيجة الحركة المعكوسة للصدع الليستيري الذي ذكر في الدراسات السابقة، وهذا ما توضح أيضا من خلال نموذج الارتفاعات الرقمية المصنف لطيّة بطمة. يلاحظ في النطاق الفاصل بين طيتي بطمة الشرقية والغربية زيادة في ظهور أنماط من الانعكاسات المتباينة على طرفي الطية وتوزيعها على المنحدرات العكسية والمناطق المجاورة، إذ تمثل هذه المنطقة نطاقا واسعا بهياة تركيب سرجي ضحل (Gentle saddle).

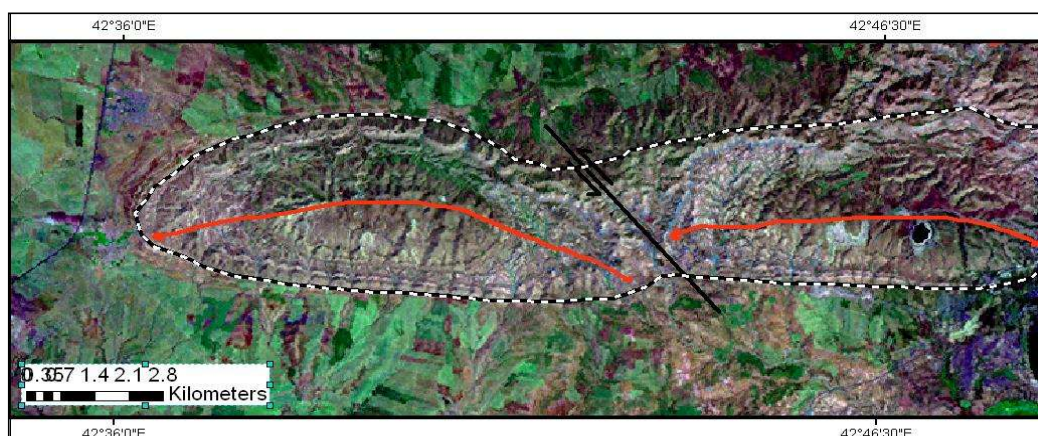
واعتمادا على خصائص الانعكاسية فقد يعزى ماسبق إلى ان هنالك دلائل تشير إلى وجود صدع ازاحة مخرية في منطقة السرج تتمثل بظهور طية بطمة الشرقية والغربية بنمط انشلوني فضلا عن تحديد مظهر خطي في منطقة السرج كذلك، اللوحة (2-13)، الملحق (2)، يعتقد ان الحركة على هذا الصدع أدت إلى تكوين ممرات تحت سطحية تسببت في حصول نضوح هايدروكاربوني خفيف وزيادة تراكيز الانبعاثات السطحية من خلال أسطح التطبيق.





اللوحة (12-2) طبقات متحللة من الحجر الجيري ضمن تكوين الفتحة في طية بطمة الشرقية

أوضح التفسير البصري لمرئية لاندسات ان الازاحة يسارية لهذا الصدع تصل إلى (600) مترا، وهذا ما وضحه أيضا التفسير الرقمي لبيانات الارتفاعات الرقمية للمنطقة وكذلك التفسير الجيومورفولوجي من خلال الاستقامة المفاجئة للوديان، لذا يعتقد ان الكثافات في الانعكاسات المتباينة قد نتجت عن الإزاحات على مستوى الصدع التي أدت إلى تكوين العديد من التكررات وانطق الضعف التي عملت بشكل ممرات لتسرب النفط. يلاحظ في الأجزاء الوسطية والغربية من القبة الغربية ان نسبة الانعكاسات المتباينة تكون بكثافة اقل عن ما تم ملاحظته من المقطعين السابقين، وقد يعود هذا إلى ان تأثير الصدع فورلاندي الاتكاء قد كان أكبر على القبة الشرقية مقارنة بالغربية وهذا ما توضح من خلال زيادة الميل العالي في طبقات الجناح الجنوبي للقبة الشرقية مقارنة بالقبة الغربية.

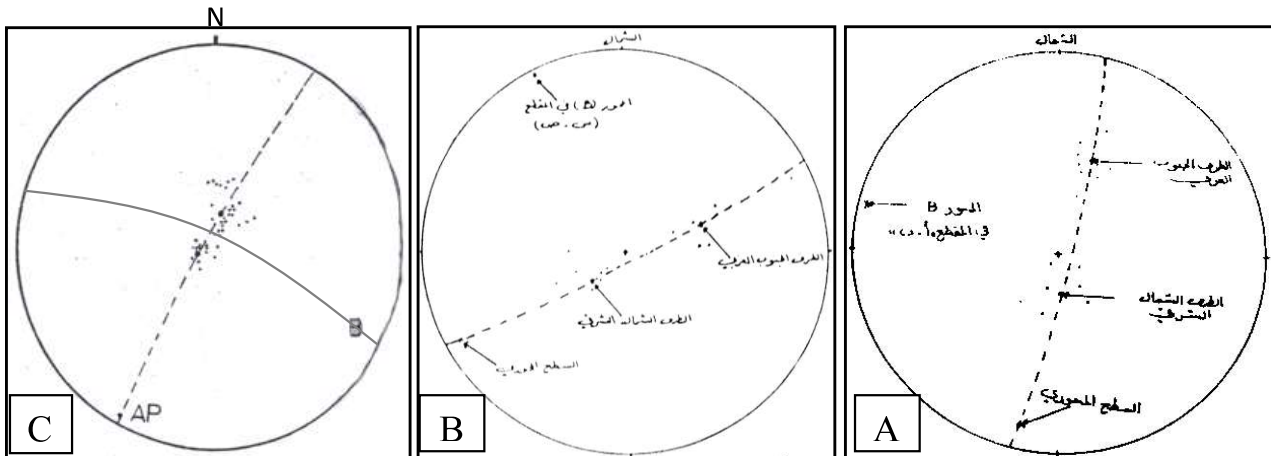


اللوحة (2-13) الصدع المضربي في المنطقة السرجية بين طيتي بطمة الشرقية والغربية  
11-2 طيات شيخ ابراهيم زمبار-المحلبية

### (Shaikh Ibrahim, Zumbar- Mohalyibia anticlines)

ان تركيب شيخ ابراهيم يعد من الطيات واسعة الامتداد في نطاق طيات الفورلاندي ويتكون من ثلاث قباب هي من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي المحلبية - شيخ ابراهيم - زمبار (Mohi Ad- dain et al., 1978)، الا ان الدراسة المعدة من قبل كل من قلندر والعزاوي (Kalander and Al- Azzawi, 1995) و كذلك الدراسة المعدة من قبل فنوش (فنوش، 1989)، اكدت ان شيخ ابراهيم وزمبار والمحلبية هي طيات منفصلة. ان طيتي زمبار وشيخ ابراهيم تتفصلان عن بعضهما بسرج تركيبتي ذي نطاق ضيق، على العكس من ذلك يكون السرج الفاصل ما بين طية المحلبية وطية شيخ ابراهيم ذا نطاق أعرض ويمكن تحديده بدقة من خلال بيانات الارتفاعات الرقمية.

ان طية شيخ ابراهيم عبارة عن طية محدبة غير متناظرة ثنائية الغطس يكون محورها باتجاه (شمال غرب - جنوب شرق) ويكون خط مفصل الطية من النوع المنحني حيث ينحرف في جزئها الوسطي مقابل قرية شيخ ابراهيم، وقد درس (فنوش، 1989) هذه الطية وأشار إلى انها تمتد بطول (13.5) كم وأقصى عرض لها (6.5) كم وان اتكائها نحو الجنوب. يحد طية شيخ ابراهيم من الجهة الشرقية طية المحلية إذ تسمى المنطقة الفاصلة بين الطيتين سرج المحلية (نادر، 1983) ويعد تركيب المحلية طية محدبة غير متناظرة ثنائية الغطس، إذ ينتهي غاطسها الشمالي الغربي بسرج المحلية وغطسها الجنوبي الشرقي بسرج يفصلها عن طية عداية بالقرب من قرية الطينية. إن خط المفصل لهذه الطية يكون بشكل منحٍ ويمتد باتجاه شمال غرب - جنوب شرق أما المنطقة المفصلية فهي شبه دائرية. يحد طية شيخ ابراهيم من الشمال الغربي طية زمبار وهي طية محدبة ببيضوية الشكل غير متناظرة ثنائية الغطس تمتد باتجاه شمال غرب جنوب شرق ويفصلها عن طية ساسان المحدبة سرج عريض وبنمط انشلاوني (Enechelon) في حين يكون السرج الفاصل ما بين طية شيخ ابراهيم وطية زمبار في منطقة ضيقة وغير واضح المعالم. يبلغ طول مفصل طية زمبار حوالي (9) كم، وابتدئ غاطسها الجنوبي الشرقي باتجاه شمال غرب - جنوب شرق ثم يتغير اتجاهه عند مركز الطية ليصبح بموازاة مفصل الجزء الشرقي من طية ساسان. يتميز الطرف الجنوبي الغربي للطية باستقامته النسبية مقارنة بالطرف الشمالي الشرقي الذي يبدو أكثر تقوساً نحو الشمال الشرقي (العابدي، 1986). يوضح الشكل (2-10) مخططات باي لطيات شيخ ابراهيم وزمبار والمحلية، إذ يلاحظ ان طية شيخ ابراهيم اسطوانية ويميل سطحها المحوري بمقدار (010/78) وان قيمة الزوايا الداخلية بين طرفي الطية حوالي (22°). أوضح مخطط باي لطية المحلية انها اسطوانية وذات سطح محوري يميل بمقدار (070/87)، وأن قيمة الزوايا الداخلية بين طرفي الطية حوالي (120°). يلاحظ في طية زمبار ان السطح المحوري يميل بمقدار (030/84)، وان الزاوية الداخلية بين طرفي الطية حوالي (162°).



الشكل (2-10) مخطط باي لطية شيخ ابراهيم (A) والمحلية (B) (فنوش، 1989) و زمبار (c) (العابدي، 1986)

### 11-2-1 تطبيق طرق المعالجة على طية شيخ ابراهيم المحلبيية وزمبار

توضح اللوحة (14-2-A-B) مرئية النسبة الطيفية واللوحة (14-2-C) مرئية المركبات الأساسية واللوحة (14-2-D) مرئية الدمج الملون الكاذب لطيات شيخ ابراهيم وزمبار والمحلبيية والتي يلاحظ فيها ظهور واضح للانعكاسات المتباينة ونمط توزيعها وكما يأتي:

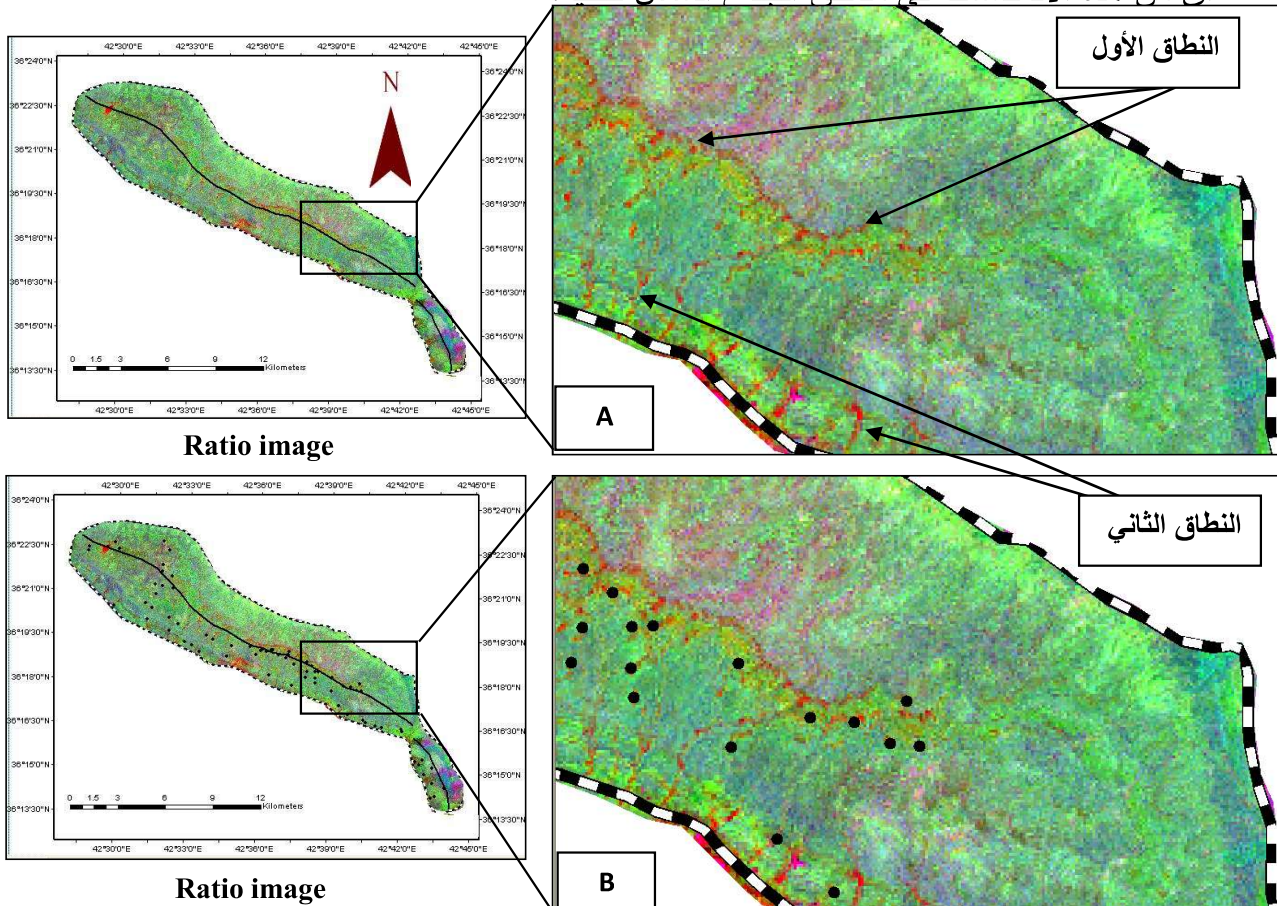
أولاً: طية شيخ ابراهيم: لوحظت الانعكاسات المتباينة في الجزء الوسطي(منطقة اللب) والجزء الجنوبي من الطية ولم يؤشر وجود أيًا منها في الجناح الشمالي من الطية. ويلاحظ ان قيم الوحدات التصويرية ذات الانعكاسية المتباينة تكون متمركزة في ثلاثة أنطقة يكون الأول في بعض المكاشف المتاخمة للوديان المنتشرة (العمودية تقريبا على محور الطية) ضمن وحدة الحاجز الخارجي للطية (Outer homoclinal)، إذ تتباين الشدة اللونية في هذه الوديان والتي يظهر بعضها بنمط احمر مصفر ذي لون خفيف والأخر يعكس اللون نفسه ولكن بشدة لونية أكبر اللوحة (14-2-A). يلاحظ استمرار التباين في الانعكاسية في هذه المنطقة لجميع أجزاء الجناح الجنوبي وبنمط منتظم. ان زيادة التكررات في طبقات الجناح الجنوبي (نتيجة الزيادة في الميل) تساعد على النضوح. فضلا عن ان شبكة الوديان المنحدرة من المنطقة المفصلية للطية (وحدة الحاجز الخلفي) والقاطعة للجناح الجنوبي تعمل كذلك على نقل الصخور الحاملة للمواد الهيدروكربونية. وتم في أثناء العمل الحقلية ملاحظة أنطقة تحلل متصاحبة مع مواد قيرية مائلة للمادة البينية بين طبقات صخور الجبس او بهيأة عقد قيرية في طبقات صخور الحجر الجيري المتحللة لطبقات العضو السفلي من تكوين الفتحة، اللوحة (2-15) لمناطق النطاق الأول نفسها. أما النطاق الثاني فيلاحظ توزيع الانعكاسية المتباينة في منطقة لب الطية، إذ تكون الانعكاسية في هذه المناطق ذات مظهر خطي منتظم في المنطقة المفصلية الواقعة بين قرية بحور و قرية شيخ ابراهيم. إن توزيع هذه الانعكاسات يكون غير منتظم وذا كثافة اقل عند الانتقال إلى الشمال الغربي من المنطقة المفصلية لطيية شيخ ابراهيم، في حين يلاحظ اختفاء اي مظهر لهذه الانعكاسات في المنطقة المفصلية الواقعة باتجاه الأجزاء الجنوبية الشرقية من الطية، اللوحة (14-2-A). يتمثل النطاق الثالث بمنطقة ترسبات العصر الرباعي او ما يسمى جيومورفولوجيا نطاق السطوح التعرؤية الواقعة إلى الجنوب الغربي من طية شيخ إبراهيم اللوحة (2-16-A). إذ يلاحظ احتواءها على نمط انعكاسية مختلف يأخذ الانعكاسية ذاتها الظاهرة في طية شيخ ابراهيم ويكون تركيز الانعكاسية هذه في المنطقة الواقعة بين قريتي بحور وشيخ ابراهيم. ولم يلاحظ أية دلائل لهذه الانعكاسات في منطقة ترسبات العصر الرباعي الواقعة إلى

الفصل الثاني..... طرق المعالجة الرقمية اساسياتها واستخدامها في تحديد دلائل النضوح النفطي الخفيف

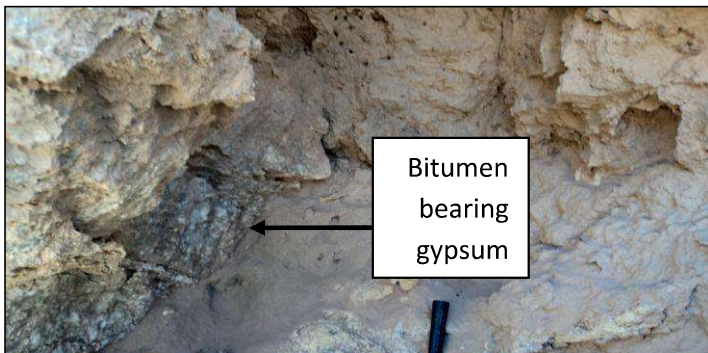
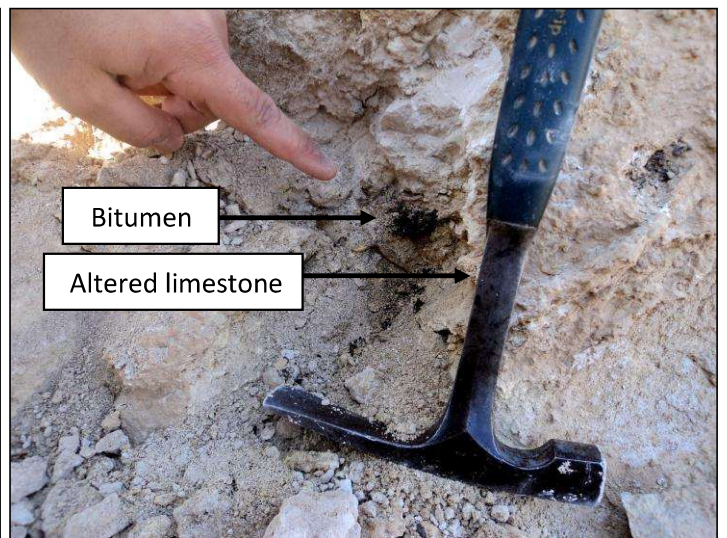
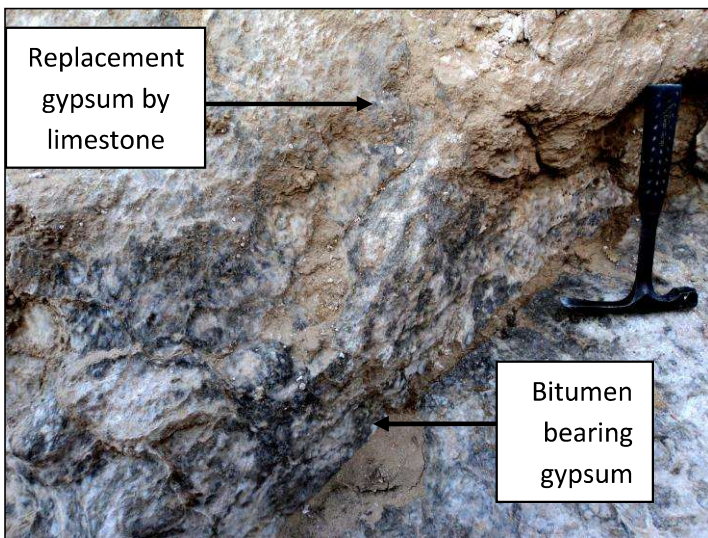
الشمال الشرقي من طية شيخ ابراهيم. كما يلاحظ تأثر الكلوروفيل النباتي في الأجزاء الجنوبية دون الشمالية، اللوحة (16-2-B)، الملحق (2) مما يؤكد وجود تأثير هايدروكاربوني على النباتات.

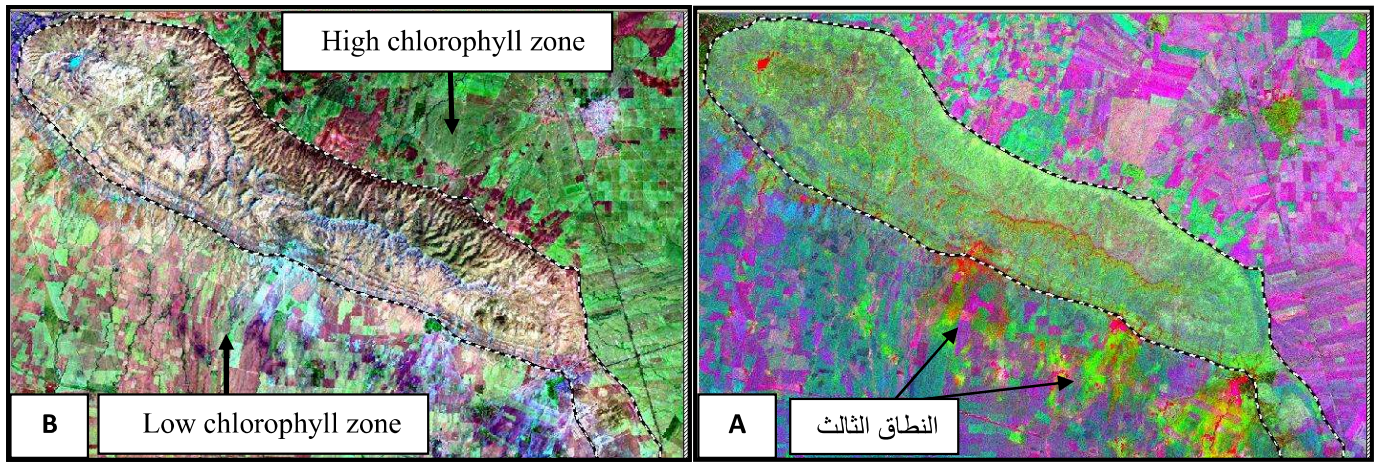
ثانيا: طية المحلية: تتوزع الانعكاسات المتباينة في الطرف الجنوبي من طية المحلية، إذ لم يلاحظ تواجدها في الطرف الشمالي من الطية كذلك. وتظهر في ذلك الطرف بهيأة أنطقة معزولة وبشدة لونية ذات لون احمر مصفر. ويلاحظ كذلك احتواء بعض ترسبات العصر الرباعي الواقعة جنوب غرب الطرف الجنوبي من الطية على بعض الانعكاسات المماثلة ولكن ذات شدة لونية اقل كثافة. وهنا يجب الإشارة إلى أن العمل الحقلي أسفر عن ملاحظة تواجد نضوح نفطي ثقيل فعال (Active macroseepage) لبعض أجزاء المنطقة المفصلية من هذه الطية والتي سيتم التطرق إليها في الفصل القادم.

ثالثا: طية زمبار: تظهر المنطقة المفصلية لطية زمبار بنطاق عريض خصوصا إذا ما تم مقارنتها مع طية شيخ ابراهيم، لذا يلاحظ ان الانعكاسية المتباينة تتوزع في منطقة لب الطية بهيأة مختلفة عن طية شيخ ابراهيم وهذا الاختلاف يتمثل بالتوزيع غير المنتظم وكذلك بشدة لونية اقل (احمر مصفر ذات لون باهت) لمعظم المناطق تزداد الشدة اللونية هذه باتجاه الغاطس الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي للطية. ان وجود الانعكاسات المتباينة هذه في منطقة ترسبات العصر الرباعي الواقعة على الطرف الجنوبي من طية زمبار يكون بشدة اقل إذا ما تم مقارنتها مع طيتي شيخ ابراهيم والمحلية ولكن يكون القاسم المشترك لهذه الطيات الثلاث هو عدم ظهور أى من هذه الانعكاسات في مناطق الجناح الشمال للطية.



الفصل الثاني ..... طرق المعالجة الرقمية اساسياتها واستخدامها في تحديد دلائل النضوح النفطي الخفيف





اللوحة (2-16) تآثر انعكاسية الغطاء النباتي (A) مرئية النسبة الطيفية (B) مرئية الدمج الملون الكاذب

### 2-2-11 التحليل التركيبي لأنطقة الشذوذ الطيفي

إن طيات المحلية وشيخ ابراهيم وزمبار تتميز بكون ميل الطرف الجنوبي الغربي أعلى من الطرف الشمالي الشرقي أي إن اتكاء هذه الطيات باتجاه الجنوب الغربي وهذا يدل على أن الصدع الذي يسيطر على تكوينهم هو ليستيري فورلاندي الاتكاء. وقد أشار العزاوي (العزاوي، 2003) إلى تأثر طية شيخ ابراهيم بهذا الصدع الذي جعل اتكاء هذه الطية نحو الجنوب الغربي. إن اختلاف الازاحات على مستوى هذا الصدع أدى إلى رفع مناطق مقارنة بغيرها وهذا ما تم تحديده من خلال بيانات الارتفاعات الرقمية الذي أوضح ان ارتفاع أعلى نقطة في طية شيخ ابراهيم وصل إلى ما يقارب (574.86) مترا عن مستوى سطح البحر، في حين وصل ارتفاع أعلى نقطة في طية زمبار والمحلبية إلى (537.7) (413.5) مترا على التوالي، وقد ادت

هذه الإزاحات العمودية إلى لعب دور كبير في السيطرة على النضوحات النفطية الدقيقة المنبعثة من المكامن التي تحويها هذه الطيات.

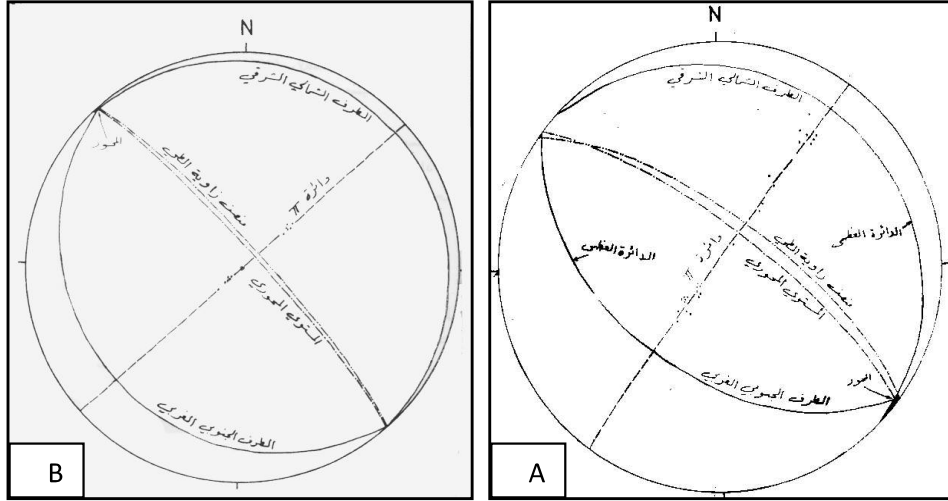
اعتمادا على ما سبق يمكن أن يفسر تواجد أنطقة التحلل الواسعة في طية شيخ ابراهيم بتأثير الإزاحات العمودية عبر مستوي الصدع الليستيري وما رافقه من كسور عملت كممرات في النضوح النفطي (الخفيف والثقيل)، وهذا ما توضح جليا في المنطقة الواقعة بين قريتي بحور وشيخ ابراهيم إذ بلغت الإزاحة العمودية أعلى ما يمكن في هذه المنطقة وهذا ما ساعد على تكوين انعكاسات متباينة مركزة في هذه المنطقة.

أما فيما يتعلق بطية زمبار، فإن التواجد الأقل لعمليات التحلل يمكن ان يفسر بعاملين، يتمثل الأول بأن هذه الطية لم تتأثر بالصدع الليستيري كون ان المنطقة المفصلية دائرية وارتفاعها اقل، في حين يتمثل العامل الثاني بأن الطية تأثرت بالصدع الليستيري ولكن الإزاحات على مستوى هذا الصدع لم تكن كبيرة ليرافق معها تكون كسور بكثافة ممكنة لنقل المواد الهايدروكربونية باتجاه السطح. لقد توافقت نتائج الدراسة الحالية مع ما طرحه (نادر، 1983) في دراسته الجيولوجية لطية شيخ ابراهيم (المقدمة إلى شركة النفط الوطنية) من خلال توصياته بأن الحفر في طية شيخ ابراهيم يكون مفضلا على طية زمبار من خلال عدة أسباب أهمها وجود تحلل للجبس إلى اراكونايت (Aragonite) مع وجود عيون كبريتية في السرج الواقع بين طية شيخ ابراهيم وعداية في إشارة إلى سرج المحلبيه، علما ان جميع هذه المناطق قد أظهرت تباينا مميزا في الانعكاسية الطيفية كما تم ذكره انفا. وهنا يجب الإشارة إلى أن موقع البئر المقترح كان موقعا مثاليا في المنطقة المفصلية من طية شيخ ابراهيم وتحديدا في النطاق الأول، اللوحة (A-2-14).

## 12-2 طية عداية و طية تل عواد (Addaiya – Tel Awad Anticline)

تعد طية عداية طية محدبة غير متناظرة ثنائية الغطس ترتفع عن مستوى سطح البحر حوالي (400) مترا، ويأخذ محورها في اتجاهه العام (شمال غرب - جنوب شرق)، ويكون اتكاء الطية بالاتجاه الجنوبي الغربي. يتميز الطرف الجنوبي الغربي للطية بكونه مستويا نسبيا وبأنه أكثر ميلا من الطرف الشمالي الشرقي الذي يظهر تقوسا (هايس، 1989). يتراوح نصف الطول الموجي للطية من (3 - 2.5) كم. يمثل الشكل (A-2-11) مخطط باي للطية والذي يوضح ان الطية اسطوانية وذات محور شبه افقي يميل بمقدار (128/02). وان قيمة الزاوية الداخلية بين طرفي الطية هي ( $115^\circ$ ). يميل السطح المحوري للطية بمقدار (037/76) (هايس، 1989). تعد طية تل عواد الامتداد الجنوبي الشرقي لطية عداية، إذ يفصل بين هاتين الطيتين نطاق

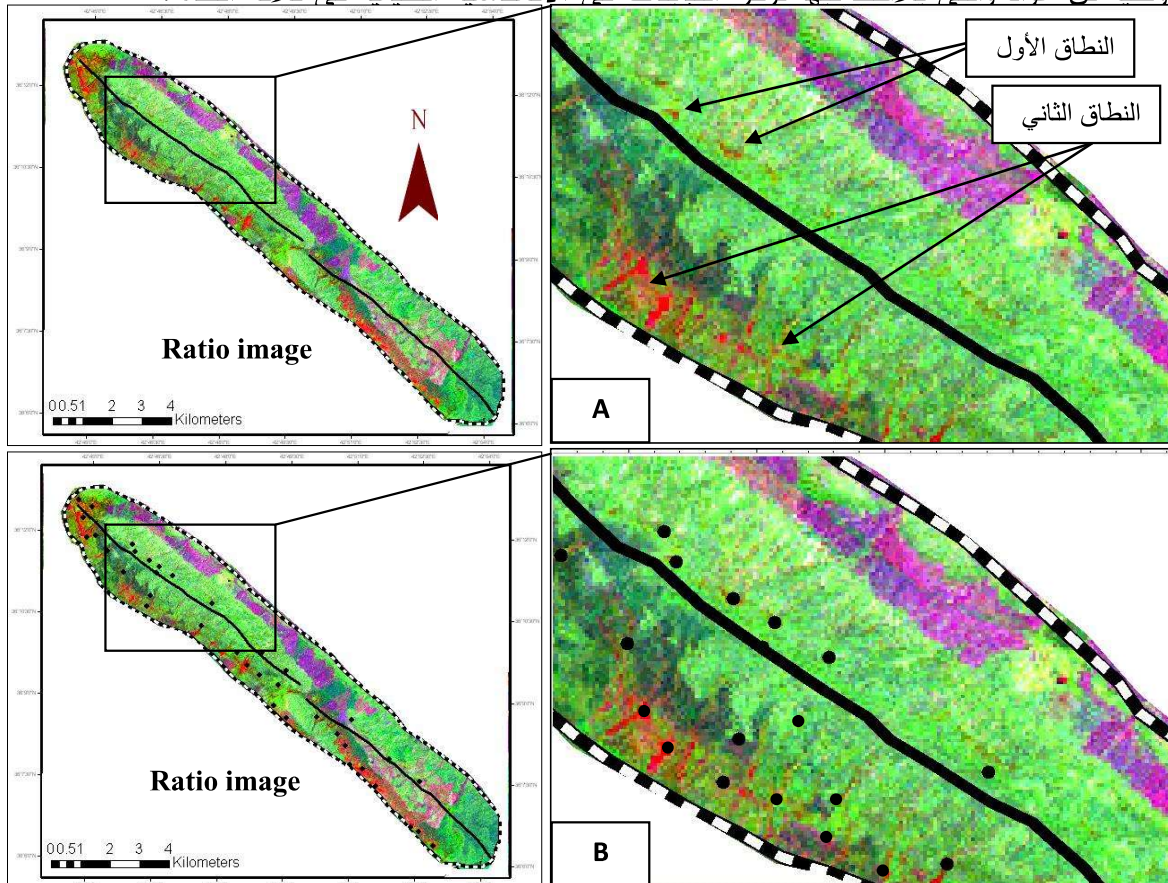
سرجي ضحل يظهر بهيأة مظهر خطي من خلال مرئية لاندسات. ياخذ محور طية تل عواد الاتجاه ذاته لطية عداية (شمال غرب - جنوب شرق) وبطول (7.5) كم، كما يبلغ عرض الطية حوالي (2.75) كم. يكون اتكاء طية تل عواد باتجاه الجنوب الغربي (هايس، 1989). يوضح الشكل (11-2-B) مخطط باي للطية (المصدر السابق نفسه) والذي يظهر بأن الطية اسطوانية ويميل سطحها المحوري بمقدار (048/84)، كما بلغت الزاوية بين جناحي الطية (150°)



الشكل (11-2) مخطط باي لطيتي عداية (A) وتل عواد (B) عن (هايس، 1989)

### 12-2-1 تطبيق طرق المعالجة على طية عداية وتل عواد

توضح اللوحة (17-2-A-B) مرئيات النسبة الطيفية التي تم تطبيقها على طية عداية وطية تل عواد والتي يلاحظ فيها تركز التانينات في الانعكاسية الطيفية في ثلاثة أنطقة.

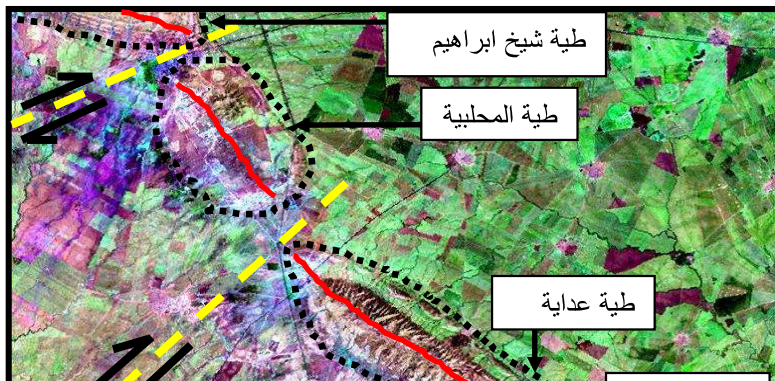


يمثل النطاق الأول المنطقة المفصالية لهاتين الطيتين، إذ تظهر الانعكاسات المتباينة فيها بشدة لونية (حمراء مصفرة) وبنسب متساوية تقريبا في طية عداية، في حين يلاحظ قلة هذه الانعكاسات في طية تل عواد. ان اغلب هذه الانعكاسات تمثلت بعد تسقيطها على الخارطة المعدة من قبل (هايس، 1989) بالوحدة الفرعية (A4+A3) لتكوين الفتحة، والذي أشار أيضا (المصدر نفسه) إلى أن بعضاً من هذه الوحدات الفرعية قد تعرضت فيها الصخور إلى عمليات احلال قادت إلى تكوين معادن ثانوية كعملية تحلل الحجر الجيري إلى حجر جيرى ثانوي او تحلل الجبس بواسطة التأثيرات الكيميائية مكونة بشكل كلي او جزئي الكبريت او الكربونات. أما النطاق الثاني يمثل المناطق المنحدرة باتجاه الجناح الجنوبي الغربي من طيتي عداية وتل عواد، إذ يلاحظ ان الانعكاسات تتوزع في هذه المناطق مع زيادة في التركيز عند المناطق الوسطية من الجناح و باتجاه هيكل الطية وتكون هذه الانعكاسات متباينة في الشدة اللونية (الحمراء المصفرة إلى الحمراء القاتمة) وبشكل واضح جدا عن ما موجود في لب الطية. ان التباين في

الانعكاسية تم تأشيرته كذلك في النطاق الثالث، اللوحة (2-18)، الذي يمثل وحدة المنحدرات القديمة الذي يشتمل على الاغطية النباتية وترسبات العصر الرباعي، إذ لوحظ وجود اختلاف واضح في وحدة المنحدرات للجزء الجنوبي الغربي مع ما يناظرها في الجزء الشمالي الشرقي. أوضح قياس الخصائص الطيفية للنباتات ان هنالك تأثيرا على الاغطية النباتية، اللوحة (2-18)، علما ان هذا الاستنتاج تكرر وتطابق مع ما موجود في طية شيخ ابراهيم. ان النتائج السابقة تطابقت جيدا مع ما تم استنتاجه من مرئية المركبات الأساسية ومرئية الدمج الملون الكاذب، اللوحة (2-17-C)، الملحق (1) و اللوحة (2-17-D).

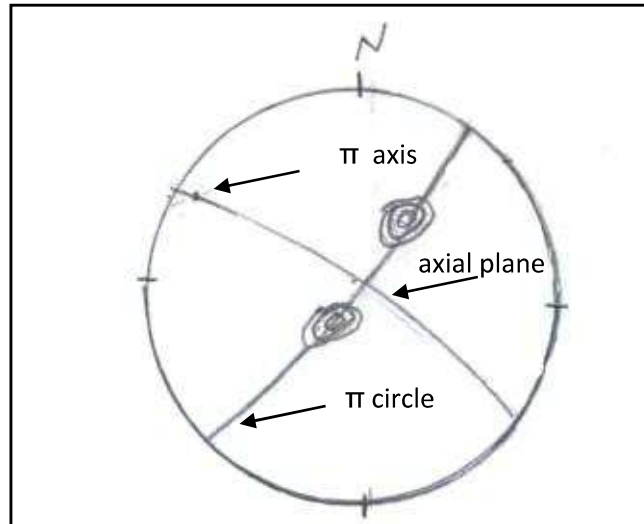
### 2-2-2 التحليل التركيبي لأنطقة الشذوذ الطيفي

من خلال ملاحظة التوزيع في الانعكاسات المتباينة على طول الجناح الجنوبي (الذي يمتاز بزيادة ميله مقارنة بالجناح الشمالي) يعتقد ان الصدع فورلاندي الانتكاء المؤثر في طيتي عداية وتل عواد كان لازاحاته الدور الأساس في النضوح الدقيق للهايبيدروكاربونات وتأثيرها على الصخور هذا ما توضح جليا في احتواء الجناح الجنوبي لكلا الطيتين على مظاهر هايديروكاربونية اهمها احلال الصخور في المنطقة وتواجد الينابيع الكبريتية. يعتقد ان عملية الرفع العمودي عبر مستوي الصدع الليستيري كانت على اشدها في طية عداية (الجزء المكبر في اللوحة 2-17) والتي بلغ ارتفاع أعلى نقطة فيها حوالي (436.46) مترا، في حين بلغ ارتفاع أعلى نقطة في طية تل عواد حوالي (377.9) مترا. اعتمادا على ما سبق يعتقد ان ظهور تباين في الانعكاسية في المنطقة المفصلية لطية عداية بمستوى أكبر من طية تل عواد يعزى إلى زيادة الحركة العمودية عبر أجزاء مستوي الصدع الليستيري لهذه الطية مقارنةً مع طية تل عواد. بالنظر لوقوع طية عداية بين مستويين من صدوع الازاحة المضربية، يمكن ان تؤدي الحركة عبر مستويات هذه الصدوع إلى تكوين اجهادات ضمن طبقات الجناح الجنوبي مقارنة بالجناح الشمالي وهذا ما يمكن أن يفسر كذلك تواجد الانعكاسات المتباينة ضمن هذا الجناح. إن الحركة لصدع الازاحة المضربية (الواقع في المنطقة السرجية بين طيتي عداية والمحلبية) يكون من النوع اليميني والمتوافق كذلك بالنوع مع الصدع الفاصل بين طيتي عداية وتل عواد. أوضح التفسير البصري لمرئية لاندسات ان الحركة عبر مستويات الصدوع السابقة أدت إلى انحراف في محور طية عداية فضلا عن تأشير وجود الازاحة المضربية لطبقات تكوين الفتحة بين طيتي عداية وتل عواد، اللوحة (2-18)، الملحق (2).



### 13-2 طية قصيرة (Qusair Anticline)

طية محدبة غير متناظرة ثنائية الغطس تمتد باتجاه غرب شمال غرب - شرق جنوب شرق وترتفع عن مستوى سطح البحر حوالي (498) متر ويكون انكفاء الطية باتجاه الجنوب وقد أشار كل من توفيق ودوماس (Tawfiq and Domas, 1977) في وصفهما لطية قصيرة أن طبقات الجناح الجنوبي تميل بمقدار أعلى من ميل طبقات الجناح الشمالي. تم رسم مخطط باي للطية، الشكل (12-2)، الذي يظهر أن الطية اسطوانية وذات محور يغطس بمقدار (295/15) كما بلغت قيمة الزاوية الداخلية بين طرفي الطية ( $140^\circ$ ) ويميل السطح المحوري للطية بمقدار (125/88).

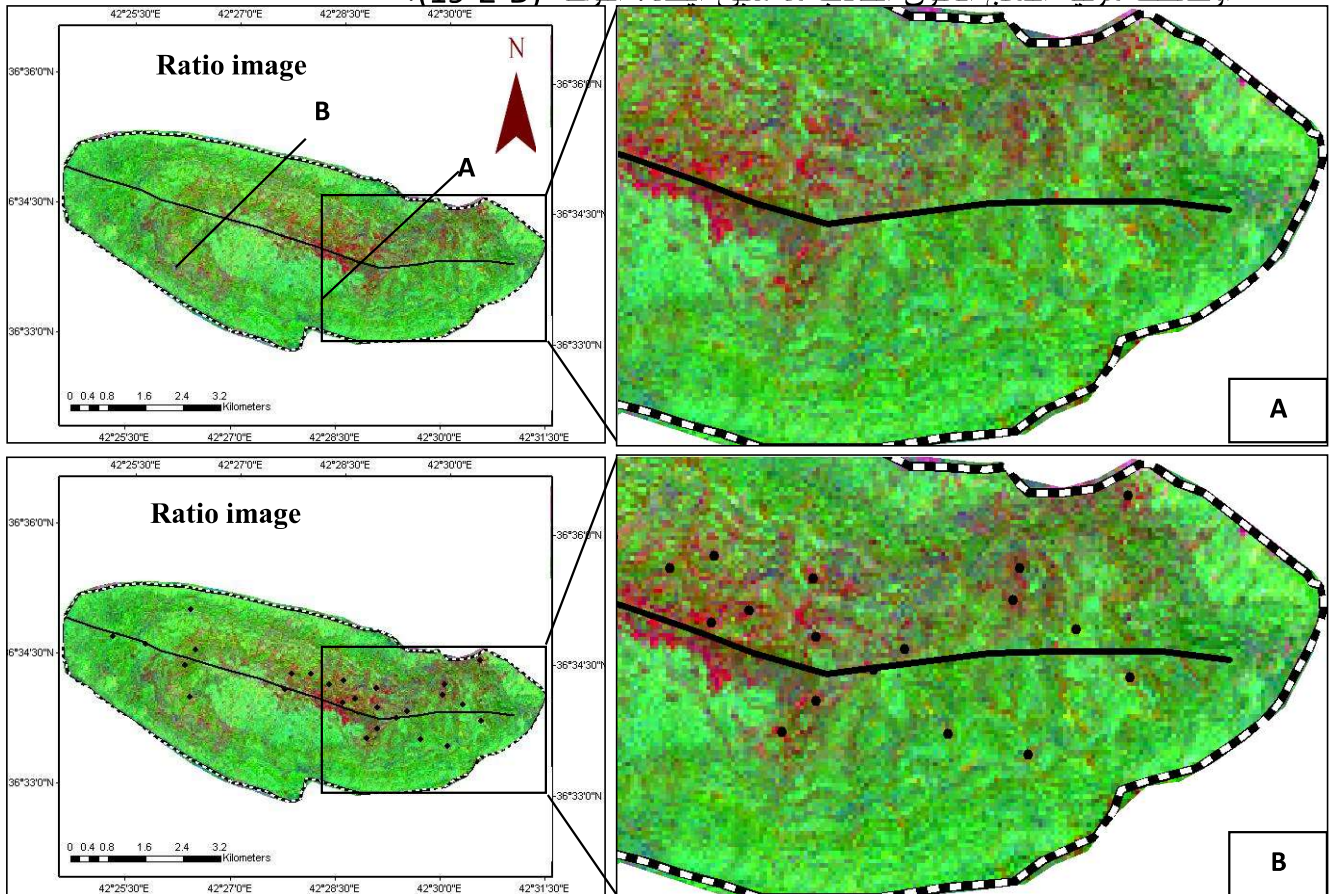


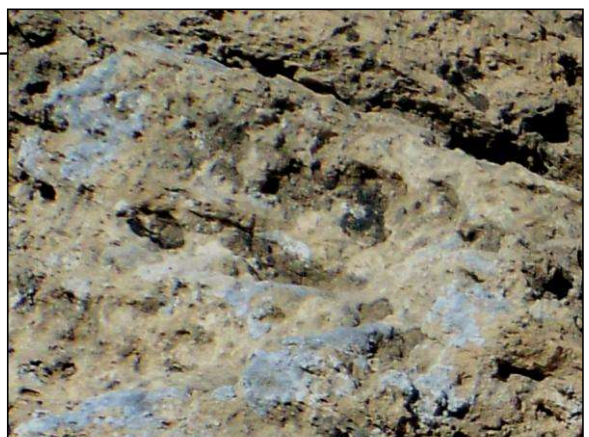
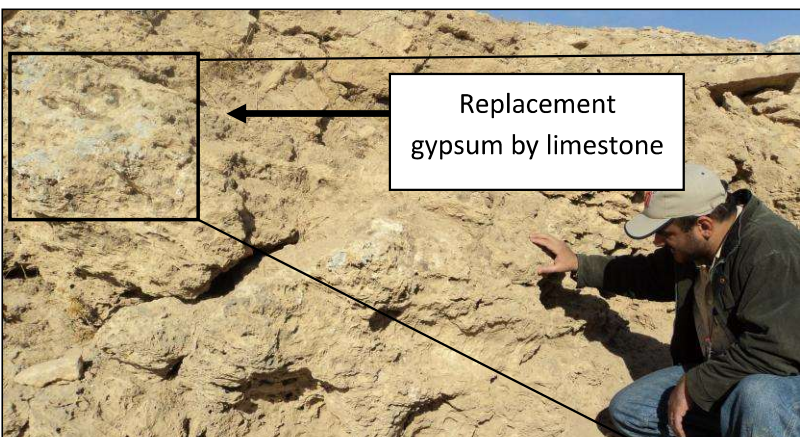
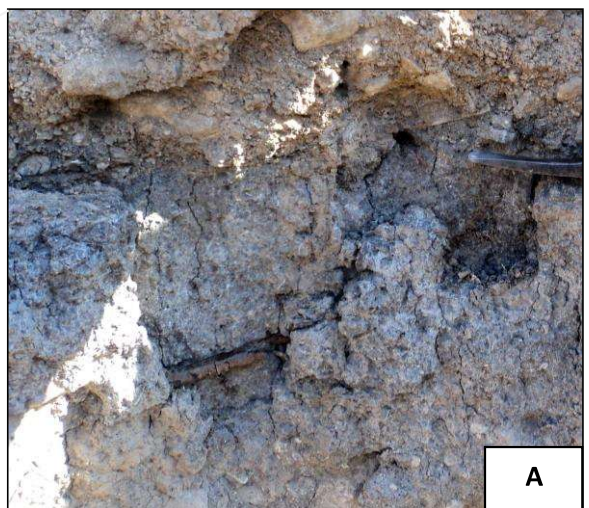
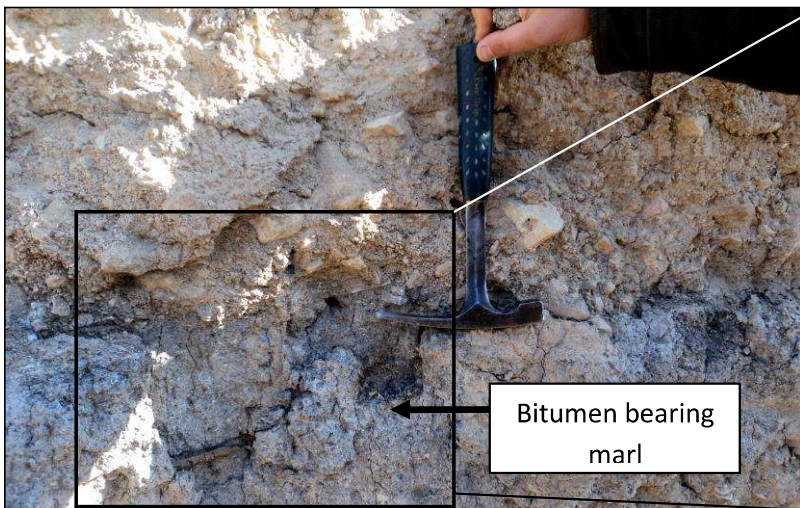
الشكل (12-2) مخطط باي لطية قصيرة

### 13-2-1 تطبيق طرق المعالجة على طية قصيرة

تمت دراسة طية قصير في مقطعين (A) و (B) بغية التحري عن التباينات في الانعكاسية، إذ يمثل المقطع (A) النطاق الشرقي للطية ويلاحظ فيها أن هنالك كثافة في الانعكاسية المتباينة الظاهرة في مرئية النسبة الطيفية (ضمن مواقع الوحدة السفلى لتكوين الفتحة) والتي تظهر بكثافة عالية في لب الطية فضلا عن ظهورها في المكاشف الصخرية ضمن نطاق صدع الإزاحة المضربية اليساري القاطع لطية قصير من جهتها الشرقية اللوحة (19-2-A-B). وقد تم في أثناء العمل الحقلّي تأشير وجود أنواع من النضوحات النفطية ضمن طبقات العضو السفلي من تكوين الفتحة في طية قصير، إذ لوحظ تشبع المارل بالمواد العضوية وتحلل الطبقات التي تعلوه اللوحة (20-2-A)، وتحلل الجبس إلى الحجر الجيري اللوحة (20-2-B)، فضلا عن ملاحظة ترافق العديد من اكاسيد الحديد مع المواد العضوية ضمن طبقات الحجر الجيري اللوحة (20-2-C)، وهنا يجب الإشارة إلى ان هذه الصور الحقلية ملتقطة ضمن نطاق الصدع المضربي لطية قصير.

أما المقطع (B) فيلاحظ أن هنالك انعكاسات متباينة بشكل متناظر في الأجنحة وبالشدة اللونية نفسها، إذ يظهر هذا التباين بالتحديد ضمن مكاشف المنحدر الخلفي لوحدة الحواجز التركيبية للعضو السفلي ضمن تكوين الفتحة. وتم تأشير تواجد هذه الانعكاسات كذلك في أنطقة الغاطس الغربي والشرقي للطية، إذ يلاحظ انها تضمحل شيئا فشيئا وصولا إلى نهاية الهيكل الخارجي للطية. يلاحظ من خلال مرئية المركبات الأساسية، اللوحة (19-2-C)، الملحق (1) تواجد قيم انعكاسية واطنة وتركزها في المنطقة الوسطية للطية ونطاق الصدع كذلك، كما أوضحت مرئية الدمج الملون الكاذب ما سبق أيضا، اللوحة (19-2-D).





