المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني في حوض وادي الخربة – ساحل حضرموت/اليمن

صفاء صالح علي رويعي*

الملخص

تناولت هذه الدراسة تحديد وقياس المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني في حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت بالجمهورية اليمنية، ومن ثم تحليل تأثير هذا النشاط على الخصائص الطبيعية الجيولوجية والتضاريسية، اعتمادًا على خمسة مؤشرات للتماثل الطبوغرافي (T)، وعدم التماثل الطبوغرافي (AF)، وطول المجرى ودرجة انحداره (SL)، ونسبة عرض أرضية الوادي إلى ارتفاعه (VF)، والفعالية التكتونية النسبية (LAT) وتعد هذه المؤشرات الجيومورفولوجية من أهم الأدوات والأساليب الجيومورفولوجية الحديثة التي تستعمل وتطبق لمعرفة مدى حدوث نشاط تكتوني في منطقة ما.

وأظهرت نتائج الدراسة أن القيم التكاملية للمؤشر النهائي (LAT) قد بينت أن النشاط التكتوني العام لحوض وادي الخربة يقع ضمن المستوى المعتدل.

الكلمات المفتاحية: المؤشرات الجيومورفولوجية، النشاط التكتوني، وادي الخربة.

المقدمة:

تُعد المؤشرات الجيومورفولوجية لنشاط التكتوني أدوات كمية تُستخدم؛ لتقييم تأثير الحركات الأرضية على شكل سطح الأرض وتطوره. وينشأ النشاط التكتوني؛ بفعل القوى الداخلية للأرض المرتبطة بحركة الصفائح، ويتخذ أشكالًا كالنشاط الرفعي والانخفاضي. وتسهم هذه المؤشرات في تفسير تطور الأحواض المائية، وتحديد مراحل نشاطها الجيوديناميكي، وتقييم المخاطر الطبيعية. كما تُعد مهمة لفهم العلاقة ما بين البنية الجيولوجية والخصائص التضاريسية والهيدرولوجية.

مشكلة البحث:

1- ما أبرز المؤشرات الجيومورفولوجية التي تعكس درجة وحداثة النشاط التكتوني في حوض وادي الخربة؟

2- ما مدى تأثير النشاط التكتوني على الخصائص الطبيعية في حوض وادي الخربة؟

فرضية البحث:

1- تمثل المؤشرات الجيومورفولوجية أدوات فعالة لتحديد درجة النشاط التكتوني لحوض وادي الخربة مثل: التماثل الطوبوغرافي، وعدم التماثل الطوبوغرافي، وطول المجرى ودرجة انحداره، ونسبة عرض أرضية الوادي إلى ارتفاع الوادي، والفعالية التكتونية النسبية.

* باحثه دكتوراه بقسم الجغرافيا - كلية الآداب والعلوم الإنسانية – جامعة حضرموت.

2- يؤثر النشاط التكتوني بوضوح في تشكيل الخصائص الطبيعية لحوض وادي الخربة، مثل: الجيولوجية، والتضاريسية.

أهداف البحث:

1- تحديد أبرز المؤشرات الجيومورفولوجية وقياسها لتحديد درجة النشاط التكتوني لحوض وادي الخربة.

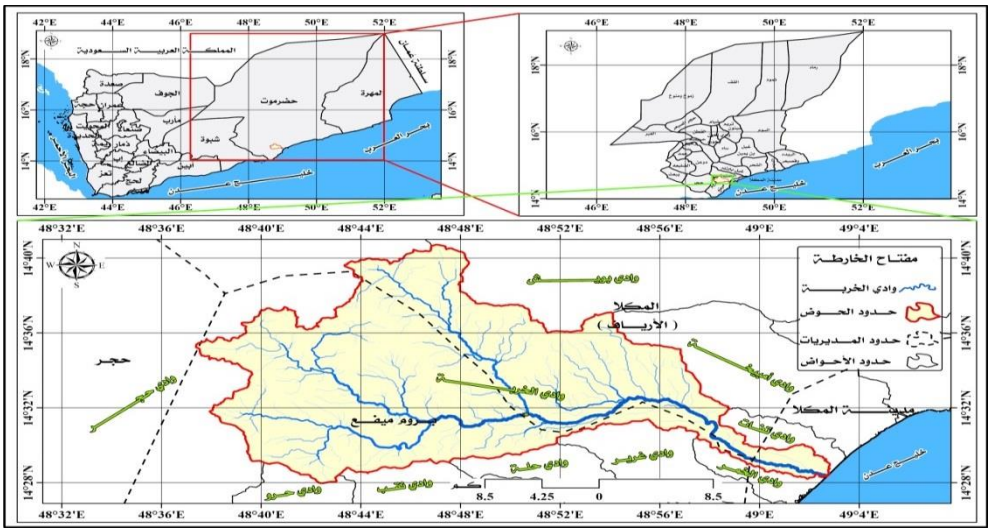
2- تحليل تأثير النشاط التكتوني على الخصائص الطبيعية لحوض وادي الخربة.

