



المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل The Scientific Journal of King Faisal University

العلوم الأساسية والتطبيقية
Basic and Applied Sciences



Structural Analysis of Joints Systems in Karbala and Al-Najaf Governorates, Central Iraq

Ahmed Abbas Hasan Al-Moadhen

Remote Sensing Department, College of Remote Sensing and Geophysics, AlKarkh University of Science, Baghdad, Iraq

التحليل التركيبي لأنظمة الفواصل في محافظة النجف وكربلاء- وسط العراق

أحمد عباس حسن المؤذن

قسم التحسس النائي، كلية التحسس النائي والجيوفيزياء، جامعة الكرخ للعلوم، بغداد، العراق

KEYWORDS الكلمات المفتاحية

Arabian plate, major stresses, tectonic history
التاريخ التكتوني، الجهود الرئيسية، الصفيفة العربية

ACCEPTED القبول

09/01/2020

PUBLISHED النشر

01/10/2020



<https://doi.org/10.37575/bs/20207>

ABSTRACT

The primary objective of studying the joints in this area is to understand the tectonic history of the Arabian Plate and to identify the direction of the region's major stresses. This research deals with structural analysis of joints systems existing in Injana Formation (Middle Miocene). In the study area, joints form two systems; each system contains two orthogonal sets of vertical joints, fissures, and veins. The general strike direction of the two sets of one system are NE-SW and NW-SE, while the general strike direction of the two sets of the second system are N10E and N8SE. The outstanding similarity in strike orientations between joints sets in Tar Al-Sayed and joints sets in Tar Al-Najaf strongly suggest a common origin. Fractures have the same origin, and these fractures are interpreted as extension fractures, which are found parallel to the greatest principle stress (δ_1). From the geometry of fractures, it is possible to envisage the movement history of the Arabian Plate toward the northeast and toward the north. The greatest principle stress is oriented in two main directions: NE-SW and N-S, subsequently. The least principle stresses are oriented in NW-SE and E-W directions, respectively, while the intermediate principle stress is oriented perpendicular to the plane containing (δ_1) and (δ_3). The greatest stress (δ_1) is in the N45E direction, and the least stress (δ_3) is in the N45W direction.

المخلص

إن الهدف الرئيسي من دراسة الفواصل في منطقة الدراسة هو فهم أكبر للتاريخ التكتوني للصفيفة العربية وتحديد اتجاه الجهود الرئيسية للمنطقة. تناول هذا البحث التحليل التركيبي لأنظمة الفواصل التي توجد في مناطق وسط العراق. تضمنت الدراسة قياس أنظمة ومجاميع الفواصل في صخور تكوين أنجانة العائدة للميوسين الأوسط. تشكل الفواصل نظامين. يتكون كل نظام من مجموعتين متعامدتين من الفواصل العمودية. إن الاتجاه العام لمضرب المجموعتين العائدتين للنظام الأول هما: شمال شرق - جنوب غرب، وشمال غرب - جنوب شرق، في حين أن الاتجاه العام لمجموعتي النظام الثاني هما: شمال 10 شرق، وشمال 85 شرق. إن التشابه الملحوظ في خطوط المضرب بين أنظمة الفواصل في منطقة طار السيد وأنظمة الفواصل في منطقة طار النجف تشير بقوة إلى الأصل المشترك لهذه الفواصل وتفسر على أنها فواصل استطالة. إن فواصل الاستطالة تكون موازية لاتجاه الجهد الأعظم (δ_1). من هندسة الفواصل يمكن أن نتصور أن تاريخ حركة الصفيفة العربية كان باتجاه الشمال الشرقي والشمال. وأن اتجاه الجهد الأعظم كان في اتجاهين رئيسيين: هذان الاتجاهان هما (شمال شرق - جنوب غرب) واتجاه (شمال- جنوب) على التوالي، في حين كان اتجاه الجهد الأقل هو (شمال غرب - جنوب شرق)، واتجاه (شرق - غرب) على التوالي، في حين كان اتجاه الجهد المتوسط عمودياً على المستوى الذي يحتوي على (δ_1) و (δ_3). يكون اتجاه الجهد الأعظم δ_1 في اتجاه N45E. أما اتجاه الجهد الأقل δ_3 فهو W45N.