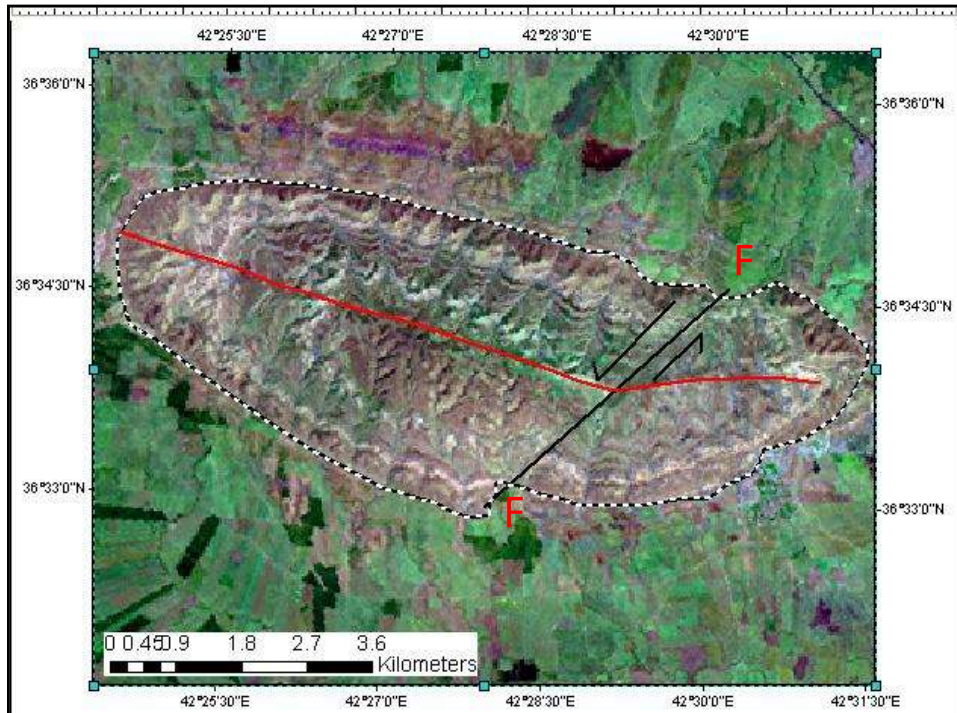
## 13-2-2 التحليل التركيبي لأنطقة الشذوذ الطيفي

ظهر من نتائج المعالجة الرقمية لطية قصير أن هذا التركيب أعطى تبايناً في قيم الانعكاسية للوحدات الصورية التي تعكس وجود أنطقة تحلل نتيجة النضوحات الخفيفة، ويعود هذا التباين إلى عاملين أساسيين. يتضمن الأول افتراض وجود صدع لبيستيري مؤثر في طية قصير، فإن ميل مستويه يكون بزواية عالية بحيث يمكن أن يؤدي بالحركة في التأثير على الطبقات العلوية بالمقدار نفسه على جانبي الطية، علما ان طية قصير غير متماثلة قليلا وأن الطرف الجنوبي يميل بمعدل أعلى قليلا من الطرف الشمالي. ان ظهور الانعكاسات بشكل متناظر على طرفي الطية (ولكن بكثافة مختلفة) يمكن ان يدعم احتمال وجود الصدع الليستيري المتزامن مع الحركة الأفقية القادمة من الشمال الشرقي نتيجة عملية التصادم القاري المؤدية إلى الطي في طية قصير (نتيجة التزامن ما بين القوى الافقية والعمودية). إن القوى التكتونية السابقة

أدت إلى حدوث تكسرات عملت كممرات في تكوين نضوحات خفيفة مؤثرة على الصخور بعملية التحلل الملاحظة من المرئيات المعالجة رقميا والموثقة كذلك حقليا وجيوكيميائيا.

أما العامل الثاني فيتمثل في تأثير صدع الإزاحة المضربية الذي قاد إلى إزاحة الطبقات في الطية بحدود (520)مترا. وقد أدى هذا الصدع كذلك في المساعدة على عملية النضوح من الكسور المترافقة معه والتي مثلت ممرات لعبور الغازات والمواد العضوية، اللوحة (2-21)، الملحق (2).

يعتقد أن تأثير هذا الصدع يمتد إلى أعماق كبيرة (لظهوره بمظهر خطي طويل مؤثرا على طيات أخرى كطية اشكفت) وان الأجزاء العليا (الشمالية الشرقية) منه في طية قصير ادت إلى نضوح نفطي (خفيف وثقيل) بصورة أكبر عن ما هو ملاحظ في الأجزاء الجنوبية الغربية من الصدع. لوحظ ذلك في أثناء المتابعة الحقلية للطبقات الصخرية المتأثرة بإزاحة هذا الصدع ضمن مسار مستعرض يمثل مستوى الصدع السطحي، كما ان الأجزاء الشمالية الشرقية من الصدع أظهرت وجود حركة عمودية متزامنة مع الحركة المضربية (بصورة أكبر عن ما هو موجود في الأجزاء الجنوبية الغربية منه) أي أن الإزاحة صافية (Net slip) والذي قد يفسر أيضا سبب تواجد الشواهد الهايدروكربونية بصورة أكبر في الأجزاء الشمالية الشرقية من الصدع.



اللوحة (21-2) صدع الإزاحة المضربية في طية قصير

## 14-2 طية عطشان (Atshan Anticline)

هي طية محدبة غير متناظرة يمتد محورها باتجاه شمال غرب - جنوب شرق وبطول (30) كم. يبلغ نصف طولها الموجي حوالي (4.5) كم. اتكاء هذه الطية باتجاه الشمال الشرقي، (نادر، 1983). كما أن هذه الطية تتكون من قبتين بيضويتين الأولى باتجاه الشمال الغربي والثانية باتجاه الجنوب الشرقي ويفصل بينهما سرج تركيبى. ان تفسير بيانات الارتفاعات الرقمية اكد وجود هاتين القبتين فضلا عن تحديد قبة ثالثة تحت سطحية في أقصى الشمال الغربي من طية عطشان، إذ أن هذه القبة تعد الامتداد التركيبى للطية ويأخذ محورها الاتجاه نفسه لطية عطشان التي يفصلها عنها بسرج تركيبى.

### 14-2-1 تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية عطشان

أوضحت طرق المعالجة الرقمية المطبقة على طية عطشان ان التباين في الانعكاسية الطيفية يكون واضحا في بعض طبقات الجناح الشمالي باتجاه الأجزاء الشمالية الغربية من الطية وعدم تأشير تواجده في باقي أجزاء الطية باستثناء بعض الأنطقة الواقعة في الجناح الجنوبي القريبة من المنطقة المفصلية للطية. أوضحت مرئية النسبة الطيفية ما سبق من خلال ظهور واضح للون الأحمر المصفر بمظهر خطي في الجناح الشمالي ولكن بشدة لونية اقل (احمر مصفر باهت)، اللوحة (22-2-A). كما أوضحت كل من مرئيتي المركبات الأساسية اللوحة (22-2-B)، والدمج الملون الكاذب، اللوحة (22-2-C)، هذا التباين في من خلال تطابق كل من القيم الواطئة في مرئية المركبات الأساسية واللون الشذري (الغامق) مع اللون الاحمر المصفر لبيانات النسبة الطيفية.

### 14-2-2 التحليل التركيبى لأنطقة الشذوذ الطيفي

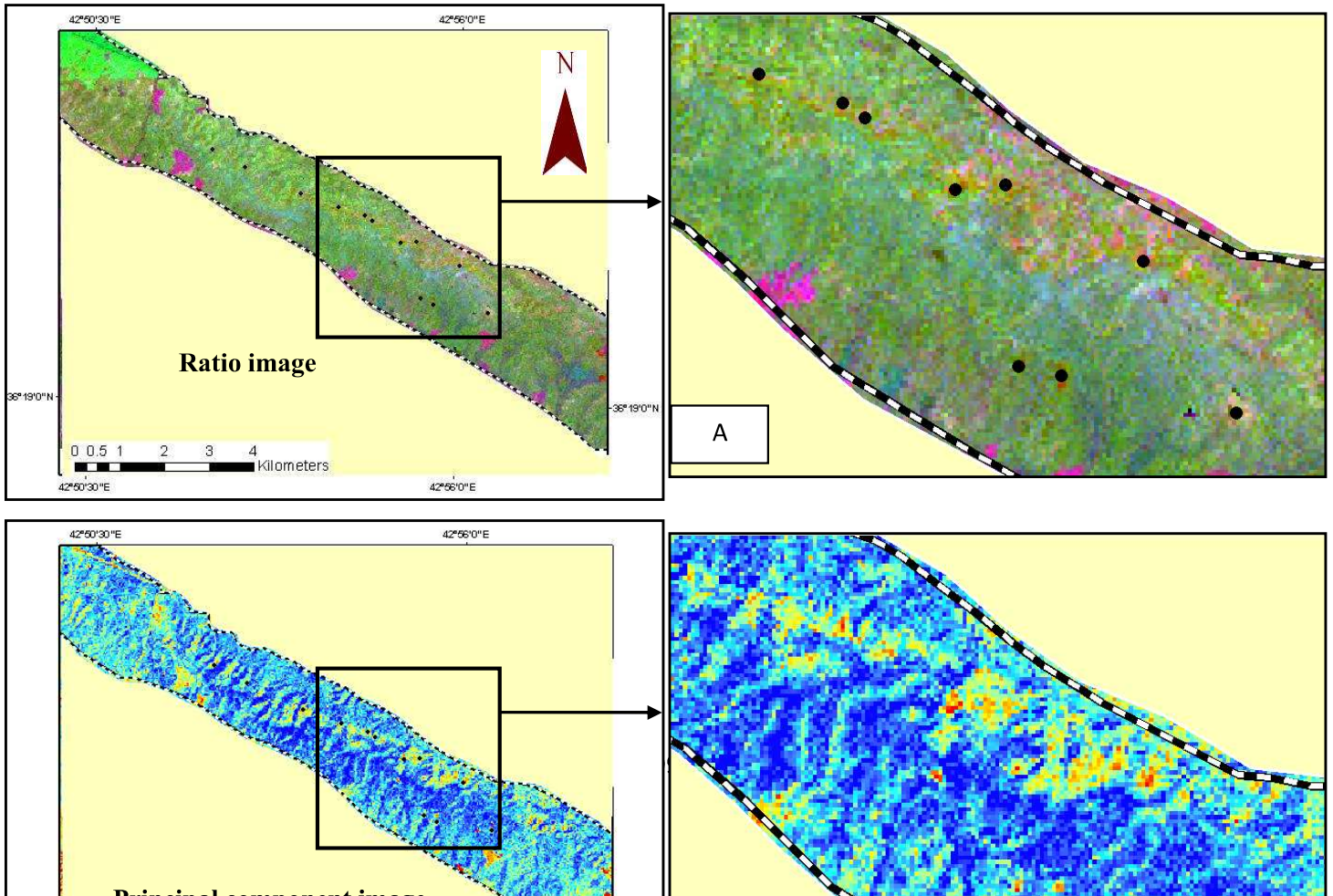
ان التباين الطيفي العاكس لوجود أنطقة تحلل في طية عطشان يمكن أن يفسر باحتمالية تأثر الطية بصدع ليستيري درزي مؤديا إلى حصول عدم تناظر فيها ويدعم ذلك اتكاء هذه الطية باتجاه الشمال.

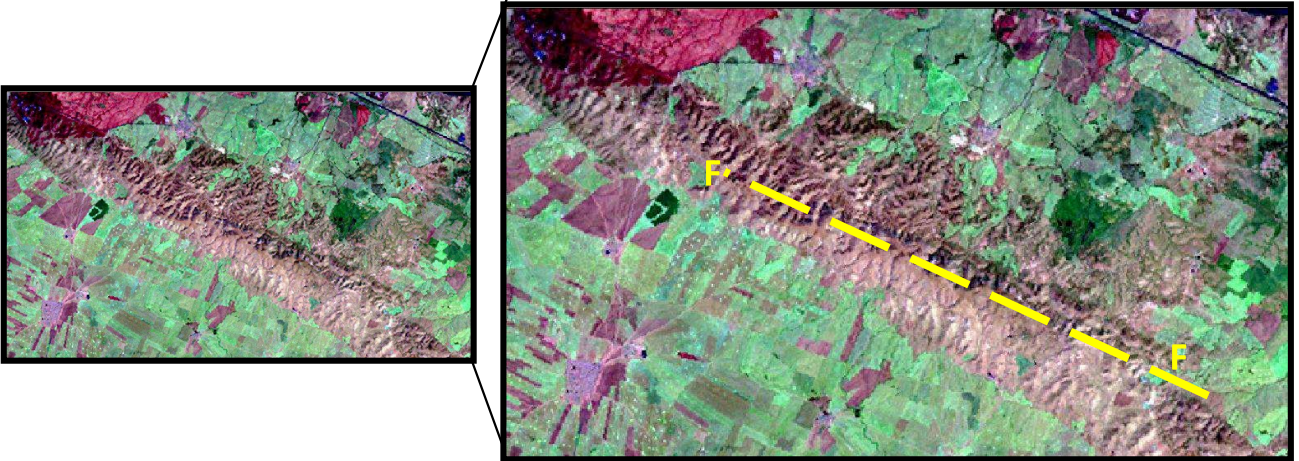
ان عمليات الرفع عبر مستوي هذا الصدع كانت على أشدها في المنطقة الواقعة إلى الشمال الغربي من الطية، وهذا ما توضح جليا في بيانات الارتفاعات الرقمية التي بينت أن المنطقة الحاوية على انعكاسية متباينة تعد أعلى نطاق في التركيب والذي وصل ارتفاعه إلى ما

يقارب (486) مترا عن مستوى سطح البحر. إن هذا الاحتمال بوجود صدع يمكن أن يفسر تواجد نضوح نفطي خفيف لبعض طبقات الجناح الشمالي من طية عطشان نتيجة عمليات الرفع الكبيرة لهذا الصدع في هذا المناطق وما رافقها من كسور أدت إلى تكوين ممرات لهروب الغازات إلى السطح والتأثير على الصخور بعملية التحلل.

إن ظهور تباين في الانعكاسية بمظهر خطي في بعض الأنطقة من طية عطشان يمكن أن يدعم فرضية تواجد هذا الصدع الذي يلاحظ تأثيره على طبقات الجناح الشمالي. إذ أوضح التفسير البصري لطيّة عطشان وجود مظهر خطي (lineament) في الجزء الذي تم فيه تأشير وجود تباين في الانعكاسية الطيفية، اللوحة (2-23)، الملحق (2).

لقد أشار (الداغستاني، 2005) إلى أن هذا المظهر الخطي يعكس وجود صدع مؤثر في طبقات الجناح الشمالي من هذه الطية. ان هذا الصدع يمكن أن يمتد تأثيره إلى أعماق طية عطشان بحيث يعمل على نقل الغازات إلى السطح، علما ان طول المظهر الخطي (العاكس لوجود صدع) يبلغ حوالي (8.6) كم (مقاسا من المرئيات الفضائية).





اللوحة (23-2) نطاق الصدع المتوقع في طية عطشان

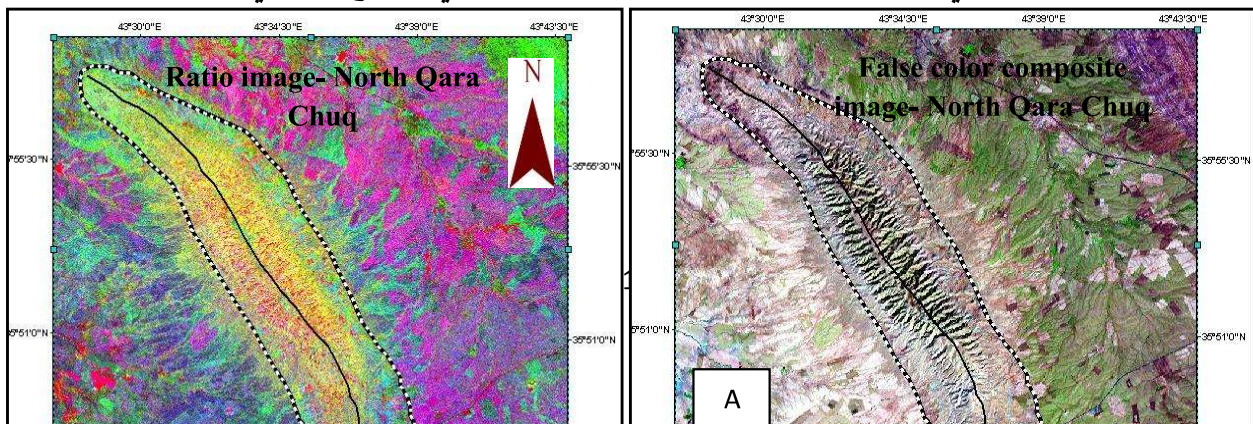
15-2 طية قره جوخ (Qara Chuq Anticline)

تقع طية قره جوخ إلى الجنوب الغربي من طية كركوك و تعد من الطيات واسعة الامتداد إذ يبلغ طولها الإجمالي حوالي (85) كم (مقاسا من المرئيات الفضائية). تتألف هذه الطية من عدة أجزاء (كما هو الحال في طية كركوك) وهي طية قره جوخ الشمالية و طية قره جوخ الجنوبية و طية قره بوتك تترتب جميعها نسبة إلى بعضها البعض بنسق متعرج انشلوني يميني الاتجاه (Right pattern). بين (فؤاد، 1983) أن الطيات الرئيسية في تركيب قره جوخ تكون غير متناظرة باتجاه الجنوب الغربي ويأخذ محورها في اتجاهه العام شمال غرب - جنوب شرق ويتراوح نصف طولها الموجي بين (3-5) كم. يبلغ طول طية قره جوخ الشمالية والجنوبية و طية قره بوتك حوالي (26) و (21) و (38) كم على التوالي. يلاحظ أن الارتفاع الطبوغرافي يظهر بأعلى قيمة في الجزء المركزي من طية قره جوخ الجنوبية، وهذا ما سيتم التطرق اليه في الفصل الرابع. يقطع نهر الزاب الاسفل الجزء المركزي من طية قره بوتك، إذ تتصف هذه الطية بطبوغرافية اقل من الطيات السابقة.

### 15-2-1 تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طية قره جوخ

تعد طية قره جوخ من الطيات التي أظهرت تباينات طيفية كبيرة خصوصا في الطية الجنوبية والطينة الشمالية منها. فقد أوضحت مرئية النسبة الطيفية لطينة قره جوخ الشمالية، اللوحة (24-2-A) إن أنطقة التحلل تكون مركزة في نطاق الجناح الشمالي الشرقي والجنوبي الغربي منها والتي تقع ضمن اثنين من التعاقبات الطباقية، يتمثل الأول بتكاوين مجموعة الأوليكوسين التي تعد خزانات نفطية أساسية في شمال العراق (فؤاد، 1983) وتتكون في هذه المنطقة بصورة رئيسية من صخور الحجر الجيري التي عكست تباينا كبيرا في الانعكاسية مقارنة عن ما يحيط بها من وحدات صخرية. أما الثاني فيتمثل بتعاقبات تكوين الفتحة الذي يشكل حزاما محيطا بمجموعة الأوليكوسين ويتميز عنها (اي عن مجموعة الأوليكوسين) بأنه يظهر تباينا في الانعكاسية بمستوى اقل منها.

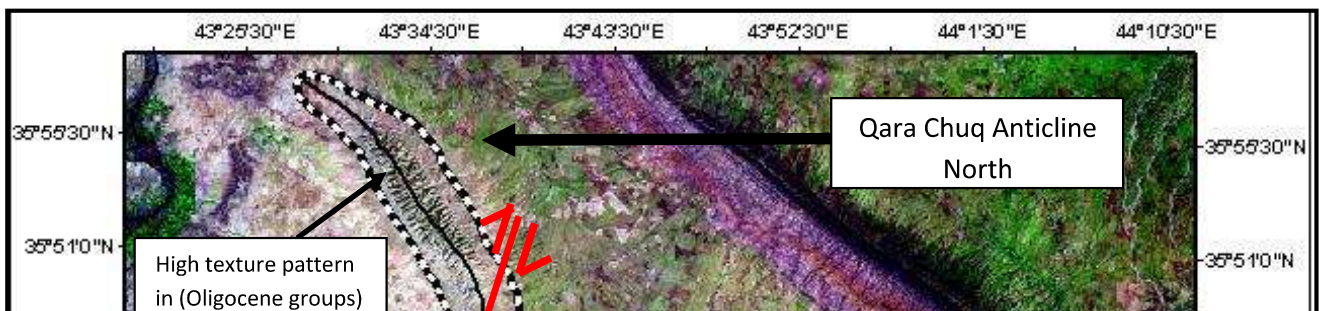
يلاحظ في طية قره جوخ الجنوبية، اللوحة (24-2-B)، إن أنطقة التحلل تظهر بالصورة ذاتها الملاحظة في الطية الشمالية (أي في نطاق الجناح الشمالي والجنوبي)، ولكن يكون الاختلاف في الكثافة، إذ إن بعض المناطق في الجناح الشمالي من طية قره جوخ الجنوبية أظهرت تباينا أكثر في الانعكاسية مقارنة بالمناطق المناظرة لها في الجناح الجنوبي.



أما فيما يتعلق بطية قره بوتك، فقد أوضحت الخارطة الجيولوجية المعدة من قبل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين (Geosurv- Iraq, 1993) أنها تشمل على وحدات طباقية عائدة لتكويني الفتحة وانجانة، في حين لم يتم في الخارطة تأشير تواجد أي من مجموعة الأوليكوسين. أظهرت مرئيات النسبة الطيفية، اللوحة (C-2-24)، أن أنطقة التحلل العالية تكون تحديدا ضمن تكوين الفتحة (العضو السفلي والعضو العلوي) المنكشف في الأجزاء الشمالية الغربية من الطية في حين يلاحظ قلتها باتجاه الأجزاء الجنوبية الشرقية. اعتماد على ما سبق فإن طية قره بوتك (فيما إذا لو احتوت على مخزون نفطي ) يمكن أن تشكل مكمنا اقتصاديا لقلة الانبعاثات الغازية المؤثرة في صخور تكوين انجانة بعملية التحلل وهذا ما سيتم التطرق اليه في الفقرة القادمة.

## 2-2-15 التحليل التركيبي لأنطقة الشذوذ الطيفي

أوضح التفسير البصري لمرئية لاندسات ان الطبقات الصخرية لمجموعة الأوليوسين ضمن طية قره جوخ الشمالية والجنوبية تكون بنسجة عالية (High texture) عن ما يحيط بها نتيجة تأثرها بوديان قاطعة للتركيب بصورة عمودية عن محور الطي. إن هذه الوديان تظهر في مرئيات الأقمار الاصطناعية بمظاهر خطية مميزة والتي قد تمثل أنطقة ضعف كثيفة التكسر أو كسور كبيرة تمتد لمسافات معينة في الأعماق بحيث تعمل على نقل المواد الهيدروكربونية إلى السطح. ونتيجة لهذا يمكن ان تعزى كثافة الانعكاسات المتباينة في هذه الطيات إلى فرضية تواجد الكسور بكثافة عالية أو أن تكون هذه الوديان عبارة عن صدوع مخرية عمودية على محور الطية ويكون ظهورها الجيومورفولوجي بشكل وديان. إن تأكيد الفرضية السابقة يمكن إن يعزز بملاحظة تواجد أنماط خطية مميزة في طية قره جوخ الجنوبية بصورة مائلة عن محورها تمثلت بتواجد أنماط انعكاسات متباينة بهيأة خطوط مائلة عن محور الطي والمتوافقة مع ما أشار إليها (فؤاد، 1983) في الخارطة الجيولوجية المعدة من قبله باعتبارها صدوعاً اعتيادية مؤكدة. ويعتقد الباحث أن هذه الكسور في طيتي قره جوخ الشمالية والجنوبية كان لها الدور الأكبر في ضياع المخزون النفطي لهاتيتن الطيتين، كما ان الصدوع المخرية المؤثرة في الطية التي أظهرتها بنسق متداخل يميني (Right pattern) كان لها الدور الأكبر في تنشيط الكسور السابقة في الطيتين كليهما وتكوين الكسور المائلة عن محور الطي في طية قره جوخ الجنوبية كونها واقعة بين صدعي ازاحة مخرية من النوع اليميني (Dextral strike slip faults) اللذين أدت حركتهما المشتركة إلى سيادة البيئة الشدية (Ramsay and Huber, 1987) في بعض أنطقة الجناح الشمالي، اللوحة (2-25)، الملحق (2). ان طية قره بوتك يمكن أن تشكل مكمنا اقتصادية نظرا لقله التشويه التركيبي المسلط عليها (خصوصا المناطق الجنوبية الشرقية منها)، إذ أن احتواءها على الكسور يكون بنسبة اقل بكثير عن ما هو موجود في الطيات السابقة. فضلا عن أن تأثير حركات الرفع العمودية تكون اقل ما يمكن في الأجزاء الجنوبية الشرقية من طية قره بوتك وهذا ما أوضحتها بيانات الارتفاعات الرقمية. وان تأثير صدوع الإزاحة المخرية على هذه الطية يكون اقل مقارنة بطيتي قره جوخ الشمالية والجنوبية وهذا ما يتوضح عند متابعة محور الطي في عموم طية قره جوخ والذي يبدي انحرافات قوية عند الوصول إلى المناطق المركزية من الطية (الطية الجنوبية) وانتهاءً بالأجزاء العليا الشمالية الغربية من الطية، اللوحة (2-25).



## 16-2 تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طيات أخرى

تم تطبيق طرق المعالجة الرقمية على طيات أخرى ضمن نطاق الفورلانند كطيات نويكط (Nuwaigeet) وقليان (Qalian).. وغيرها. وقد أسفرت نتائج المعالجة عن عدم ملاحظة تباين ملحوظ في الانعكاسية الطيفية كتلك الظاهرة في الطيات الأخرى ويمكن ان يفسر ذلك بالاحتمالات الآتية:

1- إن الطيات الواقعة باتجاه الأجزاء الجنوبية الغربية ضمن نطاق الفورلانند كطيات نويكط وقليان قد تمثل طيات في مراحلها البدائية، اي لم تتعرض طبقاتها الصخرية إلى عمليات تشويه قد ينتج عنها نضوح نفطي علما أن هذه الطيات تشكل صخورها تكوين الفتحة الذي يمتاز بأنه يعد من صخور الغطاء.

2- قد تكون هذه الطيات متكونة بعملية الطي فقط أي من دون تاثرها بصدع (أي لا توجد حركة عمودية ناتجة عن الصدع) وهذا قد يكون السبب الرئيسي في عدم وجود دلائل نضوحات نفطية.

3- والاحتمال الأخير هو عدم احتواء الصخور تحت السطحية في هذه الطيات على طبقات خازنة للنفط.

## 17-2 التحليل الجيوكيميائي

تم في أثناء العمل الحقلية جمع بعض النماذج للمناطق التي تتميز بنضوحات نفطية خفيفة بغية التعرف على الخصائص المعدنية لهذه النماذج وربطها مع ما تم استنتاجه من خلال وسائل المعالجة الرقمية. استخدم في تحليل النماذج جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) الموجود في الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين - بغداد. اشتملت النماذج على صخور الحجر الجيري والجبس والمارل ضمن تكوين الفتحة. وهنا يجب الإشارة إلى ان النماذج تم طحنها وإخضاعها للتحليل مباشرة دون معاملتها او معالجتها بأي مادة. أظهرت مخططات التحليل الملحق (3) النتائج الآتية:

1. وجود احلال للكالسيت محل الجبس ضمن بعض النماذج في طيات قصير، الملحق (3-A) ورافان، الملحق (3-B). وقد تم تشخيص هذين المعدنين عند زاوية  $(2\theta)$  قدرها  $(29^\circ)$  للكالسايت و  $(11.5)$  للجبس. إن عملية الإحلال هذه قد تمت الإشارة إليها من قبل شوماخر (Schumacher, 1996) والتي أشار فيها إلى أن تفاعل غاز الميثان (المنبعث من المكامن النفطية إلى السطح) مع صخور الجبس ضمن ظروف لاهوائية ينتج الكالسايت.

2. تم في بعض الطيات تأشير ترافق للدولومايت مع الكالسايت في نماذج الحجر الجيري التي أظهرت تباينا في الانعكاسية الطيفية في أثناء المعالجة. ان هذا توضح جليا في طيات رافان، الملحق (3-C) و(3-D)، وقصير، الملحق (3-E) وبطمة، الملحق (3-F). وفيما يتعلق بطية رافان، فقد تم اخذ نموذج من أول طبقة صخرية منكشفة في الجناح الجنوبي الغربي واخذ آخر من طبقات منكشفة في المنطقة المفصلية للطية. اظهر تحليل النموذج الأول، الملحق (3-G)، تواجد الكالسايت بشكل رئيس في حين ترافق في النموذج الثاني (الواقع في المنطقة المفصلية) تواجد للدولومايت مع الكالسايت، الملحق (3-C),(3-D). ان ترافق الدولومايت مع الكالسايت في المناطق ذات الخصوصية النفطية يكون نتيجة النضوح النفطي الخفيف. ان ما سبق تمت الإشارة إليه في عدة بحوث منها:

(Qing and Mountjoy, 1994), (Schumacher, 1996), (Perry and Kruse, 2010), (Shi et al., 2010) .

وقد أشار كل من كينج و مونتجوي إلى ان مصدر المغنيسيوم (Mg) المكون للدولومايت يكون من المواد العضوية. وعلى الرغم أن معظم صخور الحجر الجيري المنكشفة

في نطاق الطيات في العراق متدلّمة نتيجة العمليات التحويرية (Diagenetic Process)، إلا أن وجود الدولومايت في نماذج الدراسة قد يكون مصدره النضوح النفطي. وهنا يجب الإشارة إلى أن جميع النماذج التي أظهرت في التحليل وجود الدولومايت تضمنت المكاشف التي تحتويها وجود مواد عضوية بشكل مواد بينية ضمن الصخور مما يؤيد الفكرة السابقة، وما يعزز ذلك أيضا هو عدم تواجد الدولومايت ضمن أنطقة أخرى ضمن الطية نفسها.

3. إن النماذج المستخدمة في التحليل لم يتم معالجتها بأي مادة (كما ذكر انفا) وعلى الرغم من ذلك أظهرت بعض التحاليل تواجد لمعادن طينية وحديدية مما يجزم بحصول تحلل في الصخور وهذا ما توضح في بعض النماذج ضمن طية قصير، الملحق (3-E), (3-A).

4. إن ظهور بعض المنحنيات التي لم يتم التعرف على المعادن الممثلة لها قد تعكس تبلور المادة العضوية (اليوزبكي، مناقشة شخصية).

## 18-2 العلاقة بين الخصائص الهندسية والجيولوجية للطيات والنضوحات النفطية الخفيفة

تمت دراسة الدلائل الممكنة لوجود نضوحات نفطية خفيفة مؤثرة في الصخور ضمن عدة طيات من نطاق الطيات الواطئة التي تعد وحسب الخرائط المنشورة مكاننا نفطية بعضها منتج والأخر مستكشف. وقد استخدمت وسائل المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية (المصححة طيفيا) في استنتاج أنطقة التحلل في الصخور المرافقة لهذه النضوحات وتحديد مواقعها ضمن كل طية مع دراستها حقليا ونمذجتها للتعرف على خصائصها الجيوكيميائية، وقد اتضح أن هنالك علاقة ما بين الخصائص الهندسية للطية والنضوحات النفطية الخفيفة فيها وكما يأتي:

اولا: تعد أغلب الطيات في نطاق الفورلاند العراقي من نوع الطيات العائدة في تكوينها إلى مساهمة الصدوع الليستيرية (Numan and Al-Azzawi,1993) و (الغزاوي، 2003). لذا فإنها (أي الصدوع) لعبت دورا كبيرا في تكوين ممرات لنقل المواد الهايدروكربونية وان كثافة هذه المواد تحددت بميل مستوي الصدع المؤثر في تكوين الطية. إذ إن الطيات التي أوضحت عدم تماثل قليل كطيات (رافان و قصير و كركوك وعين زالة) تركزت دلائل النضوحات في قمم التراكيب (لب الطية). لذا يعتقد ان ميل مستويات الصدوع الليستيرية المكونة لها كان عاليا مقارنة بطيات أخرى اتصفت بعدم تماثل عالي (كطيات شيخ ابراهيم وبطمة وعداية) التي لوحظت فيها دلائل نضوحات خفيفة في المناطق المفصلية والأجزاء الجنوبية الغربية منها.

ثانيا: ان تباين الازاحة في مستوي الصدع الليستيري على طول الطية الواحدة أدى إلى التحكم بخروج المواد الهايدروكربونية وهذا ما توضح في طيات (شيخ ابراهيم و عداية و بطمة ورافان)

ثالثاً: يلاحظ زيادة في نسبة التحلل في الصخور نتيجة النضوح النفطي الخفيف في الطيات التي تأثرت بصدوع ليستيرية منكشفة على سطح الأرض، أي أن هذه الصدوع تؤثر بشكل كبير على النضوحات وهذا ما لوحظ في طية كركوك التي لوحظ فيها أيضاً تركيز في أنطقة التحلل في لب الطية ضمن موقع الصدع القاطع لها.

رابعاً: في الطيات التي تساهم فيها صدوع ليستيرية وأخرى مضرية فإن الحركة على الصدعين كليهما أدت إلى النضوح النفطي الخفيف وهذا ما توضح في طية (قصير وساسان ورافان وعداية).

خامساً: إن تواجد النضوحات ضمن طبقات العضو السفلي من تكوين الفتحة يدل على تعرض الصخور الجبسية إلى تكسرات نتيجة عملية الطي المستمرة. إن تواجد الصخور الجبسية بهيأتها الكتلية الصلدة قد يؤدي إلى تكون أنطقة فواصل كبيرة في المناطق الأقل عمقا وهذا ما يمكن إن يفسر تواجد المواد العضوية كمواد بينية ضمن هذه الصخور. وهنا يجب الإشارة إلى أن تأثير هذه الصخور بالمواد الهيدروكربونية كان بشكل واضح خلال المناطق القريبة من مفاصل الطيات والتي تتأثر تركيبياً بالفواصل بصورة أكبر نتيجة عملية الطي.

سادساً: إن بعض الطيات التي لم تظهر أنطقة تحلل يمكن أن تعد طيات غير حاوية على مكامن نفطية تحت سطحية او لم تتعرض إلى تشويه كبير من خلال الحركات الأفقية (عملية الطي) أو الحركات العمودية (الحركة على مستويات الصدوع الليستيرية).

# الفصل الثالث

الدراسة الحقلية  
للنضوح النفطي  
الثقيل

### 1-3 تمهيد

تعد دراسة النضوحات النفطية الثقيلة جيولوجيا من الدلائل الأساسية في التحري عن المكامن النفطية والتي غالبا ما تشجع شركات النفط على توجيه المسوحات الاستكشافية في مراحلها البدائية، فعلى سبيل المثال قامت شركة كولف كي ستون النفطية (Gulf Keystone Petroleum Company, 2011) بالحفر في طية الشيخان الواقعة في شمال العراق، إذ ان هذه الطية تمتاز باحتوائها على أنطقة نضوحات نفطية ثقيلة في وادي كلي قير، كما إن شركة شاماران النفطية (Shamaran Petroleum Company) قامت بتوجيه المسوحات الاستكشافية في بلوكي اربات (Arbat Block) (الواقع إلى الجنوب الشرقي من مدينة السليمانية) وبولخانة (Pulkhana Block) (الواقع إلى الجنوب من طية كركوك) والذين تظهر في بعض اجزائهما شواهد لنضوحات نفطية ثقيلة.

أما فيما يخص حقل الجيولوجيا التركيبية والتكتونكس، فإن دراسة النضوحات الثقيلة يمكن ان تقدم معلومات مهمة عن الوضع التركيبي والتكتوني للمنطقة، إذ إن استجابة الصخور للاجهادات التكتونية سوف تؤدي إلى تكون أنطقة ضعف فيها، والتي بدورها تؤثر على درجة تحكم صخور الغطاء بالمصيدة النفطية. كما أن النشاط الفعال لهذه النضوحات يعكس استمرار النشاط التكتوني الحالي. لقد تم وفق ما سبق دراسة بعض المناطق ضمن نطاق طيات الفورلاندي والتي تحتوي على نضوحات ثقيلة بغية التعرف على التوزيع المكاني لهذه المظاهر والتكاوين الظاهرة فيها وكيفية ظهورها على السطح تمهيدا لتحديد علاقتها مع الوضع التركيبي وفق نظرية تكتونية الأطباق (Plate Tectonic Theory).

### 2-3 تحديد مناطق النضوح النفطي الثقيل في مناطق مختارة من نطاق الطيات

لغرض تحديد مناطق النضوح النفطي الثقيل، قام الباحث باختيار عدة مناطق ضمن نطاق الطيات في شمال العراق للاستدلال على الطيات التي تحتوي على نضوح نفطي ثقيل وتحديد التكاوين التي تعد وحداتها الطباقية المنفذ لهذا النضوح إلى السطح، ولغرض تحديد المناطق تم العمل بما يأتي:

أولاً: القيام بمتبع التكوينات الجيولوجية الممتدة من العصر الجوراسي إلى الحقبة الثلاثية. ولغرض تحقيق ذلك تمت الاستعانة بالخرائط الجيولوجية المعدة من قبل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين (Geosurv-Iraq, 1995,1996) وكذلك بعض الخرائط المنتجة حديثا والخاصة بمناطق شمال العراق (Western Zagros, 2011). إذ توضح هذه الخرائط التكاوين

الجيولوجية وامتداداتها والأعمار والصخرية الخاصة بها فضلا عن التراكيب الجيولوجية من طيات وصدوع.

ثانيا: الاستفادة من المعالجة الرقمية للبيانات الفضائية في تحديد بعض المناطق الحاوية على نضوحات نفطية ثقيلة كالقير وتحديد الطرق المناسبة للوصول إليها.

ثالثا: استخدام بيانات الارتفاعات الرقمية في تحديد مناطق الطيات ذات أنطقة الارتفاعات العالية، إذ إن الزيادة في شدة الطي (High intensity folding)، ينعكس بطبيعة الحال على الارتفاع الطبوغرافي خصوصا في التكاوين التي تتمتع بصخرية صلبة.

رابعا: القيام بجولات حقلية لغرض التحديد المكاني والصخري لمناطق النضوحات الثقيلة وتحديد الإحداثيات الخاصة بمواقعهم بغية إسقاطها على المرئية الفضائية فضلا عن أخذ بعض النماذج والتوثيق الحقلية الفوتوغرافي.

بالاعتماد على النقاط السابقة تم اختيار (5) مناطق حقلية تتمثل في طيات محدبة تظهر في بعض أجزائها نضوحات نفطية ثقيلة، علما أن بعضا من هذه التراكيب لم يتم في أية دراسة سابقة التطرق إلى وجود نضوحات فيها.

### 3-3 الدراسة الحقلية للنضوح النفطي الثقيل

بغية دراسة ظاهرة النضوحات النفطية الثقيلة، تم اختيار ثلاثة تراكيب جيولوجية ضمن نطاق الطيات العالية وهي كل من طية بيرات وطية عقرة وطية الشيخان، واختيار تركيبين آخرين ضمن نطاق الطيات الواطئة هما طيتا المحلبية واشكفت، واللذان تم تأشير تواجد نضوح نفطي فعال في بعض من أجزائهما في أثناء العمل الحقلية وكما يأتي:

#### 3-3-1 طية بيرات (Perat Anticline)

تعد طية بيرات من الطيات الكبيرة واسعة الامتداد في نطاق الطيات العالية، إذ يبلغ طولها حوالي (51) كم وياخذ محورها اتجاه شمال غرب - جنوب شرق. طباقيا، يلاحظ انها تحتوي على صخور يتراوح عمرها بين العصر الكريتاسي وحتى الحديث، إذ تتكشف فيها تكاوين بلامبو (Balambo) وقمجوقة (Qamchuqa) وعقرة - بخمة (Aqra-Bekhma) وشرانش (Shiranish) وتانجيرو (Tanjero) وكولوش (Kolosh) وجركس (Gercus) وبلاسي (Pila) Spi والفتحة (Fatha) وانجانة (Injana) فضلا عن ترسبات العصر الرباعي (Quaternary (Geosurv-Iraq, 1995) deposits)، (الحمداني، 1991).

يخترق طية بيرات نهر الزاب الكبير من خلال مضيق بخمة (Bekhma Gorge) الذي يبلغ طوله حوالي (6) كم ، وقد هياً هذا المضيق (الذي يمثل الحفر العمودي لمجرى الزاب الكبير) امكانية متابعة الطبقات الصخرية للتكاوين الرئيسية في المنطقة وتحديد خطوط التماس بين هذه التكاوين. كما يجب الإشارة إلى أن السد المقترح إنشاؤه يقع على الطرف الشمالي للطفية المحدبة في مضيق بخمة، وقد أعطت مجموعة شبكات الأنفاق التي تم حفرها لاستكمال متطلبات تشييد السد انموذجا متميزا في متابعة الطبقات الصخرية للطرف الشمالي من الطية كون اغلبها غير مبطن. لوحظت في طية بيرات ظاهرة النضوح النفطي الثقيل (Macroseepage) في أربعة مستويات تقريبا في المنطقة الممتدة من الجناح الجنوبي إلى وسط التركيب وبعض الأجزاء الشمالية منه، وقد تراوحت درجات النضوح النفطي من مواد قيرية مائة للفراغات إلى مواد قيرية مسالة على اسطح الطبقات، وفيما يأتي إيجاز بمواقع النضوحات وعلاقتها مع التكاوين الجيولوجية.

أولا: تكوين قمجوقة- الكريتاسي الاسفل (Qamchuqa Fm.-L. Cretaceous)

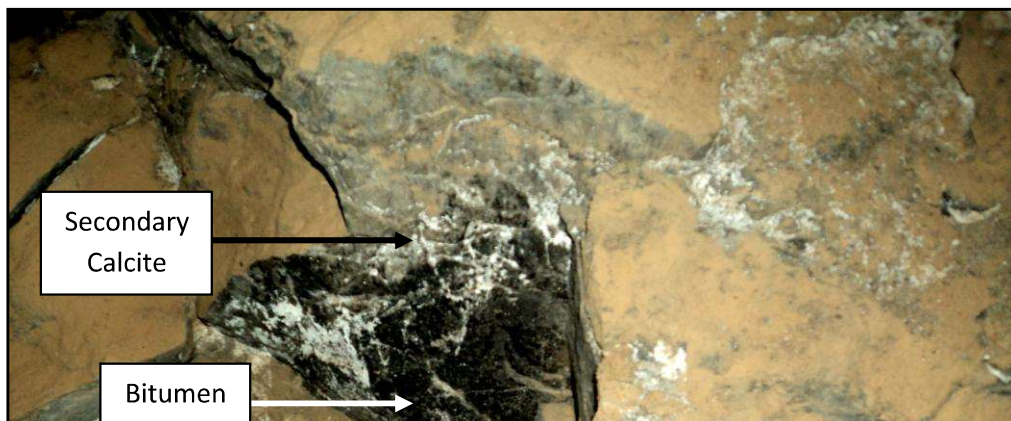
ينكشف هذا التكوين في مضيق بخمة وبسمك يصل إلى (645) مترا، إذ يتألف من حجر جيرى وحجر جيرى متدلتمت، فضلا عن وجود طبقات رقيقة من الحجر الرملي الصلصالي، واعتمادا على التغاير العمودي في الطبيعة الصخرية لهذا التكوين قام (الحمداني، 1991) بتقسيم صخوره إلى ثلاثة اجزاء (سفلي ووسطي وعلوي). يبلغ سمك الجزء السفلي حوالي (470) مترا ويتألف من حجر جيرى متبلور لونه رصاصي-اصفر شاحب سميك التطبق بحدود (2-4)مترا ومتعاقب مع طبقات رقيقة من المارل. أما الجزء الاوسط فيكون بسمك (75)مترا ويشتمل على حجر جيرى كتلي متدلتمت سميك التطبق فضلا عن وجود المارل على امتداد بعض مستويات التطبق، ويتراوح سمك الطبقات بين (4-5) مترا. يبلغ سمك الجزء العلوي بحدود (100) متر، ويتألف من حجر دولومايتي ناعم الحبيبات وسميك التطبق.

لوحظ نضوح نفطي ثقيل ضمن تكوين قمجوقة على طرفي طية بيرات الشمالي والجنوبي وبغية مراقبة كثافة هذه المواد تمت دراسة التتابعات للطبقات الصخرية في الجناح الجنوبي على طرفي الطريق القاطع لتركيب بيرات (بشكل عمودي على مضرب الطبقات) فضلا عن دراسة التتابعات كذلك لبعض الأنفاق المحفورة ضمن طبقات الجناح الشمالي من طية بيرات. تم تحديد وجود المواد القيرية في الأجزاء الثلاثة للتكوين مع وجود تباين في مساحاتها وأشكال تواجدها، إذ يلاحظ تواجدها بشكل مالى للفراغات وبشكل عقد عشوائية ويلاحظ ازديادها باتجاه الجزء العلوي من التكوين وهذا ما لوحظ جليا في الطبقات الصخرية داخل أحد الأنفاق في الجناح الشمالي

اللوحة (1-3). وحقلها لوحظ تواجد تجمعات بلورية من الكالسايت موازية لبعض أسطح التطبيق وكذلك انتشار بعض المواد القيرية على مستويات بعض الكسور، وهنا يجب الإشارة إلى ان تواجد الكالسايت الثانوي كان بكميات قليلة نسبة إلى المواد العضوية في الصخرة. إذ إن هذا الكالسايت الثانوي يعكس التحلل الصخري المصاحب للنضوح النفطي والذي اشير اليه في الفصل الأول. ان المواد العضوية الظاهرة في الجزء الاعلى من تكوين قمجوقة تكون موزعة بهيئة عشوائية ويلاحظ ازدياد كميتها عند الحد الفاصل بين تكوين قمجوقة وتكوين عقرة- بخمة (الذي تم تحديده من خلال طبقة المدملكات الفاصلة بين التكوينين). إذ لوحظ انسياب المواد القيرية بهيئة مسالة متصلبة عبر أنطقة الفواصل وأسطح التطبيق وهذا ما توضح جليا في طبقات الجناح الجنوبي المحاذية للطريق القاطع لطية بيرات اللوحة (2-3).

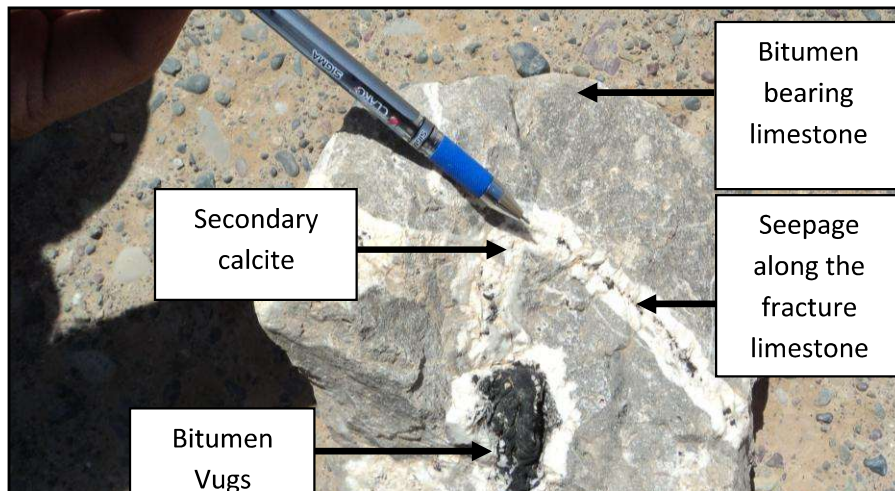
ثانيا: تكوين عقرة \_ بخمة- الكريتاسي العلوي (Aqra- Bekhma Fm.- U. Cretaceous)

ينكشف هذا التكوين في طية بيرات إذ تشكل صخوره الصلدة حواجز مرتفعة بهيئة نطاق يحيط بالتركيب معطية إياه صفة الغلق أو القفل التركيبي (Structural closure) لمعظم أجزائه. كما تتسم مورفولوجية صخور هذا التكوين بتضرس متباين وتموج الانحدارات حسب موقعه من أجزاء التركيب. إن سمك هذا التكوين في طية بيرات يصل إلى (320) مترا، إذ تم تقسيمه من قبل (الحمداي، 1991) إلى ثلاث وحدات (A,B,C) اعتمادا على الخصائص الصخرية أسوة بتكوين قمجوقة. الوحدة (A) يتراوح سمكها بين (12-18) مترا وتشمل على صخور المدملكات القاعدية التي تشكل نطاق عدم توافق مع تكوين قمجوقة. وتتخلل هذه الوحدة كذلك طبقة من المارل البني ذات صلابة متوسطة. أما الوحدة (B)، فيبلغ سمكها حوالي (90) مترا وتشمل على صخور جيرية حديدية (Reefal limestone) سميكة التطبيق في الأسفل وتصبح كتلية في الأجزاء العليا وتكون صلدة وان بعضا من أجزاء هذه الوحدة متأثر بعملية الدلمتة. يبلغ سمك الوحدة (C) حوالي (210) مترا وتتميز باحتوائها على صخور كتلية صلدة من الدولومايت. تم تحديد ثلاث مستويات من النضوح النفطي الثقيل من خلال دراسة المكاشف الصخرية السطحية في الجناح الجنوبي والشمالى فضلا عن المكاشف الظاهرة في احد الأنفاق في الجناح الشمالى للطية. تتواجد هذه المستويات على جناحي الطية وبتوزيع متناظر تقريبا. تتوزع المواد القيرية في الجزء السفلي من الوحدة (B) بشكل مواد مألئة لمسامات الصخرة ومرافقة مع بلورات (ذات انتشار قليل) من الكالسايت الثانوي الناجم عن الإحلال الصخري نتيجة المواد الهايدروكاربونية، اللوحة (3-3).

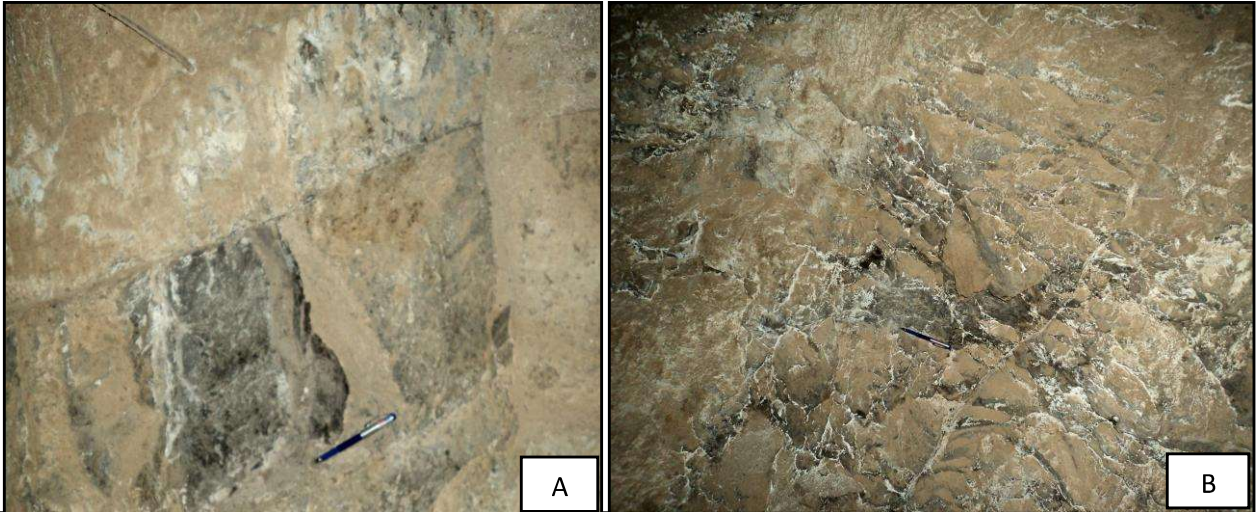


يلاحظ كذلك أنه عند الانتقال إلى الأجزاء الوسطى من الوحدة (B) تظهر هنالك زيادة في تمعدن الكالسايت بحيث تكون الصخرة مخططة بالأبيض والأسود وبنسب متساوية بين الكالسايت والمادة القيرية، اللوحة (3-4)، في حين شكلت بعض الطبقات العليا من الوحدة (B) تواجد المواد

القيرية بثلاثة أشكال يكون الأول بصورة مائلة للفراغات والثاني بهيئة عقد حديثة مسالة ومتصلبة، في حين يظهر الشكل الثالث لهذه المواد بصورة مائلة للكسور ويرافق معدن الكالسيت الثانوي هذه المواد العضوية، وقد تم استقطاع نموذج وتصويره لكي يتم التعرف أكثر على توزيعات هذه المواد المذكورة أنفاً، اللوحة (3-5).