منهجية البحث:

1- المنهج الوصفي: وقد استخدم هذا المنهج لوصف الخصائص الطبيعية التي تأثرت بفعل النشاط التكتوني في حوض وادي الخربة.

2- المنهج الكمي - التحليلي: وقد استخدم هذا المنهج في تطبيق الأساليب الاحصائية المتمثلة بالمعادلات الرياضية؛ لقياس المؤشرات الجيومورفولوجية لتحديد درجة النشاط التكتوني في حوض وادي الخربة.

- **حدود منطقة البحث:** يقع حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت، ويمتد من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، وينحصر إحداثيًا ما بين دائرتي عرض ("58 '27 °14 - "43 '40 °14) شمال خط الاستواء، وما بين خطي طول ("23 '37 °48 - "49 '2 °49) شرق خط جرينتش كما هو موضحً في الخارطة (1)، ويحده من جهة الشمال وادي بويش وأجزاء من وادي حجر، ومن جهة الشرق وادي أمبيخة، ومن جهة الجنوب الشرقي وادي تفات وخليج عدن، ومن جهة الجنوب والجنوب الغربي مجموعة من الأودية وهي: وادي خمر، ووادي غرير، ووادي حلة، ووادي نقب، ووادي حرو، ومن جهة الغرب وادي حجر، وتبلغ مساحته (507) كم^2.



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج ArcGIS Pro 3.0.2.

الخارطة (1): موقع حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت

1: المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني في حوض وادي الخربة:

تعد المؤشرات الجيومورفولوجية من الدلائل المهمة التي تعطي انعكاسًا لتاريخ النشاط التكتوني، ومن أبرز المؤشرات التي تم الاعتماد عليها لتحديد درجة النشاط التكتوني في منطقة الدراسة هي الآتي:

1-1: مؤشر التماثل الطوبوغرافي: يعد من المؤشرات التي تُقيّم مقدار انحراف مجرى النهر داخل حوضه، إذ يبين مدى انحراف المجرى الرئيسي للحوض المائي عن محور الحوض؛ نتيجة لوجود نشاط تكتوني أو نتيجة لوجود فوالق أو صدوع تحت سطحية أثرت في نزوح المجرى(الجبوري، 2018م، ص445)، وتمثل قيم هذا المؤشر بمدى أقل من (0.3) وأكثر من (0.6) وهذا يعكس حوضاً متماثلاً أو متعرجاً، فكلما اتجهت قيمة المؤشر نحو (0) كلما اتجهت نحو التماثل، وكلما كانت القيمة متجهه نحو (1) فإنه يدل على اللاتماثل (النزوح)، ويشير إلى حالة التأثر بتعرج الطبقة السطحية أو تصدعها (عبد الرضا، 2015م، ص231)، ويستخرج مؤشر التماثل الطبوغرافي وفق المعادلة الرياضية الآتية (الزهيري، 2022م، ص184):

$$T = Da / Dd$$

إذ إن:

T: مؤشر التماثل الطوبوغرافي.

Da: المسافة من الخط الوسطي للحوض إلى خط المنتصف المجرى الرئيس المتعرج للحوض.

Dd: المسافة من الخط الوسطي للحوض إلى خط الحد الخارجي عند الوسط.

ومن الجدول (1) يتضح أن العالم (Burbank) قسم مؤشر التماثل الطوبوغرافي إلى ثلاث أصناف بحسب النشاط التكتوني وهي كالآتي:

الجدول (1): أصناف مؤشر عامل التماثل الطوبوغرافي (T)

الصنف	القيم	درجة النشاط التكتوني
1	أكبر من 0.6	عالية النشاط
2	0.3-0.6	معتدلة النشاط
3	أقل من 0.3	منخفضة النشاط

المصدر: حسين، سندس جمعة، والنيش، فواز حميد، جيومورفوتكتونية حوض وادي بادوش باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، مجلة الآداب، العدد 140، 2022م، ص320.

ومن خلال الجدول (2) والشكل (1) يتضح أن حوض وادي الخربة الكلي وأحواضه الثانوية صنفت إلى الآتي:

1: أحواض معتدلة النشاط التكتوني الصنف (2): يمثل القيم التي تراوحت ما بين (0.6-0.3) وتضم حوض وادي الخربة الكلي إذ بلغت قيمته (0.48)، وهي ذات نشاط تكتوني معتدل، وتشير إلى التماثل الطبوغرافي المعتدل نسبيًا؛ نتيجة تأثر الوادي بالتغيرات الناتجة عن حركة التراكيب الجيولوجية تحت السطحية كالطيات والصدوع القديمة مما أدى إلى انحراف مجاريها نسبيًا عن اتجاهات سيرها المفترض.