لهذه الكسور واتجاه الجهود المسببة لها. أما الفواصل غير النظامية (Non-Systematic Joints) فتمتاز بكونها غير منتظمة ولا تظهر علاقة واضحة مع الجهود الرئيسية المسببة لها. ولا تتميز هذه الفواصل بالتوزيع المكاني المنتظم لا من حيث توازي أجزائها، ولا من حيث استوائية أسطحها (Hatcher, 1995: 155) (Price, 1966: 113) (Suppe, 1985: 177) (Van der Pluijm, and Marshak, 1997: 140).

تتواجد الفواصل على شكل مجاميع (Joints sets) وتكون فواصل المجموعة الواحدة متوازية في زاوية ميلاتها واتجاهاتها تقريبا، وعندما تتقاطع مجموعتان أو أكثر بزوايا ثابتة في منطقة معينة تشكل ما يسمى بنظام الفواصل (Joints system). إن الفواصل تختلف عن بعضها البعض في الكثير من الخصائص الحقلية مثل وضعية الفواصل، عدد مجاميعها، ترددها، امتداد مستوياتها وطبيعتها أسطحها. إن اختلاف هذه الخصائص الحقلية هو نتيجة التفاعل المعقد بين مجموعة من العوامل مثل اتجاه وشدة حقل الجهد المسلط وضغط العمود الصخري ونوعية الصخور وسمك الوحدة الصخرية (Billing, 1974: 151) (Desitter, 1964: 77).

درس Banat et al. (1980) طباقية ورسوبية وتركيبية منطقة الطار؛ حيث أشاروا إلى أن أنظمة الكسور الموجودة في المنطقة تكون مشابهة إلى أنظمة الكسور الشدية المصاحبة لطيات جبال زاكروس وطوروس (Banat et al., 1980: 398). كما درس Al-Moadhen (2018) الكهوف الموجودة في جزء من منطقة الدراسة؛ حيث وجد أن هنالك علاقة قوية بين الكهوف والفواصل الموجودة ضمن تكوين أنجانة؛ حيث أدت الكسور دوراً أساسياً في تكون وتطور تلك الكهوف (Al-Moadhen, 2018: 8).

توضح الدراسات الحقلية للمنطقة المدروسة أن التشوه في الصخور يتمثل بشكل أساسي بالتكسر (Fracturing)، يهدف البحث إلى تحليل أنظمة الفواصل في المنطقة المدروسة وإلقاء الضوء على أصلها وميكانيكية نشوئها.

1. المقدمة

تُعرف الكسور على أنها التراكيب التي تفقد عندها الصخور قوتها وتماسكها، وتعتبر من سمات الانهيار الهش للصخور (Spencer, 1977: 132). تقسم الكسور اعتماداً على أطوالها إلى كسور كبيرة تقطع وحدات صخرية (Ramsay and Huber, 1987: 561) وكسور صغيرة والتي تكون محصورة في وحدة صخرية واحدة. يحدد امتداد الكسور في الحقل بمقياس الأثر الجانبي (Lateral trace) والذي يمثل خط تقاطع السطح الفاصل مع مستوى التطبيق (Hodgson, 1961: 503).

إن معظم المكاشف الصخرية تحتوي على كسور، تقسم الكسور إلى مجموعتين، المجموعة الأولى الكسور التي تحصل فيها إزاحة ملحوظة موازية لمستوى الكسر، وتدعى (بكسور القص - Fossen Shear Fractures) (2010: 121). أما المجموعة الثانية فهي الكسور التي تظهر إزاحة بسيطة للغاية عمودية على أسطحها ولا تظهر أي إزاحة موازية هذه الأسطح فتدعى بالفواصل (Joints) (Billing, 1974: 141, Hatcher, 1995: 155, Hobbs et al., 1976: 773).

إن الفواصل هي أسطح عدم الاستمرارية (Discontinuity) لمنشأ تكتوني، تتميز هذه الأسطح بأنها مستوية، وملساء نسبياً، أما أطوالها فتتراوح من عشرات السنتيمترات إلى عدة أمتار، وأحياناً قد تصل إلى عشرات الأمتار. على الرغم من أن معظم الفواصل مستوية تقريباً، ولكن بعضها له سطوح مستوية أو منحنية (Billing, 1974: 141) (Bles and Feuqa, 1986: 98).