عند الوحدة (C) لوحظ أن الجزء الرئيس من النضوحات يظهر بهيأة خطوط متباينة في العرض، إذ ان هذه الخطوط تعكس مستويات الفواصل ضمن طبقات الوحدة (C) والتي عملت كممرات لعبور المواد الهيدروكربونية إلى الأجزاء العليا من تكوين عقرة بخمة، اللوحة (6-3- A-B). إن هذه الفواصل المبينة في اللوحة السابقة لوحظت في بعض الطبقات الصخرية ضمن النفق. أما في الحد الفاصل بين تكويني عقرة- بخمة و شرانش، لوحظ انتشار المادة العضوية بهيأة عقد (Vugs) بحيث تضي على الطبقات الصخرية الحاملة لها شكلا مبمعا (Mottled shape)، وقد لوحظت هذه الأشكال في بعض المكاشف الصخرية لتكوين عقرة - بخمة (ضمن مضيق بخمة والمحاذية لنهر الزاب الكبير)، اللوحة (7-3).



اللوحة (6-3) النضوح النفطي الثقيل من خلال أنطقة الفواصل لتكوين عقرة - بخمة



### ثالثاً: تكوين شرانش - الكريتاسى العلوى (Shiranish Fm- U. Cretaceous)

ينكشف هذا التكوين في جناحي طية بيرات، إذ يشكل سفوحاً منخفضة تسير بمحاذاة تكوين عقرة - بخمة، وتكون بعض الطبقات في هذا التكوين مغطاة برواسب العصر الرباعي كالترب مما أدى إلى عدم وضوح امتدادات هذا التكوين خصوصاً في الطرف الشمالي الشرقي من الطية. يبلغ سمك التكوين في طية بيرات حوالي (190) متراً، إذ قام (الحمداني، 1991) بتقسيمه في طية بيرات إلى جزء سفلي يتكون من حجر جيرى مارلى جيد التطبق يحتوي على وفرة من عقد وأكاسيد الحديد وعروق الكالساييت كما أشار الحمداني (المصدر نفسه) إلى أن بعض الكسور والفجوات تحتوي على مواد قيرى مع انتشار لبلورات من معدن البيرايت (Pyrite). أما الجزء العلوى فيتكون من وحدات متعاقبة من الحجر الجيرى والمارل، مع ملاحظة زيادة نسبة المارل باتجاه الأعلى على حساب الحجر الجيرى.

تم توثيق تواجد النضوحات النفطية الثقيلة ضمن تكوين شرانش في طية بيرات (خصوصاً في الأجزاء السفلى منه) بشكل مواد قيرية منتشرة بمساحات واسعة من خلال أنطقة الضعف وتحديدًا من على مستويات التطبق وبعض الكسور، إذ ظهرت هذه المواد بصورة مسالة متصلة في طبقات الجناح الجنوبي من طية بيرات، اللوحة (3-8). كما أظهر العمل الحقلى تواجداً لاكاسيد الحديد ضمن طبقات الحجر الجيرى وبعض البلورات الصغيرة من الكالساييت

الثانوى



رابعاً: تكوين خورمالة- الباليوسين (Khurmala Fm -Paleocene)

ينكشف هذا التكوين على جناحي طية بيرات بسمك متباين، وقد أشار (الحمداني، 1991) إلى أن سمكه في الطرف الشمالي الشرقي من الطية يبلغ (140) متراً في حين يصل في الطرف الجنوبي الغربي إلى (90) متراً. يتألف هذا التكوين من الحجر الجيري المتدلّمت وبعض صخور المارل. ولوحظت المواد القيرية في طبقات الحجر الجيري الكتلية في الجناح الشمالي والتي ظهرت بهيأة قطع موزعة بصورة عشوائية على الصخرة وذات أحجام مختلفة. ولوحظ حقلياً أن الاجتزاء السفلى من هذا التكوين تحتوي على عقد كبيرة من المواد العضوية والتي يقل حجمها صعوداً إلى الأجزاء العليا من التكوين، وكذلك لوحظ ترافق أكاسيد الحديد في الأجزاء العليا من التكوين مع المواد القيرية، اللوحة (3-9).



اللوحة (3-9) عقد من المواد العضوية مترافقة مع أكاسيد الحديد في تكوين خورمالة (Aqra Anticline)

تعد طية عقرة من الطيات المحدبة ذات غاطسين وغير المتناظرة ، إذ يميل جناحها الجنوبي بمقدار اكبر من جناحها الشمالي، أي أن اتكاء الطية باتجاه الجنوب. تتصف بعض الطبقات في الجناح الجنوبي لهذه الطية بأنها مقلوبة. أوضح التفسير البصري للمرئيات الفضائية ان طول الخط المفصلي للطية بحدود (54) كم، كما يصل نصف طولها الموجي إلى (5) كم. يأخذ محور الطية الاتجاه شمال غرب - جنوب شرق.

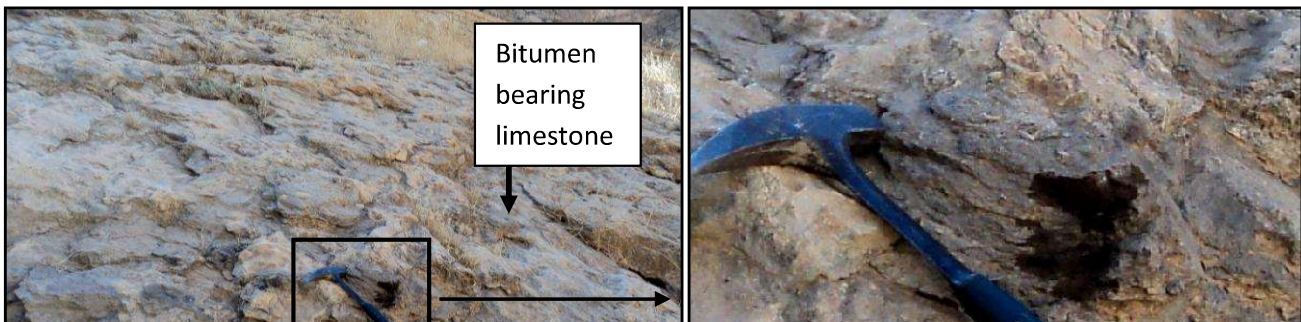
تتكشف في طية عقرة تكاوين جيولوجية تمتد أعمارها من العصر الطباشيري وحتى العصر الحديث وهي تكاوين قمجوقة و عقرة بخمة وخورمالة وكولوش والجرس والبلاسي والفتحة وانجانة والمقدادية وباي حسن، فضلا عن ترسبات العصر الرباعي، (معروف، 1983) و(Geosurv-Iraq, 1996).

لغرض تحديد تواجد نضوح نفطي ثقيل في طية عقرة، تم اختيار وادي شيخ عبد العزيز غرب مركز قضاء عقرة، إذ يتميز هذا الوادي بانكشاف طبقات تكويني عقرة - بخمة وخورمالة في الأجزاء الواقعة في الطرف الجنوبي وباتجاه المنطقة القريبة من مفصل الطية، كما أن تواجد طريق معبد سهل متابعة الوحدات الصخرية في المنطقة.

أولاً: تكوين عقرة - بخمة

ينكشف هذا التكوين في الطرف الشمالي الشرقي والجنوبي الغربي وكذلك في المنطقة المفصلية من طية عقرة إذ تشكل صخوره الصلدة حواجز مرتفعة بهيأة نطاق يحيط بالتركيب معطية إياه صفة الغلق او القفل التركيبي لمعظم اجزائه (كما في طية بيرات). يتألف هذا التكوين في طية عقرة من صخور الحجر الجيري ذات الطبيعة الكتلية والمتطبقة والمتدلتمتة و يصل سمكه إلى حوالي (240) مترا (معروف، 1983).

لوحظ النضوح النفطي الثقيل بمساحات واسعة وخصوصا عند الأجزاء السفلى من التكوين والتي تتمثل بطبقات كتلية من الحجر الجيري المشبعة بالمادة القيرية. وحقلنا لوحظ أن المادة القيرية تكون مشبعة لمسامات الصخرة (اتناء كسر النموذج)، اللوحة (10-3-A)، كما لوحظ في بعض الأجزاء السفلى من التكوين تواجد للمادة القيرية بهيأة لدنة قابلة للاشتعال عند التعرض للحرق، اللوحة (10-3-B).





عند الانتقال إلى الأجزاء العليا من التكوين لوحظ النضوح الثقيل بهيأة عقد كبيرة (ضمن طبقات الحجر الجيري المتدلّمت) و بانتشار واسع وتوزيع عشوائي، وقد تم توثيق ما سبق حقليا عند بعض المكاشف الصخرية على جانب الطريق والذي أظهر تباين التتابع العمودي للطبقات الصخرية ضمن تكوين عقرة بخمة فضلا عن توضيح التباين العمودي في توزيع المواد القيرية ضمن هذا التكوين التي ظهرت بهيئة مشبعة للصخور ضمن الأجزاء السفلى وقلتها وظهورها بهيأة عقد كبيرة في الأجزاء العليا، كما لوحظ انتشار بعض العروق من الكالسايث الثانوي (Secondary calcite) في هذا الجزء من التكوين، اللوحة (C-3-10).

يعتقد من خلال الدراسة الحالية أن طبقات الحجر الجيري في الأجزاء العليا قد تأثرت بالغازات المنبعثة من الأجزاء السفلى وقد كان التأثير المباشر تعرض الصخور لعملية الدلمتة التي تعد من إحدى نواتج النضوح النفطي والتي تم تأشير تواجدها في العديد من الحقول النفطية حول العالم (Schumacher, 1996).

ثانيا: تكوين خورمالة

يتألف تكوين خورمالة في طية عقرة من طبقات قليلة السمك من الحجر الجيري المتدلّمت والحجر الجيري المارلي التي تتغير إلى طبقات رقيقة من الحجر الجيري المطمورة ضمن طبقات رمادية داكنة من المارل الطيني (Marly Shale)، إذ إن هذه الطبقات الرمادية تزداد عند الأجزاء العليا من التكوين والتي تتكون بصورة أساسية من صخور الحجر الطيني الهش. أشار (معروف، 1983) إلى أن سمك هذا التكوين في طية عقرة يصل إلى (110) متر.

تمت ملاحظة تواجدها نضوح نفطي ثقيل عند طبقات الجناح الجنوبي من طية عقرة ضمن تكوين خورمالة بشكل عقد صغيرة ضمن طبقات الحجر الجيري التي أضفت على هذه الطبقات نمطاً مبقعا لكثرة انتشارها وتوزيعها العشوائي، كما ظهر البعض منها بهيئة خطية ناجم عن النضوح من خلال الكسور في طبقات الحجر الجيري، اللوحة (3-11). وحقليا لوحظ أن هذه العقد القيرية تزداد بالحجم في بعض المناطق عند الانتقال إلى الأجزاء العليا من تكوين خورمالة.



### 3-3-3 طية الشيخان (Shaikhan Anticline)

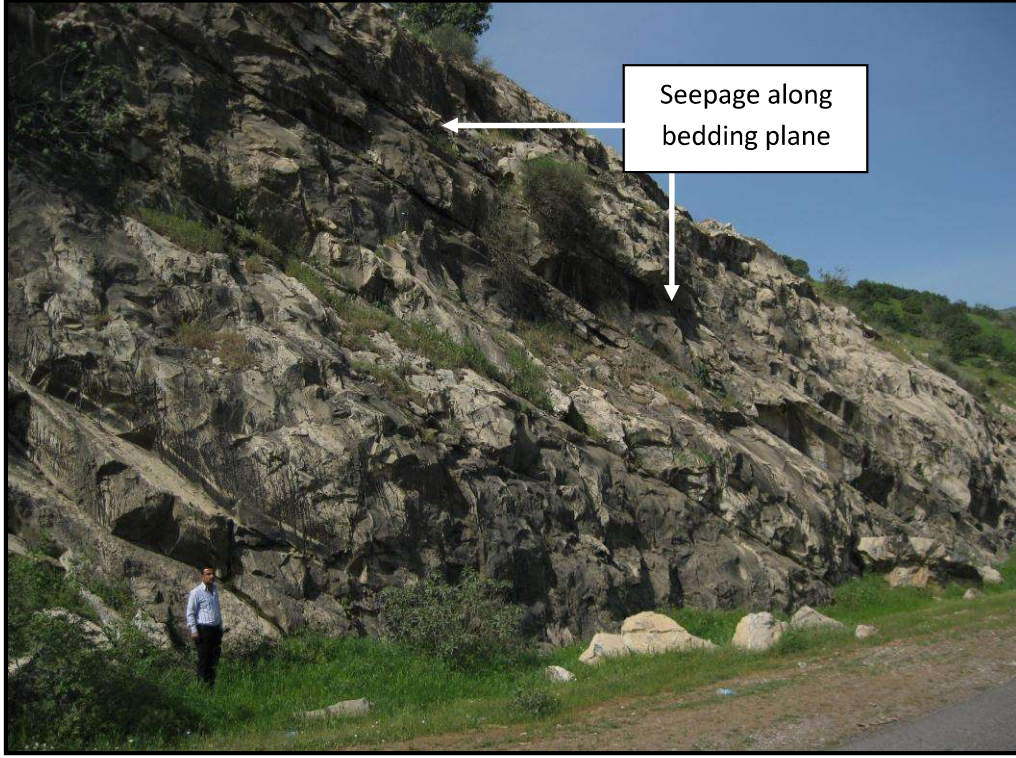
توصف طية الشيخان بأنها محدبة واقعة ضمن نطاق الطيات العالية للفورلانند، ويمتد محورها في اتجاهه العام شرق - غرب بطول يقارب (28) كم ونصف طول موجي معدله (2-7) كم. وتعد هذه الطية غير متناظرة ومتكئة باتجاه الشمال. وذات غاطسين، إذ يقع الغاطس الشرقي قرب قرية كفره صور، أما الغاطس الغربي فيقع قرب قرية مام يزيدنه. وقد أشار (الخاتوني، 2009) إلى أن الغاطس الأول يتميز بكونه مستدق النهاية أما الغاطس الثاني فإنه عريض نسبياً. تظهر في هذا التركيب مكاشف لوحداث طباقية يتراوح عمرها من الكريتاسي وصولاً إلى العصر الحديث. يمثل تكوين بخمة العائد لعمر (الكمباني المتأخر - الماستيرختيان المبكر) أقدم تكوين في المنطقة الذي ينكشف في لب طية الشيخان المحدبة. ثم تليه التكوينات الأحدث وهي تكوين كولوش و تكوين جركس وتكوين بلاسبي وتكوين فتحة وتكوين انجانة ورواسب العصر الحديث. بين (الخاتوني، 2009) إلى أن ظاهرة النضوح النفطي في طية الشيخان (خصوصاً في منطقة كلي قير) درست من قبل بعض شركات النفط العراقية منذ مطلع العام (1937)، فضلاً عن أن الدراسة المقدمة من قبل ميكارتي (Mekarty, 1943) تناولت التحري عن الترسبات الكبريتية والتجمعات الهيدروكربوناتية المحتملة فيها، وهذا ما أشار إليه (الخاتوني، 2009) كذلك.

تم حقليا تأشير تواجد ظاهرة النضوح النفطى الثقيل من خلال مقطع يمتد على طول الطريق القاطع لطية الشيخان من جهتها الغربية. إذ تم ملاحظة ظاهرة النضوح النفطى في الطرف الشمالى للطينة وبالتحديد في طبقات تكوين البلاسى التي تتألف من تعاقبات من الحجر الجيرى المتطبق والتي يلاحظ فيها نضوح المواد القيرية من خلال أسطح التطبيق بهيأة جريان فعال باتجاه أسفل المنحدر، اللوحة (3-12). كما لوحظ نضوح هذه المواد من خلال الفواصل المتواجدة في طبقات الحجر الجيرى التابعة لتكوين البلاسى بشكل مواد قيرية مسالة كذلك، اللوحة (3-13).

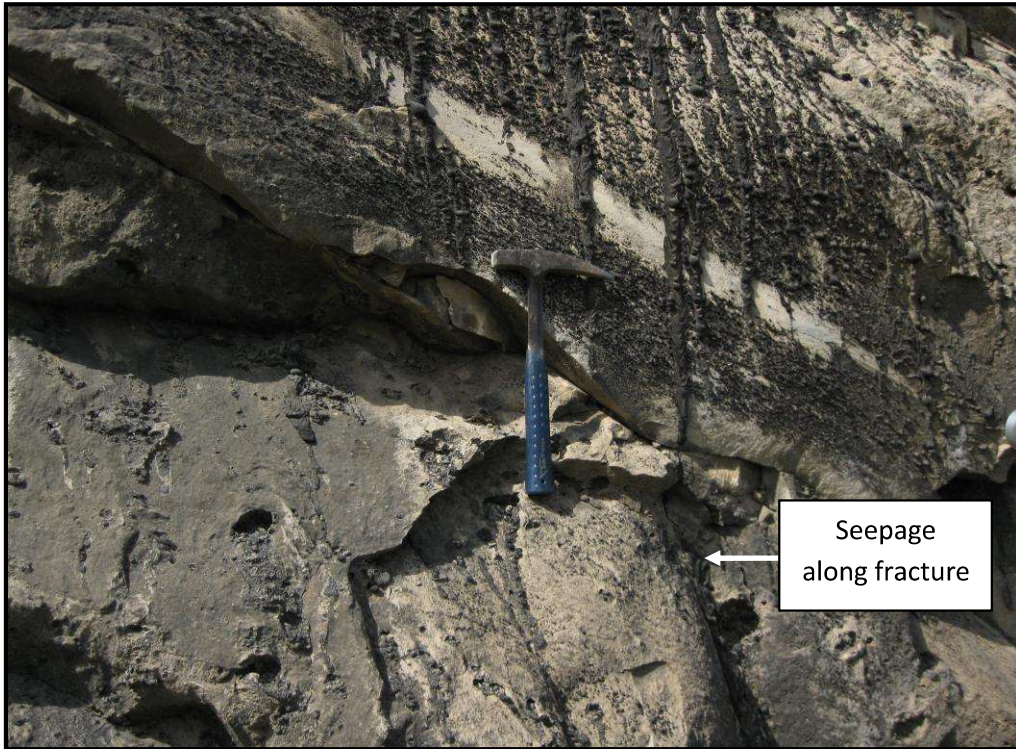
وهنا يجب الإشارة إلى انه لم يتم تأشير وجود نضوح نفطى في الطرف الجنوبى من طية الشيخان أي أن عملية الطي التي صاحبت تكوين هذا التركيب والمؤدية كذلك إلى اصطياذ النفط يجب أن تشترك مع عامل تركيبى اخر في السيطرة على النضوح النفطى وذلك لحصول اتجاهية واحدة متحكممة في جريان هذه المواد الهايدروكاربونية ويتمثل هذا العامل التركيبى بدور الصدع الليستيرى المؤثر على طية الشيخان الذي أدى إلى جعل الجناح الشمالى لطينة الشيخان اشد ميلا وذات تكسرات أكثر مقارنة بالجناح الجنوبى.

#### 3-3-4 طية اشكفت (Ishkaft Anticline)

وهي عبارة عن طية محدبة ذات غاطسين ويأخذ محورها في اتجاهه العام (شرق - غرب) وذات امتداد يبلغ طوله حوالي (36) كم وبنصف طول موجى يتراوح بين (6 - 1.5) كم. يتميز هذا التركيب باحتوائه على عدد من الطيات، إذ أوضح كل من (Al- Daghastani and Al- Daghastani, 1994) أن طية اشكفت تضم ثلاث طيات محدبة ذات غاطس مزدوج ومرتبطة بنمط انشلونى (Enechelon) اطلق عليهم الطيات الشرقية والوسطية والغربية. أن اتكاء هذه الطية يكون باتجاه الشمال، إذ تميل طبقات الجناح الشمالى والجنوبى بمعدل (26°) و (12°) على التوالي. ينكشف في هذه الطية تكوين الفتحة الذي تشكل صخوره معظم أجزاء الطية. يقطع طية اشكفت في أجزاءها الوسطية صدع إزاحة مضرية من النوع اليسارى الذي يكون ذا امتداد واسع بحيث يظهر بمظهر خطى في مرئيات الاقمار الاصطناعية قاطعا لطينة ساسان من الجنوب الغربى مرورا بطية اشكفت ليتجه إلى الأجزاء الشمالية الشرقية منها قاطعا بذلك طية قصير. إن هذا الصدع تم تأكيد تواجده من قبل عدة دراسات جيولوجية سابقة مثل (Al- Daghastani and Al- Daghastani, 1994)، (Geosurv-Iraq, 1995)، (الحوادى، 1998).



اللوحة (3-12) انسياب المواد العضوية من خلال أسطح التطبق في طية الشيطان



اللوحة (3-13) انسياب المواد العضوية من خلال الفواصل في طية الشيطان  
أوضح العمل الحقلى لطية اشكفت تواجد نضوح نفطى ثقيل في الأنطقة الواقعة في  
الجزء الوسطى من الطية. إذ لوحظ ذلك في الوادى الذى يمثل مستوي صدع الازاحة المضربية.  
يمتاز مجرى الوادى في هذه المنطقة بزيادة الحفر العمودى الواضح في قيعانه المؤلف من  
مكاشف صخرية للعضو السفلى من تكوين الفتحة مع انتشار واضح لمواد قيرية وجريانها في قاع  
الوادى، اللوحة (3-14). كما لوحظ تواجد دلائل نضوح نفطى خفيف مؤثر على طبقات الجبس

والحجر الجيري بعملية التحلل في المكاشف المحاذية لهذا الوادي. إن تأثر طية اشكفت بصدع الازاحة المضربية كان له الدور الكبير في ضياع المحتوى النفطي من الأجزاء الوسطية لهذه الطية. إذ إن العديد من المناطق الواقعة إلى الغرب من نهر دجلة والتي تقع ضمن نطاق الطيات الواطئة تميزت العديد من الطيات فيها بتأثرها بصدوع ازاحة مضربية أثرت على المحتوى النفطي فيها وهذا ما سيتم التطرق اليه لاحقا.

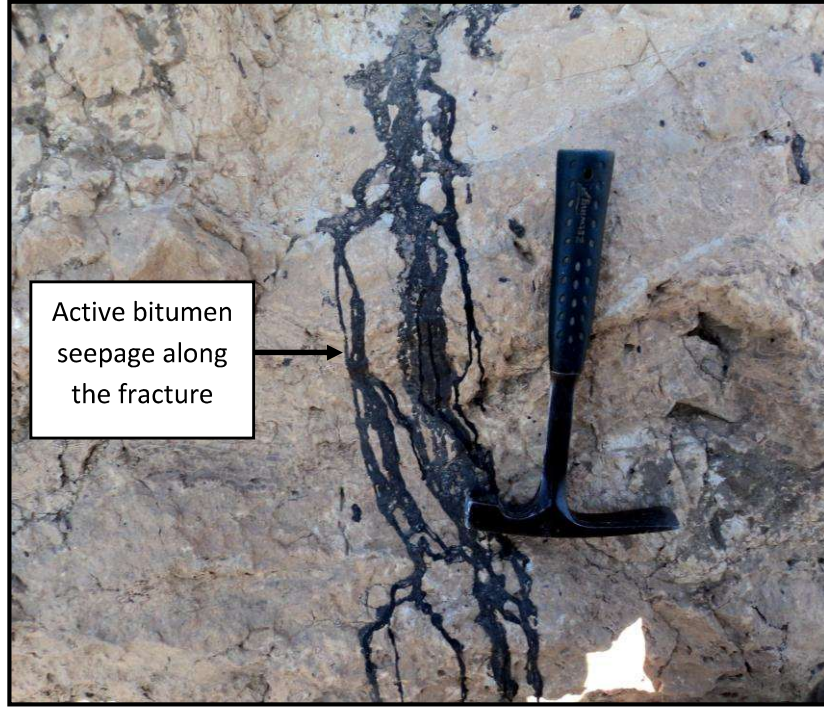


اللوحة (3-14) نضوح نفطي ثقيل في قيعان احد الوديان القاطعة للجزء الوسطي من طية اشكفت

### 3-3-5 طية المحلبيية (Mohalabiya Anticline)

تم التطرق إلى طية المحلبيية في الفصل الثاني من ناحية وصف الطية وخصائصها الهندسية. تعد هذه الطية انموذجا لتواجد النضوح النفطي الثقيل الفعال ضمن نطاق الطيات الواطئة، إذ على الرغم من انها تعد من الطيات ذات الطبوغرافية الواطئة ومحدودة الامتداد إلا أن بعض الطبقات فيها (العائدة إلى العضو السفلي من تكوين الفتحة) تحتوي على نضوح ثقيل فعال (مستمر) نتيجة وقوع هذه الطية بين مستويين من صدوع الازاحة المضربية. لوحظ تواجد نوعين من النضوح في الطية، تمثل الأول بجران للمواد القيرية من خلال أنطقة الكسور ضمن

طبقات الحجر الجيري لتكوين الفتحة في الطية، اللوحة (3-15)، في حين تمثل النوع الثاني بهيئة غازات هايدروكاربونية منبثقة من بعض ترسبات العصر الرباعي كالترب السطحية، إذ تتميز هذه الترب بارتفاع درجة حرارتها وباحتوائها على مواد هايدروكاربونية وهذا ما توضح عند الحفر في بعض أجزاء هذه الترسبات، اللوحة (3-16).



اللوحة (3-15) نضوح نفطي ثقيل من خلال الكسور في طبقات الحجر الجيري لطية المحلية



اللوحة (3-16) انبعاث المواد الهيدروكاربونية خلال الترب السطحية لبعض الأنطقة ضمن طية المحلية

## **الفصل الرابع**

**تحديد مناطق النمو  
الحديث للطيات  
باستخدام بيانات  
الارتفاعات الرقمية**

#### 1-4 المقدمة

للأرض سطح منبسط أو معقد متباين الارتفاعات، وتعكس تضاريسه ومظاهره الطبوغرافية الطبيعية العناصر أو الخصائص الجيولوجية تحت السطحية. إذ إن لكل نمط من مظاهر سطح الأرض وضعه الطبوغرافي المتميز الذي يظهر شكلاً واضح المعالم يمكن تمييزه وتصنيفه حسب منشأ التكويني. فعلى سبيل المثال تتميز مناطق الطيات بارتفاعات طبوغرافية ذات خطوط كنتورية دائرية أو اهليجية متتاسقة (خصوصاً في الطيات التي تتميز بصخور صلبة)، في حين تشكل مجاري الوديان طبوغرافية واطئة. وتتغير في الواقع طبوغرافية الأرض بوضوح عند الحدود الفاصلة بين تضاريسين مختلفين من معالم سطح الأرض (كالانتقال من الطيات المقعرة إلى الطيات المحدبة). إن كل نوع من الصخور وكل ظاهرة تتعلق بتأثير الحركات الأرضية وكل مظاهر التعرية والترسيب تنعكس على السطح بمظاهر طبوغرافية توضح العمليات المكونة لها، لذا فإن على الجيولوجي أو الباحث في مجال علوم الأرض المهتم بدراسة العناصر والتراكيب الجيولوجية أن يكون ملماً في فهم الخصائص الطبوغرافية وكذلك الخصائص الجيومورفولوجية التي تصب في فهم واستنتاج التراكيب تحت السطحية عن طريق دراسة التباينات في الأشكال الأرضية وتأثير الحركات التكتونية عليها والانعكاسات الطبوغرافية الخاصة بها. إن العمليات التكتونية التي أثرت في سطح القشرة الأرضية ما زالت مستمرة في طور الحركة ويتضح من هذا حتمية اعتبار المظاهر الأرضية متغيرة وتتطور تفاصيلها باستمرار بفعل العديد من العوامل التي كانت وما زالت تؤثر في سطح الكرة الأرضية (الجوادي، 1998)، حيث يكون البعض منها باطنياً المنشأ (Indogenetic) كالنشاط التكتوني (Tectonism) والبركاني (Volcanism) والبعض الآخر سطحي المنشأ (Exogenetic) كالتجوية (Weathering) والعمليات النهرية (Fluvial processes).. الخ، ولذلك برزت عدة علوم مرتبطة بالدراسات التركيبية والتكتونية ومنها:

1- علم الجيومورفولوجيا التكتونية (Tectonic geomorphology).

2- علم الحركات التكتونية الحديثة (Neotectonic).

3- علم المورفوتكتونك (Morphotectonic).

إذ تعمل جميع هذه العلوم على الربط بين الوضع التكتوني لأية منطقة بالمظاهر أو الأشكال الأرضية فيها ويتم ذلك من خلال دراسة أصل هذه المظاهر وعلاقتها بالوضع التكتوني العام للمنطقة فضلاً عن تأثير الحركات الأرضية في تشكيل هذه المظاهر (البناء، 2002).

يتضمن هذا الفصل استخدام العناصر الطبوغرافية المستخلصة من موديلات أو بيانات الارتفاعات الرقمية الرادارية (Digital Elevation Models) في تحديد انطقة ارتفاعات تحمل دلائل تركيبية منها نمو حديث لطيات تحت سطحية وعمل استخلاص آلي لمجاري الوديان السطحية لملاحظة وجود أو عدم وجود تأثير نشاط تكتوني حديث عليها (من خلال انطقة النمو الحديث للطيات)، كما تمت دراسة ومراقبة خصائص الانعكاسية الطيفية للمناطق الواقعة فوق هذه التراكيب المستنتجة لغرض تقييمها اقتصادياً.

#### 2-4 اساسيات بيانات الارتفاعات الرقمية

إن استخدام مرئيات الأقمار الاصطناعية في دراسة الجيولوجيا التركيبية لمنطقة ما يكمن في تشخيص التراكيب الجيولوجية التي تنعكس بشكل مباشر من خلال البنية الصخرية والتركيبية الظاهرة بها فعلى سبيل المثال يمكن تحديد مناطق الطيات المحدبة بسهولة لان شكل الطبقات الصخرية المائلة باتجاهين متعاكسين يحدد وضعا طبوغرافيا متميزا يتمثل في خطوط كنتورية من النوع المغلق أو بشكل دائري أو اهليجي. أما في المناطق الحاوية على مكاشف صخرية قليلة وذات تضرس واطئ (Low relief) فإن تمييز العناصر التركيبية يكون صعباً أو معقداً لذا فإن الاعتماد على المرئيات الفضائية يكون غير كاف في إبراز هذه العناصر فيتم استخدام بيانات أخرى تساعد في فك بعض الرموز التركيبية ومنها بيانات أو نماذج الارتفاعات الرقمية.

ان عملية التعرف على تضاريس سطح الأرض ليست فقط ذات أهمية كبيرة لعلوم الأرض، بل هي ضرورية كذلك لتطبيقات أخرى كالعلوم الهيدرولوجية، المناخ، الجيومورفولوجي وعلوم البيئة... الخ، كما يمكن استخدام البيانات المشتقة من نموذج الارتفاع الرقمي في تحليل الظواهر البيئية أو المشاريع الهندسية التي تتأثر دراستها بالارتفاعات أو الميول، كما في دراسات الغابات وأسطح الانحدارات. وتسمح إمكانات الإظهار البصري في الحواسيب بعرض نموذج التضاريس الرقمي في شكل ثلاثي الأبعاد، من أية زاوية مطلوبة. من هذا المنطلق قامت وكالات الفضاء العالمية بإطلاق بيانات (موديلات) للارتفاعات الرقمية تغطي سطح الكرة الأرضية وقد كان الهدف الرئيس لهذه البيانات مخصصاً لدراسات تطبيقية تتعلق بعلوم الأرض والجيوفيزياء والزلازل ومراقبة البراكين وغيرها. تم استخدام معطيات مكوك الفضاء (Endeavour) اندافر في عملية قياس الارتفاعات لكل نقطة على سطح الأرض بغية إنشاء خرائط طبوغرافية رقمية دقيقة. وفي شهر شباط من عام (2000) تم إطلاق مكوك الفضاء في مهمة مشتركة بين وكالة الفضاء الأمريكية ناسا (NASA) وهيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) شملت تركيب جهاز أو متحسس راداري خاص على المكوك في مهمة استمرت لمدة أحد عشر يوماً لإجراء مسح طبوغرافي تفصيلي و دقيق لسطح الكرة الأرضية عرفت باسم: مهمة الرادار الطبوغرافي

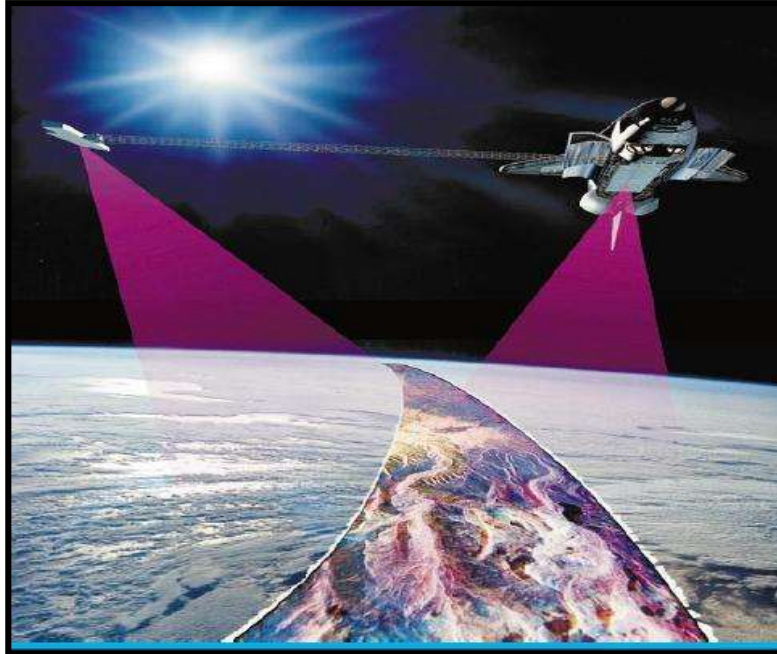
لمكوك الفضاء (SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION) التي تعرف باختصاراً بالأحرف الأولى من الكلمات الأربعة (SRTM)، اللوحة (1-4)، وكانت أهم نتائج هذه المهمة الحصول على بيانات أو نماذج الارتفاعات الرقمية (Digital Elevation Models) أو ما يعرف باختصاراً (DEM) الذي يمكن تعريفه كما يأتي:

1- ملف رقمي يحتوي على ثلاث معلومات لكل نقطة على سطح الأرض وهذه المعلومات تتمثل بخط الطول ودائرة العرض وارتفاع النقطة عن مستوى سطح البحر

2- مرئية رقمية من النوع الشبكي (Raster data) كل خلية أو وحدة صورية فيها تحتوي على قيمة تمثل ارتفاع سطح الأرض في مساحة هذه الخلية.

تتوفر بيانات (SRTM) بدقتين مساحيتين الأولى: ثانية قوسية واحدة (One arc sec) وهي تعادل (30) متراً، والثانية ثلاث ثوانٍ قوسية (Three arc sec) وهي تعادل (90) متراً، والثالثة ثلاثين ثانية قوسية (30 arc sec) وهي تعادل كيلومتراً واحداً .

أعتمد في الدراسة الحالية الاعتماد على بيانات (SRTM) ذات الثانية القوسية الواحدة بقدرة تمييز قدرها (30) متراً والتي تتراوح دقتها بين (5) إلى (9) أمتار، وهذا يعني أن الخطأ المتوقع في قيمة الارتفاع لأية نقطة من الممكن ان يتراوح من (5) إلى (9) أمتار، علماً أن هذه الدقة العمودية (Vertical accuracy) تعد ممتازة لنموذج رقمي يغطي مساحات واسعة ومناسب للتطبيق في الدراسة الحالية.



اللوحة (1-4) مهمة الرادار الطبوغرافي لمكوك الفضاء Endeavour - إرسال موجات رادارية 3-4 استخدام التصنيف اليدوي (Manual Classification) في تصنيف الانحدارات واستلام بيانات ارتفاعات رقمية تمثل ارتفاع وإحداثيات كل نقطة على سطح الأرض

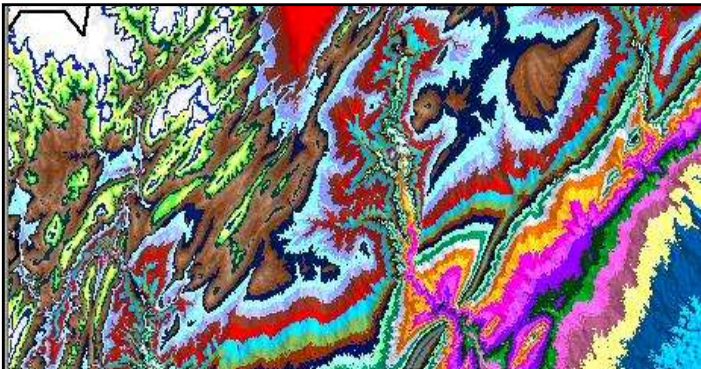
## الفصل الرابع ..... تحديد مناطق النمو الحديث للطبقات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية

استخدمت برامج نظم المعلومات الجغرافية في عملية إدخال وتحليل وإخراج بيانات الارتفاعات الرقمية لجزء من نطاق طبقات الفورلاند الشكل (1-1). إذ تتميز هذه البرامج بقدرتها على تنظيم هذه البيانات من حيث جمعها وتخزينها وإدارتها وتحليلها وعرضها بشكل تصنيفي. تم تطبيق طريقة التصنيف اليدوية في إجراء عملية إعادة تجزئة لقيم (Z) (أي قيم الارتفاعات) إلى أجزاء يتكون كل جزء منها من وحدات صورية ذات أعداد رقمية تمثل قيم الارتفاعات. فعلى سبيل المثال تم تقسيم نموذج الارتفاع الرقمية المستخدم في الدراسة الحالية إلى عدة مجموعات تم اختيارها بواقع التباين ضمن ما يقارب قيمة (15) مترا باستثناء بعض المناطق كذلك التي تتميز بطوبوغرافية واطئة والتي تم تقليل قيمة التباين إلى ما يقارب (5) امتار وإخراجها بمرئية أخرى، وقد تم تقليل قيمة التباين في الارتفاعات للسببين الآتيين:

1- في المناطق الواطئة طوبوغرافيا، يلاحظ أن التدرج لقيم الارتفاعات يكون ضئيلا لذا يجب عند متابعة التباين الطوبوغرافي تحديد انطقة ارتفاعات بفترات كنتورية لا تتجاوز (7) امتار .

2- إن زيادة أصناف الارتفاعات وتحديد كل منها بلون معين يضيف صعوبة إخراجية (فيما إذا تم تطبيقه على مناطق بمساحات كبيرة) نظرا لكثرة الألوان الناتجة، لذا فإن استخدام مرئية أخرى (بمساحة أقل) لبعض المناطق التي تتمتع بطوبوغرافية واطئة مستقلة يلغي هذا التأثير .

تمثل اللوحة (2-4-A) مرئية إخراج لبيانات ارتفاعات طوبوغرافية وبواقع (35) صنفاً تم استنتاجها من خلال ملاحظة أقل وأعلى ارتفاع للمنطقة المصنفة. إذ تمثلت هذه الأصناف بأول مجموعة ينحصر فيها الارتفاع (0-123) مترا وبهذا فإن أوطاً نقطة تمثلت بمناطق تجمعات المياه وهذا ما توضح في المناطق الواقعة الى الجنوب من النقاء نهر الزاب الأسفل مع نهر دجلة، والتي تمثلت بالارتفاع (83.35) مترا. في حين وصل أعلى ارتفاع إلى (2.276) مترا في المناطق المحاذية للحدود مع تركيا ايران. بعد تحديد أنطقة الارتفاعات هذه وبغية الحصول على مرئية اخراج مصنفة يسهل معها تمييز مظاهر الارتفاعات الطوبوغرافية وتحليلها ، تم إعطاء كل نطاق أو مجموعة لونا معيناً يتكون بطبيعة الحال من نسب معينة لكل لون من الألوان الرئيسية وفق منظور إخراجي يسهل على العين إجراء تفسير بصري وتحديد مواقع التغيرات في الارتفاعات (خصوصاً في المناطق ذات التضرس القليل). علماً أن هذه المعالجة تم اعتمادها في البحث الحالي وتطبيقها على نموذج الارتفاع الرقمي المأخوذ للعراق ولأول مرة.



#### 4-4 تحديد دلائل الحركات التكتونية الحديثة ودورها في نمو الطيات الحديثة

تتضمن هذه الفقرة إجراء تحليل مورفوتكتوني لمنطقة الدراسة بإتباع أساليب وطرق حديثة للتعرف على العمليات التكتونية المؤثرة في نطاق الفورلاندر العراقي خصوصا في دراسة وتحديد نمو الطيات غير المعروفة في المنطقة. إذ عولجت بيانات الارتفاعات من خلال تصنيف قيم الارتفاعات (كما تم ذكره سابقا) تفصيليا لتحديد الوحدات المورفوتكتونية العاكسة لأنطقة النمو الحديث للطيات وتثبيت التفاصيل الطبوغرافية ضمن كل واحدة من هذه الوحدات في خرائط خاصة بغية ملاحظة تطابقها مع الخصائص والتفاصيل ذاتها للتراكيب السطحية المنكشفة عنها والمجاورة لها لكي يتم اعتمادها كطيات نامية حديثة ومن ثم تحديد خصائصها التركيبية. ولغرض تحديد الامتداد الدقيق لهذه الطيات، تم الاعتماد على الرسم الآلي للشبكة التصريفية ودراستها في المناطق التي تحتوي على هذه التراكيب، إذ أن الشبكة التصريفية تتأثر بالحركات التكتونية الحديثة والتي استخدمها عدة باحثين في تحديد التراكيب الجيولوجية السطحية وتحت السطحية (Al-Sakini, 1975)، (Castiglioni, et al, 1999) (Al- Daghastani, ) (1999)، (Al- Daghastani and Al- Dewachi, 2009).

تم في الدراسة الحالية تحديد مواقع طبوغرافية أظهرت أشكالا متميزة ربما تعكس وجود طيات تحت سطحية. وقد اعتمد الباحث في تصنيف هذه المظاهر بوصفها تعكس وجود طيات على ما يأتي، أولا: شكل المظهر الطبوغرافي اهليجي أم دائري. ثانيا: امتداد هذا المظهر ومطابقته لاتجاه الطيات المجاورة، اي اتجاه نطاق طوروس (شرق - غرب) أو اتجاه نطاق زاكروس (شمال غرب - جنوب شرق). ونظرا لأهمية وجود هذه الطيات النامية على احتمال أن تكون مكامن نفطية واعدة (خصوصا أن البعض منها أظهر وجود دلائل نضوحات نفطية على الرواسب السطحية فيها) فقد تركزت هذه الدراسة عليها. وفيما يأتي عرض لما تم استنتاجه وكما يلي:

#### 1-4-4 الارتفاعات الطبوغرافية المتميزة في منطقة الدراسة

بغية دراسة دلائل الطيات الحديثة تم تقسيم منطقة الدراسة إلى أربعة قطاعات كانت كالاتي، اللوحة (3-4):

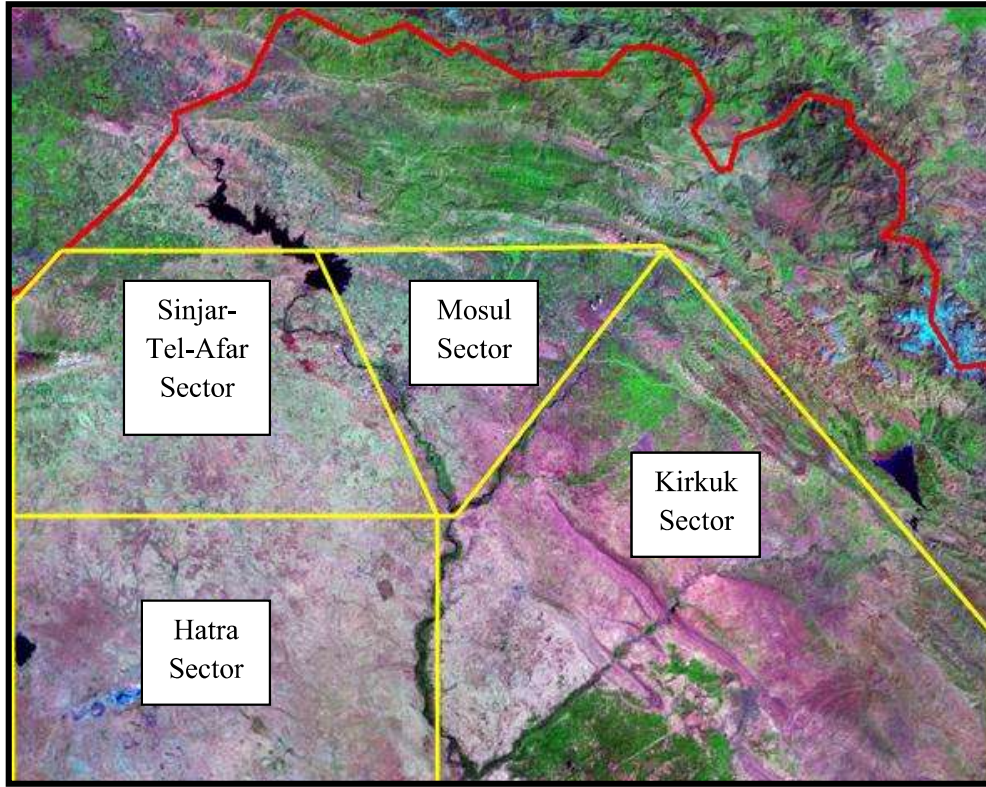
أ- قاطع الموصل (المنطقة الواقعة إلى الشمال من المخطط والمحصورة بين نهر الزاب الكبير ونهر دجلة)، وتشتمل على الطيات (B1-B31).

ب- قاطع كركوك (المنطقة الواقعة إلى الجنوب من نهر الزاب الكبير والمحاذية للجهة الشرقية من نهر دجلة)، وتشتمل على الطيات (K1-K29).

الفصل الرابع ..... تحديد مناطق النمو الحديث للطيات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية

ت-قاطع الحضر (المنطقة المقابلة لقاطع كركوك والمحاذية إلى الغرب من نهر دجلة)، وتشتمل على الطيات (H1-H7).

ث-قاطع سنجار- تلعفر (المنطقة المقابلة لقاطع الموصل والمحاذية إلى الغرب من نهر دجلة)، وتشتمل على الطيات (S1-S20).

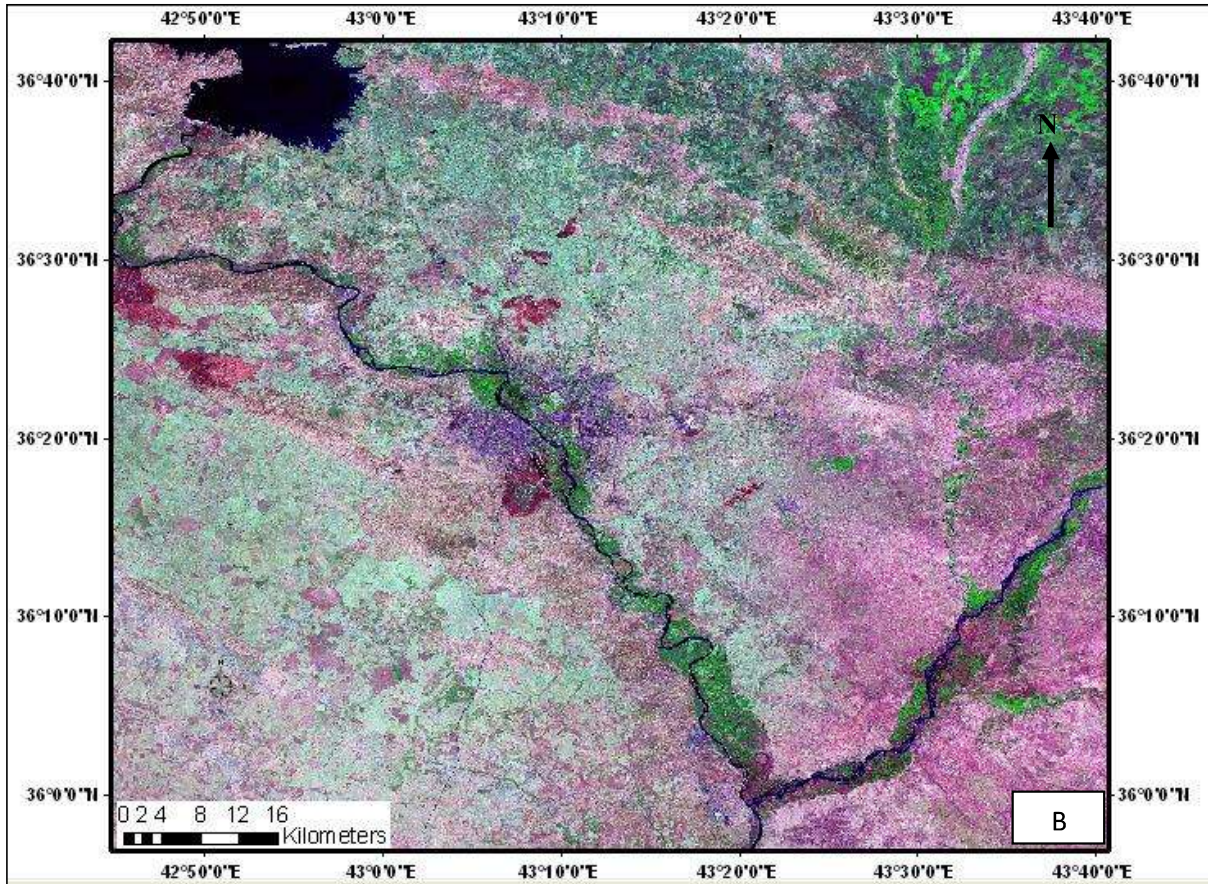
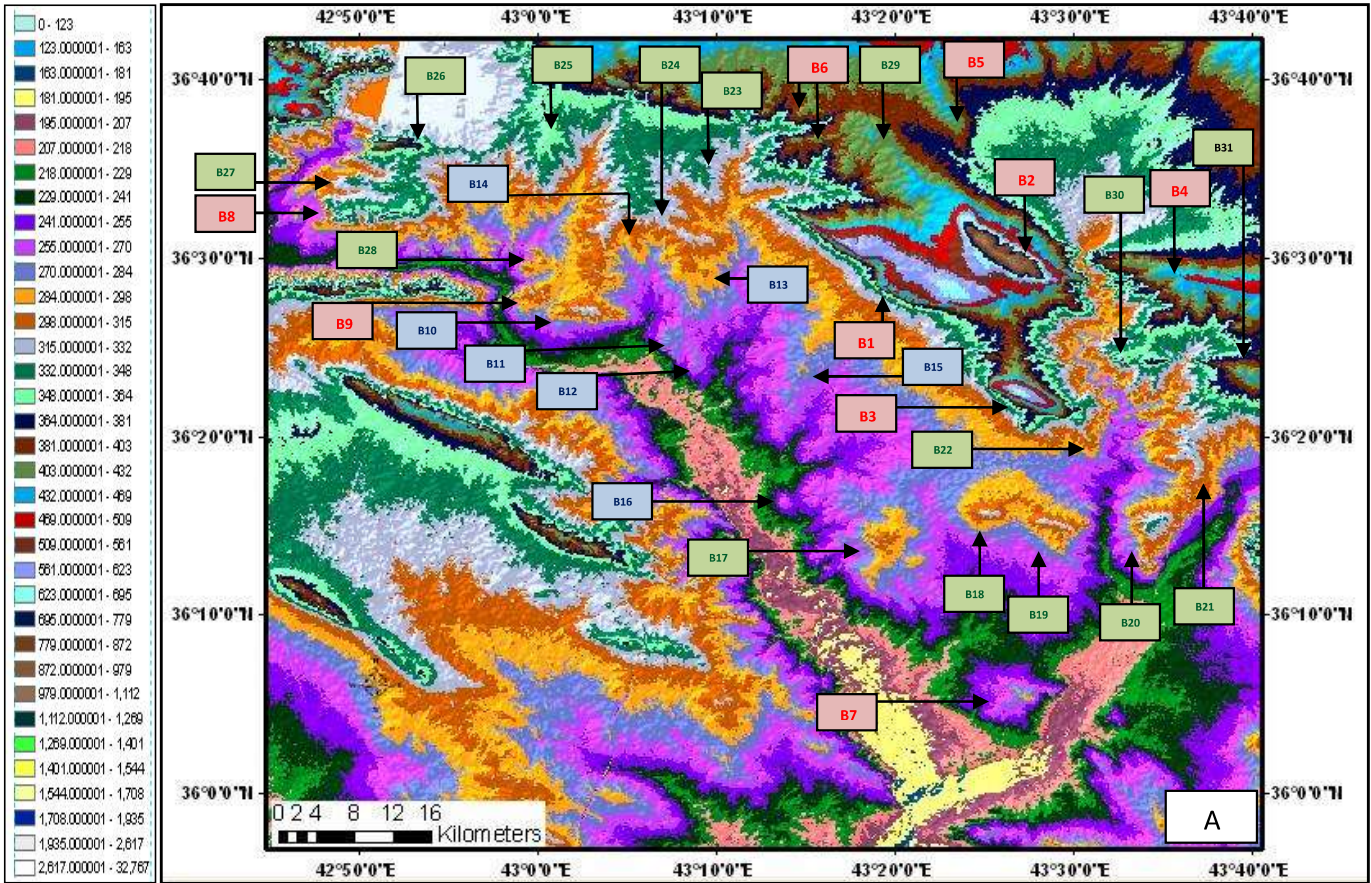


اللوحة (3-4) الانطقة التي تم التحري فيها عن دلائل نمو حديث لطيات تحت سطحية

وفيما يأتي وصف مقتضبا للطيات الرئيسية المستتجة من نماذج الارتفاعات الرقمية والانعكاسات الطبوغرافية المميزة لها والصفات التركيبية الظاهرة بها وحسب كل منطقة.

