التحليل التركيبي والتكتوني لطيتي بعشيقة والفاضلية المحدبتين - شمالي العراق

أحمد غانم نايف العزاوي
الهيئة العامة للمياه الجوفية
نينوى

إبراهيم سعد إبراهيم الجميلي
قسم علوم الأرض
كلية العلوم
جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2013/11/4 ، تاريخ القبول 2014/3/23)

الملخص

تتضمن الدراسة الحالية طيتي بعشيقة والفاضلية الواقعتان على بعد 25 كم شمال شرق مدينة الموصل ضمن نطاق طيات الفورلاندي في العراق. تمتد هاتين الطيتين لمسافة حوالي 25 كم باتجاه شمال غرب - جنوب شرق. التحليل الهندسي للطيتين يشير إلى أنهما قد تكونتا نتيجة إجهادات أفقية قادمة من جهة الشمال الشرقي، وأن التحليل الرياضي للطية (تحليل فورير) يُظهر بأن الجناح الجنوبي الغربي في كل من الطيتين هو أكثر تطوراً من الجناح الشمالي الشرقي، إذ إن شدة الإجهاد في الجناح الجنوبي الغربي أدت إلى تكوين خط مفصل ثانٍ للطيتين في هذا الجناح، وكذلك إلى تعدد الفوالق العكسية في الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقة، فضلاً عن الانقلاب الموضعي للطبقات وتكون طيات ثانوية في بعض المواقع في الجناح الجنوبي الغربي لطية الفاضلية.

وأظهرت الدراسة تبايناً في عمق سطح الانفصال ونسبة التقصير بين طيتي بعشيقة (أكثر عمقا وأقل تقصيرا) و الفاضلية (أقل عمقا وأكثر تقصيرا). أوعز اختلاف عمق سطح الانفصال إلى احتمال وجود فالقي انفصال فورلانديي الاتكاء ومختلفي العمق ومفصولين تناسقياً بفالق مضربي. إن انعكاس الحركة على هذين الفالقين في فترة الانضغاط ساهم في طي الطيتين بشكل أدى إلى انفصالهما عبر فالق مضربي يميني تحت سطحي مستعرض. وهو فالق توفقي للحركة العكسية على فالقي الانفصال المتباينين في العمق تحت الطيتين. إن تفاوت الطيتين من حيث الحجم قد يكون سبباً في تباين نسب التقصير بين الطيتين (بعشيقة أكبر بكثير من الفاضلية).

يشير الموديل التركيبي المقترح في الدراسة الحالية إلى أن الفالقين المضربيين الإزاحة تحت السطحيين (SF3, SF4) هما عبارة عن مصطبتين جانبيتين لفالق الانفصال الفورلاندي الاتكاء تحت طية بعشيقة. و قد ترتبط الفوالق المعكوسة الرئيسة في جناحي طية بعشيقة والفالق المعكوس الرئيس في الجناح

الجنوبي الغربي لطية مقلوب في الأعماق مع فالق الانفصال الرئيس. كما أسهم انعكاس الحركة على فالق الانفصال الرئيس وما نتج عنها من فوالق عكسية متوافقة وغير متوافقة بشكل فعال في عملية الطي وطراره في طيتي بعشيقية والفاضلية.

الكلمات الدالة: بعشيقية، الفاضلية، طراز الطي، فالق الانفصال، فالق الإزاحة المضربية.

Structural and Tectonic Analysis of Bashiq and AL-Fadhlya Anticlines- Northern Iraq

Ibrahim S. I. Al-Jumaily

*Department of Geology
College of Science
University of Mosul*

Ahmad Gh. N. Al-Azzawi

*General Establishment of
Ground Water
Ninawa*

ABSTRACT

The present work includes structural analysis and synthesis of Bashiq and AL-Fadhlya Anticlines, located (25) km northeast Mosul City – northern Iraq. These structures extend in NW – SE trend for about 25 km within the Foreland Fold Belt of Iraq.

Geometrical classification of these folds based on stereographic analysis refers that they were developed by horizontal compressive stress in NE – SW direction. Furthermore, Fourier analysis revealed that SW limbs of both folds are relatively more developed than their NE limbs. This might be ought to higher stress intensity developed within SW limbs of both Anticlines. Such a higher stress intensity expressed in further flexure of SW limbs a round secondary hinges, multi reverse slip faults in SW limb of Bashiq Anticline, local overturning and minor folding in SW limb of AL-Fadhlya Anticline.

The study also revealed a marked variance in detachment depth and shortening percentage between these structures. Bashiq is deeply detached and less shortened than AL-Fadhlya. Detachment depth variance might be attributed to inversely reactivation of two en – echelon arranged, varied depth, Foreland verged detached faults beneath Bashiq and AL-Fadhlya folds. Inverse reactivation of these detachment faults during compressive phase led to differential folding and hence detachments of the two folds across a dextral subsurface strike slip fault transverse to these folds. The later one may play as an accommodation fault for differential reverse movement on the varied depth detachment faults beneath these folds. However, wide hinge area of Bashiq Anticline, disruption of its both limbs by many reverse slip fault have contributed in depletion a considerable amount of shortening compared with AL-Fadhlya Anticline shortening.

The structural model proposed here for Bashiq and AL-Fadhlya Anticlines is such that: the transversal subsurface strike slip faults (SF3, SF4 of Mutab, 2000) are lateral ramps of Foreland verged detachment faults beneath these structures. The main reverse slip faults on both limbs of Bashiq fold and that one disrupting (SW) limb of Maqlub Anticline, might linked at depth with the proposed main detachment fault deep seated under Bashiq structure. Inverse reactivation of this as well as the other shallower under AL-Fadhlya Anticline together with resulting synthetic and antithetic reverse slip faults have effectively contributed in folding process and its style in this area.

Keywords: Bashiq, AL-Fadhlya, fold style, detachment fault, strike slip fault.

المقدمة

تقع منطقة الدراسة على بعد (25) كم شمال شرق مدينة الموصل وتتحصر بين خطي عرض ($36^{\circ}27'00''$) ($36^{\circ}33'00''$) شمالاً وخطي طول ($43^{\circ}14'00''$) ($43^{\circ}27'00''$) شرقاً. وتنموضع من الناحية التكتونية ضمن نطاق أقدام الجبال (Foot hill zone) من الرف غير المستقر (Unstable shelf) وذلك حسب تقسيم جاسم وكوف (Jassim and Goff, 2006) الذي هو امتداد لتقسيم بودي وجاسم (Buday and Jassim, 1987) (الشكل 1).