هنالك نوعان من الفواصل: النوع الأول الفواصل النظامية (Systematic Joints) والتي تمتاز بعلاقات هندسية ثابتة مع بعضها بعضاً ومع التراكيب التي تصاحبها وذات أسطح مستوية وقاطعة للطبقات الصخرية، ولها أهمية تركيبية وتكتونية؛ وذلك لوجود علاقة ثابتة بين الوضع الهندسي

(شكل رقم 3)، تم قياس مضرب وميل واتجاه ميل هذه الفواصل (جدول رقم 1)، كما تم ملاحظة أسطح هذه الفواصل وقياس المسافة بين أسطحها المفتوحة وتحديد طبيعة المواد التي تملأ هذه الفواصل، كما تم قياس المسافة بين هذه الفواصل لغرض تحديد تردداتها.

شكل رقم (3): يوضح الفواصل ضمن منطقة الدراسة

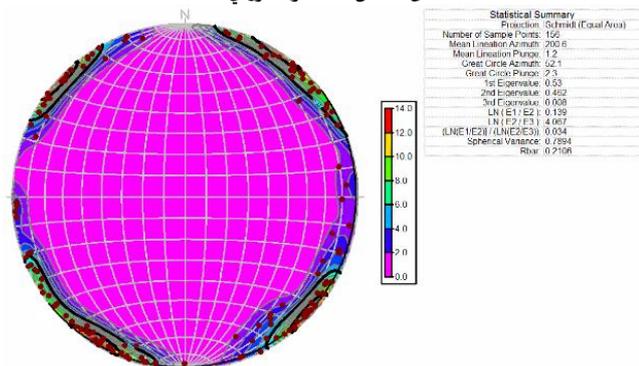


تم تمثيل الفواصل باستخدام شبكة شميدت بشكل أقطاب (poles) (شكل رقم 4) في حين تم استخدام مخططات الوردية (Rose diagrams) (شكل رقم 5) لغرض تحليل الصفات الاتجاهية للفواصل.

جدول رقم (1): يوضح اتجاهات مضرب وميلان الفواصل ضمن منطقة الدراسة

No.	Strike	Dip amount															
1	336	89	32	133	88	63	44	86	94	140	75	125	295	88			
2	216	84	33	104	88	64	46	88	95	244	90	126	315	87			
3	220	88	34	105	87	65	36	87	96	340	84	127	284	88			
4	300	85	35	109	87	66	142	88	97	150	84	128	320	88			
5	228	73	36	109	86	67	117	87	98	75	84	129	320	87			
6	130	88	37	147	88	68	122	86	99	225	87	130	302	88			
7	230	88	38	357	87	69	124	87	100	333	85	131	324	87			
8	220	88	39	234	88	70	135	86	101	250	88	132	330	85			
9	48	88	40	234	73	71	130	85	102	181	80	133	222	88			
10	290	88	41	211	86	72	131	86	103	270	86	134	300	88			
11	212	85	42	223	86	73	355	88	104	283	88	135	280	88			
12	320	86	43	134	88	74	236	78	105	199	84	136	300	87			
13	224	86	44	290	88	75	228	87	106	215	87	137	240	75			
14	200	85	45	326	89	76	237	87	107	120	82	138	140	84			
15	284	88	46	328	88	77	353	88	108	251	88	139	306	86			
16	319	96	47	312	87	78	232	88	109	340	86	140	222	88			
17	295	88	48	297	87	79	211	85	110	35	88	141	210	78			
18	304	84	49	301	88	80	358	87	111	155	87	142	215	88			
19	44	87	50	334	86	81	339	88	112	310	88	143	308	87			
20	45	87	51	129	89	82	245	81	113	220	85	144	300	89			
21	129	88	52	292	87	83	169	80	114	235	75	145	230	88			
22	336	87	53	296	87	84	288	80	115	140	87	146	292	82			
23	284	88	54	57	88	85	60	81	116	120	84	147	52	85			
24	285	86	55	35	88	86	176	83	117	200	84	148	60	89			
25	289	89	56	30	87	87	230	88	118	250	75	149	224	88			
26	55	87	57	33	87	88	300	86	119	330	85	150	30	82			
27	69	86	58	36	86	89	230	89	120	240	84	151	138	88			
28	70	88	59	25	88	90	205	77	121	340	85	152	22	82			
29	148	86	60	37	89	91	305	86	122	225	88	153	43	87			
30	150	88	61	55	88	92	194	77	123	300	88	154	132	82			
31	302	87	62	190	86	93	280	87	124	300	84	155	210	88			