2: أحواض منخفضة النشاط التكتوني الصنف (3): يمثل القيم الأقل من (0.3) وتضم حوض وادي المحميين وحوض الوادي الرئيس وحوض وادي عضد، وبلغت قيمتها (0.10،0.06،0.03) على الترتيب، وهي ذات نشاط تكتوني منخفض، وتشير إلى التماثل الطبوغرافي؛ نتيجة انخفاض النشاط التكتوني أو عدم تأثر مجاري الأودية بالنشاط التكتوني الفعال أو خضوعها لتأثير منخفض جدًا؛ وذلك لعدم وجود صدوع تحت سطحية مما أدى إلى عدم انحراف مجاريها عن اتجاهات سيرها المفترض.

جدول (2): قياسات ونتائج مؤشر التماثل الطوبوغرافي(T) وأصنافه في حوض وادي الخربة وأحواضه الثانوية

الحوض	Da	Dd	T	الصنف	درجة النشاط التكتوني
وادي الخربة الرئيس	0.18	2.81	0.06	3	منخفضة النشاط
وادي عضد	0.12	3.97	0.03	3	منخفضة النشاط
وادي المحميين	0.69	6.87	0.10	3	منخفضة النشاط
وادي الخربة الكلي	4.56	9.41	0.48	2	معتدلة النشاط

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.0.2.

2-2: مؤشر عدم التماثل الطوبوغرافي: يقيس ميل جانبي الحوض بالنسبة للمجرى الرئيس في الحوض المائي، التي نتجت بفعل تأثره بالقوى والفعاليات التكتونية، ويستخرج مؤشر عدم التماثل الطوبوغرافي وفق المعادلة الآتية (معتوق، 2012م، ص308):

$$AF = 100\ (AR/AT)$$

إذ إن:

AF: مؤشر عدم التماثل.

AR: مساحة الحوض في الجهة اليمنى للمجرى الرئيس باتجاه أسفل الحوض.

AT: المساحة الكلية لحوض التصريف.

وتشير قيم (AF) إلى طبيعة الانحدار الموجود في المنطقة معتمدة في ذلك على معيار شدة أو قلة الانحدار، فعندما تكون قيمة المؤشر لأي حوض تصريف مائي أكبر من (50) سيعرض روافده أو قنوات المجرى الرئيس إلى تدوير أو تقوس تكتوني (تحدب)، وبذلك يكون له تأثير على أطوال الروافد في جانبي المجرى الرئيس للحوض (الشمري،2023م، ص115)، ومن الجدول (3) يتضح أن العالم (Keller) قد صنف مؤشر عدم التماثل الطوبوغرافي إلى ثلاثة أصناف ومن خلال عرض نتائجها يمكن التعرف على أكثر المناطق أو أقلها نشاطًا تكتونيًا.

الجدول (3): أصناف مؤشر عدم التماثل الطبوغرافي (AF)

الصنف	القيم	درجة النشاط التكتوني
1	أكبر من 65	عالية النشاط
2	57-65	معتدلة النشاط
3	أقل من57	منخفضة النشاط

المصدر: الطائي، علي طالب، والأسدي، محمد عبدالوهاب، نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية، مجلة الخليج العربي، العدد 4، 2022م، ص650.

ومن خلال الجدول (4) والشكل (1) يتضح أن حوض وادي الخربة الكلي وأحواضه الثانوية، صنفت إلى الآتي:

1: أحواض معتدلة النشاط التكتوني الصنف (2): يمثل القيم ما بين (65 – 57) وتضم حوض وادي المحميين إذ بلغت قيمته (59.7)، وهي ذات نشاط تكتوني معتدل، وتشير إلى عدم التماثل الطبوغرافي المعتدل نسبيًا، مما يؤدي إلى ميل الحوض أي تعرض روافده أو قنوات مجراه الرئيس إلى تدوير أو تقوس تكتوني (تحدب) وسيكون له تأثير على أطوال الروافد في جانبي المجرى الرئيس للحوض سوف تسبب انحناء أيسر للحوض أي إن الروافد إلى يسار المجرى الرئيس ستكون أقصر مقارنة بالروافد إلى يمين المجرى الرئيس.

2: أحـواض منخفضـة النشـاط التكتـوني الصنف (3): تمثل القيم أقل من (57) والتي تضم حوض وادي عضد وحوض الوادي الرئيس وحوض وادي الخربة الكلي، إذ بلغت قيمتها (47.2،36.5،35.7) على الترتيب، وهي ذات نشاط تكتوني منخفض، وتشير إلى التماثل الطبوغرافي البسيط، مما يؤدي إلى ميل الأحواض بشكل بسيط أي عدم تعرض روافدها أو قنوات مجراها الرئيس إلى تدوير أو تقوس تكتوني (تحدب) مما يجعل أطوال الروافد في جانبي المجرى الرئيس للأحواض متقاربة.