الشكل 1: الخارطة التكتونية لشمال العراق (Jassim and Goff, 2006) مؤشرا فيها موقع منطقة الدراسة.

يتألف التتابع الطباقى المنكشف في المنطقة من تكاوين البلاسبي والفتحة وإنجانة (الشكل 2). إذ تتكشف في لب الطيتين صخور تكوين البلاسبي الجيرية (الايوسين الأوسط-المتأخر)، وتشكل هيكليهما الرئيسي بسبب مقاومتها العالية للتعرية والتجوية مقارنة بالصخور التي تعلوها طباقيا. أعلى سمك للتكوين في منطقة الدراسة يصل إلى (195) متر ويتألف التكوين بشكل أساس من صخور حجر الجير الجيد التطبيق مع تواجد حزم من عقد الصوان باتجاه الأعلى في حين يتكون الجزء السفلي من التكوين من طبقات سميكة من الحجر الجيري الصلب القليل المتحجرات والمتدللت في بعض الأحيان. سطح التماس العلوي غير متوافق مع تكوين الفتحة الذي فوقه في التتابع الطباقى وذلك لفقدان ترسبات الاوليوسين والمايوسين الأسفل إما سطح التماس السفلي فهو غير منكشف في منطقة الدراسة. وإن بيئة ترسيب التكوين هي شاطئيه ضحلة (Shallow lagoon) (Jassim and Goff, 2006).

ينكشف تكوين الفتحة (المايوسين الأوسط) في الأجزاء المتموجة المحيطة بالهيكل الرئيسي للطيتين، ويتألف من دورات متعاقبة غير منتظمة من المارل الرمادي المخضر والمارل البني المحمر والحجر الجيري والجبس وهي ترسبات حوض عميق من نوع (Sag) السريع التجلس. يصل سمك التكوين في المنطقة الى (121) متر، ويكون سطح تماسه العلوي متوافقا وانتقاليا مع تكوين انجانة الذي يعلوه.

تتكشف صخور تكوين إنجانة في النطاق المحيط بطيتي بعشيقه والفاضلية، ويصل أعلى سمك للتكوين في منطقة الدراسة إلى (300) متر. يتألف التكوين من تعاقبات من حجر الرمل وحجر الغرين وحجر الطين، سطح تماسه العلوي مع تكوين المقدادية مغطاة بالترسبات الحديثة. ويمثل التكوين ترسبات بيئة الأنهار المستنقعية (Fluvial lacustrine) (Jassim and Goff, 2006).

لقد حظيت المنطقة بعدة دراسات تركيبية سابقة فعلى سبيل المثال لا الحصر استحدث (العزاوي، 1982) تسمية طية الفاضلية المحدبة للجزء الغربي من تركيب بعشيقه. فيما فسر (Salih and Al-Daghastani, 1993) الظواهر التركيبية والجيومورفولوجية المميزة لتركيب بعشيقه وذلك باستخدام نظام duplex مع تتابع piggy-back لصدوع الزحف.

تهدف الدراسة الحالية إلى تحليل طراز الطي لطيتي بعشيقه والفاضلية من خلال إجراء التحليل الهندسي لهما، ومن ثم مقارنة التطور التركيبي بين الطيتين باستخدام تحليل فورير، وكذلك تخمين عمق سطح الانفصال ونسب التقصير فيهما. ومن ثم توظيف معطيات هذه الدراسة في اقتراح موديل تركيبى مناسب لخصائص هاتين الطيتين.

طريقة البحث

أنجزت الدراسة الحالية بمرحلتين، الأولى حقلية وجمع البيانات والثانية مكتبية تناولت التحليل الهندسي للقياسات الحقلية والبيانات. تضمنت المفردات المنجزة خلال العمل الحقلية في المسارات المحددة (T1-T13)، (الشكل 2)، تسقيط مواقع حدود التماس بين التكوينات الجيولوجية المنكشفة على خارطة طبوغرافية بمقياس (1: 20 000)، فضلا عن تسقيط مواقع محطات القياس المختارة في كل مسار، و قياس وضعية مستويات التطبيق (اتجاه المضرب/ مقدار الميل) في كل محطة بصيغة (اتجاه المضرب يكون 90 ° مع عقرب الساعة من اتجاه الميل). كما تضمن العمل الحقلية التحري عن الفوالق الظاهرة في منطقة الدراسة وذلك بتسقيطها على الخارطة وتحديد وضعيتها وقياس زاوية انحراف (Rake) خطوط الانزلاق الظاهرة على أسطحها وتعيين طبيعة الحركة عليها (Sense of movement) بالاستفادة من الدلائل الحقلية المتوفرة، فضلا عن قياس مقدار ازاحاتها الظاهرية. وعزز الوصف الحقلية في كل محطة بصور فوتوغرافية ورسم مخططات حقلية كلما تطلب الأمر ذلك.

أما العمل المكتبي فقد تضمن إجراء تحليلات للبيانات والقياسات الحقلية بالأساليب التالية:

1 - تحليل القياسات بطريقة الإسقاط الستيريوغرافي:

تحليل قياسات مستويات التطبيق: رسم أشكال باي (Diagram - π) للطية في كل مسار لغرض إيجاد العناصر الهندسية للطية مثل الزاوية بين طرفي الطية (Interlimb angle) ووضعية محور الطية (Fold axis) ووضعية المستوي المحوري (Axial plane). وتوثيق إشكال باي (Diagram - π) لطيتي بعشيقه والفاضلية باستخدام برنامج (Georient).

2- رسم المقاطع الجيولوجية: رسم المقاطع الجيولوجية لطيتي بعشيقه والفاضلية باستخدام طريقة بصك (Busk, 1929) في (Ramsay and Huber, 1987).

3- رسم البروفايلات التركيبية: استخدام طريقة بصك (المصدر السابق) كذلك في تهيئة البروفايلات التركيبية لغرض إجراء تحليل فورير الرياضي. وقد تم اعتماد السطح العلوي لتكوين البلاسبي في رسم البروفايلات التركيبية وذلك لأن هذا التكوين يشكل هيكل الطيتين، فضلا عن صلادة طبقاته الصخرية المتوازية والمحفوظة بسمكها. وهذه الخصائص تتوافق مع شروط طريقة بصك (Ramsay and Huber, 1987).