شكل رقم (4): يوضح تمثيل الفواصل بشكل أقطاب على شبكة شميدت. تسلط الألوان الضوء على التجميع النسبي للفواصل؛ حيث يشير اللون الأحمر إلى مناطق أكثر كثافة للفواصل من المناطق ذات اللون الوردي



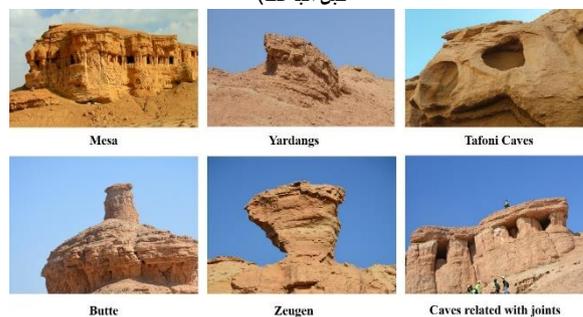
2. الوضع الجيولوجي

تتصف منطقة الدراسة من الناحية الجيومورفولوجية بأنها جزء من هضبة كربلاء (Karbala Plateau) والتي تقع إلى الغرب من نهر الفرات، كما تتميز بوجود الكهوف التي ترتبط ارتباطاً أساسياً بالفواصل الموجودة في منطقة الدراسة (Al-Moadhen, 2018: 9) بالإضافة إلى وجود التلال وأشكال الموائد الصخرية (Mesa) وأشكال الهضاب (Butte) وظاهرة الشاهد (Zeugen) وحيود الرياح (Yardangs) وكهوف التافوني (Tafoni Caves) والكهوف التي لها ارتباط مباشر بالفواصل (Caves related with joints) بالإضافة إلى الكثبان الرملية والتي تنتشر بشكل غير منتظم (شكل رقم 1) (Hasan, 2018:197).

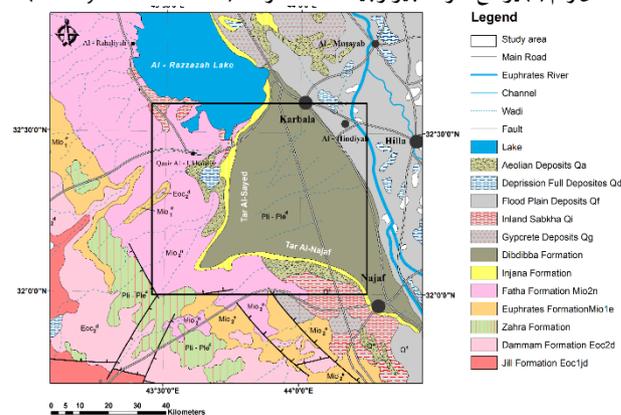
تغطي ترسبات العصر الرباعي أكثر من 60% من منطقة الدراسة، أما ترسبات العصر الثلاثي فإنها تتمثل بصخور تكاوين الدمام، الفرات، النفايل، أنجانة، الزهرة والدبدبة (شكل رقم 2) (Jassim and Goff, 2006: 251) (Barwary and Slewa, 2013).

من الناحية التكتونية تقع منطقة الدراسة ضمن الرصيف المستقر المتمثل بأراضي الصحراء الغربية؛ حيث يمتاز هذا الجزء بكون صخور القاعدة قريبة من السطح، يمر فالق أبو جبر ضمن منطقة الدراسة، ويكون مسؤلاً عن تكوين تلال طار النجف (Jassim and Goff, 2006: 58). من المشاهدات الحقلية للمنطقة، تتصف الطبقات المنكشفة بأنها تكون أفقية إلى شبه أفقية حيث تميل الطبقات بحدود 4 درجات باتجاه الشمال الشرقي.

شكل رقم (1) يوضح بعض الظواهر الجيومورفولوجية ضمن منطقة الدراسة (التقطت من قبل الباحث)