#### 4-4-1-1 قاطع الموصل

يضم المنطقة الواقعة إلى الشمال من المخطط والمحصورة بين نهر الزاب الكبير ونهر دجلة. أظهرت بيانات الارتفاعات الرقمية المصنفة لهذا القاطع، اللوحة (4-4-A) عدداً من الارتفاعات الطبوغرافية العاكسة لطيات رئيسة ضمن هذا القاطع (كطيات بعشيقه B1 ومقلوب B2 وعين الصفرة B3 وأجزاء من طيات بردارش B4 وقند B6 والكوير B7). فضلا عن تحديد عدد من المعالم الطبوغرافية ذات أشكال اهليجية أو بيضوية، وعلى الرغم من أن الارتفاعات الطبوغرافية لهذه المعالم أقل من نظيراتها في التراكيب الرئيسية التي تم ذكرها، إلا أنها عكست في خصائصها واتجاهاتها اتجاهات التراكيب الرئيسية المجاورة لها.



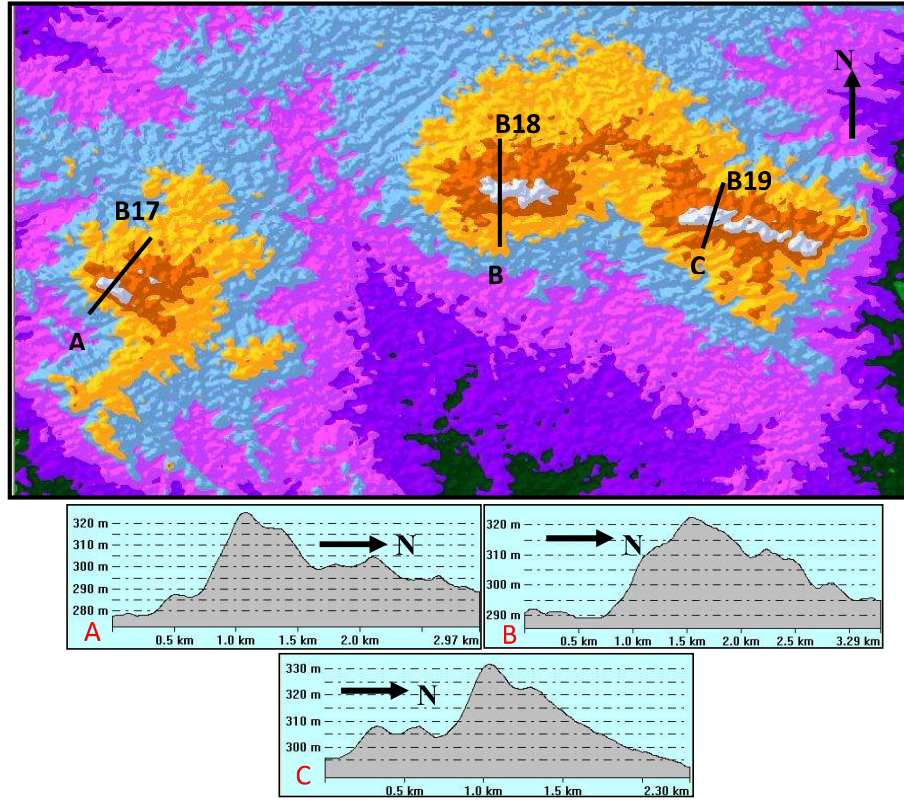
اللوحة (4-4) A: بيان الارتفاع الرقمي المصنف لقاطع الموصل B: المرئية الفضائية المناظرة

ولغرض التعرف على مدى ارتباط هذه الأشكال بتراكيب تحت سطحية نامية تمت الاستعانة ببعض الدراسات الجيولوجية التي اهتمت بتحديد مواقع تراكيب جيولوجية تحت سطحية. وهنا لابد من الإشارة إلى ان الدراسات المقدمة من قبل (Al-Daghastani, 1999) و(متعب،2000) و (متعب والشيخ، 2005)، (متعب والموالي، 2005) كانت بمثابة إجراء ضروري في تقييم كفاءة بيانات الارتفاعات الرقمية في تحديد التراكيب تحت السطحية. إذ ان الدراسة المقدمة من قبل (Al- Daghastani, 1999) بينت وجود طية محدبة في محافظة نينوى أطلق عليها طية الحدباء التي تم استنتاجها من خلال تفسير معطيات التحسس النائي ودراسة خصائص الشبكة التصريفية، وقد تم تمييز هذه الطية والتي سميت (B12) في الدراسة الحالية وتحديد امتداداتها بنفس ما جاء في الدراسة التي حددتها مسبقا (المصدر نفسه). أما فيما يخص الدراسات المقدمة من قبل (متعب،2000)، (متعب والشيخ، 2005)، (متعب والموالي، 2005)، فقد كانت دراسات جيوفيزيائية استخدم فيها أسلوب المسح الجيوفيزيائي (الجيوكهربائي) وقد شملت مناطق واسعة ضمن محافظة نينوى تم من خلالها تحديد تراكيب تحت سطحية كان من بينها طيات أطلقت عليها أسماء (طية الرشيدية B11 B10 وخرسباد B13 وتلكيف B14 والقادسية B15 و سومر B16) وبعد تسقيط هذه الطيات على خارطة الارتفاعات الرقمية المصنفة والمستخدمه في الدراسة الحالية أظهرت تطابقا كبيرا في التحديد، اللوحة (4-4-A). تم في الدراسة الحالية تحديد الطيات المتسلسلة من (B17) إلى (B32)، وفيما يأتي وصف مقتضب لهذه الطيات.

#### أولا: الطيات (B17, B18, B19, B20, B21, B22)

تقع هذه الطيات في المنطقة إلى الشمال من التقاء الزاب الأعلى بنهر دجلة، ويلاحظ في هذه التراكيب ان بعضا منها يكون بهياة طيات محدبة منفصلة كالطيات (B17, B18, B19, B21) أما الآخر فيكون ضمن الامتداد لتراكيب جيولوجية رئيسة في المنطقة وهذا ما يتوضح في الطية (B22) امتداد الجزء الجنوبي الغربي من طية عين الصفرة، والطية (B20) امتداد الجزء الشمالي الغربي من طية دامر داغ (الواقعة ضمن قاطع كركوك ضمن تقسيم الدراسة الحالية). يلاحظ في الطيات المنفصلة (B17, B18, B19, B21) أنها تأخذ اتجاه شمال غرب - جنوب شرق، وقد أوضح تحليل المقطع الطبوغرافي للبعض من هذه الطيات أنها غير متناظرة متكئة باتجاه الجنوب وأنها ذات شكل اهليجي تقريبا، اللوحة (4-5). ويعتقد الباحث أن عدم انتظام اهليجية شكل هذه الطيات هو بسبب بداية تكونها، فقد تكون استجابة الطبقات الصخرية للاجهادات مشتتة وأنها تنتظم بعد نمو هذه الطيات ونضوجها وبالتالي يصبح شكلها اهليجي منتظم. وهنا يجب الإشارة الى ان (الداغستاني، 2004) قام

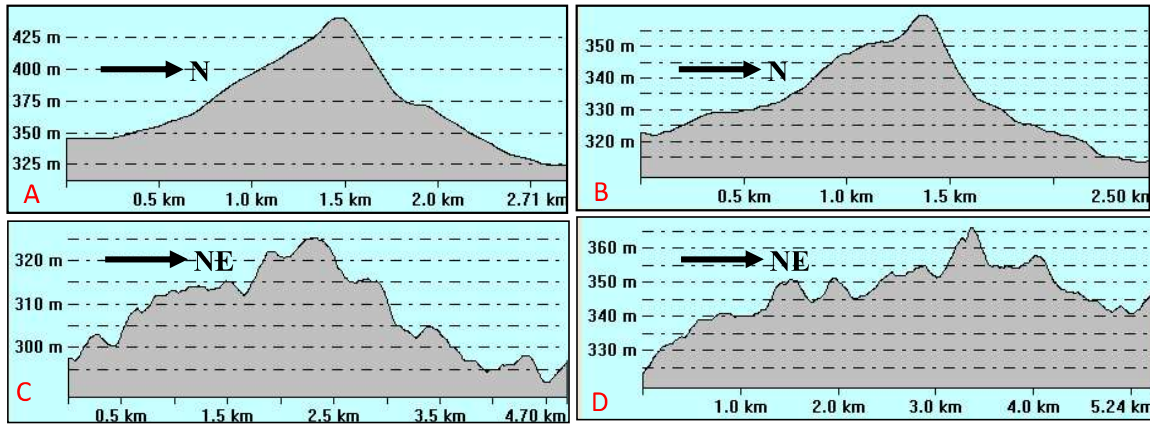
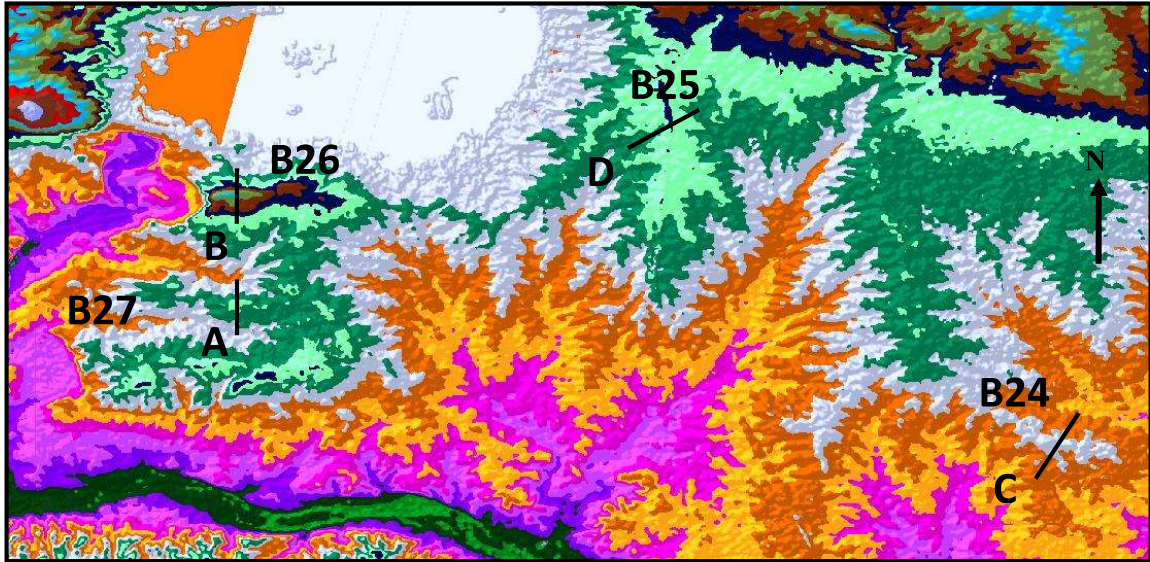
بتحديد الدلائل الطبوغرافية للطيتين (B17, B18, B19) في دراسة منجزة في مركز التحسس  
النائي-جامعة الموصل



اللوحة (4-5) A: المقاطع الطبوغرافية للطيات B17, B18, B19

### ثانياً: الطيات (B23, B24, B25, B26, B27, B28)

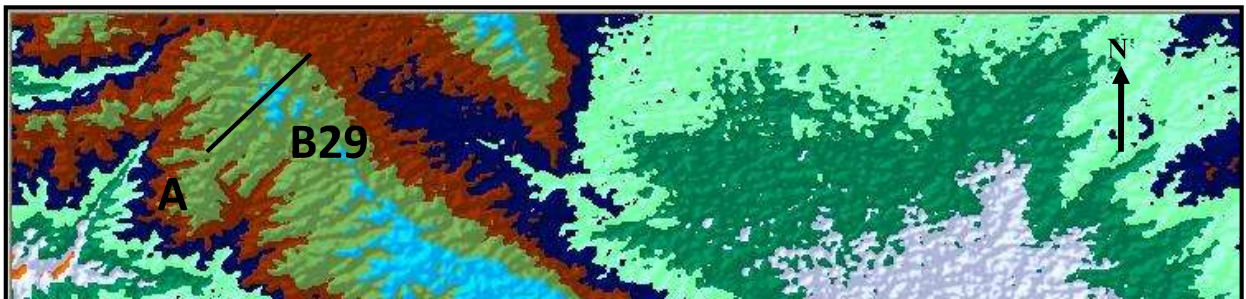
تشتمل هذه التراكيب على الطيات المحدبة الواقعة إلى الشمال من مدينة الموصل التي أظهرت مرتفعات طبوغرافية متوافقة مع اتجاه تراكيب رئيسة كطية بعشيفة ومقلوب ومع تراكيب تحت سطحية كطية تكليف وخرسباد والرشيديّة، إذ يلاحظ أن محاور الطيات (B23, B24, B25, B28) تأخذ اتجاه شمال غرب- جنوب شرق (مع زيادة الانحراف باتجاه الشمال في الأجزاء العليا من هذه الطيات)، في حين أظهرت الطيتان (B26, B27) توافقا في الاتجاه (شرق - غرب) مع التراكيب الرئيسية المقابلة لها والواقعة إلى الغرب من نهر دجلة كطية بطمة وتوافقا لطيات رئيسة أخرى كطية مسرا (Masra Anticline)، علما أن الطية (B27) قد تم تاشير وجود بعض أجزائها على الخارطة المعدة من قبل (Geosurv-Iraq, 1995). أظهر التحليل الطبوغرافي لهذه الطيات، اللوحة (4-6)، أن اثنتين منها ذات منطقة مفصلية عريضة فيما الطيتين (B26, B27) كانتا ذات منطقة مفصلية ضيقة وأن اتكاء هذه الطيات يكون باتجاه الشمال والشمال الشرقي.



اللوحة (4-6) المقاطع الطبوغرافية للطيات B24, B25, B26, B27

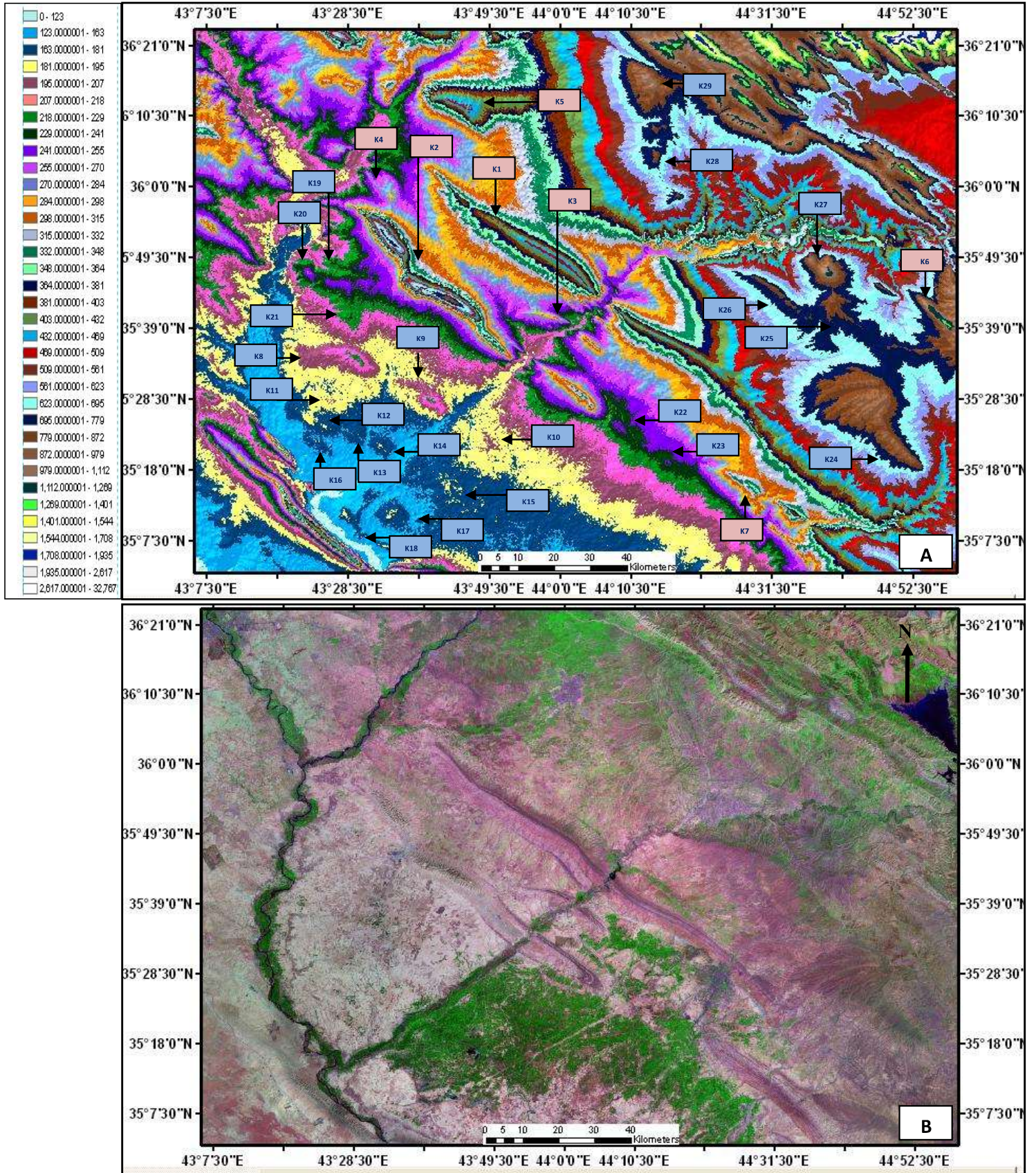
### ثالثا الطيات (B29, B30, B31)

تعد هذه الطيات من المعالم التي تميزت بارتفاعات طبوغرافية متوافقة بشكل جيد مع التراكيب الجيولوجية المجاورة لها، اللوحة (4-7). إذ تقع الطية (B29) على امتداد الغاطس الشمال الغربي لتركيب مقلوب المحذب، بحيث يتوافق محورها اتجاهها وامتدادا معها. وقد أوضح التفسير البصري لمرئية لاندسات ظهور بعض الطبقات الجناح الشمالي والجنوبي من الطية (B29) وكذلك منطقة غاطسها الشمال الغربي مما يعزز وجود هذه الطية. تقع الطية (B30) إلى الجنوب الشرقي من الغاطس الجنوبي الشرقي لطية بعشيقية. وتتموضع في المنطقة الفاصلة بين طية بردارش وطية عين الصفرة، ويلاحظ أن اتجاه محورها يكون في جزء الطية الشرقي باتجاه شرق - غرب، وينحرف في جزء الطية الغربي باتجاه شمال غرب - جنوب شرق بحيث يكون متوافقا مع طية بعشيقية التي تعلوه. أما في المنطقة المحاذية للجزء الجنوبي من طية بردارش، فقد لوحظ وجود ارتفاع طبوغرافي (الطية B31) متوافق بالاتجاه والامتداد مع الطية (B30) والتي ينفصل عنها بطية مقعرة (تم تأشيرها بحدوث منخفض طبوغرافي).



#### 2-1-4-4 قاطع كركوك

يضم المنطقة الواقعة إلى الجنوب من نهر الزاب الكبير والمحاذية للجهة الشرقية من نهر دجلة. تم في الدراسة الحالية التطرق إلى التراكم تحت السطحية لقاطع كركوك بالتفصيل كونها منطقة مهمة اقتصاديا فضلا عن كون هذه التراكم مرتبطة بالطيات السطحية ومتاخمة لها لذا فإن هذه التراكم تساعد في فهم تكتونية المنطقة بشكل عام. وقد تم تحديد ما يقارب (21) تركيبا تحت سطحي، متمثل بطيات محدبة اتخذت خطوطها الكنتورية المستنتجة رقميا منحنيا هندسيا متوافقا مع الارتفاع الخاص بالطيات المنكشفة على السطح، اللوحة (8-4-A) كطيات كركوك (K1) وقره جوخ (K2) وبابي حسن (K3) والكوير (K4) ومرداغ (K5) وميران (K6) و جمبور (K7)، وفيما يأتي وصفا لهذه الطيات:



اللوحة (4-8) A: بيان الارتفاع الرقمي المصنف لنطاق كركوك B: المرئية الفضائية المناظرة

أولاً: الطيات (K8, K9, K10)

تعد الطية (K8) من الطيات الكبيرة وواضحة الامتداد، وتتميز الخطوط الكنتورية في الجناح الشمالي للطية بتقاربها أكثر بقليل مقارنة بالخطوط ذاتها في الجناح الجنوبي مما يعني أن اتكاء هذه الطية يكون باتجاه الشمال الشرقي. يأخذ محور الطية في اتجاهه العام شمال غرب - جنوب شرق ويلاحظ أن هذا المحور ينحرف عند الأجزاء الغربية من الطية أكثر باتجاه الغرب. تعد هذه الطية ثنائية الغطس. إذ يلاحظ أن الخطوط الكنتورية تكون دائرية مقللة كما يبلغ ارتفاع أعلى نقطة فيها (232.7) مترا عن مستوى سطح البحر، اللوحة (4-9). تقع الطية (K9) على امتداد الطية (K8)، ويأخذ محورها كذلك اتجاه شمال غرب - جنوب شرق كذلك. يبلغ ارتفاع أعلى نقطة في الطية حوالي (232.87) مترا. من خلال ملاحظة اللوحة (4-9) يلاحظ ان هذه الطية ذات غاطسين وأن الجناح الشمال الشرقي للطية متطور ومرتفع أكثر من الجناح الجنوبي الغربي والذي تتميز معظم اجزائه بطوبوغرافيتها الواطئة وعدم تاثيرها على السطح الذي تعلوه. من المرجح أن يكون اتكاء الطية هذه نحو الشمال وذلك لتركز المناطق المرتفعة باتجاه الجناح الشمالي وكذلك لعدم وجود ارتفاع طوبوغرافي لبعض أجزاء الجناح الجنوبي. تقع الطية (K10) جنوب نهر الزاب الصغير وتقع على الامتداد الجنوبي للطية (K9) و (K10) وتتميز بطوبوغرافية أقل من الطيات السابقة إذ لايتجاوز ارتفاع أعلى نقطة فيها عن (200) متر. ويصعب في هذه الطية تمييز الاتكاء إلا أن محورها يأخذ الاتجاه نفسه للطيات المذكورة أنفاً، اللوحة (4-9). تتجلى العلاقة بصورة واضحة ما بين الوضع الطوبوغرافي والوضع التكتوني للطيات الثلاث، إذ يمكن تلخيص الملاحظات الآتية:

1- أوضح تحليل المظهر الجيومورفولوجي للطيتين (K8) و (K9) أنهما مفصولتان بصدع ازاحة مضربية يميني (Dextral strike-slip fault) أدى إلى ظهور هاتين الطيتين بهياة انشلولونية (Enechelon)، اللوحة (4-10).

2- إن نهر الزاب الأسفل (Lesser Zab River) عبارة عن صدع مضربي يساري بازاحة محصلة (Net slip)، اللوحة (4-10)، أي أن الازاحة المضربية قد صاحبته عمليات رفع للكتلة الشمالية الغربية مقارنة بالكتلة الجنوبية الشرقية للصدع. إذ إن الحركة التكتونية المؤثرة على الطيات في هذا النطاق كانت باتجاه الجنوب الغربي وهي متوافقة مع حركة الصدع. وبالتالي فإن هاتين الحركتين ترافق معهما ارتفاع طوبوغرافي لاجزاء الطيات الواقعة على شمال غرب نهر الزاب الأسفل.

3- الارتفاع الخاص بالطيات (K8, K9, K10)، يكون متوافقا مع الارتفاع الخاص بسلسلة طيات قره جوخ وكركوك (الواقعة على امتدادها) والمستنتج من خلال بيانات الارتفاعات الرقمية إذ يلاحظ أن أجزاء طيتي قره جوخ وكركوك الواقعتين إلى الجنوب الشرقي من نهر الزاب

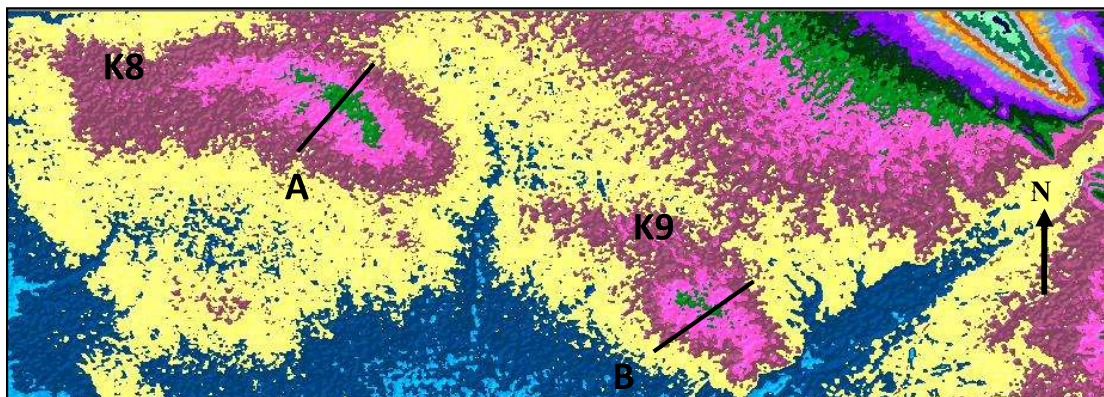
#### الفصل الرابع ..... تحديد مناطق النمو الحديث للطيات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية

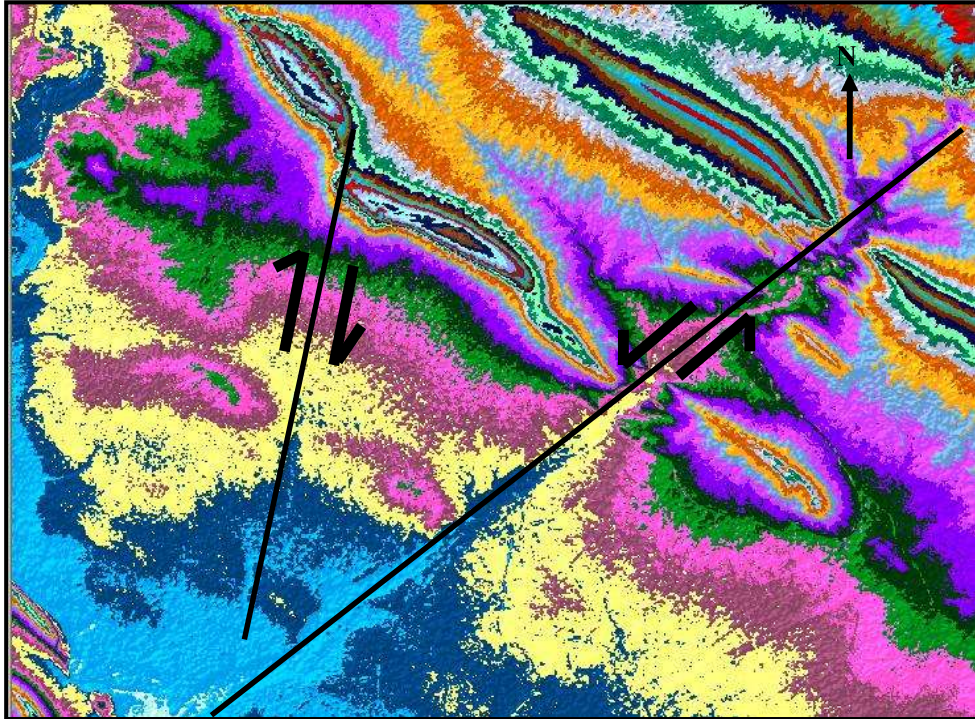
الصغير تظهر طوبوغرافية اقل عن نظيراتها في الشمال الغربي. كما أن هذه الطيات (اي قره جوخ وكركوك) ومع التقدم باتجاه أقصى الشمال الغربي يلاحظ حدوث ارتفاع متزايد في لب كل طية من طياتهم وهذا متوافق كذلك مع الطيات تحت السطحية المستنتجة في الدراسة الحالية الواقعة على امتداد سلاسل طيات قره جوخ وكركوك، إذ يلاحظ أن الطية رقم (K10) تظهر بطوبوغرافية اقل من الطيات (K8) و(K9) ، كما تظهر الطية رقم (K9) بارتفاع طوبوغرافي اقل من الطية (K8) وهذا يعكس كونهم عقب الطيات الكبيرة ضمن بيئة تركيبية متشابهة.

4- يظهر أن الطية (K8) أقدم وتليها الطيات (K9) و (K10) اعتمادا على مقدار الرفع التكتوني للطوبوغرافية.

5- يمكن ان تشكل الطيات (K8, K9, K10) مكمنا نفطيا اقتصاديا نتيجة عاملين. يتمثل الأول ان هذه الطيات تقع في حزام تركيبى واحد يقابل حزام آخر مناظر له في قطاع الحضر مكون من طيات تحت سطحية مستنتجة واقعة الى الجنوب من طية القيادة النفطية (H4) (والتي سيتم التطرق اليها في الفقرة القادمة) فضلا عن إن هذا الحزام التركيبى يقع الى الجنوب الغربي من سلاسل طيات قره جوخ وكركوك النفطية.

أما العامل الثاني فيتمثل بان الترسبات السطحية فوق الطيات (K8, K9, K10) أظهرت وجود تباينات في الانعكاسية الطيفية (مقارنتا مع المناطق المجاورة لها) في مرئيات الأقمار الصناعية المستخدمة في الدراسة الحالية، مما يعكس وجود دلائل نضوحات نفطية خفيفة مؤثرة في الرواسب أو الترب السطحية فوق هذه الطيات.





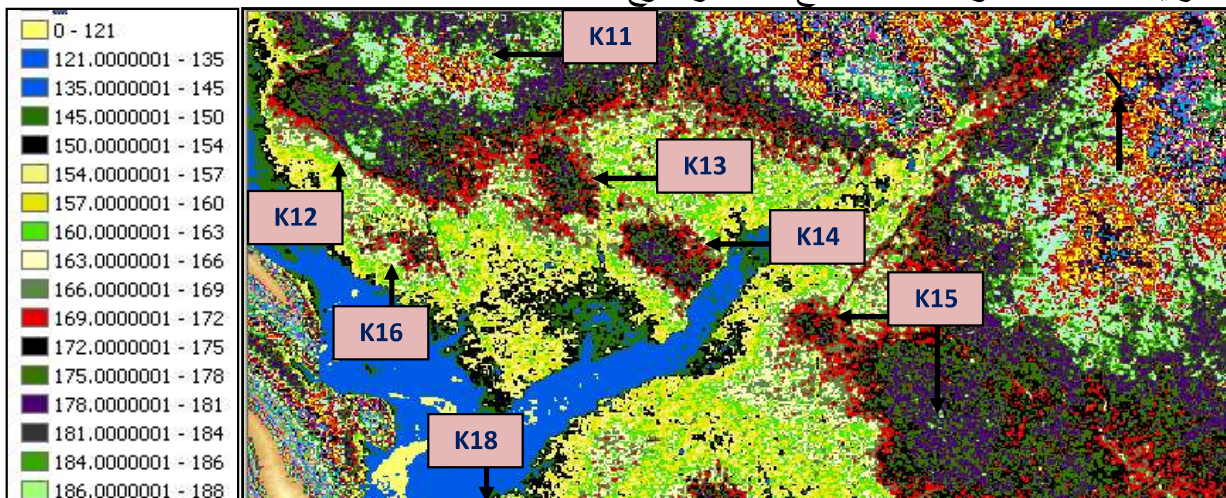
اللوحة (10-4) صدوع الازاحة المضربية في قاطع كركوك  
ثانيا: الطيات (K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18)

تمثل منطقة حوض نهر دجلة، القيم الأقل في الارتفاعات المستنتجة رقميا، لذا فإن الطوبوغرافية الخاصة بسطح الأرض يصعب من خلالها تمييز التغيرات في الارتفاعات، استنادا إلى ذلك ارتأى الباحث تقليل قيمة فئة أصناف الارتفاعات لبعض الطيات لكي تصبح هنالك

إمكانية في تمييز التغيرات الدقيقة للارتفاعات. وهنا يجب التأكيد على أن قيم فئات الاصناف تعتمد على مقياس ودقة الظاهرة المتحرى عنها من جهة وعلى الأسلوب الأخرجي لبيان الارتفاع الرقمي المصنف، إذ إن استخدام فئة تصنيفية قليلة للارتفاعات لكل منطقة الدراسة يمكن أن يضفي صعوبة في التفسير، إذ إن بروز المرئية بألوان كثيرة قد يعطي نوعاً من الصعوبة الأخرجية في تمييز الارتفاعات وهذا ما تم ملاحظته عند التطبيق، لذا فإن المناطق ذات الطوبوغرافية القليلة تم اجراء تحليل عليها أكثر تفصيلاً مقارنة بالمناطق الأخرى الواضحة التي لا تستوجب متابعة دقيقة للتغيرات الطوبوغرافية.

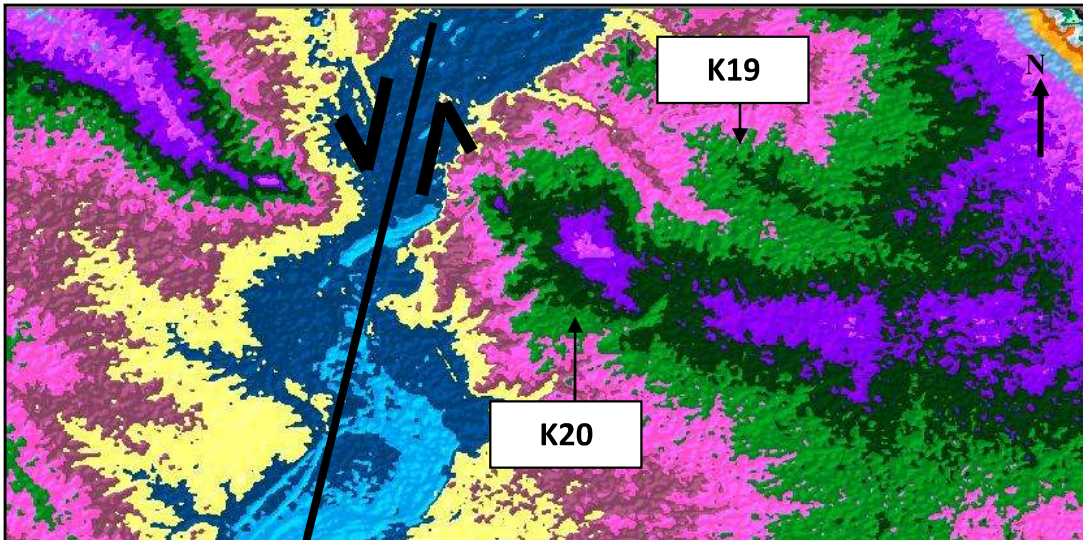
تقع الطيات (K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18) في المناطق المحاذية لنهر دجلة وتتميز بطوبوغرافية واطئة مقارنة بالطيات المذكورة آنفاً. إذ بلغ ارتفاع أعلى نقطة تم تسجيلها في الطية (K11) حوالي (200) متراً، حيث يقارب اتجاه محاور هذه الطيات شمال غرب - جنوب شرق. تبين اللوحة (4-11) أن بعضاً من هذه الطيات تقع أجزاءها الجنوبية على امتداد طيات أخرى واقعة إلى الجنوب الشرقي من نهر الزاب الصغير كالطيات (K15, K17, K18). إن هذه الطيات يمكن اعتبارها بمثابة طيات نمو حديث بدائية أي أن تطورها مازال في مرحله الأولية، كما يلاحظ أيضاً أن هذه التراكيب تظهر بشكل اهليجي باستثناء الطية (K17) التي تأخذ شكل القبة. إن اتكاء هذه الطيات يصعب تمييزه كونها ذات طوبوغرافية واطئة فضلاً عن أنها طيات في طور النمو. إن الطيات (K13, K14, K15) يمكن أن تشكل طية واحدة قطعت بنهر الزاب الصغير واحد الوديان إلى الشمال مما جعلها تظهر بهيأة ثلاثة طيات منفصلة.

يعتقد من خلال الدراسة الحالية وبعد ملاحظة اللوحة (4-10)، أن الوادي الذي يفصل الطية (K13) عن الطية (K14) يمثل مستوي صدع ازاحة مضرية أدى إلى هذه الطيات بالشكل الحالي وأن امتداد هذا الصدع يصل تأثيره إلى عدة مناطق باتجاه الشمال مروراً بين الطيات (K8) و (K9) (رفع الطية K8 إلى الأعلى مقارنة بالطية K9) وانتهاءً بالازاحة المضربية اليمينية التي نجم عنها فصل طية قره جوخ الجنوبية عن طية قره جوخ الشمالية. تعد الدراسة الحالية من الدراسات الأولى التي أشارت إلى امتداد هذا الصدع إذ إن معظم الدراسات التركيبية قد حددت تواجد هذا الصدع بطية قره جوخ.



### ثالثا: الطيات (K19, K20, K21)

تقع هذه المنطقة باتجاه الجنوب الغربي من طية قره جوخ الشمالية وتتألف من ثلاث طيات متفاوتة بالامتداد والسعة. إذ تكون الطية (K20) الأكبر امتدادا وتتألف من طية ذات شكل اهليجي وذات غاطسين. أما الطية (K19) فتكون ذات سعة أقل ومكونة من غاطسين وذات شكل اهليجي أيضا. في حين تشكل الطية (K21) الطية الأصغر امتدادا وسعة من بين هذه الطيات ويأخذ مظهرها الطوبوغرافي شكل القبة تقريبا. إن امتداد هذه الطيات يتوافق بشكل كبير مع الطيات الرئيسية في المنطقة. إذ يلاحظ أن الامتداد ينطبق بشكل كبير مع كل من طية قره جوخ الجنوبية في الجنوب الشرقي، اللوحة (8-4-A) واللوحة (10-4)، ومع طية القيارة المقابلة لهذه الطيات باتجاه الشمال الغربي اللوحة (12-4)، التي يلاحظ فيها أيضا أن محور الطية (K20) ينحرف أكثر باتجاه الشمال باتجاه نطاق غاطس الطية الشمالي الغربي بحيث يظهر بشكل انشلوني مع الغاطس الجنوبي الشرقي من طية القيارة المقابلة لها مع وجود إزاحة مضرية يسارية بين الغاطسين كليهما. إذ يعتقد أن تأثير صدع نهر دجلة والذي تمت الإشارة إليه من قبل عدة دراسات جيولوجية قد لعب دورا كبيرا في التأثير على ما سبق. كما إن الطية (K20) يمكن ان تشكل امتدادا تركيبيا واحداً مع طية القيارة النفطية وبالتالي يمكن ان تشكل مكمنا نفطيا واعدة خصوصا ان الترب السطحية فوقها أظهرت وجود دلائل نضوحات نفطية خفيفة.

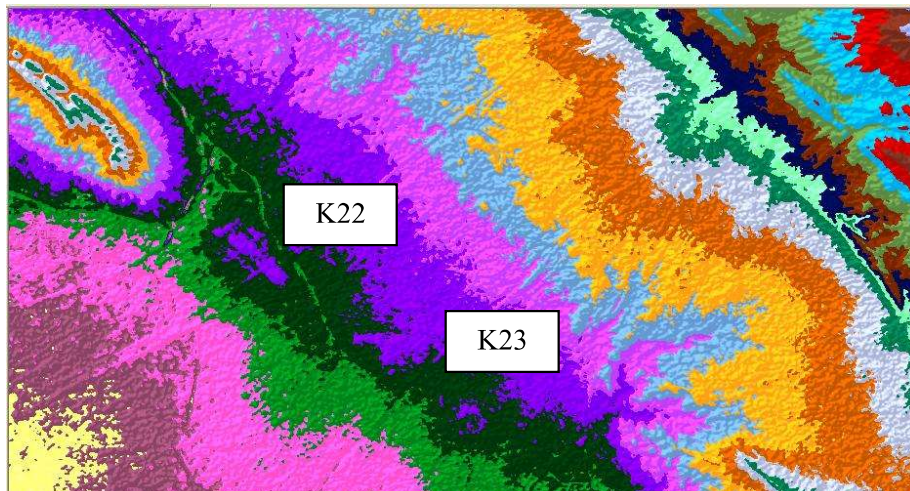


#### رابعاً: الطيات (K22, K23)

تقع هاتان الطيتان في المنطقة الواقعة بين الغاطس الجنوبي الشرقي من طية قره جوخ والغاطس الشمال الغربي من طية جمبور، و يلاحظ أنهما تتوافقان بالاتجاه مع الطيات الرئيسية هذه (شمال غرب - جنوب شرق)، كما يبلغ ارتفاع أعلى نقطة في هذه المنطقة حوالي (250) متراً، من خلال اللوحة (A-4-13). يمكن ملاحظة الشكل الاهليجي الواضح للطية (K22) والشكل المقرب للطية (K23)، وقد أوضحت مرئية الدمج الملون الكاذب للمنطقة ذاتها أن هنالك انبثاقاً غازياً (Gas spring) عند نطاق الغاطس الجنوبي من الطية (K23).

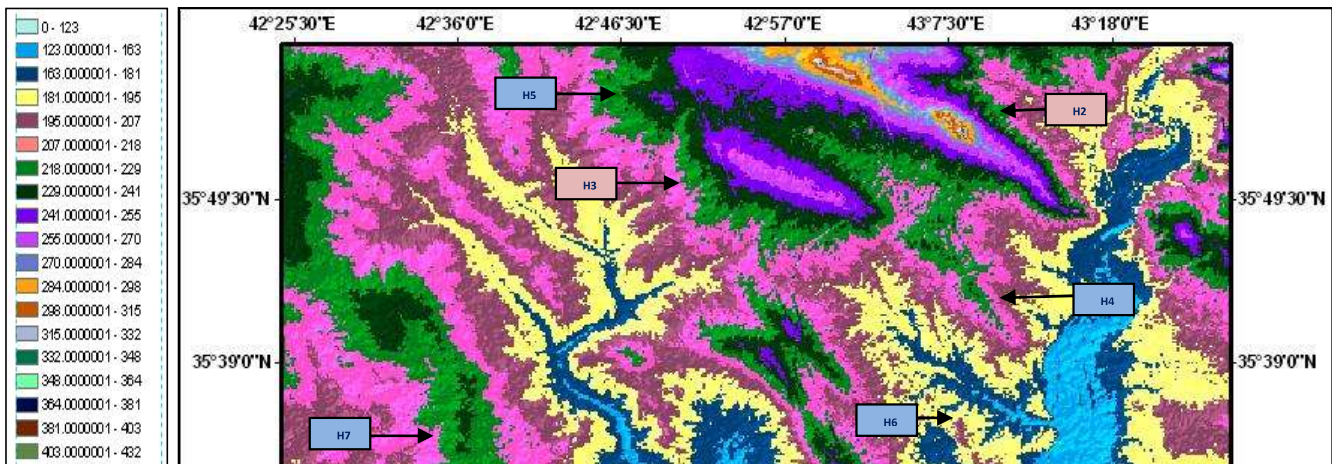
#### خامساً: الطيات (K24, K25, K26, K27, K28, K29)

تتميز هذه الطيات بطوبوغرافية أعلى من الطيات المذكورة آنفاً وذلك لوقوعها في الجزء الشمالي من قطاع طيات كركوك إذ تمتاز هذه المنطقة بوجود العديد من الطيات السطحية كطية جمجمال و بانا باوي، ويلاحظ أن الطيات المستتجة من تحليل نماذج الارتفاعات تأخذ الامتدادات نفسها للطيات الرئيسية وهو اتجاه شمال غرب - جنوب شرق، يعتقد الباحث من تحليل الخطوط الكنتورية، ان هذه الطيات تكون غير متناظرة وأن اتكائها يكون باتجاه الجنوب وتكون متوافقة بالصفات الهندسية مع الطيات الرئيسية في المنطقة، إلا أن مظهرها الطوبوغرافي لا يأخذ الشكل البيضوي أو الاهليجي الكامل ويلاحظ فيها شئ من عدم الانتظام، (اللوحة 4-8- A).



### 4-4-1-3 قطاع الحضر

يضم المنطقة المقابلة لقاطع كركوك والمحاذية لنهر دجلة من جهة الغرب. يشتمل هذا النطاق على تراكيب جيولوجية مهمة واسعة الامتداد، اللوحة (14-4-A)، إذ تشكل سلاسل طية مكحول (H1) وسلاسل طيات القيارة ونجمة وجوان وقصب (H2)، التراكيب الأكبر واللذان يعدان من المكامن النفطية الاقتصادية في هذا القطاع. يأخذ محور هذه التراكيب الرئيسية في اتجاهه العام شمال غرب - جنوب شرق، كما يلاحظ تميزهم بوجود عدد من القباب ضمن الطية الواحدة وكذلك اتساع مدى امتداداتهم. تم في الدراسة الحالية تحديد عدد من الطيات تحت السطحية التي لها امتداد الطيات الرئيسية نفسها في المنطقة، والتي كان البعض منها محاذيا لنهر دجلة في حين تمثلت الأخرى في نطاق ابعد، اللوحة (14-4-A) وفيما يأتي إيجاز مبسط لهذه الطيات:



### أولاً: الطيات (H3, H4, H5)

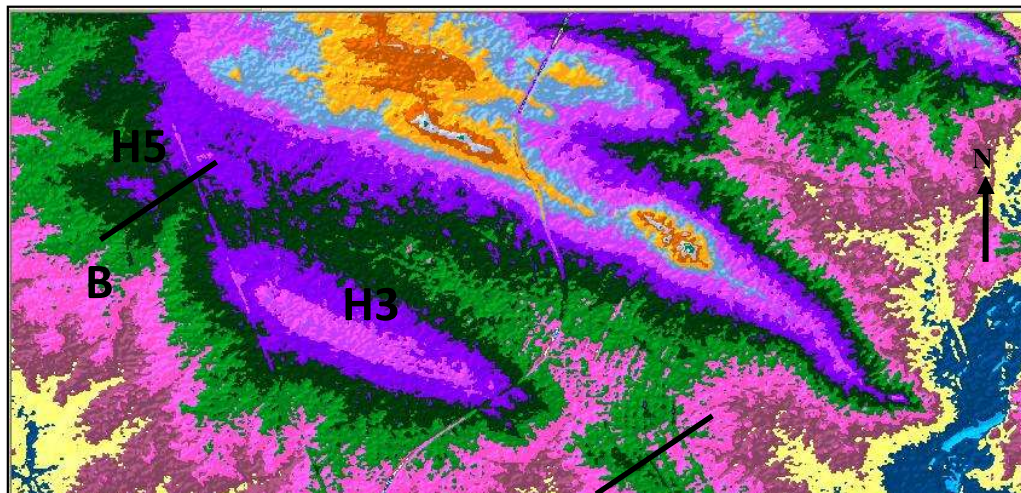
تعد من الطيات الواسعة والمهمة اقتصادياً نظراً لوقوعهم إلى الجنوب الغربي من سلاسل طيات القيارة. أوضح تحليل الخطوط الكنتورية للطية (H4) أن اتكائها باتجاه الجنوب الغربي وان ارتفاع أعلى نقطة فيها يصل إلى (245) متراً، اللوحة (4-15). كما يلاحظ ان محورها يأخذ

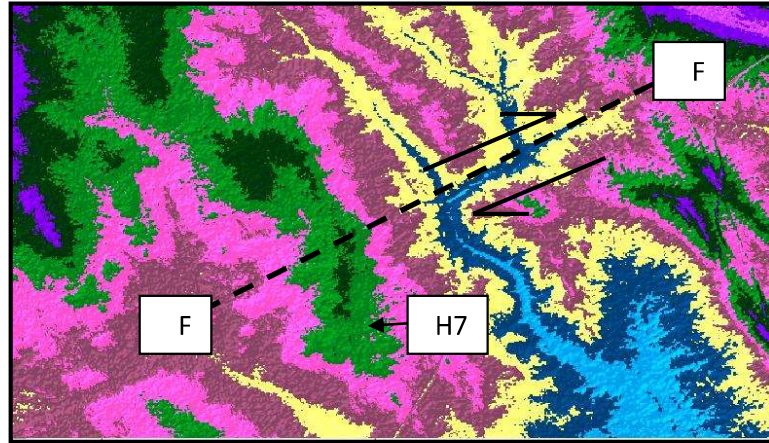
اتجاه شمال غرب جنوب شرق وأنه ينحرف أكثر إلى الغرب مع التقدم باتجاه الشمال الغربي، وان الغاطس الجنوبي الشرقي ينتهي مع حدود نهر دجلة ويتميز بطوبوغرافية ونسق تركيبى واضح مقارنة بنطاق الغاطس الشمال الغربي لها الذي ينتهي مع حدود طية محدبة اخرى تم تأشير تواجدها في الخارطة المعدة من قبل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين والتي لم تعط اسما محدد لها (Geosurv-Iraq, 1995)، لذا فإن هذه الطية تم تأشيرها على بيان الارتفاع الرقمي المصنف لقاطع الحضر باسم الطية (H3) واعتبارها من ضمن الطيات الرئيسية في المنطقة. اما فيما يخص الطية (H5)، فيلاحظ ان محورها يأخذ الاتجاه نفسه للطيات الواقعة على امتدادها كما ان اتكائها يكون بالاتكاء نفسه للطية (H4).

من خلال ملاحظة اللوحة (4-15) يمكن اعتبار الطية (H6) والطية الواقعة على امتدادها في الجزء الوسطي (H3) والطية (H5)، يمثلون سلسلة من الطيات الواقعة على امتداد تركيبى موازٍ لسلسلة طيات القيارة ونجمة وجوان إذ يلاحظ تقارب هذين الامتدادين باتجاه الشمال الغربي و تقل مساحة الطية المقعرة الواقعة بين كلتا السلسلتين.

### ثانيا: الطيات (H6, H7, H8)

تظهر هذه الطيات في قطاع الحضر بشكل مرتفعات طوبوغرافية تمتد بذات الاتجاه الذي تشتمل عليه الطيات الرئيسية في المنطقة، وتكون متباينة في السعة والامتداد، إذ تشكل الطية (H6) مرتفعا طوبوغرافيا يمتد بنفس اتجاه المرتفع الطوبوغرافي لطيّة مكحول، وعلى الرغم من أن هذا المرتفع يكون واقعا بين مجرى واديين أو ما يسمى جيومورفولوجيا خط تقسيم المياه (Water divide)، الا ان اعتبارها طية جاء من خلال التفسير البصري لمرئية لاندسات التي أوضحت ظهور بعض من طبقات الجناح الجنوبي فضلا عن أن هذه الطية أظهرت تباينا في الانعكاسية الطيفية. تشكل الطية (H7) مظهرا طوبوغرافيا متميزا. إذ تقع باتجاه الغرب من طية مكحول ويمكن تقسيمها إلى جزء جنوبي وشمالى من خلال التغيرات في محورها الذي يكون في الأجزاء الجنوبية منها متجها إلى الشمال، في حين يأخذ محورها اتجاه شمال غرب - جنوب شرق عند الأجزاء الشمالية الشمالية، وقد يعود هذا الانحراف في محور هذه الطية نتيجة تأثرها بصدع مضربي يميني، اللوحة (4-16).

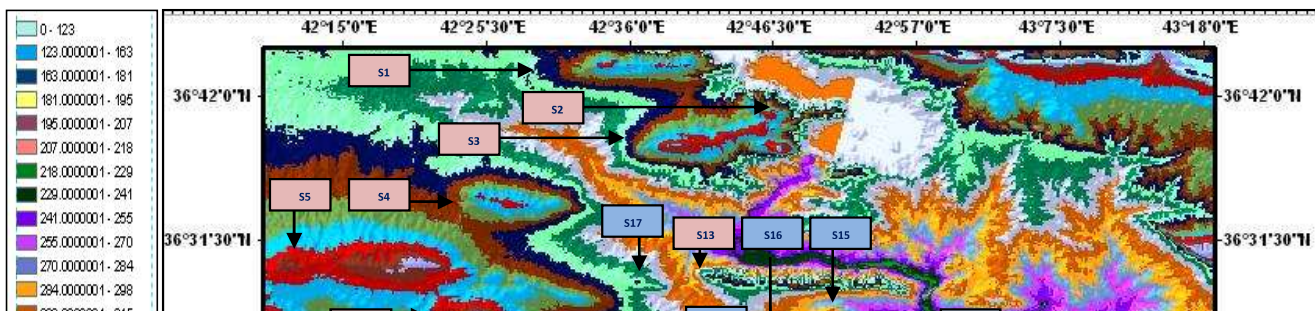




اللوحة (4-16) صدع الازاحة المضربية المؤثر في طية H7

#### 4-4-1-4 قطاع سنجار - تلعفر

يضم المنطقة المقابلة لقطاع الموصل والمحاذية إلى الغرب من نهر دجلة. توضح اللوحة (4-17-A) بيان الارتفاع الرقمي المصنف لهذا القطاع. إذ يلاحظ فيه عدد من الارتفاعات الطبوغرافية العاكسة لطيات رئيسة ضمن هذا القطاع (كطيات عين زالة S1 ورافان S2 وبطمة S3 وقصير S4 واشكفت S5 وساسان S6 وشيخ ابراهيم S7 و المحلبية S8 وعداية S9 وقلبان S10 ونويكت S11 وعطشان S12 وعلان S13) فضلا عن تاشير وجود طيات مستنتجة جيوفيزيائيا كطية حليلة (متعب والموالي، 2005) التي تم تسقيطها على بيان الارتفاع الرقمي وسميت الطية (S14).