4- تحليل فورير الرياضي لإيجاد شكل الطية:

بعد تهيئة البروفايلات التركيبية للطيتين في المسارات المحددة بالطريقة المذكورة أنفا، تم إجراء تحليل فورير للمسارات المحددة وذلك باتباع الخطوات التي وضعها العزاوي (العزاوي، 2003).

5- حساب نسب التقصير الموضعي (Local shortening) وعمق سطح الانفصال (Depth of detachment):

لغرض إجراء هذه الحسابات، فقد اعتمدت البروفايالات التركيبية للطيتين في المسارات المحددة والمعدة بناءً على طريقة بصك المذكورة سابقاً ولكن بالنسبة للسطح العلوي لتكوين انجانة. لقد وضعت إجراءات هذه الطريقة من قبل (AL-Azzawi, 2008) واعتمد السطح العلوي لتكوين انجانة في هذه الحسابات وذلك لافتراضه أن ارتفاع السطح العلوي لهذا التكوين كان مساوياً لمستوى سطح البحر في المايوسين المتأخر (Late Miocene). إذ أن تكوين انجانة يمثل ترسيب بيئة نهريّة في المايوسين المتأخر (Jassim and Goff, 2006)، وعدم حدوث تغيرات إيوستاتي (Eustatic difference) في مستوى سطح البحر بين المايوسين المتأخر و الوقت الحاضر (Sharland *et al.*, 2001) في (AL-Azzawi, 2008). ولذلك فقد عد العزاوي (AL-Azzawi, 2008) بأن الرفع التكتوني المضاف يمكن أن يكون مساوياً للارتفاع الحالي للسطح العلوي لتكوين انجانة وقد أشار إليه بالرمز (Injana elevation) (Ie). ولعدم انكشاف السطح العلوي لتكوين انجانة في منطقة الدراسة. فقد تمت الاستعانة بسمك تكويني الفتحة وانجانة في المناطق المجاورة لتعيين السطح العلوي لتكوين انجانة في البروفايالات التركيبية المعدة أصلاً للسطح العلوي لتكوين البلاسي. بعد اكتمال البروفاليل التركيبي تم قياس مساحة البروفاليل بطريقة المربعات وكذلك باستخدام جهاز قياس المساحة (Planimeter)، فيما استخدم جهاز قياس أطوال المنحنيات (Curvimeter) لقياس طول منحنى البروفاليل التركيبي (Lc). وأتبع الخطوات الموضوعة من قبل العزاوي (Azzawi, 2008) في حساب نسب التقصير وعمق سطح الانفصال بعد رسم البروفاليل التركيبي لطيتي بعشيقية والفاضلية.

تحليل طراز الطي في منطقة الدراسة

الوصف الهندسي لطية بعشيقية:

لقد سبق وأن درست ووصفت طية بعشيقية هندسيا وتركيبيا من قبل (العزاوي، 1982). وهي طية محدبة ثنائية الغطس تمتد لمسافة (15) كم باتجاه شمال غرب - جنوب شرق (الشكل 2). وضعية محور الطية في المسارات (1، 4، 5، 8) ((067/12)، (103/3)، (113/2)، (329/16)) على التوالي (الشكل 3). تمتاز المنطقة المفصلية لطية بعشيقية بكونها عريضة وواسعة وتظهر بشكل شبه دائري وتمتاز باحتوائها على مفصلين، وضعية المفصل الجنوبي الغربي في المسارات (4، 5، 6، 7) هي ((271/1)، (120/9)، (123/3)، (291/8)) على التوالي (الشكل 4)، وهو بشكل عام موازي للمفصل الرئيس للطية. وطية بعشيقية غير متناظرة ومتكئة نحو الجنوبي الغربي، وذلك لأن الجناح الجنوبي الغربي اشد ميلاً من الجناح الشمالي الشرقي حيث يبلغ

أعلى ميل في الجناح الجنوبي الغربي (80°). أما في الجناح الشمالي الشرقي فأن أعلى ميل للطبقات الصخرية تم تسجيله هو (30°). يقع الغاطس الجنوبي الشرقي لطية بعشيقية قرب قرية دوباردان. أما غاطسها الشمالي الغربي فينتهي عند قرية كانونة حيث تنحصر بينها وبين طية الفاضلية المحدبة طية مقعرة ضيقة (الشكل 2).

الوصف الهندسي لطية الفاضلية:

تمتد طية الفاضلية المحدبة (شمال غرب - جنوب شرق) بطول (10) كم. و للطية مفصلين أيضا و إن وضعية محور الطية في المسارات (10, 11, 12) هي (305/0)، (123/0)، (300/2) على التوالي (الشكل 5). أما وضعية المفصل الجنوبي الغربي للطية في المسارين (10, 12) فهي (305/1)، (299/2) على التوالي (الشكل 6)، حيث يكون مواز للمفصل الرئيس. وهي طية غير متناظرة ومتكئة نحو الجنوب الغربي. ومن الجدير بالذكر أن (العزاوي، 1982) قد فصل لأول مرة الجزء الغربي من تركيب بعشيقية وسماها طية الفاضلية المحدبة.

التصنيف الهندسي لطيتي بعشيقية والفاضلية:

تصنف كل منهما ضمن الطيات شبه الإسطوانية وذلك لوقوع حوالي (10 %) من أقطاب مستويات التطبيق خارج النطاق المحدد (20°) على جانبي دائرة π في كل من مسارات القياسات في الطيتين، وذلك حسب تصنيف (Ramsay and Huber, 1987). كما تصنف كل من الطيتين بالشبه مسطحة (Gentle) حسب تصنيف (Fleuty, 1964) المبني على قيمة الزاوية الداخلية بين جناحي الطية (Interlimb angle) (الجدول 1). فيما تصنف الطيتين إجمالاً بالقائمة - شبه أفقية وذلك حسب تصنيف (Fleuty, 1964) المبني على مقدار ميل المستوى المحوري (Axial plane) للطية وزاوية غطس خط مفصلها (Hinge line)، (الجدول 2). وتندرج الطيتين ضمن صنف (الأفقية-الأفقية القائمة-القائمة) وذلك حسب تصنيف (Rickard, 1971) المبني على قيمة زاوية إنحراف (Pitch) خط مفصل الطية ضمن المستوى المحوري علاوة على مقدار ميل المستوى المحوري وغطس خط مفصل الطية (الجدول 3).

الشكل 2: الخارطة المورفوتكتونية لطبتي بعشيقية والفاضلية موقعا عليها مسارات الدراسة الحالية وخط المفصل الثانوي لكل من الطبطين، محورة عن (Salih and Al-Daghastani, 1993).