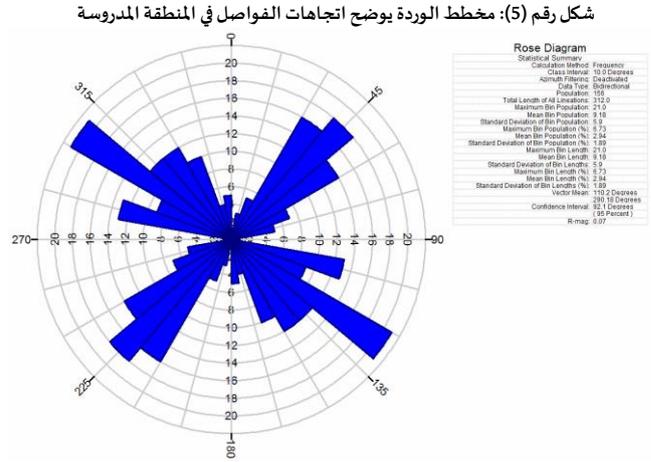
شكل رقم (2) يوضح خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة (Barwary and Slewa, 2013)



3. المواد وطرق العمل

تتصف منطقة الدراسة بقلة المكاشف الصخرية وكثرة الترسبات العائدة للعصر الرباعي ولا سيما في الأجزاء الشرقية من منطقة الدراسة. يعتمد هذا البحث على القياسات الحقلية؛ حيث تم أخذ القياسات الحقلية للفواصل ضمن تكوين أنجانة على امتداد طار السيد وطار النجف؛ حيث تتصف هذه الفواصل بأنها تكون شبه عمودية على مستويات التطبيق

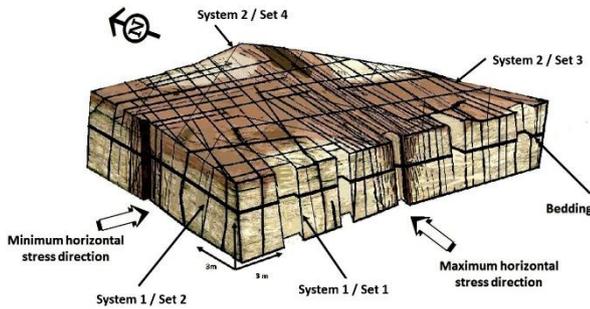
شكل رقم (5): مخطط الوردية يوضح اتجاهات الفواصل في المنطقة المدروسة



بعد استنفاد هذه الجهود قواها تعرضت الصخور لعملية استرخاء (Relaxing) تحولت عندها ($\delta 1$) من اتجاه مواز لفواصل المجموعة الأولى في النظام الأول إلى اتجاه عمودي عليها مع بقاء ($\delta 2$) عمودية على مستويات التطبيق؛ أي أن الاتجاهات الرئيسية للجهود تبقى ثابتة، لكن حصل تغير في قيمها النسبية؛ حيث يتبادل مواقع ($\delta 1$) و ($\delta 3$)، وكنتيجة لذلك تكونت فواصل المجموعة الثانية ضمن النظام الأول، والتي تسمى فواصل التحرر أو فواصل الرتبة الثانية، والتي تتكون نتيجة لإعادة تعديل الجهد المسلط (Readjustment) مكونا فواصل عمودية على اتجاهات الجهود المكونة لفواصل المرتبة الأولى (Hills, 1963: 154) (Desitter, 1964: 132).

إن وجود الفوالق العمودية بشكل سائد في صخور القاعدة والتي تكون موازية لفواصل هذه المجموعة (شمال غرب - جنوب شرق) بالإضافة إلى تأثير الحركة على مستويات هذه الفوالق على عمليات الطي في منطقة الرصيف المستقر من العراق، حيث أشار بعض الباحثين (Al-Mubarak and Amin, 1984) إلى إعادة تنشيط لهذه الصدوع خلال الحركات الألبية في العصر الثلاثي (Al-Mubarak and Amin, 1984)؛ حيث يوحى إلى احتمالية تأثر تكون فواصل المجموعة الثانية بالحركة على مستويات هذه الصدوع؛ إذ إن الحركات العمودية على مستوياتها خلقت جهوداً أفقية شديدة موازية لخط مضرب فواصل هذه المجموعة، وساهمت في زيادة الجهد الأفقي الناتج عن خمود الجهد الرئيسي ($\delta 1$) ذي الاتجاه (شمال شرق - جنوب غرب) (شكل رقم 7).

شكل رقم 7: نموذج ثلاثي الأبعاد للفواصل في منطقة الدراسة.