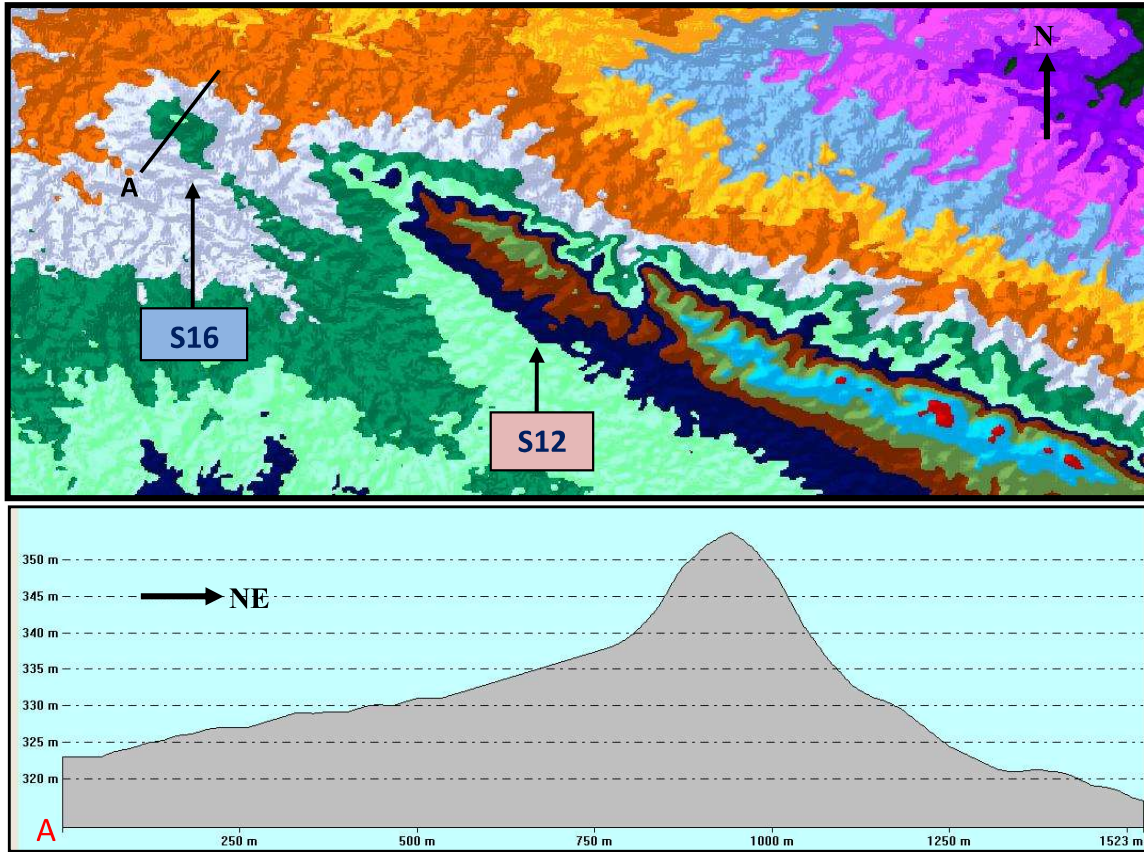


تم تحديد عدد من المعالم الطبوغرافية ذات اشكال اهليجية أو بيضوية التي أخذت الاتجاه ذاته للتراكيب الرئيسية المجاورة لها والتي تمثل مناطق نمو حديث لطيات تحت سطحية. وفيما يأتي إيجاز بهذه الطيات.

الفصل الرابع ..... تحديد مناطق النمو الحديث للطيات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية

تشكل الطية (S15) مرتفعا طبوغرافيا متميزا في المنطقة الواقعة بين طية علان وطية عطشان. إذ ظهرت بشكل اهليجي وذات محور باتجاه غرب شمال غرب - شرق جنوب شرق كما يعتقد أنها تعد الامتداد الغربي لطية حليلة (S14).

ولوحظ وجود ارتفاع طبوغرافي اهليجي في المنطقة الواقعة إلى الشمال الغربي من غاطس طية عطشان الذي تم تأشيرته بالطية (S16) التي تعد الامتداد الشمال الغربي لطية عطشان. وقد أوضح تفسير بيان الارتفاع الرقمي ان هذه الطية مفصولة عن باقي اجزاء طية عطشان بسرج ضحل ذي ارتفاع طبوغرافي قدره (305) أمتار، في حين يصل ارتفاع أعلى نقطة في الطية (S16) بحدود (355) مترا، اللوحة (4-18).



اللوحة (4-18) المقطع الطبوغرافي للطية S16

يمكن من خلال اللوحة (A-4-17) ملاحظة وجود مرتفعات طبوغرافية يأخذ محورها الاتجاه شرق - غرب وتم تأشير تواجدها في ثلاث مناطق كانت الأولى في المنطقة الواقعة بين

الغاطس الشرقي من طية اشكفت والغاطس الغربي من طية علان. إذ تم اعتبارها الطية (S17) التي أخذت اتجاه الطيات المذكورة انفا.

أما المنطقة الثانية فتمثلت في المنطقة المحاذية للجناح الشمالي من طية شيخ ابراهيم والتي تم تأشير وجود ارتفاع طوبوغرافي بالامتداد نفسه للطية (S17) التي تعلوه، وقد تم تأشير هذا الارتفاع بالطية (S18).

شكلت المنطقة الثالثة النطاق الواقع بين طية شيخ ابراهيم و طية عطشان والذي تم فيه تأشير وجود مرتفع تمثل بالطية (S19) التي أخذت شكل القبة بامتداد شرق - غرب.

تم تحديد الطية (S20) في الجزء الواقع إلى الجنوب الشرقي من طية عداية. إذ إن هذه الطية تتفصل عن الغاطس الجنوبي الشرقي ل طية عداية بسرج يبلغ ارتفاعه (300) متر، ويلاحظ أنها تكون بالامتداد نفسه ل طية عداية (شمال غرب - جنوب شرق) وانها تظهر بشكل انشلوني مع كل من طية عداية (باتجاه الشمال الغربي) و طية قصب الواقعة إلى الجنوب الشرقي منها. يذكر أن بعضاً من الأجزاء الجنوبية من هذه الطية تمت الإشارة إليها من قبل الخارطة المعدة من قبل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين (Geosurv-Iraq, 1995).

#### 2-4-4 الشذوذ المورفوتكتوني في نظام التصريف لشبكة مجاري الوديان السطحية

إن دراسة أنماط الأنظمة التصريفية تعد من العوامل المهمة التي يعتمد عليها في التحليل المورفوتكتوني الخاص بأشكال سطح الأرض كونها تعطي مؤشرات ودلائل عن حدوث ارتفاعات أو تصدعات في المناطق المدروسة.

يقصد بنمط التصريف السطحي أو المائي (Drainage pattern) المظهر الذي يبدو عليه الوادي أو النهر بروافده كلها الرئيسية والثانوية، وتعد انماط التصريف لأية منطقة انعكاساً لخصائص المنطقة من الناحية الجيولوجية والمتضمن البنية الصخرية والتركيبية والحركات التكتونية للمنطقة (Al-Sakini, 1975)، (Al-Daghastani and Al-Dewachi, 2009).

وبما أن أنماط التصريف تتأثر بكل هذه العوامل فإنها تساعد إلى حد كبير في تمييز العديد من العناصر وتفسيرها ومنها مناطق النمو الحديث للطيات وعليه فقد تم إعداد خارطة شبكة تصريف سطحية لجزء من نطاق طيات الفورلاند مشتقة آلياً من خلال بيانات الارتفاعات الرقمية بواسطة برامج نظم المعلومات الجغرافية، إذ تتمتع خارطة الشبكة التصريفية السطحية

هذه بتميز أي مجرى مائي ضمن حدود مساحة ذات بعد (30) مترا فضلا عن احتوائها على جميع الخصائص المكانية من احداثيات جغرافية ومسقط جيوديسي بحيث يمكن أن تكون مرجعاً مستقبلياً لأية دراسة تخص مناطق شمال العراق تتطلب رسم خارطة تصريف سطحية.

وهنا يجب الإشارة إلى أن الدراسة الحالية ركزت بالدرجة الأساس على التحقق من الطيات التي تم استنتاجها، لذا تم رسم الشبكة التصريفية دون الدخول في تفاصيل أخرى. بغية إتمام عملية الاشتقاق الآلي للشبكة التصريفية وتحليلها تم استخدام الأسلوب المتبع من قبل (Merwadi, 2009) الذي يوضح تفاصيل المعالجات الخاصة بهذه العملية من خلال برنامج (ArcGis).

أعدت خارطة شبكة التصريف السطحية لجزء من نطاق طيات الفورلاند وقد كان الهدف الرئيس منها يكمن في تحديد الوديان الرئيسية والثانوية السائدة في المنطقة فضلا عن التعرف على النمط الخاص بهذه الوديان.

اعتمادا على ما سبق يتم التعرف على الشواذ التصريفية المحتملة التي من الممكن أن تكون دليلا واضحا على تاثر التصريف السطحي بالعمليات التكتونية الحديثة. إذ إن خصائص الشبكة التصريفية السطحية (كما ذكر أنفا) غالبا ما تتأثر بالحركات التكتونية (Castiglioni, 1999) فضلا عن أنها (أي الشبكة التصريفية) تستخدم في استنتاج التراكيب الجيولوجية السطحية وتحت السطحية وهذا ما أشار إليه عدة باحثين أمثال (Al-Sakini, 1975) الذي أشار إلى أن النمط الدائري أو الشعاعي للوديان يكون دليلا على الحركات التكتونية الحديثة والذي استخدمه الساكني في تحديد التراكيب النفطية في حقول سهل وادي الرافدين. كما أشار الداغستاني (Al-Daghastani, 1999) و كل من الداغستاني والديوه جي (Al-Daghastani and Al-Dewachi, 2009) إلى أن الشذوذ التصريفي يعزى إلى الارتفاعات الطبوغرافية الناجمة عن النشاط التكتوني وقد استخدم هذا الشذوذ في هاتين الدراستين لتحديد طيات تحت سطحية في مناطق من محافظة نينوى (Al-Daghastani and Al-Dewachi, 1999) ومناطق محاذية لجبل سنجار (Al-Daghastani and Al-Dewachi, 2009).

من خلال الدراسة الحالية لنظام التصريف توضح جليا أن الروافد تتحدر من المناطق الشمالية باتجاه الجنوب وباتجاه الانحدار الطبوغرافي العام وبشكل عمودي تقريبا على المحور التركيبي العام، كما لوحظت مجموعة من الشواذ التصريفية ذات السيطرة التكتونية والتركيبية التي

#### الفصل الرابع ..... تحديد مناطق النمو الحديث للطيات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية

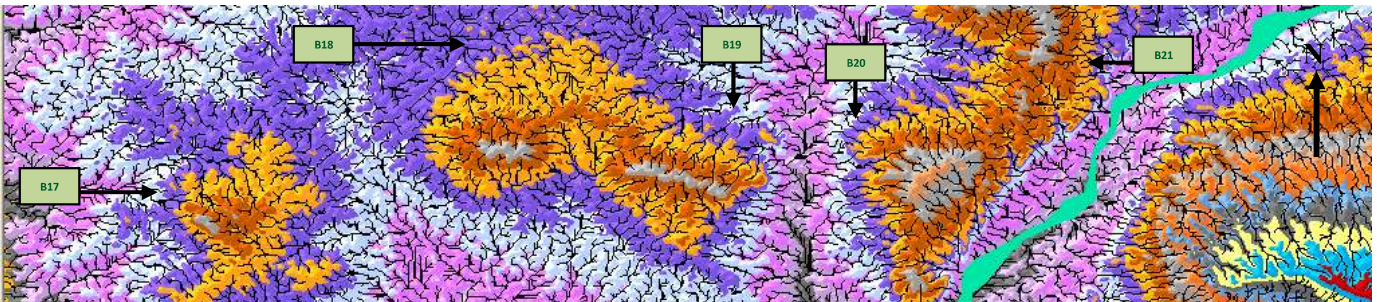
تمثلت بالشذوذ الواضح لأنماط التصريف ضمن الأنطقة المستوية والتي تشمل في غالبيتها على ترسبات العصر الرباعي.

أظهرت الأنماط التصريفية الممتدة على أسطح الوحدات المورفوتكتونية ضمن طيات النمو الحديث (المستنتجة ضمن الدراسة الحالية) شواذا نمطية واضحة متميزة عن ما يحيط بها. وقد تمثلت هذه الشواذ بالأشكال الدائرية والشعاعية (Circular and radial drainage) والتي تم تحديد عدد منها في أنطقه لا تمثل وجود تراكيب منكشفة وإنما مناطق مستوية لم يتم فيها تأشير وجود طيات، وأظهرت مطابقة مواقع هذه الشواذ مع بيان الارتفاع الرقمي المصنف تأثرها بنمط وخصائص الوضع التركيبي لكل طية نامية تم تحديدها.

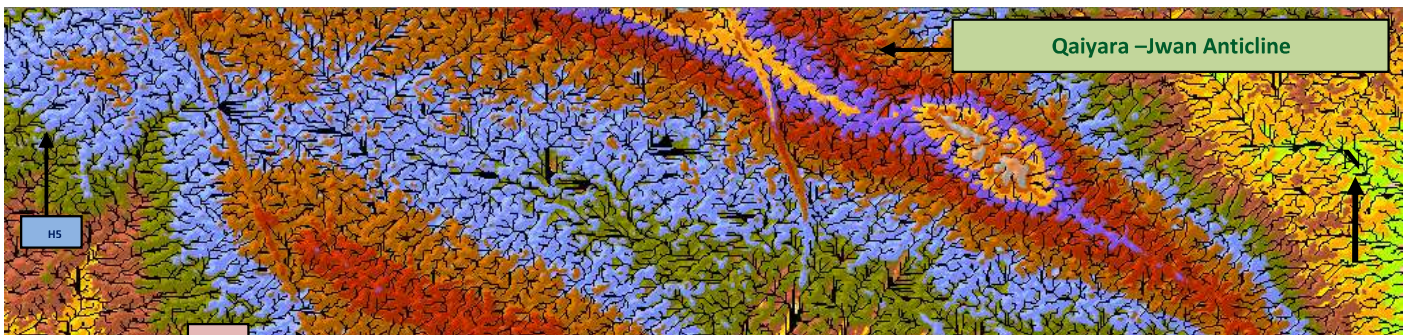
ولغرض توضيح ما سبق، تم أخذ جزء معين لكل نطاق من ضمن القطاعات الأربعة التي حددت في الدراسة الحالية للتحري عن انطقة النمو الحديث للطيات، اللوحة (3-4)، وتوضيح تأثير السيطرة التركيبية على مجاري التصريف السطحية.

إذ تم عرض أربع لوحات تتضمن كل واحدة منها جزءاً من كل قاطع، اللوحات (19-4)، (20-4)، (21-4)، (22-4)، وقد لوحظ من خلال نمط الجريان السطحي وجود سيطرة تركيبية على مجاري هذه الوديان فوق الطيات المستنتجة.

وهنا يجب الإشارة إلى أن الألوان التي تعكس الانحدارات المصنفة تم تعديلها عن ما سبق لغرض إبراز الوديان السطحية. إذ يمكن الرجوع إلى أصناف الانحدارات من اللوحات السابقة المذكورة ضمن الفصل الحالي.



الفصل الرابع ..... تحديد مناطق النمو الحديث للطيات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية



5-4 التحري عن إمكانية تواجد نضوحات نفطية خفيفة لبعض الطيات المستنتجة

تظهر الطيات المنكشفة على السطح طبيعة التشوه الحاصل في الصخور، إذ تظهر الطبقات بهيأة مطوية وذات ميل، في حين تكون الطبقات في الطيات تحت السطحية غير منظورة ويمكن الاستدلال عليها من خلال ارتفاع المواد والترسبات السطحية التي تعلو هذه الطبقات والتي تكون على الأغلب مواد غير متماسكة كالتراب المنقولة أو المتكونة في موضعها. لذا يلاحظ أن تأثير مواد سطح الأرض بأي عامل يمكن أن يكون مصدره ليس سطحيا فقط بل يتعدى ذلك في إمكانية أن يكون مصدره من أعماق متباعدة عن سطح الأرض والحصيلة للمصدرين كليهما تكون مصحوبة بتغيرات للبصمة الطيفية (Spectral signature) لأي مادة من مواد سطح الأرض. ويجب عند دراسة مرئيات الأقمار الاصطناعية وتحليلها وتفسيرها أن يكون هنالك إلمام بمبادئ علم أشكال سطح الأرض، إذ إن بعض العمليات التي تحدث على أعماق من سطح الأرض تنعكس جليا على مظاهر الأشكال التي تعلوها.

إن رسم الخرائط الجيولوجية باستخدام وسائل التحسس النائي كان ومنذ القدم يستخدم بصورة أساسية لإغراض التنقيب عن النفط (Lilesand and Kiefer, 1994)، إذ اشتملت هذه الخرائط على التعريف بالخصائص التركيبية للمنطقة. أما حاليا ومع تطور مرئيات الأقمار الاصطناعية وظهورها في مجالات طيفية متعددة وبدقة تميز مكانية وطيفية عالية فضلا عن الكم الهائل من البرامجيات الخاصة بمعالجة هذه المرئيات، فإن تحديد العناصر التركيبية لأي منطقة يجب أن يتبعه تحليل للخصائص الطيفية للمواد المكونة لها وهذا ما توضح جليا في الفصل الثاني. إذ تم تطبيق بعض طرق المعالجة لتقدير التغيرات الطيفية الحاصلة في الصخور وربطها بالنضوحات الهيدوكاربنونية المتسربة من الأعماق إلى السطح عن طريق انطقة الضعف.

يجب الإشارة هنا إلى أن الطيات تحت السطحية المستتجة في الدراسة الحالية والتي عكست مظهرا طبوغرافيا متميزا ومتوافقاً هندسيا مع الطيات السطحية المنكشفة في المنطقة تغطيها الترسبات العائدة للعصر الرباعي (Quaternary deposits) وفقا للخرائط الجيولوجية الصادرة عن الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين بمقياس (1:250.000) (Geosurv- Iraq, 1995)، لذا تم إخضاع البعض منها والواقعة قرب مصائد منتجة لعمليات معالجة رقمية بغية مراقبة خصائص الانعكاسية الطيفية للتراب التي تعلوها لملاحظة فيما إذا تبدي شواذا طيفيا عن ما يحيط بها. إذ إن التراب تتأثر كذلك بالغازات والمواد الهيدروكاربنونية المنبعثة من المكامن وهذا ما ينعكس بدوره على البصمة الطيفية لهذه المواد. تم بتطبيق المعالجة على الطيات المستتجة الواقعة بالقرب من طيات سطحية منتجة للنفط كالطيات تحت السطحية الواقعة ضمن قاطع طيات كركوك، ولغرض الحصول على دقة في تمييز التغيرات الطيفي تم البحث عن مرئية فضائية ملتقطة بفصول غير ممطرة للتقليل من كثافة الغطاء النباتي وإبراز التربة، وقد تم

#### الفصل الرابع ..... تحديد مناطق النمو الحديث للطيات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية

استخدام مرئيات فضائية حديثة للقمر الاصطناعي لاندسات ملتقطة في شهر ايلول من العام (2009)، إذ تتميز هذه المرئيات بظهور مرتفع للترب دون الغطاء النباتي مما أتاح متابعة الانعكاسية الطيفية للترب.

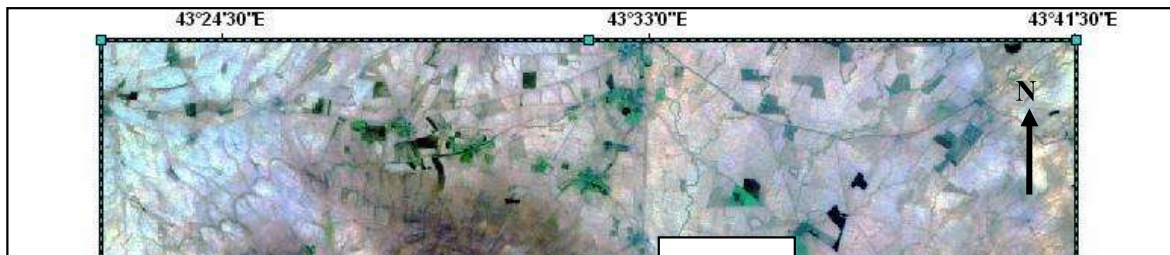
تم تطبيق طريقة الدمج الملون الكاذب من خلال التركيبة (7R 4G 1B) لإبراز خصائص الانعكاسية الطيفية للترسبات المتموضعة فوق مواقع الطيات تحت السطحية المستنتجة ضمن قاطع كركوك (K8, K9, K20) في اللوحة (4-23) واللوحة (4-24)، وقاطع الحضر (H6) في اللوحة (4-25). اعتمادا على ماسبق يمكن الاشارة إلى ما يأتي:

**أولاً:** إن معالم الانعكاسية للترسبات السطحية في الطيات المستنتجة تبدو بشكل واضح في اللوحات السابقة، وذلك بسبب الدمج الملون الكاذب الذي يعمل على زيادة شدة التباين وبالتالي زيادة شدة الألوان الأساسية في المرئية الملونة وهذا يؤدي إلى زيادة معالم الانعكاسات المتباينة. اعتمادا على ما سبق لوحظ تباين طيفي مفاجئ للترب السطحية الواقعة فوق التراكيب المستنتجة (K8, K9, K20) مقارنة بالمناطق المجاورة لها والتي يلاحظ فيها تجانس بالانعكاسية الطيفية (لا يوجد تغيرات مفاجئة بالألوان).

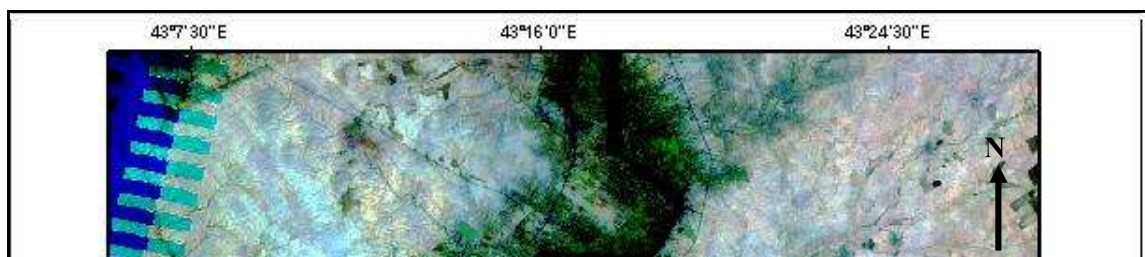
**ثانياً:** يلاحظ في المرئية الملونة تحسين الهيكل الخارجي للطية من خلال نمط الانعكاسية الطيفية، إذ يمكن تقدير انعكاسات التتابع الطباقى للطية على السطح وهذا ما توضح جليا في الطية (K8) وبعض أجزاء الطية (K9)، وهنا يجب الاشارة الى أنه من خلال ملاحظة مرئيات فضائية للمنطقة نفسها ملتقطة في فترات زمنية أخرى، لم يتم تمييز هذا الشكل المميز للطيات (K8) و (K9) إلا باستخدام المرئية العائدة للعام (2009) وهذا يعني أن الجفاف وتعرية التربة السطحية ونقلها فوق الطيات تحت السطحية المنقولة من مناطق أخرى قد ساعدت على ابراز أكثر لمعالم هذه الطيات.

**ثالثاً:** إن زيادة التركيز في الشدة اللونية يعتقد انه ناجم عن نضوح خفيف مؤثر على الترب مما أدى إلى حصول تباين عالٍ في الانعكاسية، كما يعتقد أيضا ان الترب الموجودة في هذا النطاق متكونة من معادن حديدية بتركيز عالٍ وهذا ما أشار اليه عدد من الباحثين المتخصصين في هذا المجال أمثال:

(Almida, et al.,1999 ), (Schumacher. 1996; 1999),( Shi, 2010).



الفصل الرابع ..... تحديد مناطق النمو الحديث للطيات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية



#### 6-4 تحديد خصائص الطيات المستنتجة وتقدير درجة صحة وجودها (Degree of confidence)

تمت دراسة خصائص الطيات المستنتجة من بيان الارتفاع الرقمي المصنف والذي اشتمل على خصائص تركيبية كتحديد الاتكاء الخاص بكل طية، وامتداد محورها وطولها، ومطابقة اتجاه محورها مع امتداد زاكروس أو طوروس والشكل التركيبي (اهليجي أو مقبب)، وخصائص طوبوغرافية تمثلت في تحديد ارتفاع أعلى نقطة لكل طية وخصائص جغرافية كموقع الطية بالنسبة لخطي الطول والعرض لتحديد موقعها في الحقل بسهولة باستخدام جهاز تحديد الموقع (GPS). وخصائص طيفية لبيان مدى حصول تباين طيفي للرواسب التي تغطي هذه الطيات. من خلال المعلومات السابقة تم عمل معيار لتقدير درجة صحة وجود كل طية نمو حديث مستنتجة وفق الاعتماد بالدرجة الأساس على الخصائص التركيبية، إذ إن ما يعزز إمكانية تواجد هذه الطيات يكمن في الشروط الجوهرية الآتية:

أولاً: اتخاذ هذه التراكيب الشكل البيضوي (أو الاهليجي) أو المتقرب، المميز للطيات.

ثانياً: امتدادها باتجاه شمال غرب - جنوب شرق، وهو الامتداد العام لطيات نطاق زاكروس أو باتجاه شرق - غرب الذي يتبع اتجاه طوروس.

ثالثاً: الارتفاع الطوبوغرافي عن المناطق المجاورة.

رابعا: الانفصال الكامل أو عدمه للطية المقترحة عن الطية المجاورة لها.

اعتمادا على ما سبق تم وضع جداول بالصفات والخصائص السابقة للطيات المستنتجة في الدراسة الحالية ضمن كل نطاق، الجداول (1-4), (2-4), (3-4), (4-4). وقد أعطيت لكل طية تقديرات لكل شرط متحقق فيها. وبالتالي فإن الطية التي حصلت على ثلاثة تقديرات عالية وصفت بأنها ذات ثقة عالية بالتواجد وأقلها التي تحصل على اقل التقديرات والتي يكون مشكوكاً في تواجدها (ضعيفة التواجد).

خامسا: الشذوذ في أنماط التصريف السطحية والمتمثلة بالأشكال الشعاعية او الدائرية

الجدول (1-4) الخصائص التركيبية والطوبوغرافية والجغرافية لطيات قاطع الموصل وتقديرات درجة صحة وجودها

رقم الطية	خط الطول لمركز الطية	خط العرض لمركز الطية	الاهليجية	تطابق الاتجاه مع محور زاكروس أو طوروس	الانفصال الكامل عن الطية المجاورة	الطول (Km)	ارتفاع أعلى نقطة (m)	تأكيد وجود الطية
B17	43°19'0.118"	36°14'1.228"	عالية	متطابق	مفصولة	3.7	326	عالية
B18	43°25'18.873"	36°15'39.419"	عالية	متطابق	مفصولة	4.1	321	عالية
B19	43°28'34.173"	36°15'12.034"	عالية	متطابق	مفصولة	4.7	332	عالية
B20	43°34'25.137"	36°15'3.386"	متوسطة	غير متطابق	غير مفصولة	4.0	340	قليلة
B21	43°36'34.136"	36°19'32.194"	قليلة	غير متطابق	غير مفصولة	5.5	336	ضعيفة
B22	43°30'49.304"	36°19'53.016"	عالية	متطابق	غير مفصولة	3.0	320	متوسطة
B23	43°8'55.73"	36°34'56.005"	عالية	متطابق	غير مفصولة	5.3	341	متوسطة
B24	43°8'29.227"	36°31'8.474"	عالية	متطابق	مفصولة	6.1	330	عالية
B25	43°0'27.244"	36°38'14.39"	متوسطة	غير متطابق	غير مفصولة	7.2	370	قليلة
B26	42°51'19.357"	36°36'24.222"	عالية	متطابق	مفصولة	4.7	433	عالية
B27	42°51'22.308"	36°34'5.529"	عالية	متطابق	مفصولة	5.5	360	عالية
B28	42°59'42.187"	36°29'23.404"	متوسطة	متطابق	مفصولة	3.7	301	متوسطة
B29	43°18'48.176"	36°36'38.214"	عالية	متطابق	غير مفصولة	11.4	443	متوسطة
B30	43°34'54.94"	36°24'10.248"	عالية	متطابق	مفصولة	3.0	382	عالية
B31	43°40'17.052"	36°23'17.762"	متوسطة	متطابق	غير مفصولة	5.6	441	متوسطة

الجدول (2-4) الخصائص التركيبية والطوبوغرافية والجغرافية لطيات قاطع كركوك وتقديرات درجة صحة وجودها

الفصل الرابع ..... تحديد مناطق النمو الحديث للطيات باستخدام بيانات الارتفاعات الرقمية

رقم الطية	خط الطول لمركز الطية	خط العرض لمركز الطية	الاهليجية الكاملة	تطابق الاتجاه مع محور زاكروس أو طوروس	الانفصال الكامل عن الطية المجاورة	الطول (Km)	ارتفاع أعلى نقطة (m)	تأكيد وجود الطية
K8	43°29'19.902"	35°34'49.679"	عالية	متطابقة	مفصولة	19.5	233	عالية
K9	43°40'32.292"	35°28'24.685"	عالية	متطابقة	مفصولة	8.3	233	عالية
K10	43°49'32.061"	35°22'12.851"	قليلة	متطابقة	مفصولة	7.0	200	متوسطة
K11	43°26'6.105"	35°27'46.4"	قليلة	متطابقة	غير مفصولة	6.3	200	قليلة
K12	43°25'8.127"	35°24'23.014"	عالية	متطابقة	غير مفصولة	7.4	185	متوسطة
K13	43°29'55.916"	35°24'9.741"	متوسطة	متطابقة	مفصولة	7.3	185	متوسطة
K14	43°33'15.807"	35°21'35.034"	متوسطة	متطابقة	مفصولة	6.0	185	متوسطة
K15	43°43'23.553"	35°16'1.521"	متوسطة	متطابقة	مفصولة	10.0	183	متوسطة
K16	43°24'14.311"	35°22'14.536"	عالية	متطابقة	مفصولة	8.1	199	عالية
K17	43°35'11.536"	35°11'21.185"	متوسطة	متطابقة	مفصولة	8.3	190	متوسطة
K18	43°28'19.432"	35°11'2.892"	متوسطة	متطابقة	مفصولة	9.05	184	متوسطة
K19	43°26'38.01"	35°48'36.811"	عالية	متطابقة	غير مفصولة	8.11	242	متوسطة
K20	43°22'38.007"	35°47'9.716"	عالية	متطابقة	مفصولة	19.0	261	عالية
K21	43°29'8.378"	35°41'14.314"	قليلة	غير متطابقة	غير مفصولة	7.3	234	ضعيفة
K22	44°8'54.968"	35°24'24.986"	متوسطة	متطابقة	غير مفصولة	4.7	250	قليلة
K23	44°16'1.199"	35°19'12.772"	قليلة	متطابقة	غير مفصولة	6.2	244	قليلة
K24	44°50'36.959"	35°21'7.82"	متوسطة	متطابقة	مفصولة	33.5	930	متوسطة
K25	44°40'35.449"	35°43'4.526"	قليلة	متطابقة	غير مفصولة	13.9	902	قليلة
K26	44°31'52.747"	35°44'56.81"	عالية	متطابقة	مفصولة	23.0	837	عالية
K27	44°40'4.423"	35°47'1.393"	عالية	متطابقة	مفصولة	12.4	1190	عالية
K28	44°14'24.629"	36°4'29.194"	متوسطة	غير متطابقة	مفصولة	5.8	831	متوسطة
K29	44°14'1.985"	36°15'9.677"	متوسطة	متطابقة	مفصولة	15.0	1060	متوسطة

الجدول (3-4) الخصائص التركيبية والطوبوغرافية والجغرافية لطيات قاطع الحضر وتقديرات درجة صحة وجودها

رقم الطية	خط الطول لمركز الطية	خط العرض لمركز الطية	الاهليجية الكاملة	تطابق الاتجاه مع محور زاكروس أو طوروس	الانفصال الكامل عن الطية المجاورة	الطول (Km)	ارتفاع أعلى نقطة (m)	تأكيد وجود الطية
H3	42°55'3.852"	35°51'18.953"	عالية	متطابقة	مفصولة	23.0	272	عالية
H4	43°6'4.394"	35°46'33.249"	عالية	متطابقة	مفصولة	19.3	234	عالية
H5	42°49'24.826"	35°55'48.741"	عالية	متطابقة	مفصولة	9.5	245	عالية
H6	43°8'19.641"	35°34'8.872"	متوسطة	متطابقة	مفصولة	12.7	205	متوسطة
H7	42°36'32.041"	35°35'41.262"	عالية	غير متطابق	مفصولة	16.5	230	متوسطة

الجدول (4-4) الخصائص التركيبية والطوبوغرافية والجغرافية لطيات قاطع سنجار-تلعفر وتقديرات درجة صحة وجودها

رقم الطية	خط الطول لمركز الطية	خط العرض لمركز الطية	الاهليجية الكاملة	تطابق الاتجاه مع محور زاكروس أو طوروس	الانفصال الكامل عن الطية المجاورة	الطول (Km)	ارتفاع أعلى نقطة (m)	تأكيد وجود الطية
S15	42°51'38.442"	36°25'22.77"	متوسطة	متطابقة	غير مفصولة	5.9	317	قليلة
S16	42°46'40.603"	36°24'8.692"	متوسطة	متطابقة	مفصولة	2.9	353	متوسطة
S17	42°36'38.672"	36°28'23.688"	قليلة	متطابقة	غير مفصولة	4.3	374	قليلة
S18	42°37'21.092"	36°23'56.663"	عالية	متطابقة	غير مفصولة	3.8	386	متوسطة
S19	42°47'3.288"	36°20'11.378"	قليلة	غير متطابقة	غير مفصولة	5.9	369	ضعيفة
S20	42°56'8.643"	36°2'49.139"	عالية	متطابقة	غير مفصولة	6.6	306	متوسطة

## **الفصل الخامس**

**التطور التكتوني  
لنطاق الطيات في  
العراق وتأثيره على  
النضوح النفطية  
والنمو الحديث للطيات**

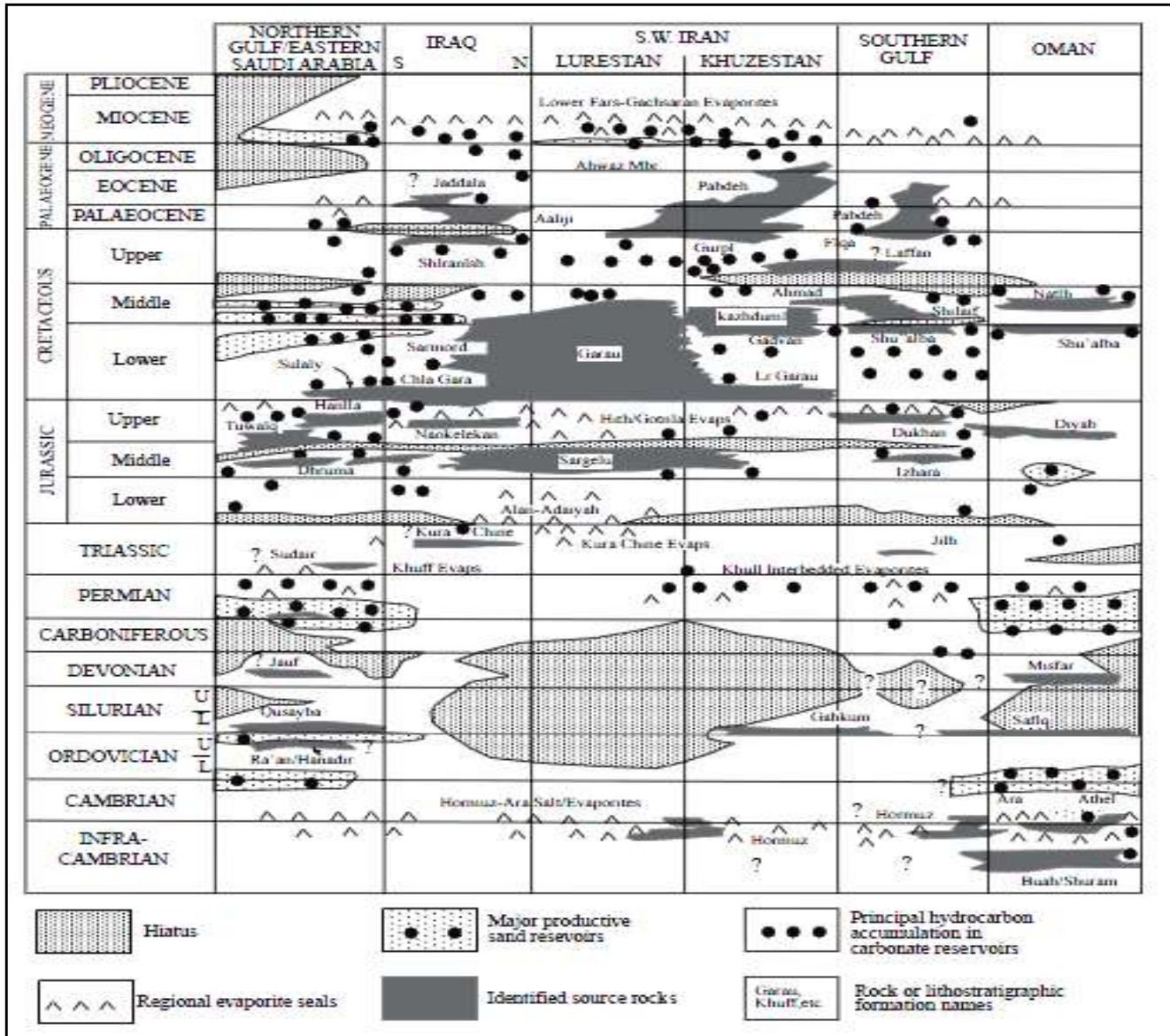
## 1-5 المقدمة

تتواجد المكامن النفطية جيولوجيا ضمن العمود الطباقى الممتد من عمر الكامبري وحتى الحقبة الثلاثية. وتعد الدول الآتية: المملكة العربية السعودية، العراق، الكويت، ليبيا، إيران، فنزويلا، المكسيك، الولايات المتحدة، كندا... وغيرها، من الدول المنتجة للنفط بكميات اقتصادية. إن بعض الدول التي تندرج جيولوجيا ضمن الطباق العربي تعد في المقدمة من ناحية المخزون الاستراتيجي للنفط وهذا ما تشير إليه اغلب الدراسات والإحصائيات، فعلى سبيل المثال تحتل المملكة العربية السعودية لوحدها نسبة (25.4%) من المخزون الكلي العالمي (Beydoun, 1998). أي أنها تشكل ما يقارب ربع المخزون النفطي العالمي. كما يشكل العراق وفق أغلب الدراسات المخزون الاستراتيجي الثاني. مع أن آخر الدراسات تشير إلى أن العراق يمتلك مخزوناً غير محفور يتجاوز السعودية ويبلغ بحدود (80) بليون برميل (Al- Sharhan, 2012).

إن التجمعات النفطية التي تمثل مواداً هيدروكاربونية وكما هو معلوم تتكون من بقايا أحياء نباتية وحيوانية محفوظة في الصخور الرسوبية، إذ إن تكوين هذه التجمعات أو المكامن يتم في بيئات جيولوجية مناسبة لذلك تتمثل بوجود حوض رسوبي يمتاز باحتوائه على صخور مصدرية و صخور خازنة تمتاز بمسامية ونفاذية عالية فضلا عن صخور غطاء غير منفذة تمنع هروب النفط من الصخور الخازنة. إن ازدياد عمق الحوض الرسوبي يعمل على زيادة دفن أو طمر المواد الرسوبية وبالتالي زيادة درجة حرارتها التي تعمل (أي الحرارة) على إنضاج المادة العضوية بين ثنايا الصخور وتحويلها إلى مواد هيدروكاربونية. وعند تعرض هذه الطبقات إلى قوى تكتونية، يحصل تشويه في التتابع الطباقى يؤدي إلى تكوين تراكيب جيولوجية كالطيات والكسور والتراكيب الملحية التي تعمل على اصطياذ النفط في هذه التراكيب وحصره ضمن مكامن أو خزانات نفطية تركيبية، كما أن التغيرات الجانبي في الصخور يعمل كذلك على اصطياذ النفط بالمصائد الطباقية بواسطة إحاطة الطبقات الحاملة للنفط بأخرى غير منفذة.

إن جميع العمليات الجيولوجية السابقة المؤثرة على الأحواض الرسوبية وتكوين المواد الهيدروكاربونية فيها تتم في فترات وأزمنة جيولوجية تقدر بملايين السنين. إذ إن عامل الزمن يؤدي إلى حدوث التغير التدريجي للتركيب الكيميائي للمواد العضوية وتحويلها إلى نفط وغاز. اعتمادا على ما سبق يلاحظ أن الجيولوجيا الخاصة بالطبق العربي تندرج ظروفها ضمن هذا النطاق. إذ أن الصخور المصدرية للنفط تتوزع في حقبة الحياة القديمة وحتى الحقبة الحديثة، الشكل (1-5). الذي يلاحظ أيضا فيه أن صخور العصر البرمي تحتوي على مواد هيدروكاربونية لمعظم مناطق الدرع العربي باستثناء العراق، على الرغم من ذلك فقد أشار

(Edgell, 1977) إلى أن التعاقبات الصخرية العائدة للعصر البرمي تشكل صخور بعض الطيات المحدبة الممثلة لمكامن نفطية في طيات هارور و أورة (Harrur and Ora). ويلاحظ أن الصخور الحاملة للنفط تتركز في عصر الجوراسي والكريتاسي والحقبة الثلاثية ويعزى هذا إلى أن الصخور في هذه العصور تتصف بتتابع رسوبي سميك متكون من صخور جيرية ورملية تتميز بنفاذية خزاناتها التي مكنتها من جعلها مكامن نفطية مغطاة بصخور غير منفذة، فضلا عن أن العمليات التكتونية كان لها دور كبير في عملية احتباس النفط في المكامن من خلال تكوين طيات عاملة كمصائد نفطية خصوصا في العصر الكريتاسي والحقبة الثلاثية.



الشكل (1-5) طباقية الصخور النفطية في الجزء الشمالي الشرقي من الطبقة العربي Beydoun, 1998  
2-5 العمليات الجيوديناميكية وانعكاسها على النظام الهيدروكربوني في العراق

ان التتابع الطباقى للحياة الظاهرة في العراق يشتمل على تكاوين تعود إلى عدة حوادث أوروبية منها ( الكاليدونيان , الهرسينيان , الكميريان و الالبان ) التي وصفت سابقا ضمن مفهوم الجيوسنكلالين والتي تبين بأن هذه التتابعات قد ترسبت في أحواض طويلة وعميقة وثابتة ضمن أحزمة أوروبية . ان الفكرة السابقة تغيرت في العقود الماضية وتحولت إلى المفهوم الحركي أو الجيوديناميكي الذي يتوضح من خلاله أن عددا من الأحواض الرسوبية التي سميت في حينها بالجيوسنكلالين (أو أجزاءه) قد ارتبطت بأنطقة متحركة بفعل تكتونية الاطباق (Numan, 1997). وفيما يأتي شرح للعمليات الجيوديناميكية المؤثرة في شمال العراق ابتداءً من تكوين محيط التيشس وحتى حدوث عملية التصادم القاري والقوى الأوروبية الالبية التي ما زالت مستمرة وانعكاس هذه العمليات على النفط والنظام النفطي لنطاق طيات الفورلانند العراقي:

### 1-5-2 مرحلة التصدع (أو التخسف Rifting) وانتشار قاع المحيط

ان التاريخ الجيوتكتوني لشمال وشمال شرق العراق بدءا من حدوث التخسف وانفصال الطبقتين التركي والايرواني عن الطبقة العربي في فترة الترياسي المبكر (Numan, 1997)، وقد نتج عن ذلك تكون محيط التيشس الجديد والحافة الخاملة للطبق العربي والأخرى المناظرة للطبقين التركي والايرواني. إن مرحلة الانفصال هذه تعد العنصر الرئيس في ترسيب الطبقات الرسوبية المولدة للنفط ويمكن إيجاز مرحلة الانفصال بما يأتي:

أولاً: نتج عن عملية التصدع ترقق لليوسفير القاري (Lithosphere stretch) لكل من الطبقة العربي من جهة والطبقين الايرواني والتركي من جهة أخرى، وقد سبب هذا الترقق حصول قوة تكتونية شديدة (Extensional forces) نجم عنها عدد من الصدوع الاعتيادية أو ما يعرف بالصدوع الليستيرية، ومع استمرار التأثير لهذه القوى والترقق في الليوسفير القاري تم انفصاله إلى جزئين وتكوين محيط التيشس الحديث لتبدأ بعدها عملية توسيع هذا المحيط. ان أنظمة الصدوع الليستيرية حظيت بدراسات تركيبية عديدة، إذ تعد من أهم المواقع لاستكشاف النفط في احواض التمدد (Extensional basin) (Song and Cawood,2001)، فضلا عن أنها تسيطر على تكوين معظم الطيات في الأحزمة الأوروبية التصادمية وهذا ما أكدته الدراسات التكتونية لكل من نعمان والعزاوي (Numan and Al-Azzawi,1993) ومن ثم العزاوي (العزاوي، 2003) لنطاق الفورلانند العراقي، وسوماروكا (Sommaruga, 1997; 1999) في نطاق الفورلانند لجمال الجورا، كلي وآخرون (Kley et al.,1999) في نطاق الفورلانند لجمال الأنديز، وكذلك في استراليا فقد ذكرها كلين وباكيت (Glen and Backett,1997) في نطاق الفورلانند لحوض سدني / نيو ساوث ويلز وأخيراً باستيدا وآخرون (Bastida et al.,1997) في نابي زيلير والجزء الشرقي من نطاق الفورلانند لجمال الأورال الجنوبي.

ثانياً: ان الهيكلية التكتونية للحافة الخاملة امتازت بسلسلة من البلوكات المائلة ومحاطة بصدوع ليستيرية، وقد كان تكون هذه الصدوع نتيجة استجابة للقوى الشدية في حين كانت القوى المسببة لانخفاض الجدار المعلق (الكرابن) بالنسبة للجدار القدي قوى عمودية ثانوية (Secondary vertical forces) التي كان لها الدور الأكبر في تكوين سماكات من الطبقات الرسوبية. إن الجزء الهابط من هذه الصدوع وهو الكرابن (Graben) يعد نطاقاً متميزاً في استقبال الرواسب في حين شكّل الهورست (Horst) النطاق المرتفع من الصدع الليستيري يستلم رواسب أيضاً ولكن بكميات أقل (Van der Pluijm and Marshak, 1997).

عند توقف عملية التمدد أو الانتشار يحصل تبريد للرواسب المترسبة على الليثوسفير المترقق وبالتالي حصول هبوط نتيجة ثقل الرواسب يسمى بالهبوط الحراري (Thermal Subsidence) للحافة القارية، الذي يتيح (أي الهبوط) توفر مناطق أو مساحات للتسيب. اعتماداً على ما سبق، يلاحظ ان طريقة التسيب في أثناء الانفتاح وتكوين محيط التيش كانت المرحلة المهمة في تسيب الصخور المولدة للنفط ضمن نطاق طيات الفورلانند، وقد قام الكيلاني ومعروف (Al-Gailani and Marouf, 2010) بربط أحداث فترة التخسف وانفصال الطبقة العربي عن الطبقتين الايراني والتركي مع تسيب الطبقات المولدة للنفط في شمال العراق، وفيما يأتي شرح لبعض نتائج هذه الدراسة. إن التعاقبات الرسوبية للعصر الكريتاسي ترسبت على الحافة الغربية من نطاق التخسف من خلال الصدوع التمددية (Extensional faults) وما رافقها من هبوط أدى إلى تسيب سماكات من الرواسب حاملة لمواد عضوية متكونة من مادة الكيروجين (Kerogen III). خلال الجوراسي المبكر (Early Jurassic) تكون محيط التيش مع الحافة الخاملة التي صاحبها هبوط حراري. وقد استمر التسيب على الحافة الخاملة للطبق العربي إلى الالبان (Albian) نتيجة الهبوط الحراري الذي رافقه تسيب سماكات من الصخور الحاملة للمادة العضوية من النوع الكيروجيني الغني بالكبريت (Kerogen II-S).

إن التمدد الحاصل في الليثوسفير القاري كان على أشده في جزء القارة القريب من مركز الانتشار، لذا يمكن القول هنا أن المسافات بين الصدوع الليستيرية المتكونة كانت قليلة وامتازت مستوياتها بقلة قيم ميلها على عكس الصدوع الأخرى المناظرة لها باتجاه القارة التي امتازت مستوياتها بالميل الشديد والتباعد فيما بينها وهذا ما انعكس جلياً على الترتيب والطرز التكتوني لنطاق الطيات في العراق والذي يلاحظ فيه التقارب بين الطيات باتجاه التصادم والتباعد كلما تم الاتجاه إلى الغرب والجنوب الغربي. وهذا التباين في الموقع أدى إلى زيادة نسبة التقصير للطيات العائدة لهذه الصدوع باتجاه الشمال والشمال الشرقي (الشالي، 1992). يمكن القول بأن التقارب والتباعد بين الصدوع الليستيرية المترافق مع الاجهادات الافقية الرئيسية قد أثر بشكل

كبير على النظام الهيدروكربوني من خلال التباين في عمليات الرفع الأرضية التي ادت إلى رفع العديد من مكامن العصر الجوراسي والكريتاسي إلى السطح وبالتالي ضياع أجزاء كبيرة من محتواها الهيدروكربوني بهيأة نضوحات نفطية سطحية ثقيلة.

### 2-5-2 مرحلة الغوران (Subduction).

بدء غوران القشرة المحيطية للطبق العربي تحت الطبقتين الايراني والتركي في التيثونيان المتأخر (Late Tithonian) (Numan , 1997)، (Jassim and Goef, 2006)، وان (Rigo de Righi and Cortesini, 1964) يقترحان الفترة بين الجوراسي المتأخر و الترياسي المتأخر لحدوث عملية الغوران وبداية النشاطات البركانية في تركيا، أما ( Alavi, 1980 ) ويؤشر الكريتاسي المبكر لبداية الغوران تحت الطبقة الايراني. استمرت عمليات الغوران للقشرة المحيطية تحت الطبقتين الايراني والتركي وبدأت عملية تضيق محيط التيثس الجديد. وتعد ترسيبات الفلش (Flysch deposits) العائدة إلى العصر الطباشيري المتأخر وكذلك تسلق الأوفيولايت (Ophiolite obduction) من الشواهد والانعكاسات الخاصة بالبيئة التكتونية المرافقة للغوران آنذاك. ان التغييرات الحاصلة في فترة الغوران وانعكاساتها على النظام الهيدروكربوني للعراق يمكن إن يتلخص بعاملين أساسيين. الأول حصول طور من الطي في العصر الكريتاسي نتيجة انقلاب البيئة التكتونية من الاستطالة إلى الانضغاط وبالتالي تكون قوى ضاغطة افقية بدائية تزامنت مع قوى عمودية بدائية قادت إلى قلب الازاحات الاعتيادية للصدوع اللستيرية إلى ازاحات مضرية ومعكوسة (Numan, 2000). الثاني، يكون حوض الفورلاند الرسوبي الناتج عن ارتفاع المنطقة من خلال صعود بعض الرواسب وبالتالي حصول زيادة في السمك نتج عنه تكون حوض منخفض متأخم للمنطقة المحورية للتصادم تكونت فيه بعض تكاوين العصر الكريتاسي والثلاثي والتي تشكل الجزء الأكبر من الصخور المصدرية للنفط في حوض الفورلاند العراقي.