المسار 4

المسار 1

المسار 8

المسار 5

الشكل 3 : مخططات باي (π - diagram) لأقطاب مستويات التطبيق في المسارات المحددة لطية بعشيقية المحدبة. (S.L): الجناح الجنوبي الغربي للطية، (N.L): الجناح الشمالي الشرقي للطية، (β): محور الطية (F.A)، الخط الصلب في المخطط: مستوى باي (π -Circle)، الخط المنقط: المستوي المحوري (Axial Plane).

المسار 5

المسار 4

المسار 7

المسار 6

الشكل 4 : مخططات باي (π diagram) لأقطاب مستويات التطبيق توضح وضعية المفصل الجنوبي الغربي في المسارات المحددة لطية بعشيقية. الرموز كما في (الشكل 3).

المسار 11

المسار 10

المسار 12

الشكل 5 : مخططات باي (π - diagram) لأقطاب مستويات التطبق في المسارات المحددة لطية الفاضلية المحدبة. الرموز كما في (الشكل 3).

المسار 12

المسار 10

الشكل 6: مخططي باي (π - diagram) لأقطاب مستويات التطبيق توضح وضعية المفصل الجنوبي الغربي في المسارات المحددة لطية الفاضلية. الرموز كما في (الشكل 3).

الجدول 1: تصنيف طيتي بعشيقية والفاضلية حسب (Fleuty , 1964) المبني على قيمة الزاوية الداخلية بين جناحي الطية.

الطية	المسار	قيمة الزاوية الداخلية	صنف الطية
بعشيقية	1	153	شبه مسطحة Gentle
	4	137	شبه مسطحة Gentle
	5	137	شبه مسطحة Gentle
	8	159	شبه مسطحة Gentle
الفاضلية	10	144	شبه مسطحة Gentle
	11	132	شبه مسطحة Gentle
	12	137	شبه مسطحة Gentle

الجدول 2: تصنيف طبتي بعشيقية والفاضلية حسب (Fleuty, 1964) المبني على مقدار ميل المستوى المحوري للطية وزاوية غطس خط مفصلها، وضعية المستوي المحوري (dip direction/dip amount).

نوع الطية	وضعية		المسار	الطية
	المستوي المحوري	محور الطية		
طية (قائمة - طفيفة الغطس)	158 / 87	067/12	1	بعشيقية
طية (شديدة الميل - شبه أفقية)	014 / 75	103 / 3	4	
طية (قائمة - شبه أفقية)	023 / 83	113 / 2	5	
طية (قائمة - شبه أفقية)	058 / 89	329 / 6	8	
طية (شديدة الميل - شبه أفقية)	035 / 65	305 / 0	10	الفاضلية
طية (قائمة - شبه أفقية)	033/87	123/0	11	
طية (قائمة - شبه أفقية)	033/84	300/2	12	

الجدول 3: تصنيف طبتي بعشيقية والفاضلية حسب (Rickard, 1971) المبني على قيمة زاوية إنحراف خط مفصل الطية ضمن المستوى المحوري (Pitch) علاوة على مقدار ميل المستوى المحوري للطية وزاوية غطس خط مفصلها.

الفاضلية			بعشيقية				الطية
12	11	10	8	5	4	1	المسار
02°W	00°E	00°W	06°N	02°E	03°E	12°E	زاوية الانحراف
أفقية قائمة	أفقية قائمة	أفقية	أفقية قائمة	أفقية قائمة	أفقية قائمة	أفقية	صنف الطية

التحليل الرياضي للطبي (تحليل فورير):

يلاحظ من (الجدول 4) أن نمط الطية الناتج عن تحليل فورير في الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقية في المسارين (4 و 5) هو (نصف أهليجية - صندوقية)، بينما نمط الطية في الجناح الشمالي الشرقي ولنفس المسارين يكون (شيفرونية - جيبية) و (جيبية) على التوالي. أما في طية الفاضلية فقد وجد أن نمط الطية في الجناح الجنوبي الغربي للمسار (11) هو (قطع مكافئ - نصف أهليجية) وفي المسار (12) يكون (نصف أهليجية - صندوقية). أما في الجناح الشمالي الشرقي لنفس الطية فأن نمط الطية في المسارين (11) و (12) هو (جيبية - قطع مكافئ) و (شيفرونية) على التوالي. ويستنتج من ذلك أن الجناح الجنوبي الغربي لطيتي بعشيقية والفاضلية هو أكثر تطورا من الجناح الشمالي الشرقي للطيتين. ذلك أن تطور الطي يتدرج من الشكل (الشيفروني - الجيبية - القطع المكافئ - النصف أهليجي والى الشكل الصندوقي) حسب (Hudleston, 1973). وهذا يدل على أن الجناح الجنوبي الغربي للطيتين قد عانى اجهادات أشد مما عانى الجناح الشمالي الشرقي. ويتوافق ذلك مع اتكاء الطيتين نحو الجنوبي الغربي، حيث إن الجناح الجنوبي الغربي لكل منهما اشد ميلا من جناحهما الشمالي الشرقي، وقد تجلت شدة الطي في الجناح الجنوبي الغربي للطيتين بتكوين خط مفصل ثاني (الصور 1، 2، 3، 6، 8 و 10، الأشكال 2، 4 و 6) وتكوين فالقين معكوسين يمتدان على طول ذلك الجناح في طية بعشيقية فضلا عن فوالق الإزاحة المضربية الموضعية (الصور 4، 5، 6، 7، 8 و 9) والكثافة العالية للفواصل. كما تجسد ذلك التطور في الانقلاب الموضعي للطبقات في الجناح الجنوبي الغربي لطية الفاضلية وتكون فالق معكوس وبعض الطيات الثانوية (الصور 10، 11 و 12).

الصورة 1 : توضح المفصل الجنوبي الغربي لطية بعشيقية المحدبة في تكوين البلاسي /المسار 4.

الصورة 2: توضح المفصل الجنوبي الغربي لطية بعشيقية المحدبة في تكوين البلاسي /المسار 7.

الصورة 3: توضح المفصل الجنوبي الغربي لطية الفاضلية المحدبة في تكوين البلاسي /المسار 12.

الصورة 5: الفالق المعكوس الرئيس (1) في المسار (5) - الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقة.

الصورة 4: الفالق المعكوس الرئيس (1) في المسار (6) - الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقة.

الصورة 7: الفالق المعكوس الثانوي في المسار (6) - الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقة.