إن الجهود الإقليمية ذات الاتجاه (شمال - جنوب) والناتجة عن اصطدام الصفيحة العربية مع الصفيحة الأناضولية كونت فواصل المجموعة الثالثة من هذا النظام؛ حيث تكون ($\delta 1$) والممثلة للجهد الأعلى ذات اتجاه (شمال - جنوب) موازاً لخط مضرب فواصل هذه المجموعة، وتكون ($\delta 2$) عمودية على مستويات التطبيق، يضاف إلى ذلك الجهود الأفقية المتكونة عن الحركة العمودية على مستويات الصدوع في صخور القاعدة ذات الاتجاه (شمال - جنوب) في المنطقة، وتسمى هذه الفواصل بفواصل الاستطالة. أما فواصل المجموعة الرابعة من هذا النظام فيحتمل تكونها بعد الخمود النسبي في قيمة الجهود الإقليمية كنتيجة لتكسر الصخور ذات الاتجاه (شمال - جنوب) وعمليات الطي في الرصيف غير المستقر، وتعرضت الصخور لعملية استرخاء أدى إلى تبديل مواقع ($\delta 1$ and $\delta 3$) مع بقاء ($\delta 2$) ثابتاً، ومن ثم تكون فواصل هذه المجموعة.

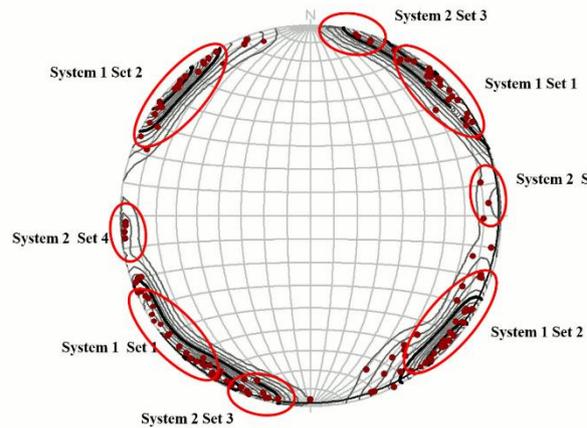
باستخدام علاقات القاطع والمقاطع يمكن تحديد التتابع الزمني النسبي لتكون فواصل المنطقة، وكما يلي أن فواصل النظام الأول هي أقدم الفواصل في المنطقة؛ حيث تكونت في البداية فواصل المجموعة الأولى

4. النتائج والمناقشة

اعتبرت الفواصل الموجودة ضمن منطقة الدراسة من نوع الفواصل المتوسطة (Mesoscopic joints) استناداً إلى (Turner and Weiss, 1963: 72) من خلال الملاحظات الحقلية وتحليل الصفات الاتجاهية لهذه الفواصل تم تحديد نظامين من الفواصل يتألف كل نظام من مجموعتين من الفواصل المتعامدة (شكل رقم 6). يتكون النظام الأول من مجموعة أولى ذات اتجاه (N45E)، أما المجموعة الثانية فتكون ذات اتجاه (N45W). أما النظام الثاني فإنه يتكون من مجموعة ثالثة ذات اتجاه (N10W) ومجموعة رابعة ذات اتجاه (N85E).

من مقارنة الصفات العامة والعلاقات الهندسية لأنظمة ومجاميع الفواصل الموجودة في منطقة الدراسة مع الفواصل الموصوفة في الدراسات والتجارب العملية يمكن اعتبار فواصل المنطقة من النوع الشدية، وتكون على نوعين: فواصل استطالة (Extension joints) وفواصل تحررية (Release joints).

شكل رقم 6: يوضح أنظمة ومجاميع الفواصل في منطقة الدراسة



تم تحليل أنظمة ومجاميع الفواصل في منطقة الدراسة؛ حيث يحتمل نشوء فواصل المجموعة الأولى والثالثة بهيئة واحدة، حيث يكون فيها اتجاه محور الجهد الرئيسي الأعلى ($\delta 1$) عمودياً على اتجاه مستوى الفاصل موازاً لاتجاه مضرب هاتين المجموعتين، في حين يكون اتجاه محور الجهد الرئيسي الأوسط ($\delta 2$) عمودياً على مستوى التطبيق، تصنف فواصل هاتين المجموعتين على أنها فواصل من نوع الاستطالة. أما فواصل المجموعة الثانية والرابعة فإنها يحتمل تطورها بهيئة جهد واحد أيضاً نتيجة لخمود الجهود الرئيسية التي كونت فواصل المجموعتين الثانية والثالثة، مما أدى إلى حصول تبادل في مواقع محاور الجهود الأساسية ($\delta 1$)

- Spencer, E.W. (1977). *Introduction to the Structure of the Earth*. NY, NY: McGraw-Hill.
- Suppe, J. (1985). *Principle of Structure Geology*. New Jersey, United States of America: Prentice-Hall.
- Turner F. J. and Weiss, L. E. (1963). *Structural Analysis of Metamorphic Tectonic*. NY, NY: McGraw-Hill Book Company.
- Van der Pluijm, B.A. and Marshak, S. (1997). *Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics*. 2nd edition. NY, NY: W.W. Norton and Company Ltd.