### 2-5-3 مرحلة التصادم (Collision)

استمر غوران القشرة المحيطية العائدة للطبق العربي حتى استنفادها بشكل كامل ليتم بعدها الانتقال إلى مرحلة التصادم مابين الطبقة العربي والطبقتين الايراني والتركي في فترة (M.Eocene)، ونتيجة لعملية الاصطدام بين الأطباق القارية سعدت الحافة الفعالة لكل من الطبقة الايراني والتركي فوق الحافة الخاملة للطبق العربي. إن هذا الحدث التكتوني يعد الأكبر في التأثير على المحتوى الهيدروكربوني في الصخور المترسبة من خلال الهجرة العمودية والأفقية واحتباس النفط في المكامن أو حصول عملية هجرة أخرى عبر أنطقة الضعف إلى

اماكن وصخور خازنة أخرى أو حصول عملية خروج للمواد الهايدروكاربونية إلى السطح من خلال النضوحات النفطية.

لغرض الربط بين القوى التكتونية المؤثرة في نطاق طيات الفورلاندر العراقي وبين مواقع النضوحات النفطية بنوعها الثقيلة والخفيفة المستتجة في الدراسة الحالية يجب التعرف والأشارة إلى الحركات الأساسية المؤثرة في المنطقة في أثناء حصول التصادم القاري. عند حدوث التصادم القاري كان الانضغاط الجانبي (Lateral compression) من الاجهادات الرئيسية المؤثرة في المنطقة التي أدت إلى تكوين نطاق الطيات في العراق. إن هذه الاجهادات تزامنت في التأثير على الغطاء الرسوبي بالتزامن مع قوى أخرى عمودية (Vertical movements) ناجمة عن اعادة أو انعكاس الحركة من على أسطح الصدوع الليستيرية، إذ بدأت القاعدة الصخرية باسترجاع سمكها الاصلي الذي كان قد ترقق في فترة انفتاح قاع المحيط من خلال القوى التمددية. بدأت حركة الازاحات المعكوسة المعادة على الصدوع الليستيرية من عصر الأيوسين الأوسط، وتدرجت من الشمال والشمال الشرقي إلى الجنوب والجنوب الغربي. وتقدمت هذه الحركة إلى الحدود الجنوبية والجنوبية الغربية لنطاق الفورلاندر في البلايوسين، وهذا ما أكدته (العزاوي، 2003) و (Hessami et al., 2001).

ان طور الذروة للتصادم القاري كان في عصر البلايوسين (Pliocene) والذي أدى إلى عملية طي واسعة ترافقت مع الارتفاع الايسوستاتيكي للجبال في شمال العراق (Numan, 1997; 2001). إن هذه المرحلة تعد الأهم في عملية تكوين المصائد النفطية في العراق التي تعد بمثابة نسق هندسي للطبقات الرسوبية يسمح للنفط أو الغاز أو لكليهما بالتجمع فيه بكميات اقتصادية، ويحول دون هروبها منها. ويعتقد من خلال الدراسة أن السبب الرئيس في اصطياذ النفط في معظم مكامن العراق كان بفعل عاملين رئيسيين هو الطي والتصدع ويمكن ان يكون عامل التصدع اكثر في المناطق التي تبتعد عن نطاق التصادم والتي تم تأشير تواجد ظاهرة النضوح النفطي الخفيف في طياتها على احد الجناحين دون الاخر وهذا ما تمت ملاحظته في طيات الشيخان، ساسان، شيخ ابراهيم، عداية. إذ أن نتائج الدراسة الحالية أسفرت على أن للصدوع الليستيرية دوراً سلبياً إضافة إلى دورها الايجابي الذي تمثل في نضوح نفطي ما زال مستمرا (كالنضوح الثقيل في طية الشيخان والنضوح الخفيف للطيات الواقعة إلى الغرب من الموصل)، وهذا ما يتفق مع ما جاء في الدراسة المقدمة من قبل (Beauchamp et al., 1996; 1997) اللذين تطرقا إلى موضوع الارتكاس التكتوني (Tectonic inversion) نتيجة انقلاب الحركة على الصدوع الاعتيادية في نطاق سلاسل اطلس المغربية، إذ تمت الإشارة إلى ان المصائد النفطية المتكونة في أثناء التخسف (Syn-rift) وبعد التخسف (Post-rift) قد

تأثرت سلبيًا خلال تكتونية الارتكاس وانعكاس الحركة نتيجة التصادم ما بين الطبقتين الإفريقي والأوروبي. يتضح من ماسبق أن للصدوع دوراً إيجابياً في احتباس النفط بالمصائد التركيبية ودوراً سلبياً آخر يتمثل بالنضوح عبر مستويات الصدوع وضياع محتواها الغازي. تم من خلال الدراسة الحالية ملاحظة تواجد النضوحات النفطية الثقيلة وزيادتها في المناطق المتجهة إلى الشمال والشمال الشرقي وتحديدًا المناطق التي تظهر فيها تكوينات عائدة للعصر الكريتاسي وبعض تكاوين العصر الثلاثي، كما تم من خلال الأعمال الحقلية ملاحظة هذه النضوحات في نطاق الطيات الواطئة والتي تظهر فيها مكاشف عائدة للمايوسين وحتى العصر الحديث ويلاحظ من خلال هذه النضوحات أنها متعلقة بعملية الطية وخصوصاً بعملية الرفع الأرضي الناجمة عن الإزاحات المعكوسة للصدوع الليستيرية التي أدت إلى انكشاف أجزاء من المكمن إلى سطح الأرض. أما في ما يخص النضوحات النفطية الخفيفة فقد تركزت في المناطق الواقعة إلى الجنوب الغربي من منطقة الدراسة والتي تم فيها تأشير وجود ظاهرة التحلل في الصخور العائدة لتكوين الفتحة. لغرض تحديد الاختلافات في توزيعات النضوحات النفطية (الثقيلة والخفيفة) ضمن نطاق طيات الفورلاند وكذلك التعرف على أنطقة المسارات والهجرة المتوقعة للنفط ومقارنتها مع ما تم استنتاجه من تراكيب تحت سطحية، تم تفسير النتائج المستنتجة من الدراسة الحالية وفق المنظور الجيوكتوني لنطاق طيات الفورلاند من خلال عدة علاقات تركيبية.

### 3-5 دور العامل التكتوني في تكوين النضوحات النفطية الثقيلة

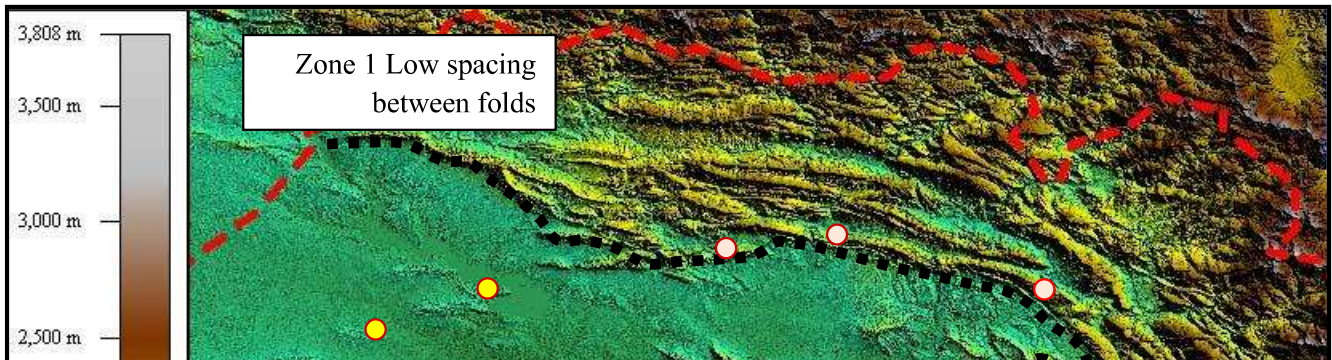
إن النضوحات النفطية الثقيلة التي تمت ملاحظتها في عدة مقاطع من نطاق طيات الفورلاند في شمال العراق وتحديدًا في نطاق الطيات العالية كانت بهيأة مواد قيرية مشبعة للصخور أو بهيأة مسالة من الكسور. ان زيادة النضوح الثقيل واقتصار تركيز تواجده في نطاق الطيات العالية (يزداد في التركيز باتجاه الشمال والشمال الشرقي من نطاق الطيات) يدل على ان عمليات الرفع الأرضي للغطاء الرسوبي وتشكيل الطيات نتيجة التصادم القاري وما رافقها من ازاحة من على اسطح الصدوع الليستيرية كانت على اشدها في هذه المناطق مقارنة مع مناطق اقدام التلال (Foothill zone). إذ تم رفع العديد من المكامن النفطية الخاصة بالعصر الكريتاسي وكذلك مكامن الحقبة الثلاثية مسببة في ضياع جزء من محتواها الهيدروكربوني الخفيف وبقاء الجزء الثقيل الذي شكل بدوره مواداً قيرية مشبعة للصخور وهذا ما تمت ملاحظته في طيتي بيرات وعقرة. اي ان الاقتراب من خط الالتحام بين الأطباق (Suture) أدى إلى حصول زيادة في الرفع التكتوني لحوض الفورلاند مما أدى إلى انكشاف بعض المكامن إلى السطح وهذا ما توضح حقلياً من خلال ملاحظة مكاشف من الصخور مشبعة بالمواد القيرية. ان عمليات الرفع الشديدة في هذه المنطقة تلازمت معها كذلك بيئة الارتكاس التكتونية (Inversion)

## الفصل الخامس..... التطور التكتوني لنطاق الطيات في العراق وتأثيره على النضوح النفطي والنمو الحديث للطيات

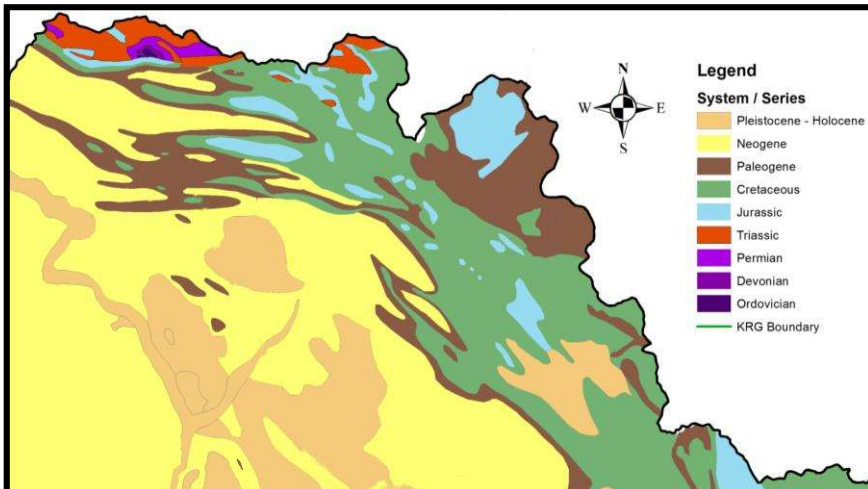
(tectonic) نتيجة إعادة الحركة على الصدوع الليستيرية الموروثة من انفتاح قاع المحيط وتحديدًا الصدوع المقتربة خط الالتحام والتي كان الميل في مستوياتها اقل من الصدوع المماثلة لها والمتجهة إلى داخل القارة. إذ ان فرضية الارتكاس التكتوني المؤثر في الغطاء الرسوبي لنطاق طيات الفورلانند تم التطرق إليها من قبل العزاوي (Al-Azzawi, 2012, Under preparation)، والذي تم إثباته من خلال التباين في سماكات التكاوين الجيولوجية ضمن بعض الطيات.

يعتقد الباحث أن الاجهادات الأفقية المترافقة مع بيئة الارتكاس التكتوني ادت إلى رفع أجزاء بعض المكامن النفطية إلى السطح وضياح محتواها الهيدروكربوني الخفيف. إذ ان القوى الانضغاطية وانعكاس الحركة من على أسطح الصدوع الليستيرية اشدت مع الاقتراب من حافة الطبقة العربي اي باتجاه خط الالتحام ما بين الطبقة العربي والطبقين الايراني والتركي. وقد أشارت (الشالي، 1992) إلى انه يمكن الاستدلال إلى حدوث هذا الانعكاس من نسبة التقصير المستحصلة من موازنة المقاطع الجيولوجية المطبقة من قبل الباحثة (المصدر نفسه) والتي أشارت فيها إلى ان شدة القوة التكتونية ازدادت مع ازدياد التقصير. اعتمادا على ما سبق يمكن القول بأن الاجهادات الأفقية الرئيسية المتلازمة مع الحركة المعكوسة للصدوع الليستيرية أضفت نسقا طبوغرافيا متميزا للطيات في شمال العراق يمكن متابعته بصورة دقيقة من خلال استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية، الشكل (5-2) إذ تلاحظ الزيادة الملحوظة لنسب الارتفاع مع الاتجاه إلى الشمال والشمال الشرقي نتيجة للرفع التكتوني فضلا عن زيادة شدة الطي والانكشاف الأقدم للصخور. فضلا عن المسافة الفاصلة بين كل طية التي تزداد عند الابتعاد عن نطاق التصادم (باتجاه الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من نطاق طيات الفورلانند).

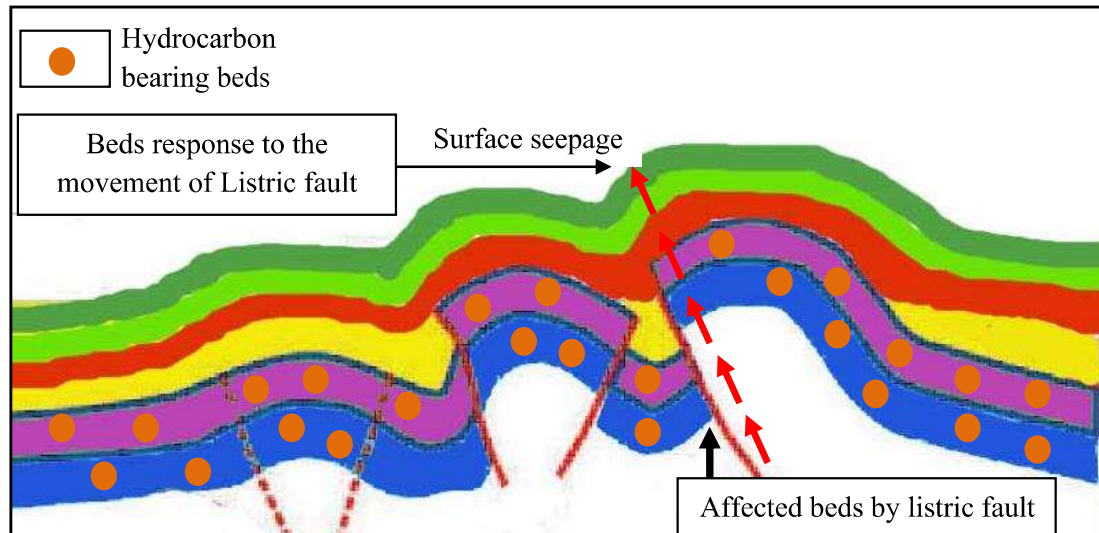
بغية توضيح مناطق توزيعات النضوحات النفطية بنوعها الثقيلة والخفيفة، تم في الدراسة الحالية إسقاط إحداثيات مواقع النضوحات النفطية الثقيلة والخفيفة الملاحظة حقلياً على بيانات الارتفاعات الرقمية الشكل (5-2). وقد أظهر الارتفاع المحصور بين (872-979) مترا (حسب التقسيم المعتمد في الدراسة الحالية، (اللوحة 4-2-A) بداية الحد الطبوغرافي الممثل لعمليات الرفع التكتونية التي أظهرت أو كشفت مكامن العصر الكريتاسي إلى السطح مؤدية إلى ضياح محتواها الهيدروكربوني الخفيف.



يلاحظ من خلال الشكل نفسه أن هذا النطاق من الارتفاع يكون بهيأة قوس يوازي النطاق الدرزي ومحاذٍ للطيات الواقعة إلى الشمال والشمال الشرقي، وان هذا الحد الطبوغرافي يتطابق مع خط مكاشف العصر الكريتاسي المثبتة في الخارطة الجيولوجية الخاصة بشمال العراق، الشكل (5-3). لذا يمكن القول ان عند الأجزاء العليا من هذا النطاق (اي الارتفاع الطبوغرافي الاعلى من 872 مترا) يكون النضوح النفطي الثقيل هو السائد والمتوقع وذلك لعمليات الرفع العالية التي ادت إلى كشف بعض المكامن إلى السطح وأدت إلى تسريب المكون الخفيف والثقل. في حين تشكل الأجزاء الدنيا من هذا النطاق (أي الارتفاعات الاقل من 872 مترا) مناطق تكتونيتها ادت إلى تكوين النضوح النفطي الخفيف وذلك لقلة عمليات الرفع التكتوني وكذلك زيادة ترسبات تكاوين الحقبة الثلاثية والتي سيتم التطرق اليها في الفقرة القادمة.



إن بعض مواقع النضوح النفطية الثقيلة التي اتخذت من الشقوق والفواصل أو أسطح التطبيق ممرات لخروجها (أي أن صخورها ظهرت بشكل غير مشبع) والتي تمت ملاحظتها في نطاق الطيات العالية ضمن عدة تكاوين مثل شرانش وخورماله وبلاسي (أو ربما فوقها) بشكل أكبر من تكاوين أخرى أقدم منها يمكن أن يكون هنالك عاملان تركيبيان يسيطران على نمط خروجها إلى السطح. يتمثل الأول بإن الصخور التي تحتوي على نضوحات والتابعة إلى تكوين معين يقع تحتها تكوين أقدم منها تكون صخره حاضنة للنفط وان تعرض الأخير إلى تصدع يمكن ان يمرر هذه المواد إلى التكاوين التي تعلوه حتى إن لم تكن مقطوعة بهذا الصدع وذلك من خلال الشقوق والفواصل المتكونة نتيجة الحركة على مستوي الصدع والتي تجبر الصخور الفوقية إلى الاستجابة مع هذه الحركة، الشكل (4-5). اما العامل الثاني فيمكن أن يفترض أن عملية الطي المسلطة على الطبقات قد تكونت بفعل إجهادات أفقية رئيسية نجم عنها تكون تكسرات في المنطقة المفصلية للطية مؤدية إلى نقل المواد الهايدروكربونية للمكامن إلى السطح. أي أن عمليات الرفع التكتونية تكون اقل من الحالة الأولى وهذا يؤدي إلى ان الطبقات الحاضنة للنفط لا يحصل فيها انكشاف على السطح وإنما ترتبط معه بسلسلة من الكسور الشدية المتكونة نتيجة عملية الطي.

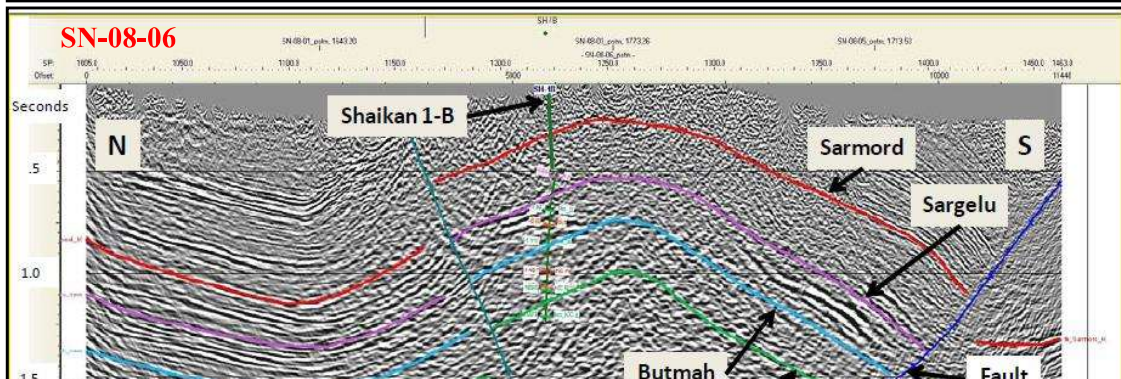
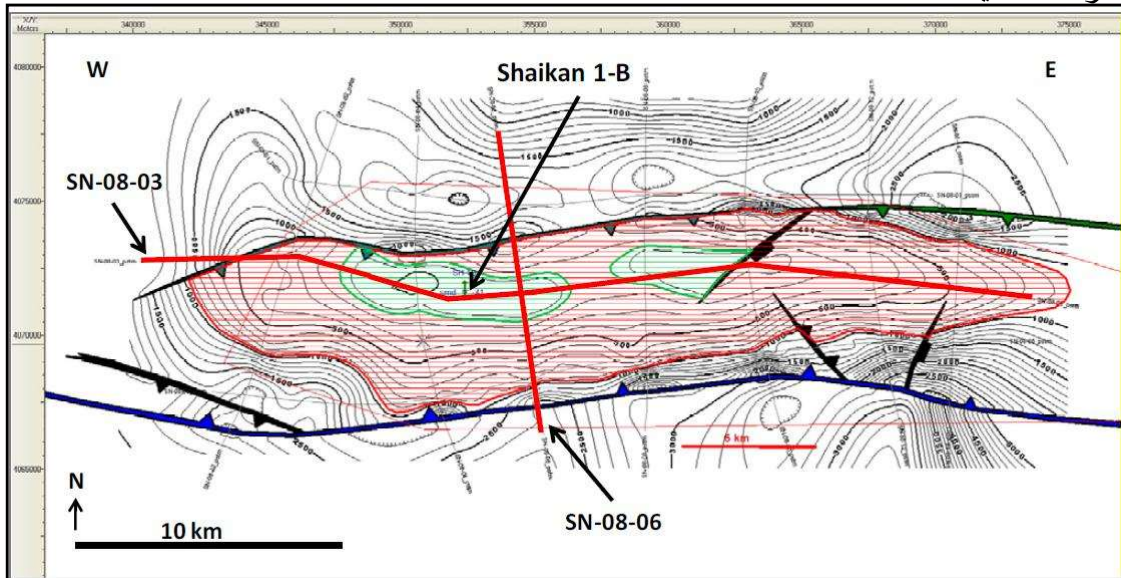


إن العامل الأول يعد أكثر واقعية من خلال تفسير النضوحات النفطية الثقيلة الملاحظة في نطاق الطيات العالية. تعد طية الشيخان أحسن مثال على الاستنتاج الأول في تفسير النضوحات الثقيلة الخارجة إلى السطح عبر اسطح التطبيق والفواصل. واعتماداً على ما تم ذكره في الفقرة (3-3-3) في الفصل الثالث، فإن النضوحات في صخور الحجر الجيري العائدة لتكوين البلاسي تكون ناجمة عن تأثير التكاوين التحتية التي تمثل مكامن نفطية بصدع ليستيري. إن هذا الصدع قد اجبر التكاوين السطحية العلوية على الاستجابة والتوافق مع حركته مؤدياً إلى تكون تكسرات نتيجة الحركة عبر مستوي الصدع التي أدت إلى نقل المواد الهيدروكربونية إلى السطح. علماً أن هذا الصدع تم تأكيد وجوده من قبل كل من (Al- Azzawi and Hamdoon, 2008) اللذين أوضحوا تأثير هندسية طية الشيخان المحدبة بصدع ليستيري درزي الاتكاء، ولقد بُني هذا الاستنتاج على كون طية الشيخان متكئة نحو الشمال أي أن الجناح الشمالي للطية يميل بمقدار أكبر من الجناح الجنوبي كما أضاف الباحثان (المصدر السابق نفسه) أن فترة تنشيط الصدع قد حدثت في الأيوسين المتأخر. إن الدراسة التي أجراها كل من العزاوي وحمدون (Al-Azzawi and Hamdoon, 2008) و (الخاتوني، 2009) اثبتت عدة عوامل تتعلق بتكيفية طية الشيخان أهمها أن هذه الطية تقع فوق صدع ليستيري قاعدي درزي الاتكاء بشكل موازٍ لمحورها أي أن اتجاهه بشكل عام شرق - غرب تقريباً، وأن اثر هذا الصدع يظهر في المرئيات الفضائية بشكل تركيب خطي يمتد بموازاة محور الطية. إن إثبات وجود هذا الصدع في الدراسة الحالية مهم في تفسير تواجد النضوحات النفطية الثقيلة وعليه فإن جميع ما أشار اليه الباحثون السابقون في دراستهم لطية الشيخان وكذلك موقع هذا النضوح يدل على أن الصدع اللىستيري هو المسبب الرئيس للنضوح النفطي من خلال تأثيره على المكامن تحت السطحية ونقل هذه المواد إلى السطح من خلال تكوين البلاسي. ولغرض التحقق عن طبيعة هذه المكامن تحت السطحية وتحديد موقع هذا الصدع بالتحديد نسبة إلى الطية، استطاع الباحث الحصول على مقطع زلزالي مأخوذ من شركة جولف كيستون (Gulf Keystone, 2011) للاستكشافات النفطية، إذ أن هذه الشركة قامت بعمل مسوحات زلزالية دقيقة حديثة لطية الشيخان من خلال مسارات موازية ومتعامدة مع محور الطية بغية اختيار أفضل نطاق للحفر والذي على أساسه تم حفر بئر الشيخان الانتاجي (Shaikhan1-B) الواقع

## الفصل الخامس..... التطور التكتوني لنطاق الطيات في العراق وتأثيره على النضوح النفطي والنمو الحديث للطيات

في المنطقة المفصلية الغربية من الطية. ان نتائج هذا المسح أثبتت تأثر طية الشيخان بصدعين رئيسيين موازيين لمحور الطية، يتموضع الأول على طول الجناح الشمالي للطية وهو عبارة عن صدع لبيستيري درزي معكوس الحركة ادت الحركة عليه إلى إكساب طية الشيخان خاصية الاتكاء نحو الشمال وذلك لاقتراب هذا الصدع من محور الطية، على عكس الصدع الرئيس الثاني الذي يتموضع عند بداية حدود طبقات الجناح الجنوبي وهو صدع لبيستيري فورلاندي الاتكاء، الشكل (5-5).

إن الحركة على مستويات هذين الصدعين أدت إلى حصول ارتفاع للمنطقة المفصلية لطية الشيخان وهبوط للإطراف وهذا ما لوحظ بوضوح من خلال نماذج الارتفاعات الرقمية التي بينت ان أعلى ارتفاع نتيجة ازاحة الصدع بلغت حوالي (1170) مترا. إن تموضع الصدع الليستيري الشمالي لطية الشيخان بالقرب من المنطقة المفصلية للطية وتأثيره على التكاوين تحت السطحية الحاملة للنفط يفسر حقيقة تواجد النضوحات الثقيلة في هذه المنطقة والتي تدل على ان تأثير الصدع الليستيري المجاور للتكاوين الحاملة للنفط كان بهيأة ممر ناقل لهذه المواد إلى السطح وخرجها من مستويات التطبيق والفواصل في تكوين البلاسي المنكشف في هذه المنطقة من خلال عدة أنطقة في طبقات الجناح الشمالي للطية وذلك لتقاطع مستوي الصدع مع تكوين سارمورد الحاضن للنفط وقد تسبب هذا في نضوح كميات كبيرة من المواد الهايدروكاربونية إلى السطح. هنا يجب الإشارة إلى دور المقاطع الزلزالية في تفسير اسباب النضوحات. إذ إن عدم الحصول على هذه المقاطع أو حتى حجبها عن الباحثين الاكاديميين حال دون التطور في العديد من الدراسات الجيولوجية بضمنها الدراسة الحالية.



#### 4-5 دور العامل التكتوني في تكوين النضوحات النفطية الخفيفة

لغرض تحديد المناطق الحاوية على نضوحات خفيفة بدقة، تم تطبيق طرق المعالجة الرقمية على مرئيات مصححة طيفياً تظهر فيها بعض الطيات ضمن نطاق الفورلاندر وتحديدًا ضمن نطاق الطيات الواطئة والتي تم اختيارها ضمن المناطق التي يقل ارتفاعها عن ما يقارب (872) متراً (حسب التقسيم المعتمد في الدراسة الحالية، اللوحة A-4-2) وهو الحد الذي تم فيه تأشير ظهور واسع للنضوحات الثقيلة من خلال النشاط العالي لعمليات الرفع التكتوني وكما تم ذكره في الفقرة السابقة.

أسفرت نتائج الدراسة الحالية أن بعض مناطق الطيات في نطاق أقدام التلال تحتوي على أنطقة تحلل ناجمة عن النضوح النفطي الخفيف وهذا ما تم تأشيريه في طيات ساسان وشيخ ابراهيم وعداية وبطمة ورافان و قصير وكركوك وقره جوخ. ان أغلبية الطيات السابقة عكست وجود أنطقة تحلل وتركزها في أجزاء معينة من بعض الطيات، إذ لوحظ تركز هذه الأنطقة

وبعض المواد القيرية المألثة للعروق في طبقات صخور الجبس والحجر الجيري للعضو السفلي من تكوين الفتحة على الأجنحة ذات الميل العالي للطيات السابقة، وقلة تواجدها في الأجنحة الأخرى ذات الميل الأقل (باستثناء طيتي ساسان وقره جوخ وقصير). ان وجود أنطقة التحلل هذه يعزى إلى تأثير الصدوع الليستيرية المتحكمة في قولبة هذه الطيات، إذ أن معظم طيات الفورلانند هي طيات تعود موقعيا واتجاهيا ومنشأيا إلى الصدوع الليستيرية وهذا ما تمت الإشارة إليه من قبل (العزاوي، 2003). إن تكون أنطقة التحلل هذه وتركزها على جانب واحد من الطية يعود إلى ميكانيكية الحركة على الصدع الليستيري ، إذ ان زيادة عدم التناظر أو الالتكاء في هذه الطيات يكون نتيجة الحركة الكبيرة على احد جانبي الصدع الليستيري دون الآخر وبالتالي فبالإضافة إلى مستوى الصدع نفسه الذي يعد العنصر الأساس في تكوين ممر ناقل للمواد الهيدروكربونية، فإن الإجهادات وما يرفقها من كسور سوف تتركز عند المنطقة المتحركة (الهابطة) بحيث يسمح بتكوين أنطقة ضعف في الصخور بصورة اكبر مما يتيح إمكانية نقل المواد النفطية وتأثيرها على الصخور على احد جوانب الطية.

إن انكشاف أو عدم انكشاف الصدع الليستيري إلى السطح سوف يؤدي بشكل أو بآخر إلى التأثير على الصخور التي تعلوه من خلال استجابة هذه الصخور لعملية التعرض للإجهادات تحت السطحية المتولدة عن الحركة العكسية للصدع وهذا ما يمكن أن يفسر اقتصار تواجد أنطقة التحلل في احد جوانب الطية. يعتقد الباحث من خلال الدراسة الحالية ان صخور تكاوين الحقبة الثلاثية قد استجابت للحركة عبر مستويات الصدوع الليستيرية وان هذه الاستجابة تزداد باتجاه الشمال والشمال الشرقي من نطاق طيات الفورلانند، على العكس من ذلك فإن تناقص استجابة الصخور للحركة باتجاه الجنوب والجنوب الغربي يفسر تواجد النضوحات الخفيفة. إن اغلب النضوحات الملاحظة كانت خفيفة أو من خلال مواد قيرية مألثة للمواد البينية في صخور العضو السفلي من تكوين الفتحة مما يعكس عدم حصول نضوحات ثقيلة بمستوى واسع كتلك الملاحظة في نطاق الطيات العالية. ان عدم تأشير وجود نضوحات في طبقات العضو العلوي من تكوين الفتحة يمكن أن يكون نتيجة السمك العالي من صخور الجبس للوحدة السفلى التي تعمل كصخور غطاء تمنع صعود المواد الهيدروكربونية إلى الأجزاء العليا من تكوين الفتحة. إن سيادة النضوحات النفطية الخفيفة دون الثقيلة عند الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة اعتمد بشكل رئيس على الموقع التكتوني من نطاق التصادم. إذ تميزت التراكيب الجيولوجية الحاضنة للنضوحات الخفيفة بابتعادها عن مصدر القوى التكتونية.

إن الحركات العمودية للصدوع الليستيرية لعبت دورا مهما في السيطرة على النضوحات الخفيفة في مناطق الطيات الواطنة نتيجة الحركة عبر مستوياتها (التي تتصف بزيادة ميل

زواياها عند الأجزاء العليا من القشرة) التي نجم عنها حصول عدم تناظر كبير لبعض الطيات. ويجب الإشارة كذلك إلى ان ترسبات تكاوين الحقة الثلاثية في حوض الفورلاند وزيادة سماكتها في هذه المناطق (خصوصا تكاوين المايوسين) أدى إلى تكوين صخور غطائية قللت من تسرب المواد النفطية إلى السطح، وان تواجد النضوحات الخفيفة يعد اكبر دليل على ذلك.

#### 5-5 دور الصدوع مضربية الازاحة في النضوحات النفطية

تعد الصدوع المضربية في نطاق طيات الفورلاند من العناصر التركيبية المهمة والمسيطرة على النضوحات النفطية بنوعها الخفيفة والثقيلة لاسيما في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من هذا النطاق. إذ يلاحظ سيادة مجموعتين من هذه الصدوع الأولى تقع باتجاه الشمال الشرقي والمؤثرة على الطيات رافان، قصير، اشكفت، ساسان، المحلبية، قره جوخ، عداية. في حين تكون المجموعة الأخرى من هذ الصدوع باتجاه الشمال الغربي والتي اثرت على طيات بطمة، ساسان. ان عملية الطي التي حدثت نتيجة اصطدام الطبقة العربي مع الطبقة الإيرانية والتركي أعقبتها عملية تكسر للصخور المطوية التي سلكت في مراحلها الأولية سلوكا لدنا (Ductile) أدى إلى انتنائها، وسلوكا هشاً (Brittle) جعلها عرضة للكسر لاستيعاب الاجهادات الانضغاطية المتراكمة في إنشاء عملية الطي. بين (العزاوي، 2003) ان مجموعة الصدوع المضربية هذه قد تكونت في طور الاصطدام الذي بدأ في عصر الأيوسين، إذ ان المجموعة الأولى التي اطلق عليها الصدوع المضربية البتليسية ذات الاتجاه شمال- جنوب أو شمال غرب - جنوب شرق، اللوحات (2-10) و(2-13) كانت نتيجةً لاصطدام الطبقة العربي مع الطبقة التركي. أما المجموعة الثانية التي سميت بالصدوع المضربية الزاكروسية والتي اتجاهاها شمال شرق- جنوب غرب، اللوحات (2-10)، (2-18) و (2-21)، فإنها تكونت نتيجة اصطدام الطبقة العربي مع الطبقة الإيرانية. وأضاف العزاوي (نفس المصدر) أن هاتين المجموعتين هما مشروع لصدوع تمزق (Tear Faults) لم تتضح بعد.

ان وقوع بعض الطيات بين مجموعتين من الصدوع المضربية أدى إلى حصول نضوح نفطي فعال نتيجة الحركة المستمرة لمستويات هذه الصدوع وهذا ما توضح جليا في طية المحلبية، الشكل (2-18) اللوحة (3-15)، (3-16). إن الامتداد الصغير لطية المحلبية جعل تأثيرها بصدوع الازاحة المضربية أكبر من طيات أخرى وبالتالي فإن استمرار الحركة التكتونية أدى إلى حصول مركبات أوقوى أفقية متحللة عن هذه الحركة وبالتالي انعكس هذا التأثير على صخور تكوين الفتحة. ان تواجد نضوح نفطي ثقيل فعال في هذه الطية يؤكد بأنه حديث وان الحركة على مستويات الصدوع المضربية ما زالت مستمرة. إن استمرار هذه الحركة يمكن ان يفسر تواجد أنطقة التحلل العالية العاكسة لنضوحات خفيفة في طيات قره جوخ وساسان. ان

موقع الصدع المضربي بالنسبة للطية له دور كبير في زيادة النضوحات النفطية، إذ إن تأثير طية اشكفت (في اجزائها الوسطية) بصدع الازاحة المضربية كان له الاثر الكبير في ضياع المحتوى النفطي، كما لوحظ حقلها ان طية قصير المتأثرة بهذا الصدع نفسه (الامتداد الشمالي الشرقي للصدع). وتميزت طبقات العضو السفلي من تكوين الفتحة بكونها متحللة ومرافقة مع مواد قيرية.

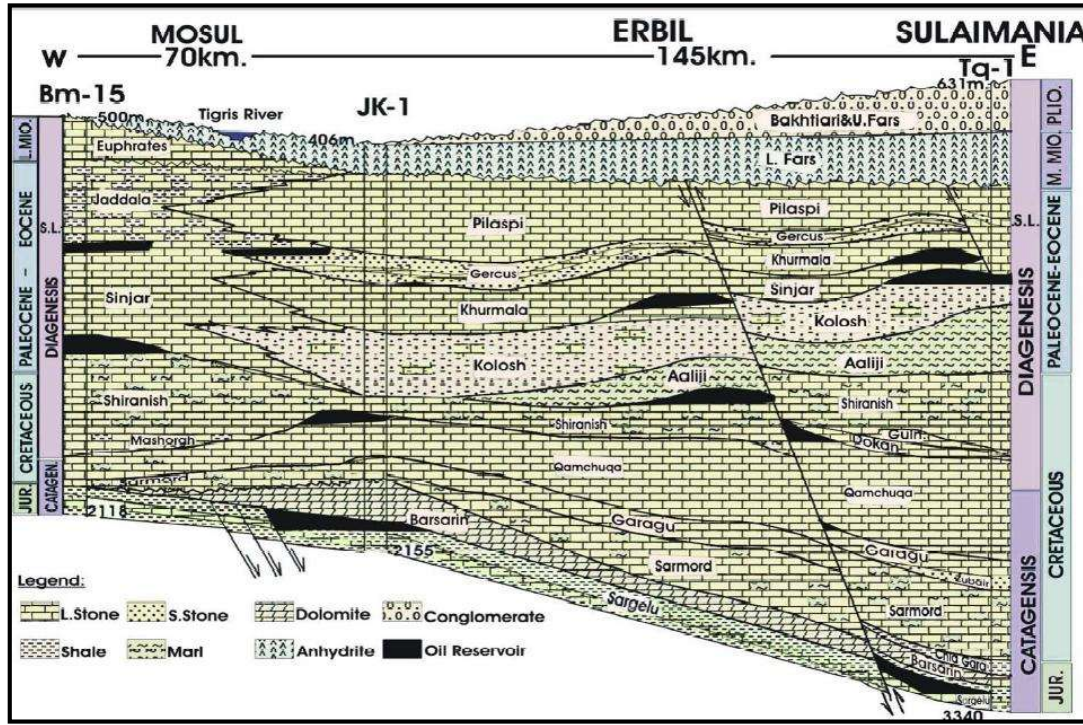
#### 5-6 النضوح الهايدروكربوني كنوع من انواع الهجرة النفطية

بالنظر إلى أن النضوح الهايدروكربوني يعد نوعا من الهجرة النفطية (Schumacher, 1996)، (Yang, et al., 2000)، (Rubio, 2002)، لذا سيتم في هذه الفقرة مقارنة أنواع الهجرة النفطية وعلاقتها بالنضوح الهايدروكربوني المستنتج في الدراسة الحالية. بدأ طور الاصطدام القاري (Continental collision phase) في عصر الايوسين بين الحافة الخاملة للطبق العربي والحافتين الفعالتين للطبقين الايراني والتركي واستمر عبر عصر المايوسين وعصر البلايوسين وحتى العصر الحديث. ان هذا الاصطدام قد اثر على الخصائص الهايدروكربونية لنطاق طيات الفورلاندي العراقي من خلال العوامل الآتية:

أولاً: تكون هجرة ثانوية من الطبقات الحاملة إلى المصائد التركيبية

إن الهجرة الأولية تتضمن حركة المواد الهايدروكربونية من صخور المصدر إلى الطبقات الحاملة بفعل عدة عوامل كانهضغاط الرواسب وتحرير الموائع منها عبر أسطح التطبيق أو الشقوق وغيرها. في حين تشكل الهجرة الثانوية حركة هذه المواد من الطبقات الحاملة إلى المكامن بفعل عدة عوامل اهمها العمليات التركيبية. ان تعرض حوض الترسيب (المتكون من طبقات غنية بالمواد الهايدروكربونية) في العراق إلى طور الاصطدام القاري أدى إلى تكوين تراكيبي جيولوجية متنوعة من الصدوع والطيات مختلفة الارتفاع والتي قامت باحتباس أو خزن النفط. ان معظم نطاق طيات الفورلاندي في العراق تعود في نشأتها إلى الصدوع الليستيرية (كما تم ذكره انفا) لذا يعتقد أن أنواع المصائد في العراق تركيبية مركبة (طيات وصدوع).

إن إعادة الحركة على الصدوع الليستيرية لم يؤدي إلى تكوين الطيات وقولبتها فقط بل ساهم بدور اساسي في تكوين المصائد، من خلال تغيير التتابع العمودي في ترتيب الطبقات ذات الخصائص المسامية والنفاذية المختلفة وهذا ما توضح من رسم بعض المقاطع الجيولوجية لنطاق الطيات في العراق، الشكل (5-6)، وكذلك بعض مواقع أنطقة التحلل المستنتجة في الدراسة الحالية.



الشكل (5-6) مقطع ممتد من السليمانية إلى الموصل (Al-Ameri *et al.*, 2008 in Awadh *et al.*, 2010) ثانياً: تكون هجرة ثانوية شاقولية

ان تأشير وجود دلائل نضوحات سطحية (خفيفة وثقيلة) يدعم فكرة الهجرة العمودية. إذ أن استمرار الحركة الابلية حتى العصر الحديث انعكس على تطور التراكيب المحدبة وتنشيط الازاحات العكسية على مستويات الصدوع الليستيرية. ان التباين في الإزاحة العكسية على مستويات الصدوع الليستيرية المتحركة في قوالب طيات نطاق الفورلاند العراقي قد تحكم كذلك في الهجرة العمودية وهذا ما توضح من خلال تحليل بيانات الارتفاعات الرقمية. إذ أظهرت المنطقة المفصلية في التكوين نفسه لبعض الطيات تبايناً في الارتفاع الطبوغرافي انعكس على التباينات في الانعكاسية الطيفية العاكسة لوجود أنطقة تحلل (كما في طيات شيخ ابراهيم، عداية، عطشان).

ان دور الصدوع المضربية اثر كذلك على خصائص الغطاء الرسوبي الذي يضم التكاوين المترسبة بعد عصر الايوسين وهذا يمكن أن يلاحظ في أثناء تفسير تواجد أنطقة النضوحات الفعالة في طيتي المحلية واشكفت الناجمة عن تاثيرات الصدوع المضربية التي تم ذكرها آنفاً. ان ما يثبت استمرار الحركة على هذه الصدوع بعد فترة التصادم القاري يكمن في ملاحظة تأثيرها على التكاوين المترسبة بعد عصر الايوسين كتكاوين الفتحة وانجانه وحتى ترسبات العصر الحديث. يمكن من خلال ملاحظة مرئيات الأقمار الاصطناعية ملاحظة

الفصل الخامس..... التطور التكتوني لنطاق الطيات في العراق وتأثيره على النضوح النفطي والنمو الحديث للطيات

مستويات هذه الصدوع ومتابعة امتداداتها بدقة وكذلك التعرف على مقدار الإزاحات المضربية في صخور تكوين الفتحة المنكشف بصورة أساسية في نطاق الطيات الواطئة.

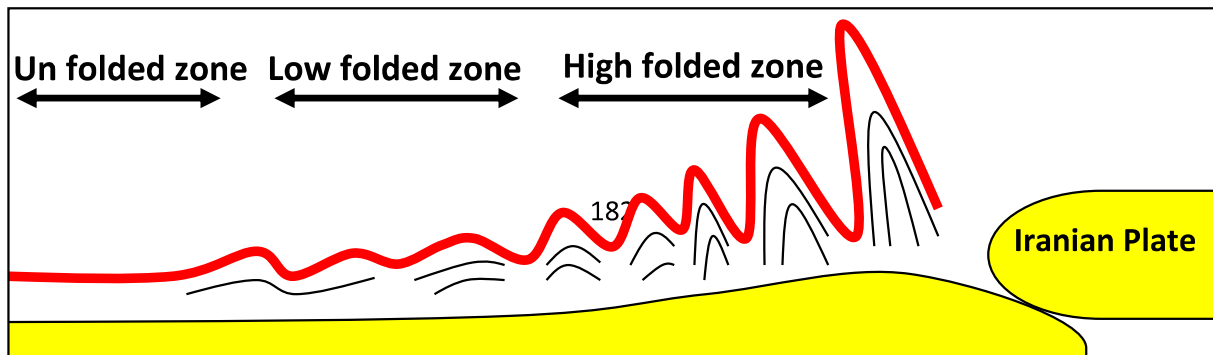
ثالثاً: تكون الهجرة الجانبية (Lateral migration)

شكلت الحافة الخاملة للطبق العربي حوضاً رسوبياً مهماً في تكوين الصخور المصدرية للنفط في أثناء انفتاح محيط التيثس Beydoun, 1998. إن هذه الحافة تأثرت بمواقع كبرى للاجهاد التكتوني تكون على أثرها طيات بمحاور متعامدة بصورة رئيسة مع تلك الاجهادات. وهذه الطيات امتدت بشكل سلاسل في نطاق الفورلاندي العراقي. إذ تشكل سلاسل زاكروس امتداداً تركيبياً باتجاه شمال غرب - جنوب شرق ومتعامداً مع الإجهاد التكتوني ذات الاتجاه شمال شرق - جنوب غرب الناجم عن الاصطدام ما بين الطبقة العربية والطبق الإيرانية ، في حين يتجه الامتداد التركيبي لسلاسل طوروس باتجاه شرق - غرب ويتعامد بذلك مع الاجهادات التكتوني ذات الامتداد شمال - جنوب والناجم عن الاصطدام ما بين الطبقة العربية والطبق التركي. اعتماداً على ما سبق فإن أجزاء هذه السلاسل قد لعبت دوراً أساسياً في الهجرة الثانوية للنفط في نطاق طيات الفورلاندي.

إن استمرار تأثير هذه الاجهادات لازال قائماً نتيجة استمرار الحركة الابلية المؤثرة في نطاق طيات الفورلاندي والتي أثرت على مسارات الهجرة الأفقية. إن هذا الاستنتاج تم التطرق إليه في الدراسة الحالية من خلال عدة عوامل اعتمدت على أسلوب التفسير التركيبي المتحكم في السيطرة على هجرة الهيدروكربونات وفق نظرية تكتونية الاطباق.

يتمثل العامل الأول بسبك القشرة الأرضية. إذ إن التصادم القاري يؤدي إلى زيادة في سمك عمود صخور القشرة القارية نتيجة تراكم طبقتين (تموضع الطبقتين الإيرانية والتركي فوق الطبقة العربية). إن زيادة سمك العمود الصخري فوق الطبقات الحاملة للنفط يؤدي إلى الهجرة الجانبية للنفط وذلك نتيجة تضاعف الرواسب شاقولياً وثقلها اللذان يعملان على تضيق المسافة بين الحبيبات ومن ثم هروب النفط إلى أجزاء أخرى صخرية مسامية واقعة تحت ضغط منخفض.

أما العامل الثاني يتمثل باضمحلال الطي في طبقات الغطاء الرسوبي عند الأعماق مع الاقتراب من الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من نطاق طيات الفورلاندي، الشكل (5-7).



ان الغطاء الرسوبي في نطاق طيات الفورلاندر العراقي يتكون من تكوينات جيولوجية مترسبة من الحقبة القديمة باليوزويك (Paleozoic) وحتى العصر الحديث. إن زيادة شدة الطي في نطاق الطيات باتجاه الشمال والشمال الشرقي قد يؤثر على أجزاء أعمق من الطبقات الصخرية لهذا الغطاء الرسوبي. على سبيل المثال، يمكن ملاحظة تاثر تكوينات جيولوجية مصدرية للنفط تعود لعصور الترياسي أو الجوراسي بالطي عند الاقتراب من نطاق التصادم اما صخور هذين التكوينين فقد تتأثر بنسبة طي قليلة مع الابتعاد عن نطاق التصادم وهذا يتوافق مع ما طرحه (Al-Azzawi, 2012, Under preparation) من أن سطح الانفصال (Detachment) ينحدر باتجاه الشمال الشرقي أي أن عمق الطي يزداد نحو الشمال الشرقي. هذا يعني أن استمرار الحركة الالبية نتيجة التصادم يؤدي إلى هجرة النفط باتجاه الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية نتيجة قلة الضغط.

يتمثل العامل الثالث بالصدوع الليستيرية التي تلعب دورا كبيرا في اصطياد النفط (وكما تم توضيحه سابقا)، إلا أن وجود هذه الصدوع كذلك لا يعني بالضرورة حبس النفط وهذا يحدث عند تشابه خصائص المسامية والنفاذية للطبقات الصخرية على جانبي مستوي هذه الصدوع. كما أن عمق هذه الصدوع قد لا يصل إلى مناطق عميقة في الغطاء الرسوبي خصوصا في أنطقة الطيات الواطنة من نطاق الفورلاندر العراقي كون أن مستوياتها في هذه المناطق تكون بزوايا عالية، فضلا عن أن هندسية الصدع الليستيري تتضمن تغير ميل مستوياته مع العمق بحيث تصبح زاوية ميله قليلة جدا.

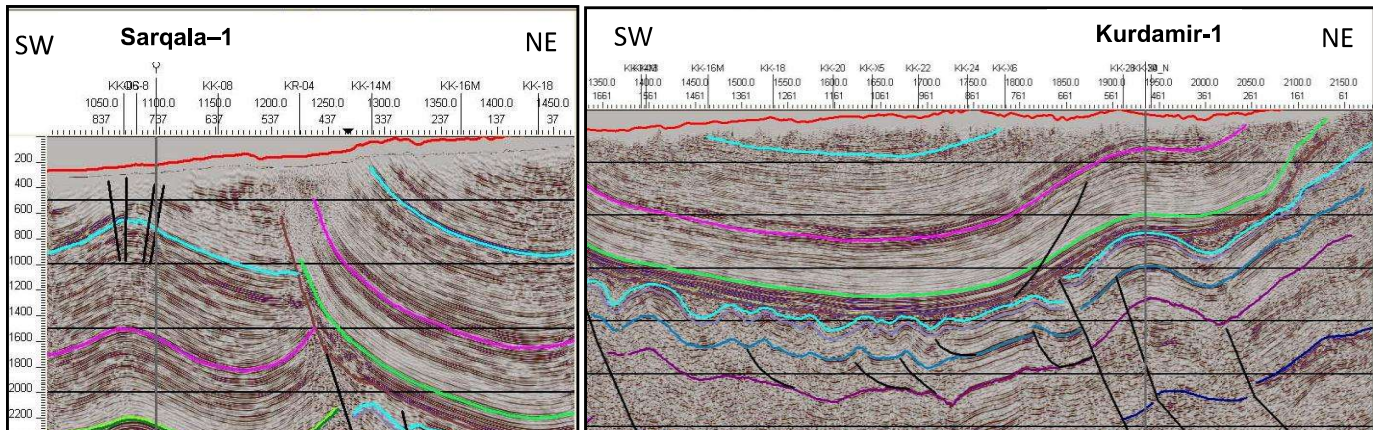
لغرض تحديد مدى دقة الاستنتاجات السابقة تم البحث عن مقاطع زلزالية لمناطق الطيات في شمال العراق وقد تم الحصول على مقطعين اثنين يتمثل الأول بمقطع طية الشخان الموضح في الشكل (5-5). ان هذا المقطع يوضح تأثر طبقات تكوين (Kurra Chine) العائد إلى الجوراسي بعملية الطي ولكن بحجم اقل عن ما هو موجود في التكاوين العلوية. كما تم الحصول على مقطع زلزالي اخر لطيات كوردامير وساركلة (Kurdamir and

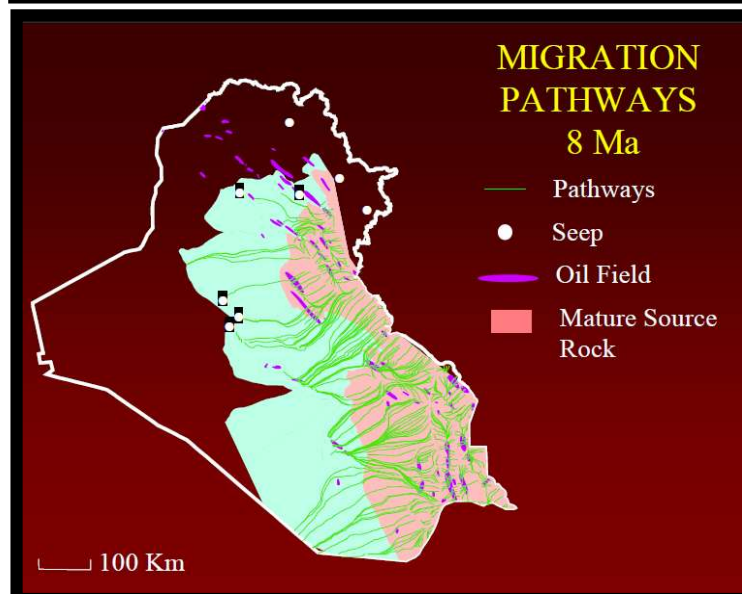
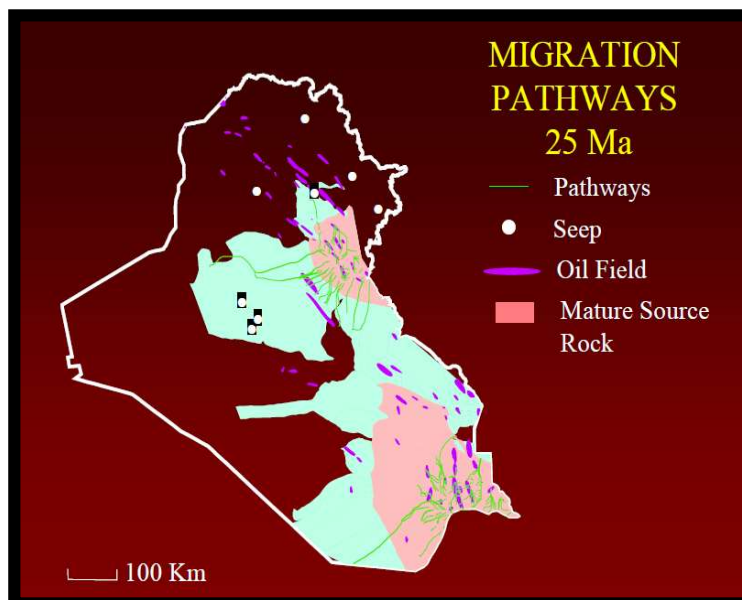
## الفصل الخامس..... التطور التكتوني لنطاق الطيات في العراق وتأثيره على النضوح النفطي والنمو الحديث للطيات

(Sarqala Anticlines) الواقعتين إلى الجنوب الغربي من طية كركوك وعلى الامتداد نفسه (ضمن نطاق الطيات الواطئة)، الشكل (5-8) والشكل (5-9). إن هاتين الطيتين تم مؤخرًا إجراء مسوحات استكشافية زلزالية فيهما، فضلًا عن حفر بئر نفطي. يلاحظ في الطبقات الصخرية لتكاوين الجوراسي والكريتاسي (تكاوين جياكارا وقمجوقة) (Chia Gara and Qamchuqa fm.) أنها متأثرة بالحركات الأفقية الانضغاطية بصورة أقل عن ما هو موجود في الطبقات العلوية ذات التكاوين الأحدث. كما يلاحظ ان الصدوع الليستيرية مؤثرة في تكوين الفتحة وانها متحكم في قولبة هذه الطيات من خلال الحركة على مستوياتها، كما أن هذه الصدوع يتغير ميل مستوياتها مع العمق، إذ يلاحظ أنها تكون بزوايا عالية في التكوينات الأحدث وبزوايا أقل في التكوينات الأقدم وهذا يدعم ما تم التطرق اليه في الفقرتين (3-5) و (4-5). يمكن التكهن من خلال المقاطع الزلزالية السابقة ان الازاحة العمودية على مستوي الصدع الليستيري تضحل مع العمق نتيجة قلة ميل مستوي الصدع وبهذا فإن اصطياذ النفط من خلال هذه الصدوع يكون اقل احتمالًا.