الصورة 6: الفالق المعكوس الرئيس (2) في المسار (3) - الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقة.

الصورة 9: فالق إزاحة مضربية يمينية في المسار
(4) - أجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقة.

الصورة 8: الفالق ألمعكوس ألتانوي في المسار
(4) - الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقة.

الصورة 10: الانقلاب الموضعي للطبقات-الجناح الجنوبي الغربي لطية الفاضلية في تكوين
البلاسي في المسار 12.

الصورة 11: طية ثانوية في تكوين الفتحة - الجناح الجنوبي الغربي
لطيّة الفاضلية في المسار 12.

الصورة 12: طية ثانوية في تكوين الفتحة في الغاطس الشمالي
الغربي لطيّة الفاضلية

الجدول 4: يوضح نتائج تحليل فورير في المسارات المحددة في طيتي بعشيقة والفاضلية.

نوع الطية	b_3 / b_1	b_3	b_1	Y_3	Y_2	Y_1	AQW cm	y_3 cm	y_2 cm	y_1 cm	الجنح	المسار	الطية
نصف أهليجية – صندوقية	0.222042461	0.044389881	0.199916181	0.161205357	0.168214285	0.1471875	11.2	1.15	1.2	1.05	الجنوبي الغربي	4	بعشيقة
شيفرونية – جيبية	- 0.014370412	- 0.007288765	0.507206403	0.511671309	0.441699164	0.244902507	17.95	5.85	5.05	2.8	الشمالي الشرقي	4	
نصف أهليجية – صندوقية	0.2958	0.055087719	0.18622921	0.135215311	0.157751196	0.150239234	10.45	0.9	1.05	1	الجنوبي الغربي	5	
جيبية	0.006	0.004197861	0.600353236	0.600294117	0.516336898	0.30644385	18.7	7.15	6.15	3.65	الشمالي الشرقي	5	
قطع مكافئ – نصف أهليجية	0.074	0.02540453	0.339958172	0.320097087	0.28961165	0.198155339	5.15	1.05	0.95	0.65	الجنوبي الغربي	11	الفاضلية
جيبية – قطع مكافئ	0.0339	0.017840909	0.525124977	0.517386363	0.446022727	0.285454545	8.8	2.9	2.5	1.6	الشمالي الشرقي	11	
نصف أهليجية – صندوقية	0.228	0.08051282	0.352522241	0.289846153	0.289846153	0.265692307	3.25	0.6	0.6	0.55	الجنوبي الغربي	12	
شيفرونية	- 0.452	- 0.3	0.663156203	0.682608695	0.557463768	0.341304347	6.9	3	2.45	1.5	الشمالي الشرقي	12	

Y_1, Y_2, Y_3

محاور ستابلر (Stabler, 1968)

AQW

قاعدة ربع طول الموجة

Y_1, Y_2, Y_3 ($Y_i = (y_i \times \pi) / (2 \times AQW)$)

قيم ستابلر القياسية

$b_1 = (y_1 + \sqrt{3}y_2 + y_3) / 3$, $b_3 = (2y_1 - y_3) / 3$ b_1, b_3 معاملي فورير

حساب نسب التقصير الموضعي وعمق سطح الانفصال:

يبين (الجدول 5) نتائج حسابات نسب التقصير وعمق سطح الانفصال في مسارات محددة لكل من طيتي بعشيقية والفاضلية. وتظهر هذه الحسابات أن عمق سطح الانفصال في طية بعشيقية هو أكبر من ذلك في طية الفاضلية بكثير. فيلاحظ بأن عمق سطح الانفصال في طية بعشيقية في المسارين (4) و (5) يصل ((11.04 كم و (11.2) كم على التوالي استناداً على البروفایل التركيبي للسطح العلوي لتكوين انجانة. أما في طية الفاضلية فأن عمق سطح الانفصال في المسارين (11) و (12) يبلغ (6.39) كم و (5.51) كم على التوالي حسب البروفایل التركيبي للطية و للسطح العلوي لتكوين انجانة أيضاً. و فيما يخص نسب التقصير فقد أظهرت الحسابات إن نسبة التقصير في طية بعشيقية أقل منها في طية الفاضلية (الجدول 5). فوفق هذه الحسابات بلغت نسب التقصير في طية بعشيقية في المسارين (4) و (5) (8.87 %) و (8.66 %) على التوالي، أما في طية الفاضلية في المسارين (11) و (12) فقد بلغت (12.17 %) و (13.29 %) على التوالي. إن سبب هذا التباين قد يعود أولاً إلى تفاوت عرض الطيتين ذلك أن المنطقة المفصلية لطية بعشيقية في المسارين 4 و 5 أعرض كثيراً عن المنطقة المفصلية لطية الفاضلية في المسارين 11 و 12.

لقد أظهرت دراسة (الشالي، 1992)، تفاوت في نسب التقصير ما بين خمسة مسارات إقليمية في نطاق طيات الفورلاند وهي (السليمانية SW ، السليمانية NE ، شقلاوه، دهوك، زاخو). فقد بلغت نسب التقصير في المسارات أعلاه (5، 12، 8، 20، 6.5) على التوالي . وأوردت (الشالي، 1992) نقلاً عن (Less, 1952) بأن التباين في نسب التقصير سببه وجود الفوالق القاعدية. وبين نعمان (Numan, 1991) إن الحركات اللاحقة قد جددت الإزاحة على تلك الفوالق القاعدية وأن التباين في إزاحات تلك الفوالق أدى إلى نسب تقصير متباينة.

وفضلاً عن تأثير اختلاف الأبعاد الهندسية بين طيتي بعشيقية والفاضلية في حسابات عمق سطح الانفصال ونسب التقصير، فإنه يمكن أن يعزى التفاوت بين الطيتين في نتائج الحسابات كذلك إلى التأثير المحتمل للفوالق القاعدية تحت التركيبين.

إن التطور المتقدم للطية في الجناح الجنوبي الغربي لكل من الطيتين مقارنة بجناحهما الشمالي الشرقي حسب تحليلات فورير المذكورة أنفا يفرض احتمال وجود فالقي انفصال فورلانديي الاتكاء مزاحين عن بعضهما في المضرب تحت كل من الطيتين. وأن التباين المحسوب في عمق سطح الانفصال ونسبة التقصير بين الطيتين ربما يعود إلى اختلاف الأبعاد الهندسية لفالقي الانفصال المفترضين اللذين أعيد نشاطهما بصورة معكوسة أثناء عملية الطية.