الموازية للجهد الرئيسي الإقليمي (شمال شرق – جنوب غرب)، ثم تلاها تكون فواصل المجموعة الثانية العمودية عليها. أعقب تكون فواصل النظام الأول تكون فواصل النظام الثاني؛ إذ تكونت فواصل المجموعة الثالثة والموازية للجهد الإقليمي (شمال – جنوب). ومن ثم تكونت فواصل المجموعة الرابعة العمودية تقريبا عليها.

شكر وتقدير

يشكر المؤلف الأستاذ المساعد الدكتور مصطفى رشيد صالح العبيدي على ما أبداه من ملاحظات قيمة ساعدت في إنجاز البحث وظهوره بأفضل ما يمكن.

نبذة عن المؤلف

أحمد عباس حسن المؤذن

قسم التحسس النائي، كلية التحسس النائي والجيوفيزياء، جامعة الكرخ للعلوم، بغداد، العراق، ahmad.a.h@kus.edu.iq - 009647702614968

د. المؤذن دكتوراه من جامعة بغداد، أستاذ مساعد، رئيس قسم التحسس النائي في كلية التحسس النائي والجيوفيزياء في جامعة الكرخ للعلوم. نشر 10 أوراق بحثية منها بحوث في دور نشر عالمية، متخصص في علم الأرض - الجيولوجيا التركيبية والجيومورفولوجيا والتحسس النائي. رقم الأوركيد (ORCID): 0000-0002-1306-9483

المراجع

- Al-Moadhen, A.A. (2018). The Origin and Morphology of Al-Tar Caves, West Karbala, Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(22), 1–10.
- Al-Mubarak, M.A. and Amin, R.M. (1984). *Report on The Regional Geological Mapping of The Eastern Part of The Western Desert and Western Part of The Southern Desert*. Baghdad, Iraq: GEOSURV.
- Banat, K.M., Atiya, M. S. and Naoun, A. A. (1980). Sedimentology, Geochemistry and Structure of Al-Tar Area. *Journal of the Geological Society of Iraq*, 21(2), 383–403.
- Barwary, A.M. and Slewa, N.A. (2013). *Geological Map of Karbala Quadrangle, Sheet NI-28-14, Scale 1:250,000*. 2nd edition. Baghdad: GEOSURV.
- Billing, M.P. (1974). *Structural Geology*. India: Prentice Hall.
- Bles J.L. and Feuga, B. (1986). *The Fracture of the Rocks*. London, United Kingdom: Littlehampton Book Services Ltd.
- Desitter, L.U. (1964). *Structural Geology*. 2nd edition. NY, NY: McGraw-Hill.
- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. NY, NY: Cambridge University Press.
- Hasan, A.A. (2018). Geomorphological Landscapes of Tar Al-Sayed and Tar Al-Najaf Area-Central of Iraq. *Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences*, 26(8), 41–58.
- Hatcher, R.D. (1995). *Structural Geology: Principles, Concepts and Problems*. 2nd edition. New Jersey, United States of America: Prentice-Hall.
- Hills, E.S. (1963). *Elements of Structural Geology*. NY, NY: John Wiley and Sons.
- Hobbs, B.E., Means, W.D. and Williams, P.F. (1976). *An Outline of Structural Geology*. NY, NY: John Wiley and Sons.
- Hodgson, R.A. (1961). Regional study of jointing in Cambridge Navajo mountain area, Arizona and Utah. *AAPG Bulletin*, 45(1), 1–38.
- Jassim, S.Z. and Goff, J.C. (2006). *Geology of Iraq*. Dolin, Czech Republic: Prague and Moravian Museum.
- Price, N.J. (1966). *Fault and Joint Development in Brittle and Semi-Brittle*. NY, NY, United States of America: Pergmon.
- Ramsay, J.G. and Huber, M.I. (1987). *The Techniques of Modern Structural Geology: Volume 2, Folds and Fractures*. London, United Kingdom: Academic Press.