ان ما جاء في الدراسة الحالية عن الهجرة الافقية للنفط باتجاه مناطق الغرب والجنوب الغربي من نطاق طيات الفورلاند العراقي يتفق مع ما جاء في الدراسة الحالية من ظهور دلائل هايدروكاربونية سطحية متمثلة بنضوحات خفيفة (خصوصا في نطاق أقدام التلال) مؤثرة على الصخور والتراب بعملية التحلل.

إن الدراسة المقدمة من قبل بيتمان واخرين (Pitman et al., 2003) تم الحصول على عرض تقديمي مختصر لها من الدراسات المتعلقة بهجرة النفط وبعض مسارات الهجرة المقترحة للصخور المصدرية العائدة للعصر الجوراسي، الشكل (5-10). يمكن ملاحظة أن مسارات الهجرة تكون باتجاه الغرب والجنوب الغربي كما يلاحظ ان كثافات الهجرة تكون بشكل مركز نحو الأجزاء الغربية من العراق اكثر عن ما هو عليه نحو الأجزاء الشمالية. يمكن أن يعزى ما سبق إلى الاصطدام المائل مابين الطبقة العربي من جهة والطبقين الايراني والتركي من جهة أخرى ألذي يكون دورانيا بعكس عقارب الساعة مما يسبب حصول قوى انضغاطية أكبر في الأجزاء الغربية دون الشمالية والذي ينعكس بدوره على هجرة الهايدروكاربونات.





### 5-7 التكتونية الحديثة وتأثيرها على النضوح النفطي

إن تطور نطاق الطيات في العراق بدءاً في الأيوسين، إذ تكونت التراكيب المحدبة التي تشكل الهيكل التكتوني لنطاق الفورلاند العراقي، ان تطور نمو هذه التراكيب مازال قائماً حتى الوقت الحالي نتيجة استمرار النشاط التكتوني الحديث (Neotectonics) بفعل الحركة الأوروغينية الألبية. ان هذا النشاط التكتوني لا بد من أن يترك آثاراً سطحية (تركيبية، طباقية، جيومورفولوجية، طوبوغرافية) واضحة على الغطاء الرسوبي يمكن متابعتها وتقديرها باستخدام وسائل التحسس النائي. تعد أنطقة النمو الحديث للطيات عنصراً مهماً ليس لإغراض الاستكشافات والتحريرات الجيولوجية عن المكامن النفطية فقط، بل انها تعد دليلاً مباشراً للنشاط التكتوني الحديث. تم في الدراسة الحالية استخدام دليل المظاهر الطوبوغرافية والجيومورفولوجية المتوافقين مع اتجاه العناصر التركيبية الرئيسية وامتداداتها في المنطقة كدلائل سطحية لتحديد بعض أنطقة النمو الحديث للطيات.

أسفرت النتائج عن تحديد بعض الطيات تحت السطحية التي توافقت في الامتداد والاتجاه مع الطيات السطحية المنكشفة على السطح. ولغرض تحديد العلاقة ما بين الطيات المستتجة والطي التقادمي في نطاق الفورلاند العراقي تم الاعتماد على الدراسة المقدمة من قبل (العزاوي، 2003) التي تضمنت تحليلاً تركيبياً لأطوار الطي التقادمي في هذا النطاق. إذ أجرى الباحث السابق (المصدر نفسه) تحليلاً تناغمياً (Harmonic analysis) لحساب نسبة فورير بغية إيجاد شكل الطية، وقد تم إسقاط القيم المستحصلة من هذه النسبة على خارطة الأساس لنطاق طيات الفورلاند. أسفرت نتائج الدراسة المذكورة عن ظهور أربعة أنطقة لأشكال الطيات



إن توزيع القطاعات الأحدث في الدراسة المقدمة من قبل (العزاوي، 2003) أظهر توافقاً تاماً مع ما تم استنتاجه من تراكيب تحت سطحية. إن جميع الطيات المستتجة في قاطعي الموصل و سنجار - تلغفر أظهرت تطابقاً للقطاع الأحدث المتمثل بالطيات الشيفرونية - الجيبية أي إن الطيات التابعة لهذين النطاقين تعد الطيات الأحدث. أما فيما يخص طيات قاطعي كركوك والحضر فقد تطابقت بشكل رئيس مع القطاع الثاني وهو قطاع الطيات الجيبية - القطع المكافئ التي كانت طيات شيفرونية - جيبية في مراحلها الأولية. إن بعض الطيات في قاطع كركوك (K8,K9) وقاطع الحضر (H6) أظهرت أنماطاً من الانعكاسات المتباينة في ترسبات العصر الرباعي التي تعلوها علماً أن هذه الطيات واقعة بالقرب من مكامن نفطية كطيتي كركوك ومكحول وهذا يؤكد حصول طي تقادمي نتيجة زيادة الاجهادات التكتونية مؤدياً إلى تكوين كسور في هذه الطيات الفتية. إن دوران الطبقة العربي بعكس عقرب الساعة يؤكد نظرياً صحة ما سبق إذ أن تطور الاجهادات التكتونية (نتيجة استمرار التصادم القاري) في قاطعي كركوك والحضر يجب أن يكون أعلى من قاطعي الموصل وسنجان-تلغفر. كما يلاحظ أن هذا الاستنتاج يتطابق مع ما أشار إليه (قادر، 2008) من تمثيل لقيم حركة الطبقة العربي واتجاهاته وسرعه المأخوذة من ست محطات عراقية تم فيها نصب أنظمة ثابتة من أجهزة تحديد الموقع الجغرافي (Permanent GPS Stations).

إن تواجد النضوح النفطي الخفيف ذا النوع المؤثر على ترسبات التربة تم تأشيرته في بعض الطيات ضمن قاطعي كركوك والحضر علماً أن بعضاً من هذه الطيات أوضح تفسيرها البصري تواجد مكاشف صخرية ظاهرة على السطح (كالطيات H6, K9, K8).

# **الفصل السادس**

**تمثيل نتائج الدراسة  
الاستنتاجات  
التوصيات**

## تمثيل نتائج الدراسة الحالية بهيئة قواعد بيانات

### 1-6 تمهيد

تعد نظم المعلومات الجغرافية (والتي تعد إحدى نتاجات معهد الأبحاث والنظم البيئية (ESRI) برامج تطبيقية متخصصة في انتاج الخرائط وقواعد البيانات لمختلف الدراسات وتحليلها وربطها بالعلاقات المكانية. كما تستخدم هذه البرامج لعرض البيانات ومعالجتها وتحليلها وتحديثها. تشكل مرئيات الأقمار الاصطناعية الركيزة الأساس في تغذية هذه البرامج وإنشاء قواعد البيانات عليها لأن هذه المرئيات تتكرر بفترات زمنية ثابتة وتمتاز بقوة تمييز مكانية عالية (خصوصا الحديثة) وبهذا سوف يتم مراقبة التغيرات التي قد تطرأ على مظاهر هذه المرئيات. يشكل برنامج (ArcGIS V9.3) المستخدم في الدراسة الحالية أحد هذه البرامج وهو عبارة عن خارطة تفاعلية (Interactive map) تمكن المستخدم من العرض والاستعلام (Query) وتحليل البيانات الموجودة في البرنامج. ويتم العرض فيه من خلال المواضيع (Themes). والموضوع هو عبارة عن وحدة منطقية تحوي بيانات مكانية من العالم الحقيقي مرتبطة بصفات مشتركة (Christopher, 1999). يرتبط كل موضوع ببيانات مجدولة (Tabular data source). إذ أن البرنامج يوفر إمكانية التعامل مع مصادر البيانات المجدولة ثم ربط تلك البيانات مع الطبقات الموجودة في المشاهد.

ان مرئيات الأقمار الاصطناعية تكون بهيئة معطيات خلوية (Raster) أي عبارة عن مصفوفة من الخلايا أو الوحدات الصورية (Pixels) ، في حين أن البيانات التي تتعامل بها نظم المعلومات الجغرافية تكون من النوع المتجهي (Vector)، اي ان المعطيات المكانية تمثل ضمن نظام احداثيات معين (XY Coordinates). تم في الدراسة الحالية استخدام معطيات التحسس النائي وبرامجيات نظم المعلومات الجغرافية في عملية تمثيل رقمي عام لخصائص بعض طيات نطاق الفورلاند فضلا عن ما تم استنتاجه في الدراسة الحالية من دلائل لنسوحات نفطية وتراكيب تحت السطحية. إن هذا التمثيل كان بهيئة قواعد بيانات رقمية مجدولة تمتاز بالدقة والشمولية فضلا عن إمكانية تحديثها في أي وقت بشكل مباشر.

### 2-6 مراحل العمل في تمثيل النتائج

شملت الدراسة الحالية على ثلاث مراحل في عملية التمثيل بهيئة قواعد بيانات:

المرحلة الأولى: ادخال عدة مرئيات أقمار اصطناعية مرتبة بشكل الموزائيك (Mosaic)

الموزائيك عبارة عن مجموعة من المرئيات المتتابعة على شكل صف واحد أو بهيئة أعمدة متجاورة. إذ يتم فيها ربط المرئيات بعضها ببعض بغية إعطاء مظهر بانورامي يغطي

جميع أجزاء المنطقة المدروسة. تم استخدام عدة مرئيات فضائية مرتبة بشكل موزائكي، علما أن هذه المرئيات تتمتع بقدرة تمييز مكانية قدرها (15) مترا كونها مدمجة مع مرئيات أخرى ذات قوة تمييز مكانية أعلى.

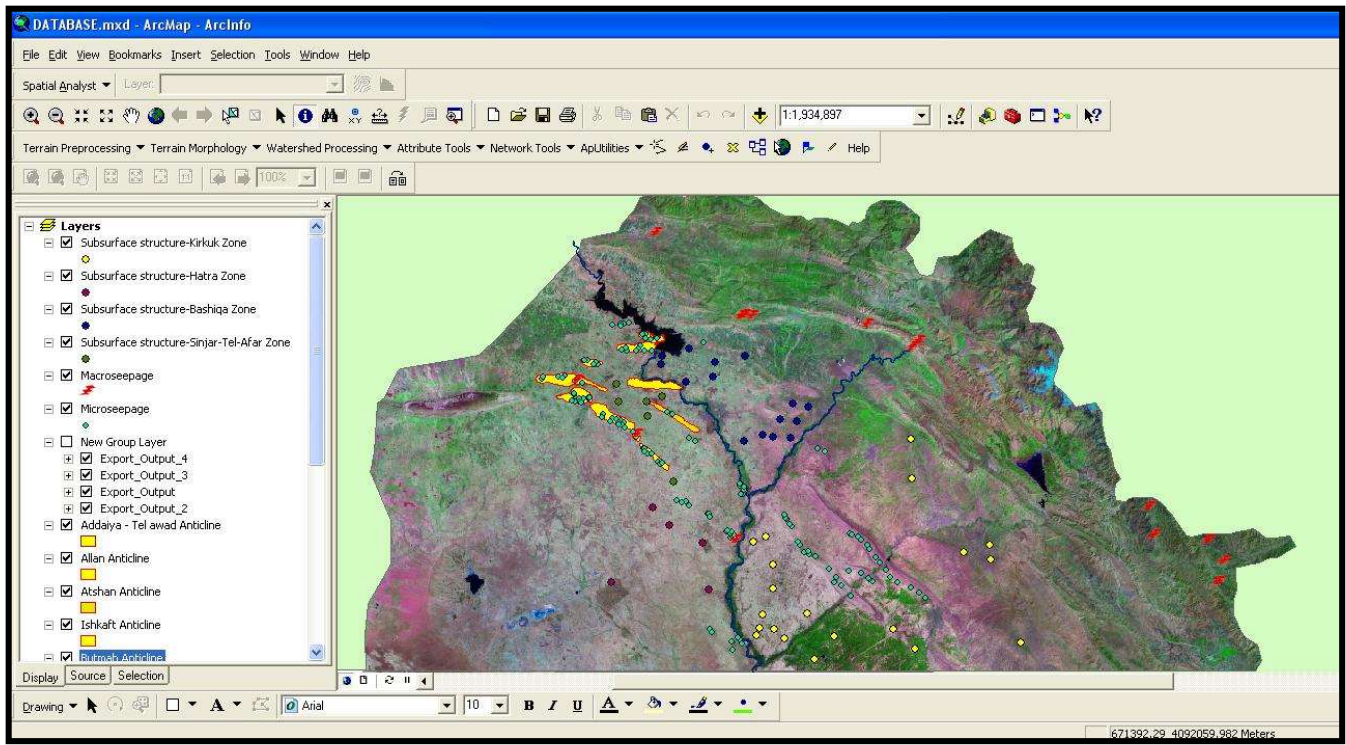
#### المرحلة الثانية: اجراء عملية الترقيم (Digitizing) وتكوين الطبقات (Layers)

تم في هذه الطريقة تمثيل نتائج الدراسة على شكل متجهات (Vectors)، تمثلت بهيأة نقاط (Points) لتحديد أولا: مواقع النضوحات بنوعها الخفيفة والثقيلة فضلا عن مواقع أخرى تم الحصول عليها من نشرات علمية. ثانيا: مراكز الطيات تحت السطحية المتوقعة للأنطقة الأربعة المذكورة بالتفصيل في الفصل الرابع. كما تم التمثيل باستخدام المضلعات (Polygons) من خلال تحديد حدود بعض الطيات في نطاق الفورلانند. في حين استخدمت الخطوط (Lines) في تمثيل محاور الطيات وبعض الصدوع. ان عملية التمثيل اشتملت على طبقات يحتوي كل واحد منها على خاصية جيولوجية محددة. لهذا سوف يؤدي هذا النسق البرمجي إلى الحصول على طريقة فعالة في ادارة البيانات وتنظيمها. وعليه سوف يتمكن الجيولوجي من دراسة العلاقة بين المظاهر المستنتجة.

#### المرحلة الثالثة: ترميز الطبقات بهيأة جداول

الجداول تمثل قاعدة بيانات وصفية للمعالم الظاهرة في المرئية الفضائية وهي تتشكل بشكل مباشر من قبل البرنامج بعد تكوين الطبقات ولكن بهيأة جداول خالية من أية معلومات. إذ ان رفد هذه الجداول بالمعلومات يتم بالنتائج المستخلصة من دراسة معينة او من خلال دراسات سابقة.

تم الاعتماد على نتائج الدراسة الحالية في تكوين قواعد البيانات الخاصة بالنضوحات النفطية والطيات تحت السطحية. في حين تم اخذ مواصفات الطيات وامتدادات بعض الصدوع من دراسات سابقة . بعد تكوين قواعد البيانات الوصفية المرتبطة بعناصر المشهد او الطبقات، أصبح من السهولة التعرف على المعلومات بشكل مباشر من خلال النقر على كل طبقة منفردة، وبهذا فإن هذه العملية توفر الجهد والوقت في تتبع جميع خصائص المظاهر المستنتجة ومواقعها واستخدامها في أية دراسات مستقبلية ذات صلة بموضوع الدراسة الحالية، الشكل (6-1).



الشكل (1-6) تمثيل نتائج الدراسة الحالية بهيئة قواعد بيانات ضمن برنامج ArcGis

### 3-6 الاستنتاجات

خلصت الدراسة الحالية إلى جملة من الاستنتاجات العلمية التي قسمت إلى عدة محاور تتعلق بالتقنية المستخدمة في دراسة النضوحات النفطية وأنطقة النمو الحديث للطيّات والعامل التركيبي المسيطر عليهما وكما يأتي:

#### أولاً: استخدام التباينات في الانعكاسية الطيفية كدلائل للنضوحات الخفيفة

ان عملية التحلل نتيجة النضوحات النفطية تعمل على حدوث تباينات لونية متميزة في هذه الصخور يمكن تحديدها باستخدام طرق المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية المصححة طيفياً باعتبار ان الصخور المتحللة يكون منحني الانعكاسية الطيفية لها يكون ذو تغيرات واضحة اذا ما قورن بنفس المنحنيات لصخور مماثلة غير متاثرة بنضوحات نفطية. يشكل الانتقاء الأمثل لطريقة المعالجة الرقمية في رصد انطقة التحلل ضمن كتل الصخور العنصر الأساس في إبراز هذه التغيرات الكيميائية كونها تتمتع بخصائص طيفية مغايرة عن ما يحيط بها. أوضحت الدراسة الحالية ان التكامل والمقارنة للخصائص الطيفية المشتقة من طرق المعالجة الرقمية الثلاث (النسبة الطيفية وتحليل المركبات الأساسية والدمج الملون الكاذب)

يعطي نتائج مهمة في تحديد دلائل نضوحات نفطية خفيفة كون ان الطرق السابقة تعمل على إبراز الانعكاسات الطيفية للأهداف الأرضية اعتمادا على البصمة الطيفية للهدف.

إن طريقة النسبة الطيفية تعتمد على خصائص منحني الانعكاسية الطيفية وعليه فان توفر هذه المنحنيات للمعادن المترافقة مع النضوحات النفطية يعمل على كشف هذه المعادن وتحديد تواريخها وامتداداتها وهذا ما تم من خلال انتقاء التركيبات (5/7)، (5/4)، (3/1) التي أبدت نتائج عالية في تحديد دلائل النضوحات النفطية ضمن صخور تكوين الفتحة المتألفة من تعاقبات الحجر الجيري والمارل والجبس.

أما في طريقة تحليل المركبات الأساسية فقد أظهرت قيم (Eigen vector) أن المركبة الثالثة تعطي نتائج جيدة في تحديد الكتل الصخرية التي تتميز بخصائص طيفية مغايرة عن ما يحيط بها. كما أن هذه المركبة أظهرت توافقا كبيرا مع مرئيات النسبة الطيفية في تحديد انطقة التحلل.

تم الاعتماد على الدمج الملون الكاذب لحزم طيفية منتقاة بغية تكوين مرئيات ملونة يمكن من خلالها أن تقدم معلومات خاصة بالبنية الجيولوجية للمنطقة المدروسة وكذلك يمكن من خلالها التحري عن مناطق النضوحات النفطية ومقارنتها كذلك مع الطرق السابقة، وعليه استخدمت التركيبات Band 7 (Red) + Band 4 (Green) + Band 1 (Blue). تعد هذه التركيبات من اشهر التركيبات المستخدمة في الدراسات الجيولوجية وذلك للتباين الكبير بين القنوات فضلا عن ما تقدمه من معلومات عن صخرية المنطقة وهذا ما تتمتع به الحزمة (7). لقد تم التركيز على هذه التركيبة ليس لأهميتها في إبراز الخصائص الجيولوجية فقط بل يتعدى ذلك كونها تحتوي على الحزمة (1) التي تستطيع ان تلتقط بعضا من اجزاء نطاق الاشعة فوق البنفسجية والتي تعد من الاشعاعات الطيفية التي تستخدم حاليا بالكشف عن المواد الهيدروكربونية. أسفرت نتائج المعالجة بالطرق الثلاث عن تحديد انطقة التحلل ضمن كل طية من خلال اللون الاحمر المصفر في مرئية النسبة الطيفية، والقيم الواطئة (الممثلة باللون الاحمر) للمركبة الثالثة في تحليل المركبات الأساسية واللون الشذري في عملية الدمج الملون الكاذب.

### ثانيا: ملخص التحكم التركيبي في النضوحات النفطية الخفيفة

أسفرت نتائج الدراسة الحالية إلى أن بعض مناطق الطيات في نطاق اقدم التلال تحتوي على أنطقة تحلل ناجمة عن النضوح النفطية الخفيف وهذا ما تم تأشيريه في طيات ساسان وشيخ

ابراهيم وعداية وبطمة ورافان و قصير وكركوك وقره جوخ. إن أغلبية الطيات السابقة عكست وجود أنطقة تحلل وتركزها في أجزاء معينة من بعض الطيات. إذ لوحظ تركز هذه الأنطقة وبعض المواد القيرية المائلة للعروق في طبقات صخور الجبس والحجر الجيري للعضو السفلي من تكوين الفتحة على الأجنحة ذات الميل العالي للطيات السابقة، وقلة تواجدتها في الأجنحة الأخرى ذات الميل الأقل (باستثناء طيبي ساسان وقره جوخ وقصير). ان وجود أنطقة التحلل هذه يعزى إلى تأثير الصدوع الليستيرية المتحكمة في قولبة هذه الطيات. كما أن تركز النضوحات على جانب واحد من الطية يعود إلى ميكانيكية الحركة على الصدع الليستيري. إن سيادة النضوحات النفطية الخفيفة دون الثقيلة عند الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة اعتمد بشكل رئيس على الموقع التكتوني من نطاق التصادم. إذ تميزت التراكيب الجيولوجية الحاضنة للنضوحات الخفيفة بابتعادها عن مصدر القوى التكتونية. فضلا عن أن ترسبات تكاوين الحقبة الثلاثية في حوض الفورلانند وزيادة سماكاتها في هذه المناطق (خصوصا تكاوين المايوسين) أدى إلى تكوين صخور غطائية قللت من تسرب المواد النفطية إلى السطح.

### ثالثا: ملخص التحكم التركيبي في النضوحات النفطية الثقيلة

ان زيادة النضوح الثقيل واقتصار تركيز تواجده في نطاق الطيات العالية وظهوره بشكل مشبع للصخرة يدل على أن عمليات الرفع التكتوني للغطاء الرسوبي وتشكيل الطيات نتيجة التصادم القاري وما رافقها من ازاحة من على أسطح الصدوع الليستيرية كانت على أشدها في هذه المناطق مقارنة مع مناطق الطيات الواطئة. إذ تم رفع العديد من المكامن النفطية الخاصة بالعصر الكريتاسي وكذلك مكامن الحقبة الثلاثية مسببة في ضياع جزء من محتواها الهايدروكاربوني الخفيف وبقاء الجزء الثقيل الذي شكل بدوره مواداً قيرية مشبعة للصخور وهذا ما تمت ملاحظته في طيبي بيرات وعقرة. ان الاجهادات الافقية الرئيسة المتلازمة مع الحركة المعكوسة للصدوع الليستيرية أضفت نسقا طبوغرافيا متميزا للطيات في شمال العراق يمكن متابعته بصورة دقيقة من خلال استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية إذ تلاحظ الزيادة الملحوظة لنسب الارتفاع مع الاتجاه إلى الشمال والشمال الشرقي نتيجة للرفع التكتوني فضلا عن زيادة شدة الطي والانكشاف الأقدم للصخور. فضلا عن المسافة الفاصلة بين كل طية التي تزداد عند الابتعاد عن نطاق التصادم (باتجاه الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من نطاق طيات الفورلانند). وقد أظهر الارتفاع المحصور بين (872-979) مترا بداية الحد الطبوغرافي الممثل لعمليات الرفع التكتونية التي أظهرت أو كشفت مكامن العصر الكريتاسي إلى السطح مؤدية إلى ضياع معظم محتواها الهايدروكاربوني الخفيف. إن بعض مواقع النضوحات النفطية الثقيلة التي

اتخذت من الشقوق والفواصل او أسطح التطبيق ممرات لخروجها والتي لوحظت في نطاق الطيات العالية يمكن ان تفسر بعاملين. يتمثل الأول بأن الصخور التي تحتوي على نضوحات والتابعة إلى تكوين معين يقع تحتها تكوين أقدم منها تكون صخوره حاضنة للنفط وان تعرض الأخير إلى تصدع يمكن أن يمرر هذه المواد إلى التكاوين التي تعلوه حتى ان لم تكن مقطوعة بهذا الصدع وذلك من خلال الشقوق والفواصل المتكونة نتيجة الحركة على مستوي الصدع والتي تجبر الصخور الفوقية إلى الاستجابة لهذه الحركة. أما العامل الثاني فيمكن أن يفترض أن عملية الطي المسلطة على الطبقات قد تكونت بفعل اجهادات افقية رئيسة نجم عنها تكون تكسرات في المنطقة المفصلية لطية مؤدية إلى نقل المواد الهايدروكربونية للمكان إلى السطح. أي أن عمليات الرفع التكتونية تكون اقل من الحالة الأولى وهذا يؤدي إلى ان الطبقات الحاضنة للنفط لا يحصل فيها انكشاف على السطح وإنما ترتبط معه بسلسلة من الكسور الشدية المتكونة نتيجة عملية الطي.

#### رابعاً: تحديد الطيات الحديثة وتقدير صحة وجودها

نظراً لأهمية الطيات الحديثة على احتمال ان تكون مكامن نفطية واعدة (خصوصاً أن البعض منها أظهر وجود دلائل نضوحات نفطية على الرواسب السطحية فيها) فقد تركزت هذه الدراسة عليها. اسفرت نتائج الدراسة الحالية عن تحديد (15) طية ضمن قاطع الموصل و (22) طية ضمن قاطع كركوك و (5) طيات ضمن قاطع الحضر و (6) طيات ضمن قاطع سنجار - تلعفر .. وقد تم عمل مقياس أو معيار لتقدير درجة صحة وجود كل طية نمو حديث مستنتجة وفق ضوابط خاصة تم التطرق اليها سابقاً. وقد أظهرت الطيات الآتية أعلى ثقة، وكما يأتي:

1. قاطع الموصل (B17, B18, B19, B24, B26, B27, B30).

2. قاطع كركوك (K8, K9, K16, K20, K26, K27).

3. قاطع الحضر (H3, H4, H5).

4. قاطع سنجار - تلعفر (لاتوجد طية ذات ثقة عالية)

خامساً: استنتاج دلائل نضوح نفطي خفيف لبعض الطيات الحديثة المستنتجة

تم تطبيق طريقة الدمج الملون الكاذب لإبراز خصائص الانعكاسية الطيفية للترسبات المتموضعة فوق مواقع بعض الطيات تحت السطحية المستنتجة ضمن قاطع كركوك (K8, K9, K20) ، وقاطع الحضر(H6). اعتمادا على ما سبق لوحظ تباين طيفي مفاجئ للترب السطحية فوق التراكيب السابقة مقارنة بالمناطق المجاورة لها والتي يلاحظ فيها تجانس بالانعكاسية الطيفية (لايوجد تغيرات مفاجئة بالألوان). إن ظهور التباين الطيفي المميز يعتقد أنه ناجم عن نضوح خفيف مؤثر على الترب مما أدى إلى حصول تباين عالٍ في الانعكاسية. كما يعتقد أيضا أن الترب الموجودة في هذا النطاق مكونة من معادن حديدية بتركيز عالٍ.

#### سادسا: التحكم التركيبي في تكوين الطيات الحديثة والنضوح النفطي فيها

إن تطور نمو الطيات الحديثة يكون نتيجة استمرار النشاط التكتوني الحديث (Neotectonics) بفعل الحركة الالبية البانية للجبال. وقد أظهر إسقاط مواقع الطيات المستنتجة من دراسات تركيبية سابقة لأطوار الطي التقادمي في نطاق الفورلاند العراقي أن طيات قاطعي الموصل وسنجار- تلغفر أظهرتا تطابقا للقطاع الأحدث عمرا اما فيما يخص طيات قاطعي كركوك والحضر فقد أظهرتا تطابقا مع القطاع الأقدم.

#### سابعا: تكوين قاعدة بيانات تتضمن نتائج الدراسة

من خلال تطبيق المنهج المقترح في تكوين قاعدة بيانات تتضمن نتائج الدراسة يمكن استنتاج أن هذا المنهج يوفر السرعة والدقة في مثل هكذا دراسات كونه يوفر الرؤيا الشاملة للمنطقة وضمن أي مقياس يتم انتقاؤه (حسب قدرة التمييز المكانية للمرئية الفضائية). كما يوفر السهولة في إمكانية تخزين المعلومات وإدارتها في صورة قواعد بيانات مع إمكانية ربط وتحديث المعلومات المتوفرة والمعلومات المستنتجة مع دراسات أخرى كالمسوحات الجيوفيزيائية والجيوكيميائية وغيرها.

1. إجراء دراسة جيوكيميائية تفصيلية للمناطق التي تم فيها تحديد نضوحات خفيفة لتحديد نسبة التحلل في الصخور وكذلك تركيز المعادن المترافقة مع النضوح النفطي وتحديد المناطق الملائمة في توجيه عمليات الاستكشافات الأولية.
2. عمل دراسة جيوفيزيائية تتضمن مسحا زلزاليا تمتد مساراته عبر المناطق التي تم فيها تحديد وجود أنطقة نمو حديث للطيات.
3. إجراء مسح تفصيلي للترب وقياس الغازات فيها ضمن مناطق الطيات (K8, K9, K20) للتحقق من تواجد النضوح فيها. إذ أن هذه الطيات تجاور سلاسل طيات قره جوخ و كركوك وبهذا يمكن أن تشكل مناطق واعدة في الاستكشافات النفطية.
4. استخدام مرئيات فضائية من نوع (Hyperspectral images) التي تمتاز بحزم طيفية عديد تصل إلى (255) حزمة ضمن مجال طيفي يمتد من قيمة (0.355) مايكرومتر للحزمة الطيفية الأولى وتنتهي بقيمة (2.57) مايكرومتر. وعليه سوف تصبح هنالك إمكانية في التحسس بشكل جيد بالأشعة فوق البنفسجية التي تمتاز بها الحزمة الأولى. فضلا عن إمكانية التحسس بالتغاير الضئيل في الطيف الكهرومغناطيسي نتيجة العرض الكبير الذي توفره هذه المرئيات.
5. استخدام بيان ارتفاعات رقمية ذي قدرة تمييزية مقدارها (1) متر والذي تم ترويجه مؤخرا. إذ يوفر هذ البيان تحديدا للتغايرات الطبوغرافية بدقة عالية وبهذا يمكن أن يدعم ما جاء في الدراسة الحالية من تحديد طيات حديثة فضلا عن توضيح الإزاحات العمودية نتيجة الصدوع الليستيرية ضمن كل طية. إذ يعتقد الباحث أن استخدام هذا البيان سوف يوفر معلومات أدق عن الوضع التكتوني الحديث في نطاق الفورلانند.
6. نظرا لوجود نضوحات ثقيلة فاعلة في بعض أجزاء نطاق الطيات الواطئة (كطية المحلبية)، فعليه توصي الدراسة الحالية بإجراء دراسات مستفيضة لهذه المنطقة بغية تحديد المناطق الملائمة للحفر كون هذه المنطقة توحى بدلالات نفطية واعدة.
7. إجراء دراسة تركيبية مستفيضة للصدوع المضربية وامتداداتها في نطاق الفورلانند وذلك لأهميتها في الدراسات النفطية.

المصادر

## المصادر العربية

البناء، ريان غازي ذنون. 2002. جيومورفولوجية تركيب قند شمال العراق باستخدام تقنيات التحسس النائي. اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 119 صفحة.

الجوادي، زيد ياسين نوري، 1998. دراسة مورفوتكتونية للاطار التكتوني الحديث لجزء من الرصيف غير المستقر في شمال غرب العراق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 225 صفحة.

الحديثي، عبد الخالق، 1990. تركيبية وطباقية طية بطمة الشرقية، اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 128 صفحة.

الحمداني، ربيع خلف، 1991. طبقية وتركيبية الجزء الجنوبي الشرقي من طية بيرات المحدبة منطقة بخمة شمال شرق العراق. اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 109 صفحة.

الخاتوني، صدام عيسى مصطفى، 2009. التحليل التركيبي والتفسير التكتوني لطية الشخان المحدبة - شمال العراق، اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 170 صفحة.

الداغستاني، حكمت صبحي، 2004. دراسة مظاهر التأثير التكتوني على شبكة التصريف السطحية للمنطقة المحصورة بين مدينة الموصل ونهر الزاب الاعلى، بحث غير منشور ومدرج ضمن الخطة العلمية لسنة (2004) في مركز التحسس النائي - جامعة الموصل.

الداغستاني، حكمت صبحي، 2005. التحليل الجيومورفولوجي لتركيب عطشان باستخدام معطيات التحسس النائي، بحث غير منشور ومدرج ضمن الخطة العلمية لسنة (2005) في مركز التحسس النائي - جامعة الموصل.

السياب، عبدالله و عبد الحميد، محمد حسن، 1979. جيولوجيا النفط. دار الكتب للطباعة والنشر، 431 صفحة.

الشالي، ريزان علي، 1992، موازنة مقاطع مختارة في قطاع الطيات البسيطة في شمال العراق، اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 139 صفحة.

- العابدي، عبد الكاظم جيثوم، 1986، دراسة تكتونية لتراكيب ساسان وزمبار وشرق سنجار، اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 192 صفحة.
- العزاوي، نبيل قادر 2003. التطور التركيبي لشكل طيات نطاق الفورلاندر في العراق ومدلولاته التكتونية، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 203 صفحة.
- المفتي، طورهان مظهر حسن سليمان، 2002. استخدام تقنيات التحسس النائي والدلالات الجيوكيميائية في تفسير ظاهرة الشذوذ الحراري في منطقتي قره جوق الجنوبي وباي حسن شمال العراق، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 152 صفحة.
- النائب، منهل أحمد، 1982، دراسة تركيبية لمقاطع مختارة في طيتي بطمة الغربية وبيرمام داغ، اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 281 صفحة.
- فؤاد، صفاء الدين فخري، 1983، دراسة جيولوجية تركيبية لطيات قره جوق، أطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم جامعة بغداد، 201 صفحة.
- فروش، سالم خضر، 1989، دراسة تركيبية لطيتي شيخ ابراهيم والمحلبية المحدبتين، اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 98 صفحة.
- قادر، ممتاز محمد حسن 2008. دراسة جيوديناميكية للحافة الشمالية الشرقية من الطبقة العربي باستخدام معطيات الاقمار الصناعية، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 206 صفحة.
- متعب، مروان و الشيخ، زهير داؤد. 2005. اضافات جديدة حول جيولوجية منطقة الموصل في ضوء التحري الجيوكهربائي. مجلة علوم الرافدين، المجلد 16، العدد 2، ص، 132-147.
- متعب، مروان و الموالي، علي سعد الدين. 2005. دراسة جيولوجية لسهل علان الجنوبي، شمال العراق باستخدام الجس الجيوكهربائي، المجلة العراقية لعلوم الارض، المجلد 5، العدد 2 . ص35- 50 .
- متعب، مروان، 2000 ، اضافات جديده حول جيولوجية منطقة الموصل في ضوء التحري الجيوكهربائي، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.
- معروف، ناهض ظاهر 1983. دراسة تركيبية وجيولوجية لمنطقة عقرة، اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 162 صفحة.

نادر، بولص يوحنا، 1983. دراسة جيولوجية - تركيبية لمنطقة غرب الموصل - تلغفر مع تفاصيل تركيب شيخ ابراهيم، تقرير جيولوجي، شركة النفط الوطنية، 36 صفحة.

هايس، مسعود مرعي، 1989. دراسة جيولوجية تركيبية لجبل عداية - تل عواد، اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 129 صفحة.

## References

Abrams, M.A., 2005. Significance of hydrocarbon seepage relative to petroleum generation and entrapment. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 22, pp. 457-477.

Alavi, M., 1980. Tectonostratigraphic evolution of the Zagrosides of Iran. *Geology*. 8. pp. 144-149.

Al-Azzawi, N.K., and Hamdoon, A.N., 2008. Structure and geomorphology of Shaikhan Anticline northern Iraq, *Iraqi Jour. of Earth Sci.*, Vol. 8, No.1, pp.54-63.

Al-Azzawi, 2012. The influence of listric fault on the geometry of foreland folds of Iraq. (under preparation)

Al- Daghtani, N. S. and Al- Daghtani, H. S., 1994. The determination of the response of drainage system to the tectonic activity and geomorphology of Jebel Ishkaft area north western Iraq using remote sensing techniques, *Jour. Geol. Soc. of Iraq*, Vol. 27, pp. 36-51.

Al- Daghtani, H. S., 2007. Geomorphic map of Nineveh Governorate, northwestern Iraq using visual image interpretation, *Raf. Jour. of Sc.* Vol. 18, No. 1, pp. 81-90.

Al- Daghtani, H. S. and Al- Dewachi, B. M., 2009. Evidences for discovering subsurface structures using remote sensing data in Nineveh governorate, northwest Iraq, *Iraqi bulletin of geology and mining*, Vol. 5, No. 1, pp. 35- 46.

Al- Daghtani, H. S., 1999. Monitoring landform and landuse changes in the suburb of Mosul city using sequential remote sensing data. *Raf. Jour. of Sc.* Vol. 10, No. 2, pp. 48-61.

- Al- Gailani M. and Marouf N., 2010. Modelling of source rock maturation and hydrocarbon formation in northern Iraq, adapted from poster presentation at aapg convention, New Orleans, Louisiana, April 11-14, 2010.
- Al- Sakini, J. A., 1975. Usage of drainage characteristics in interpretation of subsurface structure in plains around Kirkuk fields. Jour. Geol. Soc. of Iraq, Special issue, pp. 45-53.
- Al-Sharhan, A.S. and Narin, A.E., 2003. Sedimentary basins and petroleum geology of the middle east. Elsevier publisher, Amsterdam, 736p.
- Al-Sharhan, A.S., 2012. Petroleum system of the middle east, international conference of the geology of the Arabian plate and Oman Mountains, Muscat, Oman.
- Almeida-Filho, R., Miranda, F. and Yamakawa, t., 1999. Remote detection of a tonal anomaly in an area of hydrocarbon microseepage, Tucano basin, north-eastern Brazil. int. Jour. of remote sensing, Vol. 20, No. 13, pp. 2683- 2688.
- Almeida-Filho, R., 2002. Remote detection of hydrocarbon microseepage induced soil alteration, International Journal of remote sensing Vol. 23(18),pp. 3523–3524.
- Ameen, M. S., 1992. Effect of basement tectonics on hydrocarbon generation, migration and accumulation in northern Iraq: Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., Vol. 76, pp. 356-370.
- Aqrawi, A.A.M., Goff, J.C., Horbury, A.D. and Sadooni, F.N., 2010. The Petroleum Geology of Iraq. Scientific Press, 424P.
- Awadh, S., Al-Ameri, T., Jassim, S. and Bayraktutan, M., 2010. Fluid inclusions usage for assessing oil migration in Duhok, north Iraq. <http://www.scirp.org/Journal/PaperInformation.aspx?paperID=3162&JournalID=71>
- Bastida, F., Aller, J., Puchkov, V.N., Juhlin, Ch., and Oslianski, A., 1997. A cross-section through the Zilair Nappe (southern Urals), Tectonophysics, Vol. 276, pp. 253-263.
- Beauchamp, W. and Barazangi, M., Demnati, A and El Alji, M., 1996. Intracontinental rifting and inversion: Missouri Basin and Atlas Mountains, Morocco. AAPG Bulletin, Vol. 80, No. 9 , pp. 1459-1482.

- Beauchamp, W. and Barazangi, M., Demnati, A and El Alji, M., 1997. Inversion of synrift normal faults in the High Atlas Mountains, Morocco. *THE Leading Edge*, pp. 1171-1175 .
- Beydoun, Z., 1998, Arabian Plate oil and gas; why so rich and prolific?: Episodes, v. 21, p. 74-81.
- Bles, J. L. and Feuga, B., (1986). *The fracture of rocks*, North Oxford academic publishers Ltd., 131p.
- Castiglioni, G., Biancotti, A., Bondesan, M., Cortemiglia, G., Elimi, G., Faver, V., Gasperi, G., Marchetti, G., Orombelli, G., Pellegrini, G., Tellini, G., 1999. Geomorphological map of the Poplain, Italy, At scale of 1: 250,000, *Earth surface process landforms*, Vol. 24, pp. 1115-1120.
- Christopher, B. J., 1999. *Geographical information system and computer cartography*. Addison Wesley Longman limited, pp. 19-38.
- Crippen, R.E., 1987. Directed band ratioing for the retention of perceptually independent topographic expression in chromaticity-enhanced imagery, *Int. J. Remote Sensing*, Vol.9, No.4, pp.749-765.
- De Beukelaer S. M., 2003. Remote sensing analysis of natural oil and gas seeps on the Continental slope of the northern gulf of Mexico., published Ms.c thesis, Texas A&M University, 117p.
- Dunnington, H. V., 1958. Generation, migration, accumulation and dissipation of oil in Northern Iraq, in Weeks, G. L., ed., *Habitat of oil, a symposium: Am. Assoc. Petrol Geol.*, pp. 1194-1251.
- Edgell, H.S., 1977. The Permian system as an oil & gas reservoir in Iran, Iraq & Arabia. *Proc. Second Iranian Geological Symposium*, Tehran, pp. 161-201.
- Eichhubl, P., Greene, H.G., Naehr, T., Maher, N., 2000. Structural control of fluid flow: offshore fluid seepage in the Santa Barbara Basin, California. *Journal of Geochemical Exploration* 69–70, pp 545-549.
- Freeman, H., 2003. Evaluation of the use of hyperspectral imagery for identification of microseeps near Santa Barbara, California. Project 2 Report for Master of Science ,University of West Virginia, 22p.

- Geosurv-Iraq, 1993. Geological map of Kirkuk quadrangle, Sheet Ni-38-2, 1: 250,000. State establishment of survey and mining, Baghdad, Iraq.
- Geosurv-Iraq, 1995. Geological map of Al- Mosul quadrangle, Sheet Nj-38-13, 1: 250,000. State establishment of survey and mining, Baghdad, Iraq.
- Geosurv-Iraq, 1996. Geological map of Arbeel and Mahabad quadrangle, Sheet Nj-38-14 and Nj-38-15, 1: 250,000. State establishment of survey and mining, Baghdad, Iraq.
- Glen, R. A., and Beckett, J., 1997. Structure and tectonics along the inner edge of a foreland basin: the Hunter Coalfield in the northern Sydney Basin, New South Wales, Australian Journal of Earth Sciences, Vol. 44, PP. 853-877.
- Gulf Keystone, 2011. Resource Evaluation of Gulf Keystone's Shaikan No. 1-B Discovery, Kurdistan, Iraq. 09-DGA400-03-08, January 13, 2010.
- Hessami, K., Koyi, H. A., Talbol, C. J., Tabasi, H. and Shabanian, E., 2001. Progressive unconformities within an evolving foreland fold- thrust belt, Zagros mountain. Journal of geological society, London. Vol. 185, pp.969-981.
- Hisam, N., Iqbal, M., Mehdi, D. and Zubair, A. 2011. Detection of Hydrocarbon Microseepage Anomalies in the Kirthar Fold and Thrust Belt, Pakistan Through Application of Image Enhancement and GIS Techniques, Powerpoint presentation at Pakistan Association of Petroleum Geoscientists (PAPG) Annual Technical Conference, 10-11 November 2010, Pakistan.
- Hudleston, P.J., 1973a. Fold morphology and some geometrical implications of theories of fold development, Tectonophysics, 16, 1-46.
- Hudleston, P.J., 1973b. Analysis of single-layer folds developed experimentally in viscous media, Tectonophysics, 16, 189-214.
- Jassim, S. Z., and Goff J.C., 2006. Geology of Iraq. Published by Dolin, pargue and Musem, Brno Czech Republic, 337p.

- Jezching, T., 1989. Registering Landsat image by point matching, IEEE transaction on geoscience and remote sensing. Vol. 27, No. 5, Sep, pp.642-651.
- Kalandar, L. A., and Al-Azzawi, N. K. B., 1995. The structure of Sheikh Ibrahim Anticline, Raf. Jour. Sci., Vol.6, No.1, pp.54-63.
- Khan, S. D. and Jacobson, S. 2008. Remote sensing and geochemistry for detecting hydrocarbon microseepages. GSA Bulletin, Vol. 120, No. 1/2, pp. 96–105.
- Kley, J., Monaldi, C.R., Salfity, J. A., 1999. Along-strike segmentation of the Andean foreland: causes and consequences, Tectonophysics, Vol. 301, pp.75-94.
- Lammoglia, T., Filho, C. R. and Filho, R. A., 2008. Characterization of hydrocarbon microseepages in the tucono basin, (brazil) through hyperspectral classification and neural network analysis of advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (aster) data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII, Part B8, pp. 1195-1200.
- Lillesand , T.M. and Kiefer , R.W., 1994. Remote sensing and image interpretation, 3 nd Ed. John Willey and Sons incop. , New York , 721p.
- Link, W. K., 1952. Significance of oil and gas seeps in world oil exploration. AAPG Bull. Vol. 36, pp. 1508-1540.
- Macgregor, D.S., 1993. Relationships between seepage, tectonics, and subsurface petroleum reservoirs, Marine and Petroleum Geology 10, pp. 606-619.
- Marouf, N. Z., 1999. Dynamic evolution of sedimentary basins in northern Iraq and hydrocarbon formation, migration and entrapment, Unpublished Ph.D thesis, University of Baghdad, Iraq.
- Mather, P.M., 1987. Computer processing of remotely sensed images, an international, John Wiley and Sons. 212p.
- Merwade, V., 2009. Watershed and Stream Network Delineation. [http://web.ics.purdue.edu/~vmerwade/education/terrain\\_processing.pdf](http://web.ics.purdue.edu/~vmerwade/education/terrain_processing.pdf)

- Mohi Ad-Din, R., Sissakian, V. K., Yousif, N. S., Amin, R. M. and Rofa, S. H., 1978. The regional geological mapping of Mosul- Telafar area, Unpublished report, SOM library, Baghdad, Iraq.
- Noomen M. F., Skidmore, A. K. and van der Meer F. D., 2003. Detecting the Influence of Gas Seepage on Vegetation, using Hyperspectral Remote Sensing, Research Presented at the 3rd Earsel Workshop on Imaging Spectroscopy, Hertsching, 13-16 May 2003.
- Numan, N. M. S., 1997. A plate tectonic scenario for the Phanerozoic succession in Iraq, *Geol. Soc. Iraq. Jour.*, 30, 2.
- Numan, N. M. S., 2000. Major Cretaceous Tectonic Events in Iraq, *Raf. Jour. Sci. Vol. No. 3*, pp.32-52.
- Numan, N. M. S., 2001. Cretaceous and Tertiary Alpine Subductional History in Northern Iraq, *Iraqi Jour. Of Earth Sci.*, Vol.1, No.2, pp.59-74.
- Numan, N. M. S., and Al-Azzawi, N. K. B., 1993. Structural and geotectonic interpretation of vergence directions of the anticlines in the Foreland Folds of Iraq, *Abhath Al-Yarmouk (pure science and engineering)*, Yarmok University, Jordan, 2, pp.57-73.
- Peliter, L., 1950. The geological cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology, *Assoc. Amer. Geol. An.*, 40, pp. 214-236.
- Pena S. A. and Abdelsalam, M.G., 2006. Orbital remote sensing for geological mapping in southern Tunisia: Implication for oil and gas exploration, *Journal of African Earth Sciences* 44. Pp. 203-219.
- Perry, S. I. and Kruse, F. A., 2010. Evidence of Hydrocarbon Seepage Using Multispectral Satellite Imagery, Kurdistan, Iraq, AAPG International Convention and Exhibition, September 12-15, 2010, Alberta, Canada.
- Petrovic, A., Khan, S.D. and Chafetz, H.S., 2008. Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Lisbon Valley, Utah, *Marine and Petroleum Geology* Vol. 25, pp. 696-705.

- Pitman, J., Steinshouer, D. and Lewan, M., 2003. Generation and migration of petroleum in Iraq: A 21/2D and 3D Modeling Study of Jurassic source rocks. Powerpoint presentation.  
<http://pubs.usgs.gov/of/2003/ofr-03-192/OF03-192.pdf>
- Qing, H. and Mountjoy, E., 1994. Formation of coarsely crystalline, hydrothermal dolomite reservoir in the presqu'ile barrier, Western Canada sedimentary basin. AAPG Bulletin Vol. 78/1, 55-77 p.
- Rajesh, H. M., 2008. Mapping Proterozoic unconformity-related uranium deposits in the Rockhole area, Northern Territory, Australia using Landsat ETM+. Ore Geology Reviews , pp. 382-396.
- Ramsay, J. G., and Huber, M. I., 1987. The techniques of modern structural geology: V.2, Folds and Fractures, Academic Press, London, UK, 700p.
- Rigo de Righi, M. & Conrtesini, A., 1964. Gravity tectonics in foothills structure belt SE Turkey Bull. AAPG, Vol. 48, 12, pp. 1911-1937.
- Rollet, N., Logan G., Kennard J., Brien P., Jones T. and Sexton T., 2006. Characterisation and correlation of active hydrocarbon seepage using geophysical data sets: An example from the tropical, carbonate Yampi Shelf, Northwest Australia. Marine and Petroleum Geology 23, pp. 145-164.
- Rubio, V., 2002. Correlation of the onshore hydrocarbon seepages with the geo-structural characterization in the Ventura basin, Santa Barbara area, California., published Ms.c thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation- ITC 70p.
- Sabins, F. F., 1998. Remote sensing for petroleum exploration, Part 1: overview of imaging systems, the leading edge pp. 467-470.
- Sabins, F. F., 1999. Remote sensing for mineral exploration, Ore geology reviews, Vol. 14, pp. 157-183.
- Schumacher, D., 1996. Hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments, AAPG memoir 66, pp. 71-89.

- Schumacher, D., 1999, Surface geochemical exploration for petroleum, in Beaumont, E.A., and Foster, N.H., eds., Exploring for oil and gas traps: American Association of Petroleum Geologists Treatise of Petroleum Geology, Handbook of Petroleum Geology, pp. 18.1-18.27.
- Shi, P., Fu B. and Ninomiya, Y., 2010. Mapping hydrocarbon seepage-induced anomalies In the arid region, west China using multispectral remote sensing, International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information science-kyoto japan. Volume XXXVIII, Part 8. Pp.442-447.
- Singh, R.A., and Gairola, V.K., 1992. Fold Shape in the vicinity of North Almora Thrust in District Chamoli, Garhwal Himalaya, Journal of Himalayan Geology, Vol. 3, No.2, pp. 121-129.
- Sommaruga, A., 1997. Geology of the central Jura and the Molasse Basin: new insight into an evaporite- based foreland fold and thrust belt, Mem. Soc. Neuchatel. Nat., XII,pp. 1-176.
- Sommaruga, A., 1999. Decollement tectonics in the Jura foreland fold- and- thrust belt, Marine and Petroleum Geology, 16, 111 -134.
- Song T. and Cawood P.A., 2001. Effect of subsidiary Faults on the geometric construction of Listric normal Fault systems, AAPG, Vol. 85, No.2, pp.221-222.
- Tahir, A.A., 1991. Improving visual interpretation of multispectral data sets through interactive manipulation of feature space, Ph.D. Thesis, London Univ., England, 323p.
- Tawfiq, J. M., and Domas, J., 1977. The regional geological mapping of Dohuk- Ain Zala area, Unpublished report, SOM library, report No. 837, Baghdad, Iraq.
- Tiehu z., Xunhua Z., Xiutian W. and Xiangjun M. 2009. Acoustic detection of seabed hydrocarbon seepage in the north depression of South Yellow Sea Basin, Petrol. Explor. Develop, Vol. 36, 195-199.
- Van Der Meer F. Dijk p., Kroonenberg S., Hong Y. and Lang H., 2000. Hyperspectral hydrocarbon microseepage detection And monitoring: potentials and limitations, Second EARsel Workshop on Imaging Spectroscopy, Enschede.
- Van der Pluijm, B. A., and Marshak, S., 1997. Earth structure: An introduction to structural geology and tectonics, WCB/McGraw-Hill, USA, 495p.