الشكل 7: مرئية فضائية توضح طيات بعشيقة والفاضلية ومقلوب المكدبة والفوالق المعكوسة الرئيسة فيها والتخطيط الذي يمثل فالق إزاحة مضرية يمينية ما بين طيتي بعشيقة والفاضلية.

المسار	الطية	LC km	Lo km	SC = LC- Lo km	Asr km ²	$h = \text{Asr} \backslash$ SC km	AF=Lo×h km ²	Ie km	Ta=Ie×Lo km ²	AR= Ta+Asr km ²	Shortening % AR \ AF×100
4	بعشيقية	7.52	7.096	0.424	4.685	11.04	78.33984	0.32	2.27072	6.95572	8.878
5	بعشيقية	7.640	7.222	0.418	4.7	11.2	80.88	0.32	2.31	7.01	8.668
11	الفاضلية	4.94	4.61	0.33	2.11	6.39	29.4579	0.32	1.4752	3.5852	12.170
12	الفاضلية	4.16	3.870	0.29	1.6	5.51724	21.3517188	0.32	1.2384	2.8384	13.293

الجدول 5: نتائج حسابات نسب التقصير وعمق سطح الانفصال في المسارات المحددة لطيتي بعشيقية الفاضلية

LC : الطول المنحني للطبقات بعد التشويه.

L0 : الطول الأفقي لمقطع الطي.

SC : منحني التقصير.

Asr : مساحة الارتفاع التركيبي

h : عمق الطي (عمق الانفصال).

AF : مساحة المقطع للكتلة الصخرية الواقعة تحت الصخور المنكشفة.

Ie : ارتفاع السطح العلوي لتكوين انجانة.

Ta : الرفع التكتوني الإضافي.

AR : المساحة الكلية لمقطع الطية.

علاقة الفوالق بالطي في منطقة الدراسة:

هناك نوعين من العلاقة بين الطيات والفوالق:

- 1- الطيات المتكونة بانتشار الفوالق (Fault propagation folds). وهي الطيات التي تنشأ متقدمة لإنتشار طرف الفالق (fault tip)، وهي غير متناظرة وتتكئ باتجاه تقدم الفالق. ويظهر الموديل الهندسي لهذه الطيات أن طرف الفالق ينتشر نحو أعلى المقطع الطبقي مع استئطالة جناحي الطية الأمامي والخلفي (Mitra, 1990 ; Cardoza et al., 2003; Van der Pluijm and Marshak, 2004; Suppe and Medwedeff, 1990).
 - 2- الفوالق المساهمة في الطي (Fold accommodation faults). وفيها تكون الفوالق ثانوية بالنسبة للطّي، وتكون هذه الفوالق أقل انزلاقاً من الفوالق الرئيسية المسببة للطّي، فضلاً عن احتمال تغير مقدار الانزلاق نحو أسفل وأعلى ميل هذه الفوالق، ولذلك فعادةً ما تنتهي هذه الفوالق ضمن التركيب دون ارتباطه بسطح فصل رئيس (Detachment). لقد وصفت أمثلة متنوعة من تلك الفوالق المساهمة في الطي من قبل (Serra, 1977 ; Dahlstrom, 1970 ; De sitter, 1964) إلا أن التطور الهندسي والكاينماتي لهذه العلاقة فقد استتجت من قبل (Mitra, 2002).
- وفي منطقة الدراسة الحالية عد الباحثان الفوالق العكسية في كل من جناحي طية بعشيقية وكذلك في الجناح الجنوبي الغربي لطيّة الفاضلية بمثابة فوالق مساهمة في عملية الطي وذلك للأسباب التالية:
- 1- ميل هذه الفوالق بنفس اتجاه ميل الطبقات في كل من هاتين الطيتين.
 - 2- إن اتجاه وطبيعة الانزلاق العكسي (Reverse slip) على هذه الفوالق متوافق مع اتجاه وطبيعة القص (Shear) في كل من جناحي الطيتين والناجمة عن آلية الانثناء الأنزلاقي (Flexural slip folding) وطبقاً لذلك فإن هذه الفوالق تُعدّ متوافقة (Synthetic) في كل من الطيتين.
 - 3- الفالق العكسي الرئيس (2) في الجزء الشرقي من الجناح الجنوبي الغربي لطيّة بعشيقية يبدو أحدث نسبياً من الفالق العكسي الرئيس (1) في الجزء الغربي من الجناح نفسه، إذ لم يسفر عن الفالق (2) أية إزاحة معتبرة مقارنة بالإزاحة الظاهرية والحاجز (Escarpment) الطبوغرافي الذي سببه الفالق الرئيس (1) في الجناح الجنوبي الغربي للطية (الشكل 7).

الموديل التركيبي المقترح لطيتي بعشيقية والفاضلية:

يلاحظ في الخارطة المورفوتكتونية لطيتي بعشيقة والفاضلية ان هناك نمطا هندسيا مميزا ولا سيما في الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقة. فالجزء الوسطي من هذا الجناح يبدو مندفعا باتجاه الجنوب الغربي مقارنة بالجزأين الغربي والشرقي من الطيتين (الشكل 2). ويلاحظ أن درجة التشويه في هذا الجزء الوسطي المندفع أعلى مما في الجانبين الآخرين، حيث يتميز بتعدد الفوالق العكسية وتكون خط مفصل ثاني للطية نتيجة الانحناء الحاد للطبقات في هذا الجزء الوسطي. إن الحد الشمالي الغربي لهذا الجزء الوسطي المندفع إلى الجنوب الغربي مؤشر بانحناء حاد في مضرب الطبقات من (شمال غرب) إلى (شمال . جنوب) تقريبا ومن ثم إلى (شمال غرب). ويتطابق هذا الانحناء مع الغاطس الشمالي الغربي العريض لطية بعشيقة، ويظهر في المرئية الفضائية على هيئة خطية (Lineament) (الشكل 7). لقد سبق وان فسر العزاوي (العزاوي، 1982) هذه الخطية بفالق إزاحة مضربية يمينية وقد أدى هذا الفالق إلى فصل طية الفاضلية عن طية بعشيقة. أما الحد الجنوبي الشرقي للجزء الوسطي المندفع فيعد مؤشرا بتغير فجائي في مضرب الطبقات من (شمال غرب) إلى (شرق غرب) وذلك عند الوادي المستعرض المحاذي لالتواء الطريق العام المؤدي إلى قمة الجبل (GPS : N: 36° 27' 25.2", E: 43° 21' 33.5"). وظهرت هناك إزاحة جانبية ظاهرية يسارية لحد التماس بين تكويني البلاسي والفتحة على جانبي هذا الوادي المستعرض. كما يلاحظ زيادة ميل الطبقات في الجانب الشمالي الغربي مباشرة من الوادي المستعرض بالمقارنة مع ميل نفس الطبقات في الجانب الآخر من نفس الوادي. هذا فضلا عن الانخفاض الطبوغرافي لمستوى خط المفصل الثاني للطية في الجانب الشمالي الغربي من الوادي المستعرض قياسا إلى مستواه في الجانب الآخر من الوادي. وتشير هذه الملاحظات الحقلية إلى احتمال تطابق هذا الحد بفالق مستعرض دوراني (Rotational transverse fault).

وكان متعب (متعب، 2000) قد فسر من دراسة المقاوميه الكهربائية في المنطقة احتمال وجود فالقين تحت سطحين مضربيين الإزاحة أحدهما يميني (SF3) والآخر يساري (SF4). ويجدر بالملاحظة هنا أن هذين الفالقين المستعرضين بالنسبة لامتداد طيتي بعشيقة والفاضلية يتطابقان مع الحدين الشمالي الغربي والجنوبي الشرقي للجزء الوسطي المندفع من طية بعشيقة (الشكل 8).

الشكل 8: الخارطة التكتونية والتركيبية لمنطقة بعشيقية توضح فالقي الإزاحة المضربيين، فالق الشور المضربي اليميني (SF3) وفالق بعشيقية ألمضربي (SF4) اليساري عن (متعب، 2000).

وبناءً على ما تقدم فإن هذا الجزء الوسطي المندفع من طية بعشيقية والواقع بين الفالقين المستعرضين ألمضربي الإزاحة (SF3 , SF4) قد يكون كتلة الحائط العلوي لفالق الانفصال (Detachment) الفورلاندي الاتكاء وانعكست الحركة عليه أثناء وبعد التصادم القاري بين الطبقتين العربي والأوراسي. وبذلك فإن فالقي الإزاحة المضربية (SF3 , SF4) يمكن اعتبارهما مصطبتان جانبيتان (Lateral ramps) لفالق الانفصال الرئيس. وأن الفوالق العكسية الظاهرة على الجناح الجنوبي الغربي في طية بعشيقية (ضمن الجزء الوسطي المحدد) هي فوالق غير متوافقة (Antithetic) نسبة للحركة على فالق الانفصال، قد ترتبط في الأعماق مع فالق الانفصال الرئيس المذكور أعلاه. أما الفالق المعكوس في الجناح الشمالي الشرقي لطية بعشيقية، وكذلك الفالق المعكوس في الجناح الجنوبي الغربي لطية مقلوب الذي سبق وأن ورد ذكره في

(Barwary, 1983) فيمكن اعتبارهما فالقين متوافقين (Synthetic) نسبة للحركة على فالق الانفصال، ومرتبطين في العمق كذلك مع فالق الانفصال الرئيس. يوضح الشكلان (9 و 10) الموديل التركيبي المقترح لتفسير الظواهر التركيبية في طيتي بعشيقية والفاضلية.

الشكل 9: الموديل التركيبي المقترح لفالق الانفصال في طية بعشيقية. (SF4) فالق بعشيقية المضربي اليساري. (SF3) فالق الشور المضربي اليميني.

(F1) الفالق المعكوس الرئيس في الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقية.

(F3) الفالق المعكوس الرئيس في الجناح الشمالي الشرقي لطية بعشيقية.

(R1) الفالق المعكوس الثانوي الممتد من وادي رأس العين (المسار 5) إلى وادي بحزاني (المسار 6).

(F4) الفالق المعكوس الرئيس في الجناح الجنوبي الغربي لطية مقلوب.

ان تاثير انعكاس الحركة على الفوالق اللسترية الموروثة في طراز الطي في نطاق طيات الفورلاندي العراقي قد أثبتت من قبل (Numan and AL-Azzawi, 1993) و(العزاوي، 2003) و(الحبيطي، 2008) و(الخاتوني، 2009)، إن انعكاس الحركة على فالق الانفصال أسفل الجزء الوسطي من طيتي بعشيقية و الفاضلية وما نتج عنها من فوالق عكسية متوافقة وغير متوافقة على جناحي طية بعشيقية وفي الجناح الجنوبي الغربي لطيتي الفاضلية ومقلوب قد ساهمت بصورة فعالة في عملية الطي وطراره في طيتي بعشيقية و الفاضلية. ومن الجدير بالذكر هنا أن صالح والداغستاني (Salih and Al-Daghastani, 1993) قد وضعوا موديلاً لتفسير الظواهر التركيبية والجيومورفولوجية المميزة لتكوين بعشيقية يتضمن نظام فوالق زحف مزدوج Duplex وتتابع Piggy-back sequence. ورغم معقولية هذا الموديل في معالجته للظواهر التركيبية للمنطقة، ألا أن الموديل المقترح في الدراسة الحالية يلائم البيئة التكتونية لمنطقة البحث إذ أنها تمثل الانتقال بين نطاقي الطيات الواطئة والعالية وبعيدة عن نطاق فوالق الزحف في أقصى شمال شرق العراق. إن العديد من المقاطع الزلزالية المنجزة في شمال العراق في الآونة الأخيرة وتحديدًا في طيتي مقلوب والشيخان متوافق مع الإطار العام للموديل المقترح في الدراسة الحالية.

الشكل 10: مقطع عرضي تخطيطي بدون مقياس (A-B) للموديل التركيبي المقترح لطيّة بعشيقية في هذه الدراسة.