- Van Der Werff H. M., 2006. Knowledge-based remote sensing of complex objects: recognition of spectral and spatial patterns resulting from natural hydrocarbon seepages., published Ph.D thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation-ITC 138p.
- Verstappen, H. Th. and Van Zuidam, R. A., 1975. Use of aerial photographs in geomorphology. International institute for aerial survey and earth sciences (ITC), Enschede, Netherlands.
- Wuyi, Y., Xiaoping, Q. and Liqum, Z., 2001. Evaluation of Multi-Sensor Remote sensing data applied oil and gas exploration in the loess highlands, ordos plateau, China. Paper presented at the 22nd Asian Conference on remote sensing, 5-9 November, Singapore.
- Western Zagros, 2011. Geological map of northern Iraq. Simplified surface geology by system and series Kurdistan, Iraq.
- Yang, H., Van Der Meer, F. D., and Zhang, J., 2000. Aerospace detection of hydrocarbon-induced alteration, handbook of exploration geochemistry, Vol. 7, pp. 233-245.
- Zhang, G., Shen X., Zou L. and Shen, X., Lu, S., Li, C. and Chen, H., 2009. Remote sensing detection of heavy oil through spectral enhancement techniques in the western slope zone of Songliao basin, China, AAPG Bulletin, Vol. 93, No. 1, pp. 31-49.
- Zhang, G., Shen X., Zou L. and Shanlong L., 2010. Identifying hydrocarbon leakage induced anomalies using Landsat-7 /ETM+ data processing techniques in the west slope of Songliao basin, China. International journal of remote sensing- under press.  
<http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2007/Papers/TS16.1.pdf>

الملاحق

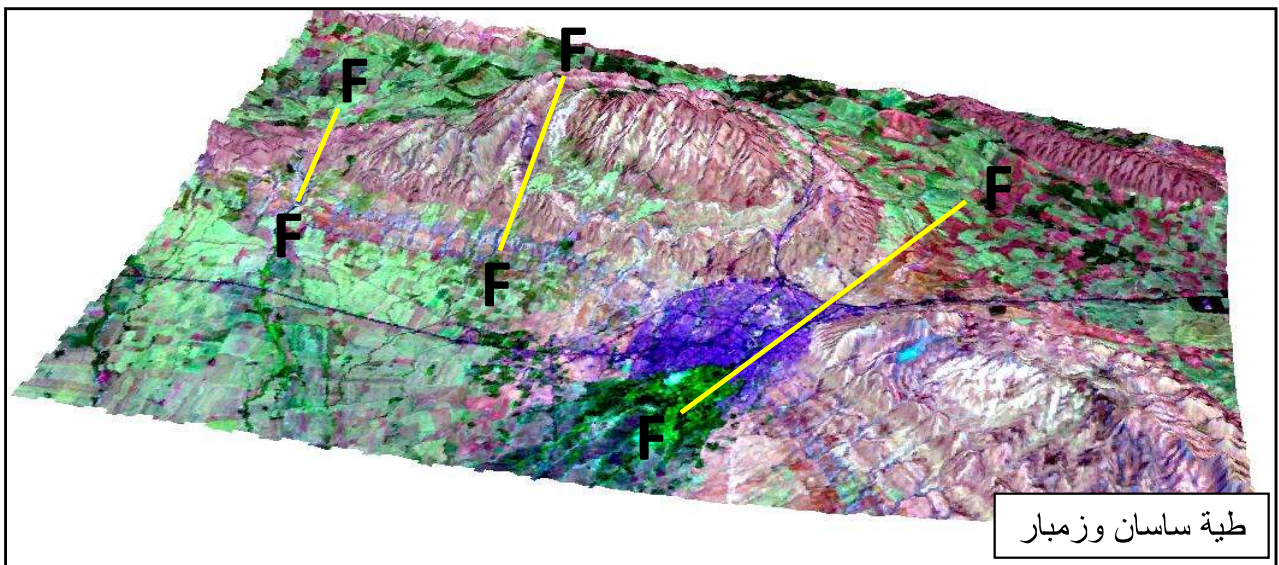
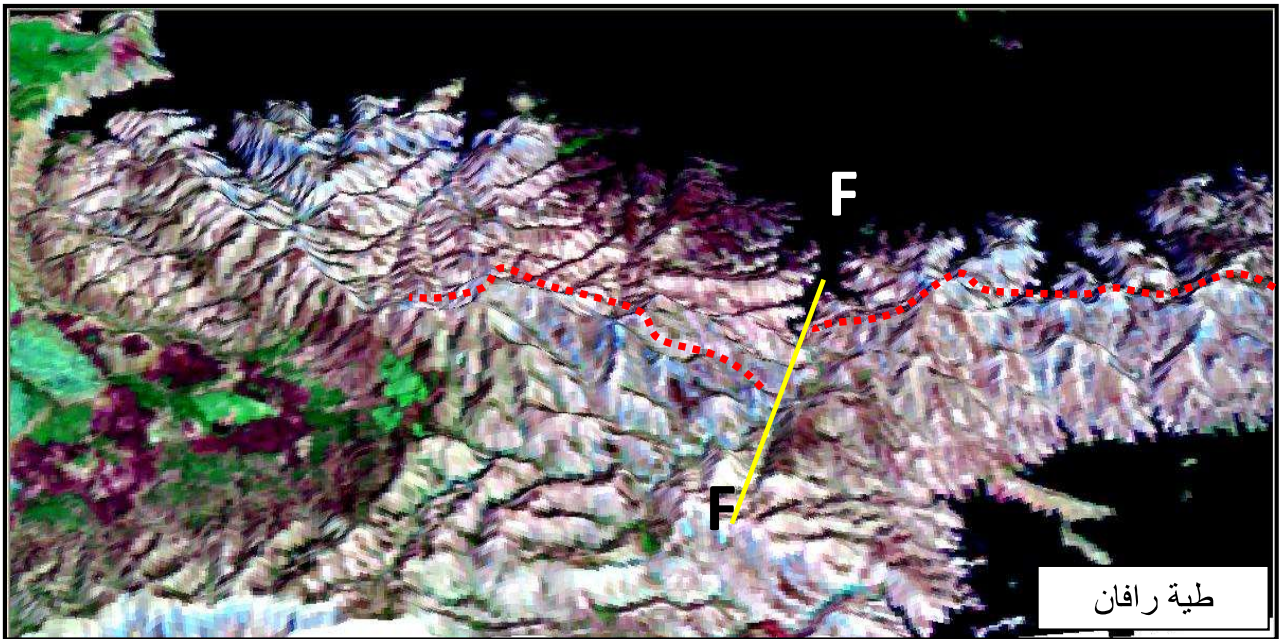
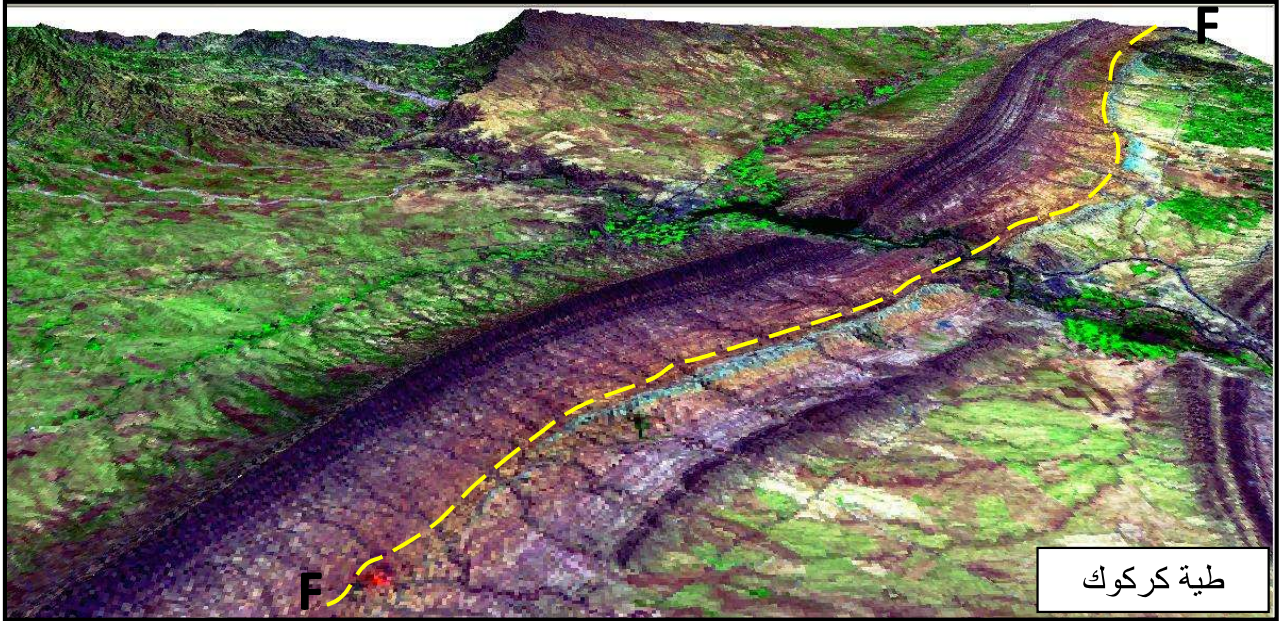
الملحق (1) قيم (Eigen vector) المستخلصة من تحليل المركبات الأساسية

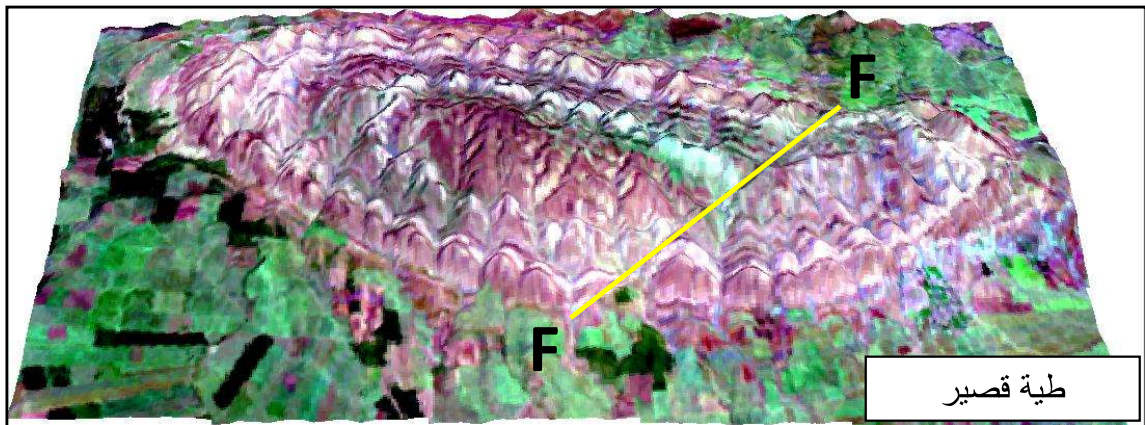
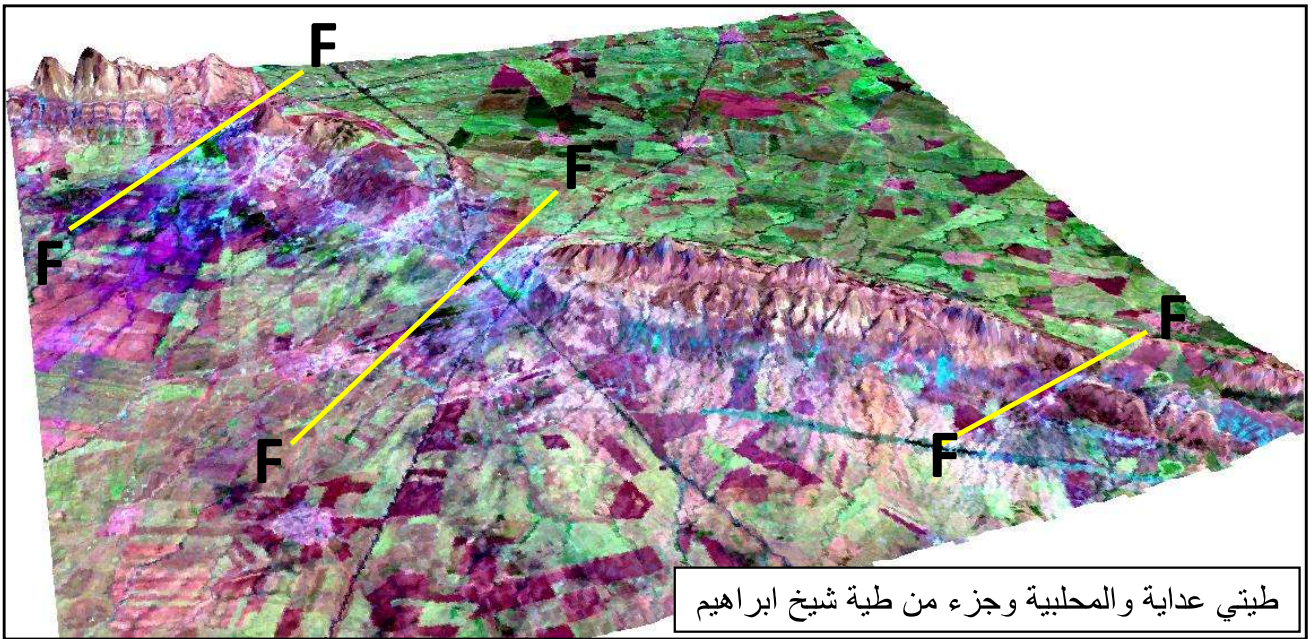
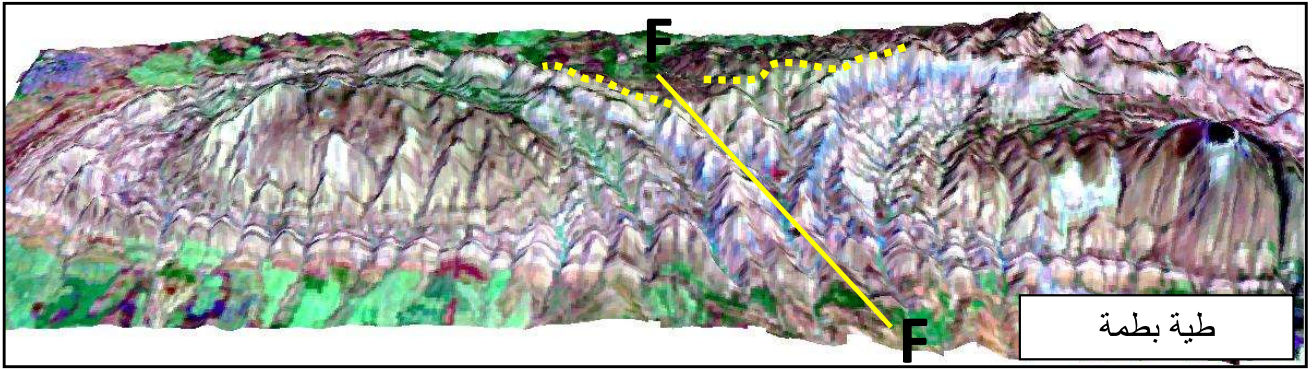
<b>A</b>				
Eigenvector	Band 1	Band 3	Band 4	Band 5
Pc1 Band 1	0.518594	0.535236	0.403322	0.530956
Pc2 Band 3	-0.343024	-0.251638	0.899999	-0.094947
Pc3 Band 4	-0.613903	-0.045043	-0.165284	0.770568
Pc4 Band 5	-0.486330	0.805091	0.003921	-0.339552
<b>B</b>				
Eigenvector	Band 1	Band 3	Band 4	Band 5
Pc1 Band 1	0.487047	0.522996	0.496407	0.492789
Pc2 Band 3	-0.652026	0.220570	0.673885	-0.268495
Pc3 Band 4	0.499929	0.243993	0.074080	-0.827677
Pc4 Band 5	-0.296173	0.786315	-0.542191	0.004379
<b>C</b>				
Eigenvector	Band 1	Band 3	Band 4	Band 5
Pc1 Band 1	0.496905	0.508398	0.500317	0.494266
Pc2 Band 3	0.646174	0.210562	-0.145416	-0.719011
Pc3 Band 4	0.467558	-0.248248	-0.694080	0.487868
Pc4 Band 5	0.341955	-0.797225	0.496780	-0.026623
<b>D</b>				
Eigenvector	Band 1	Band 3	Band 4	Band 5
Pc1 Band 1	0.484671	0.518763	0.501152	0.494798
Pc2 Band 3	0.819142	-0.068521	-0.538584	-0.185036
Pc3 Band 4	0.097198	0.335521	0.396775	-0.848851
Pc4 Band 5	0.290952	-0.783336	0.548947	-0.019718
<b>E</b>				
Eigenvector	Band 1	Band 3	Band 4	Band 5
Pc1 Band 1	0.468919	0.526434	0.502647	0.500328
Pc2 Band 3	0.827029	-0.024513	-0.508474	-0.238487
Pc3 Band 4	-0.020860	-0.383730	-0.404633	0.829812
Pc4 Band 5	0.309359	-0.758299	0.570151	-0.064867
<b>F</b>				
Eigenvector	Band 1	Band 3	Band 4	Band 5
Pc1 Band 1	0.491802	0.514338	0.493669	0.499879
Pc2 Band 3	-0.613313	0.256659	0.672604	-0.324928
Pc3 Band 4	-0.538269	-0.260247	-0.004281	0.801573
Pc4 Band 5	-0.303719	0.775793	-0.551250	0.044981

A: طية كركوك. B: طية ساسان. C: طية بطمة. D: طية شيخ ابراهيم. E: طية عداية. F: طية قصير

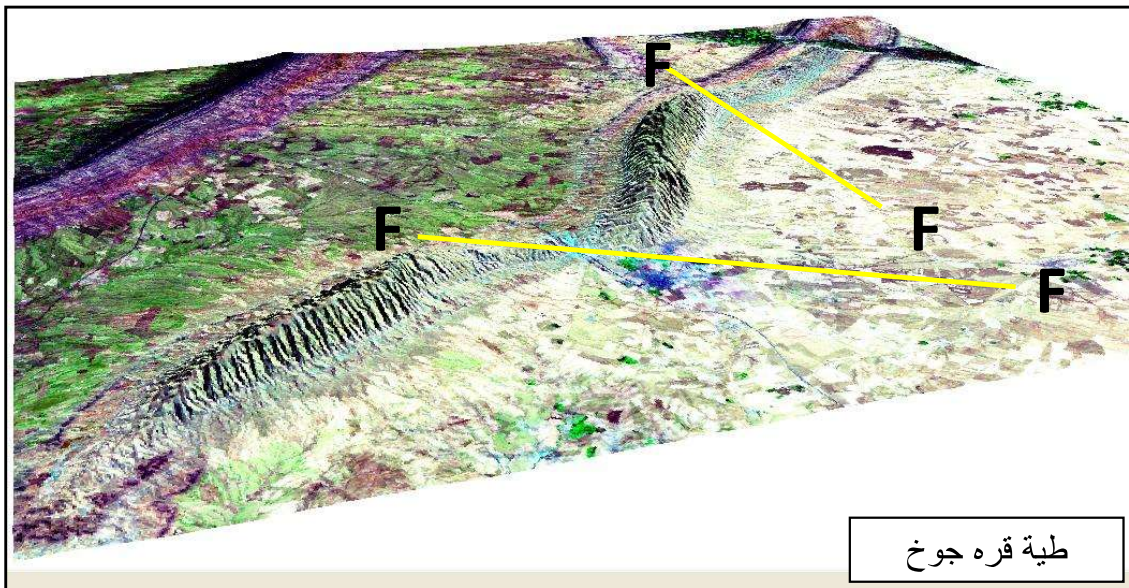
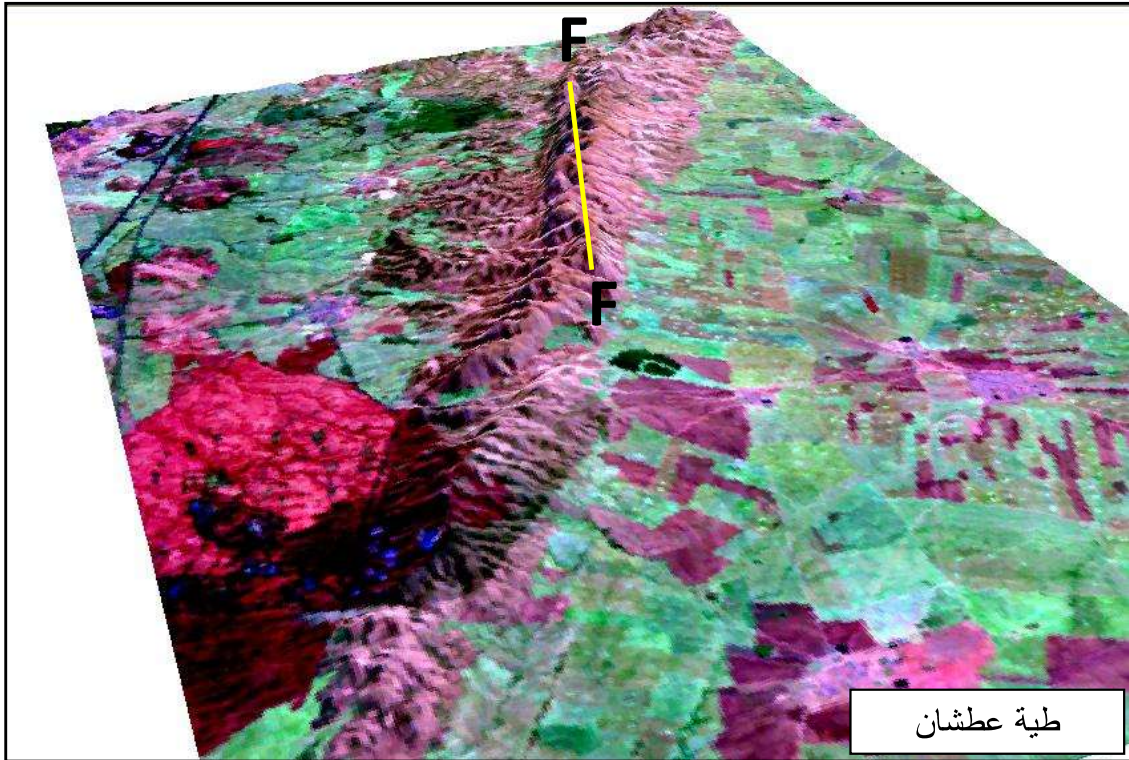
الملاحق .....

الملحق (2) مناظر ثلاثية الابعاد لمرئية لاندسات توضح تأثير بعض الطيات بالصدوع

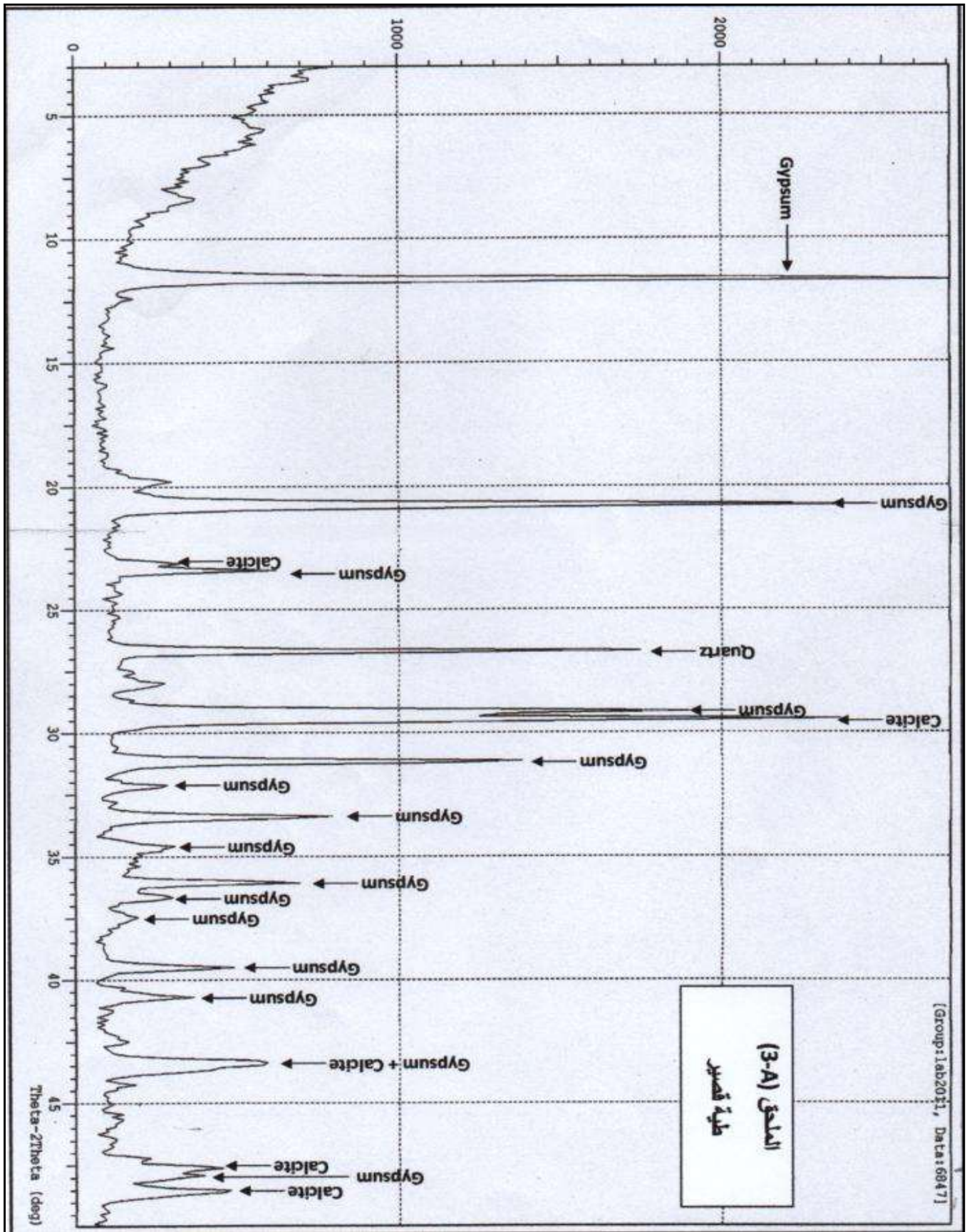


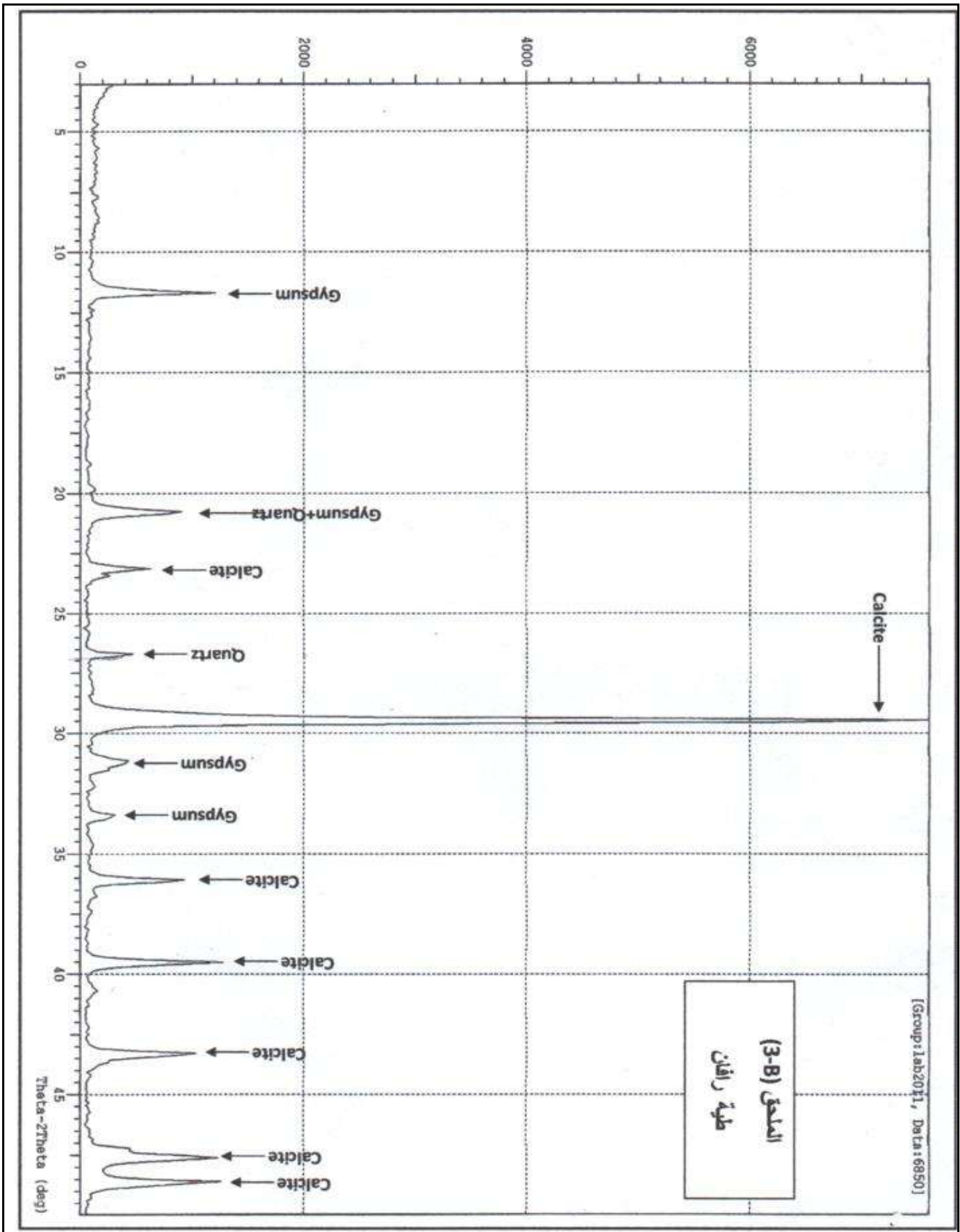


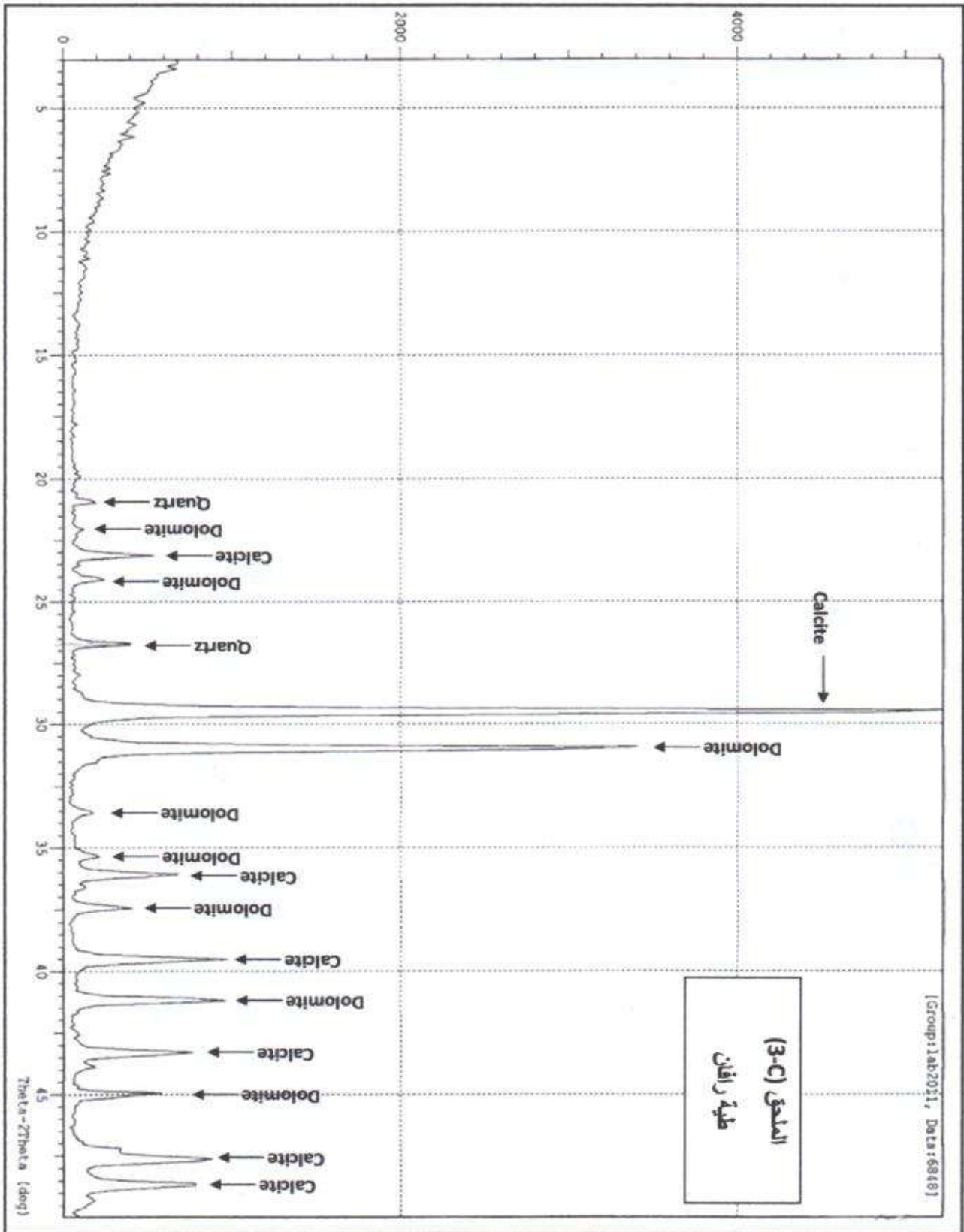
يتبع

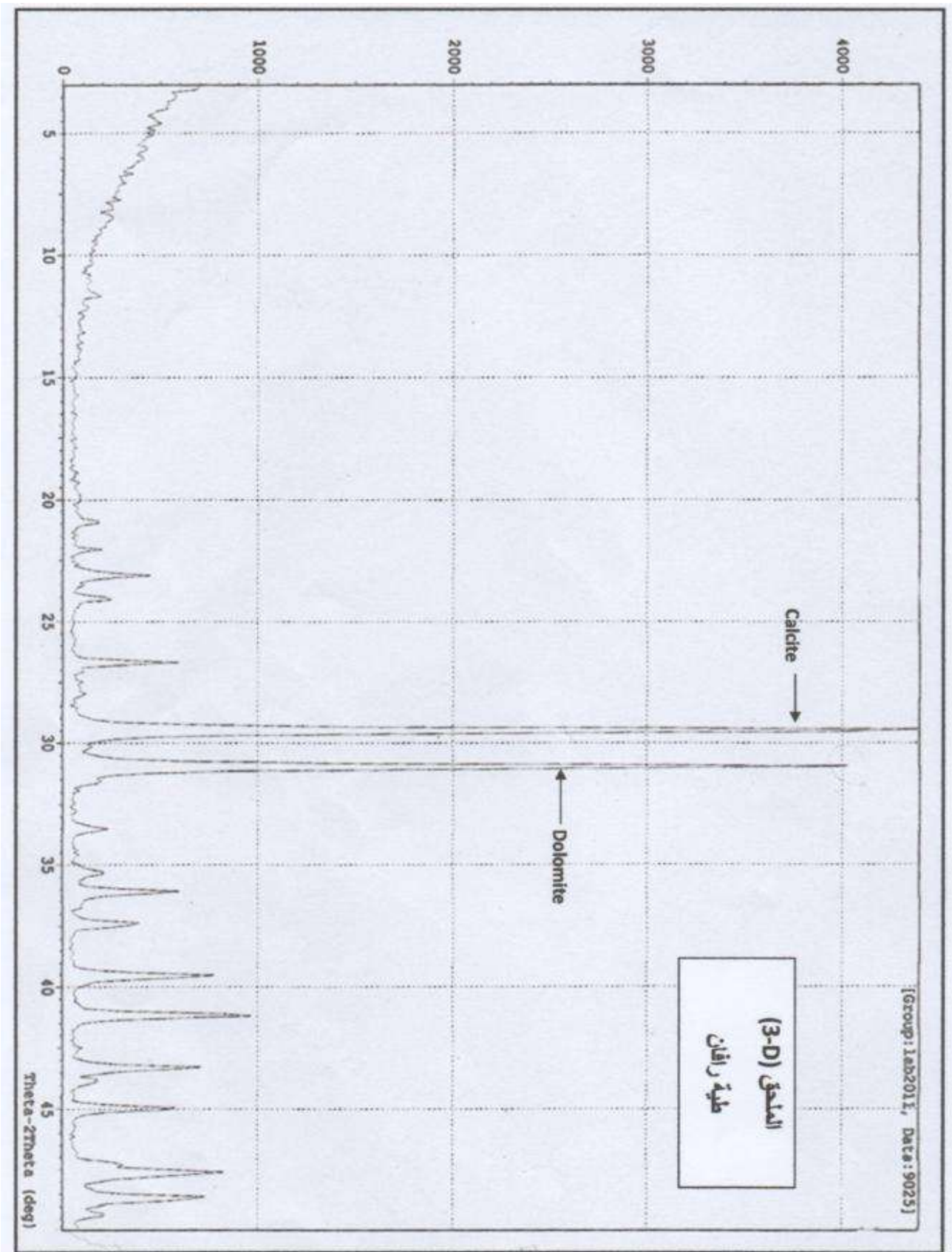


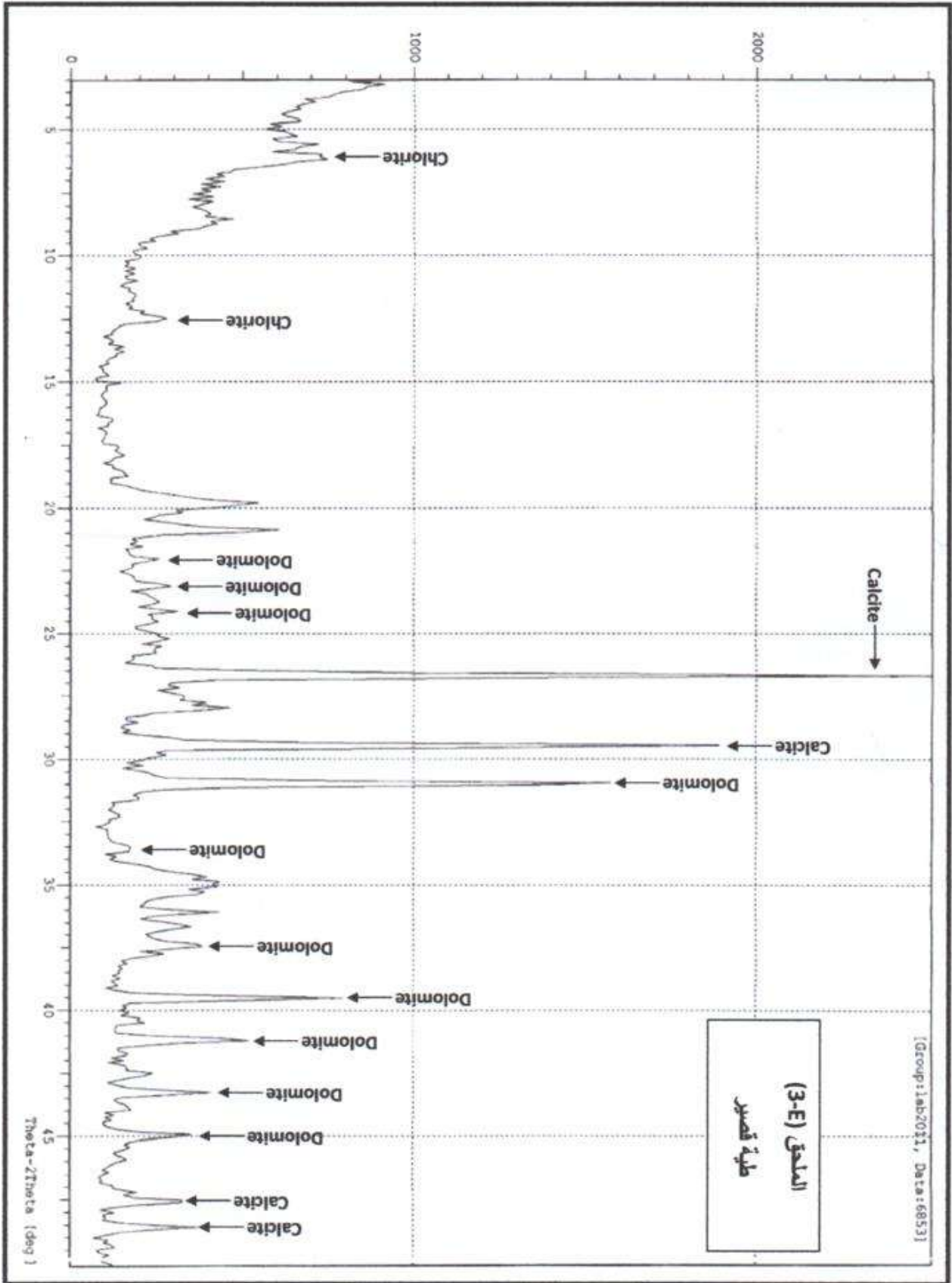
الملحق (3) مخططات حيود الاشعة السينية

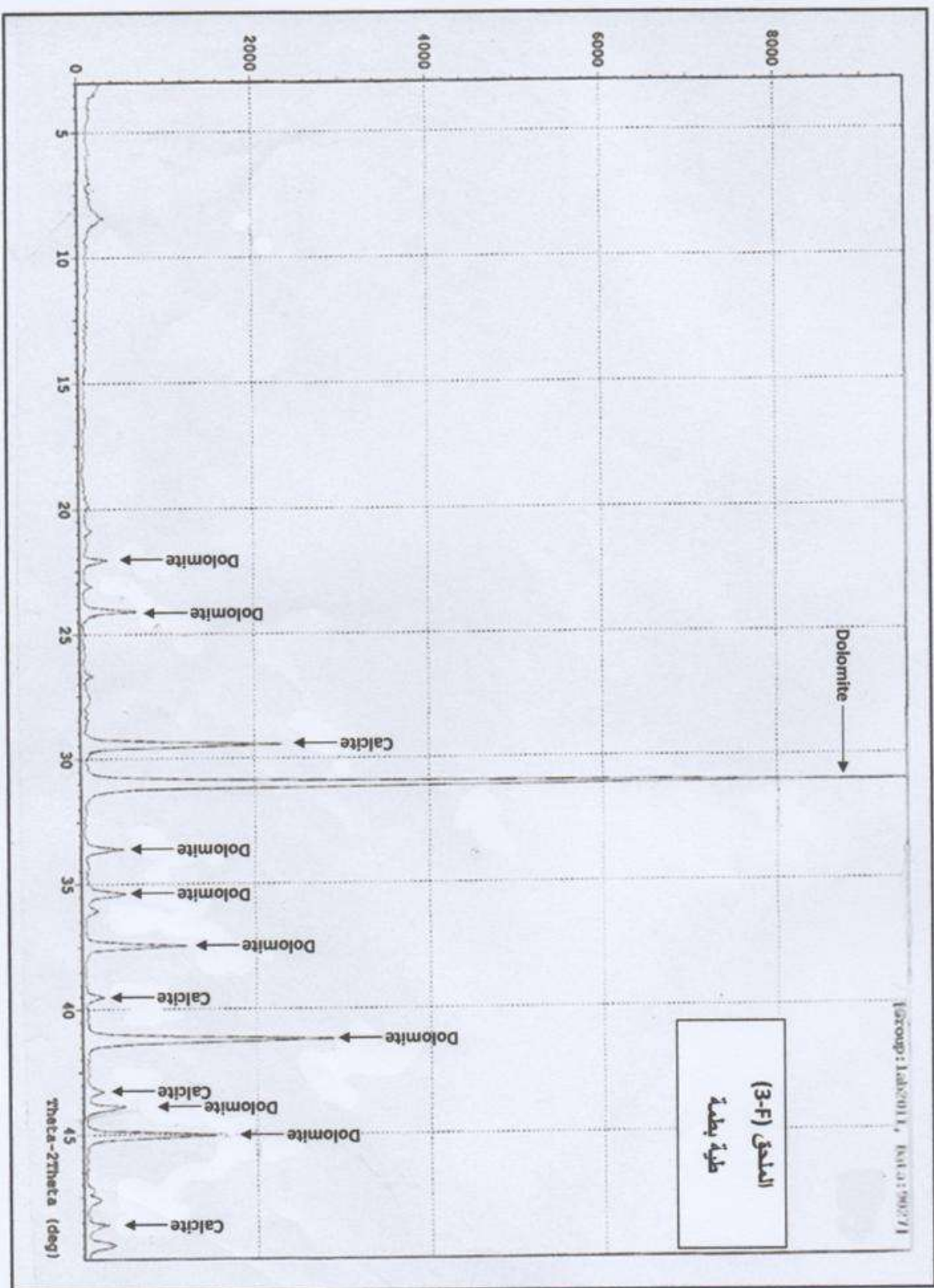


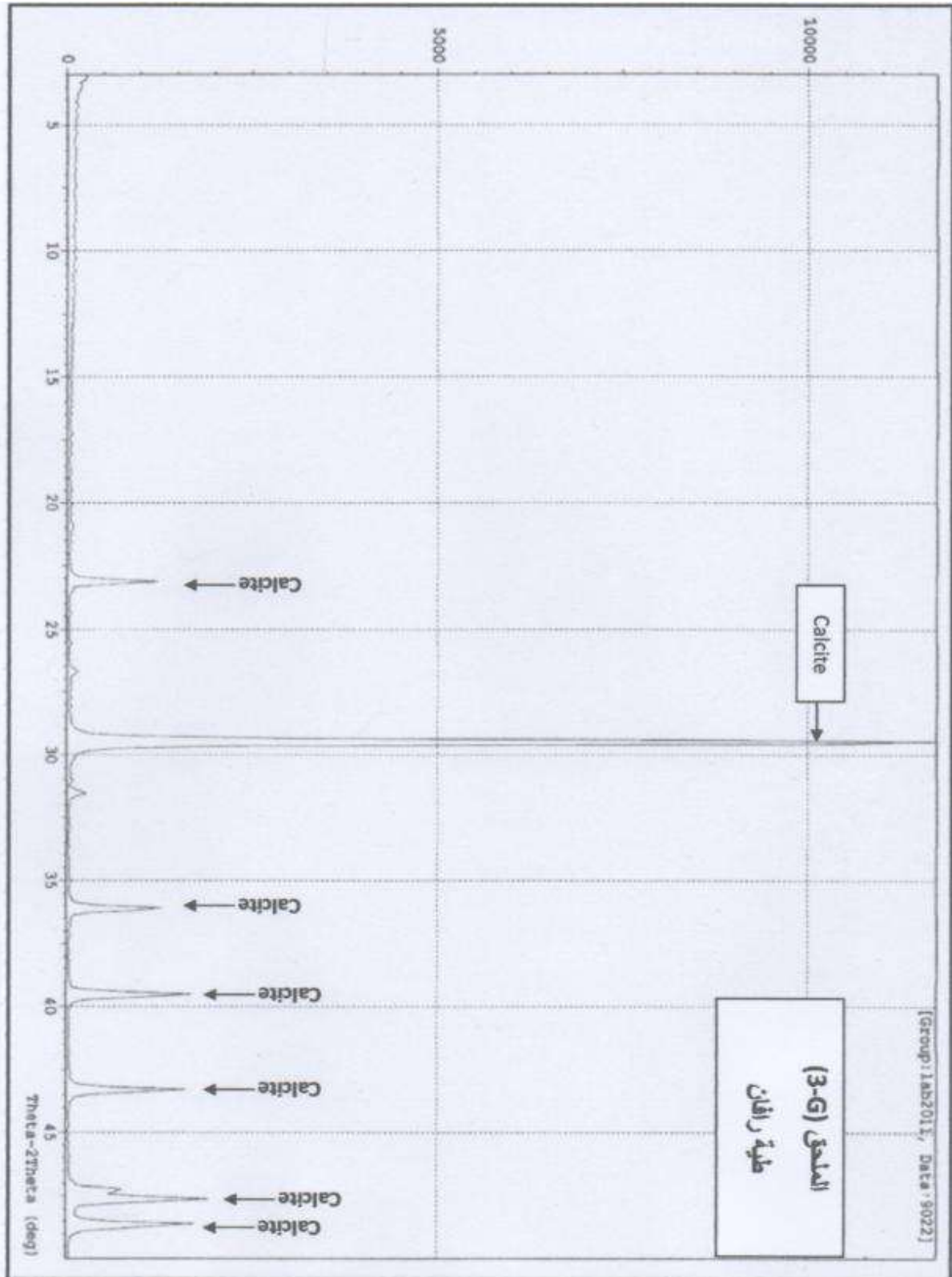












**University of Mosul**  
**College of Sciences**



**Structural Control Evaluation of  
Hydrocarbon Seepages in Northern  
Iraq Using Remote Sensing  
Techniques**

**Rayan Ghazi Thannoun Younis Al- Banaa**

**Ph.D. Thesis**

**Structural Geology- Remote sensing**

**Supervised by**

**Dr. Nabeel Kadir Baker Al-Azzawi**

**Professor**

## ABSTRACT

The present study focused on the structural elements which controlled the hydrocarbon seepages in some areas of northern Iraq. The seepages of hydrocarbons fall in two types. Firstly, Microseepages which are invisible and contain mixture of hydrocarbon gasses. Secondly, Macroseepages that are visible such as bitumen. Microseepages can only be detected by chemical alteration and gas seep at the surface. Therefore, remote sensing techniques were used to identify anomalous areas or alteration zones caused by hydrocarbon seepages. Three image processing methods were used to detect this type of seepage including band ratioing, principal component analysis (PCA), and false-color composition (FCC). Tonal anomalies and subtle changes in spectral content are considered as surface indicators for microseepages. The previous methods were applied on seven areas in the Foreland Belt and the results were confirmed by ground truth in the field.

In order to study the macroseepages, three areas in the high folded zone in northern Iraq were chosen to detect this kind of seepage through the geologic formations in Perat, Aqra and Shikhan anticlines. Filling porous and liquid bitumen were noticed as a result of field study as examples for macroseepages. This type of seepage was also noticed in Al- Mohalyibia and Ishkaft anticlines in the Low Folded Zone.

The study revealed that the major factor controlling the seepages is listric faults. That is the seepage was concentrated on one side of the anticline and the side was controlled whether the fault is foreland or suture types. The prevalence of macroseepage in the High Folded Zone and microseepage within the Low Folded Zone indicated that the seepage as an operation was controlled regionally by the field tectonism. That is high uplifted in High Folded Zone made the oil traps lost their light

hydrocarbons and most of heavy oil which formed bitumen bearing rocks, while low tectonism in the Low Folded Zone caused traps not actively affected by tectonic uplift. The altitudes 872-979m above sea level are considered as the boundary between micro and macroseepage, above this boundary the Cretaceous reservoirs were exposed to the surface and this boundary also is in coincidence with the north and northeastern margin of the Arabian Plate.

The existence of some anticlines between two sets of strike slip fault lead to active macroseepage as a result continuous movement of these faults planes which is clearly noticed in Al- Mohalyibea Anticline. Heavy effective seepage in this fold confirms that the movement of strike slip fault is recent and The continuous.

Due to importance of recent forming structures and probable being economic oil reservoir, the present study focused on them by performing morphotectonic analysis with new procedure to identify the unknown and new growth folds. In order of that, studied areas were divided into four sectors. The result shows (15, 22, 5, 6) folds in the (Mosul, Kirkuk, Al-Hatra and sinjar- Tel- Affar sectors) respectively. In additions, spectral properties of surface sediments of some of those folds were studied in order to detect the microseepage. Resultant, subtle tonal anomalies for soil covered the structures (K8, K9, K20) comparing with neighbor areas were detected.

consequently, a digital data base using satellite images and GIS programs was established for some areas of Forelands Belt with newly scientific procedure which depends on softwares, represented study result as a database, as well as to locate the area containing probable promising reservoir in order to guide the next future initial oil explorations.