الاستنتاجات

- 1- إن طيتي بعشيقة والفاضلية عبارة عن طيتين محدبتين غير متناظرتين ومتكئتين نحو الجنوب الغربي وتمتدان باتجاه شمال غرب - جنوب شرق. ولكل منهما خطين مفصليين أحدهما رئيسي وآخر ثانوي. وتبين من معطيات مخططات باي (π - Diagram) أن كلاً من الطيتين وفي معظم مسارات الدراسة هي (اسطوانية، وشبه مسطحة، وشبه أفقية - أفقية قائمة) مما يعكس تكونهما تحت تأثير إجهادات انضغاطية أفقية متوسطة الشدة قادمة من الشمال والشمال الشرقي نتيجة تصادم الطبقة العربي مع الأوراسي.
- 2- أظهرت نتائج التحليل الرياضي للطبي (تحليل فورير) أن الجناح الجنوبي الغربي لكلاً من طيتي بعشيقة والفاضلية هو أكثر تطوراً وأنه قد عانى من إجهادات اشد مما عانى منه الجناح الشمالي الشرقي. إن ما يعزز زيادة شدة الطي في الجناح الجنوبي الغربي لهاتين الطيتين مقارنة بجناحهما الشمالي الشرقي يكمن في الحقائق التالية: اتكاء الطيتين باتجاه الجنوب الغربي، تكون خط مفصل ثاني في الطيتين، تعدد الفوالق العكسية على طول الجناح الجنوبي الغربي في طية بعشيقة والانقلاب الموضعي للطبقات في الجناح الجنوبي الغربي لطيّة الفاضلية وتكون فالق معكوس وبعض الطيات الثانوية.
- 3- نسب التقصير المحسوبة في طية بعشيقة أقل مما في طية الفاضلية، بينما عمق سطح الانفصال في طية بعشيقة أكبر من ذلك في طية الفاضلية. أن التباين في نسب التقصير وعمق سطح الانفصال المحسوب موضعياً بين هاتين الطيتين قد يعكس الاختلاف في بنية القاعدة الصخرية تحتها.
- 4- الفوالق السائدة في طيتي بعشيقة والفاضلية هي الفوالق المعكوسة الرئيسة والثانوية، مع وجود بعض فوالق الأزلح المضربية الموضعية. مما يعكس سيادة الاجهادات الانضغاطية في المنطقة، وتعد هذه الفوالق مساهمة في عملية الطي.
- 5- الفوالق العكسية في جناحي طية بعشيقة قد تلتقي بالعمق مع فالق الانفصال الفورلاندي الاتكاء، وإن الحركة العكسية لهذا الفالق تحت السطحي في فترة الانضغاط قد ساهمت في عملية الطي أيضاً.

المصادر العربية

- الشالي، ريزان علي إسماعيل، 1992. موازنة مقاطع مختارة في قطاع الطيات البسيطة في شمال العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، العراق.
- الحبيطي، صفوان طه، 2008. تغيرات الطراز التكتوني على طول محور طية بيخير المحدبة - شمال العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، العراق.
- الخاتوني، صدام عيسى، 2009. التحليل التركيبي والتفسير التكتوني لطيّة الشخان المحدبة - شمال العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، العراق.
- العزاوي، نبيل قادر بكر، 2003. التطور التركيبي لشكل طيات نطاق الفورلانند في العراق ومدلولاته التكتونية، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة الموصل، العراق.
- العزاوي، نبيل قادر بكر، 1982. دراسة مقارنة في الطراز التكتوني للطيات لثلاث مناطق في قطاع الطيات البسيطة في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، العراق.
- متعب، مروان متعب، 2000. إضافات جديدة حول جيولوجية منطقة الموصل في ضوء التحري الجيوفيزيائي، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة الموصل، العراق.

المصادر الأجنبية

- Al-Azzawi, N. K., 2008. Local Shortening of Folds and Detachment Surface Depth with Examples from the Foreland Belt of Iraq. Iraqi Jour. Earth sci., Vol. 8, No. 1, pp. 34 - 43.
- Barwary, A.M., 1983. Regional Geological Survey of Khazir – Comel Area. Unpubl. (SOM), report No. I 137, part 1, (SOM) library, pp. 6 - 23.
- Cardoza, N., Bhalla, K., Zehnder, A.T., Allmendinger, R.W., 2003. Magmatism and Propagation Folds and Comparison to the Trishear Kinematic Model. Journal of structural geology, Vol. 25, pp. 1 - 18.
- Dahlstrom, C. D. A., 1970. Structural Geology in the Eastern margin of the Canadian Rocky Mountains. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Vol. 18, pp. 332 - 406.
- De Sitter, L. U., 1964. Structural Geology. 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 551 p.

- Fleuty, M. J, 1964. The Description of Folds. Proc. Geol. Ass. London, Vol. 75, pp. 470 - 488.
- Hudleston, P. J., 1973a. Fold Morphology and Some Geometrical Implications of Theories of Fold Development. Tectonophysics, Vol. 16, pp.1 - 46.
- Jassim, S. Z. and Goff J. C., 2006. Geology of Iraq. Published by Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno Czech Republic, 2006. 337 p.
- Mitra, S., 2002. Fold – Accommodation Faults. AAPG Bulletin, Vol. 86, No. 4, pp. 671 - 693.
- Mitra, S., 1990. Fault – Propagation Folds: Geometry, Kinematic evolution and Hydrocarbon Traps. AAPG Bulletin, Vol. 74, pp. 921- 945.
- Numan, N. M. S., 1991. Extensional and Wrench Tectonics in the Foreland Folds Belt in Northern Iraq with Geotectonic implications. First Inter. Conf. on the Geology of the Arab world, Cairo University, Egypt.
- Numan, N. M. S. and Al-Azzawi, N. K., 1993. Structural and Geotectonic Interpretation of Vergence Directions of Anticlines in the Foreland Fold of Iraq. Abhath Al-Yarmouk ("Pure Science and Engineering", Yarmouk University, Jordan), Vol. 2, No. 2.
- Ramsay, J. G. and Huber, M. I., 1987. The Techniques of Modern structural Geology: Vol. 2, Folds and Fractures, Academic Press, London, UK, 700 p.
- Rickard, M. J., 1971. A classification Diagram for Fold Orientation. Geol., Vol. 198, pp.22 – 26.
- Salih, M.R. and Al-Daghasani, H.S., 1993. Thrust Mechanisms and Their Relationship with Folding and Geomorphology of Bashiqa Structure, North of Iraq. Iraqi Geological Journal. Vol. 26, No. 2, pp. 62 - 70.
- Serra, S., 1977. Styles of Deformation in the Ramp Regions of Over Thrust Faults. Wyoming Geological Association Handbook, 29th Annual Field Conference, pp. 487 - 498.
- Stabler, C. L., 1968. Simplified Fourier Analysis of Fold Shape. Tectono-physics, Vol. 6, No. 4, pp. 343 - 350.
- Suppe, J. and Medwedeff, D. A. 1990. Geometry and Kinematics of Fault – Propagation Folding. Eclogae Geology Helvetiae, Vol.83, pp. 909 - 954.
- Van der Pluijm Ben, A. and Marshak Stephen, 2004. Earth Structure – An Introduction to Structural Geology and Tectonics. 2nd edition, W.W. Norton and Company, New York, London, 656 p.