الجدول (4): قياسات ونتائج مؤشر عدم التماثل الطوبوغرافي (AF) وأصنافه في حوض وادي الخربة وأحواضه الثانوية

الحوض	AR	AT	AF	الصنف	درجة النشاط التكتوني
وادي الخربة الرئيس	53.4	146.4	36.5	3	منخفضة النشاط
وادي عضد	59.1	125.3	47.2	3	منخفضة النشاط
وادي المحديين	140.5	235.3	59.7	2	معتدلة النشاط
وادي الخربة الكلي	180.8	507	35.7	3	منخفضة النشاط

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.0.2.

2-3: مؤشر طول المجرى ودرجة انحداره: يعد من المؤشرات الجيومورفولوجية المهمة في حساب طول المجرى، ويستعمل في تقييم مقاومة الصخور لعمليات التآكل (التعرية المائية) وعلاقتها بفعاليات الأنشطة التكتونية، ويعد أداة تقييم جيدة؛ نتيجة لتأثره بدرجة الانحدار وتعرج قناة وادي النهر (حسين، 2022م، ص315)، و يستخرج مؤشر طول المجرى ودرجة انحداره وفق المعادلة الآتية (جعفر، 2018م، ص172):

$$SL = (\Delta H/\Delta L)L$$

إذ إن:

L: طول القناة الكلية للوادي إلى النقطة الوسطية في منتصف المصب.

ΔH: فرق الارتفاع في منطقة المصب.

ΔL: طول المسافة المستقيمة في منطقة المصب المحددة.

وتشير القيم المرتفعة للمؤشر على وجود نشاط تكتوني عالي ووجود صخور صلبة في أرضية القناة النهرية، في حين تشير القيم المنخفضة للمؤشر على وجود نشاط تكتوني منخفض ووجود أنواع صخرية هشة قليلة المقاومة لعمليات التعرية، كما تدل القيم المتقاربة في

قيمها على كمية تصريف مائي متقارب أما الشذوذ بين قيم المؤشر سواء كانت مرتفعة أو منخفضة فإنها تدل على وجود تغير في كمية التصريف الذي يعكس تأثير وسيطرة العامل الصخاري أو التكتوني على المنحدر ضمن منطقة وادي النهر (عيسى، 2000م، ص95)، ومن الجدول (5) يتضح أن العالم (Hack J.) قد صنف مؤشر طول المجرى ودرجة انحداره إلى ثلاثة أصناف استنادًا إلى نشاطها التكتوني.

الجدول (5): أصناف مؤشر طول المجرى ودرجة انحداره (SL)

الصنف	القيم	درجة النشاط التكتوني
1	أكبر من 500	عالية النشاط
2	300 −500	معتدلة النشاط
3	أقل من 300	منخفضة النشاط

المصدر: العمري، فؤاد عبدالوهاب، وكامل، نجم عبدالله، دراسة المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني في قبة علاس – طية حمرين الشمالي، مجلة تكريت، المجلد 50، العدد 5، 2013م، ص132.

ومن خلال الجدول (6) والشكل (1) يتضح أن حوض وادي الخربة الكلي وأحواضه الثانوية، صنفت إلى أحواض عالية النشاط التكتوني الصنف (1) الذي يمثل القيم التي تزيد عن (500) وهي تضم حوض وادي المحميين وحوض وادي عضد وحوض وادي الخربة الكلي وحوض الوادي الرئيس إذ بلغت قيمتها (965.1،2121.5،3369.5،4287.1) على الترتيب، وهي ذات نشاط تكتوني عالٍ، وتشير إلى تغير مفاجئ في انحدار مجرى قنواتها؛ نتيجة وجود صخور صلبة في أرضية قنواتها النهرية شديدة المقاومة لعمليات التعرية التي أدت إلى تعرج قنوات الأودية.

الجدول (6): قياسات ونتائج مؤشر طول المجرى ودرجة انحداره (SL) وأصنافه في حوض وادي الخربة وأحواضه الثانوية

الحوض	L بالمتر	ΔH	ΔL	SL	الصنف	درجة النشاط التكتوني
وادي الخربة الرئيس	26045.4	354	9553.3	965.1	1	عالية النشاط
وادي عضد	23128.5	75	514.8	3369.5	1	عالية النشاط
وادي المحميين	31938.9	180	1341	4287.1	1	عالية النشاط
وادي الخربة الكلي	57251.1	354	9553.3	2121.5	1	عالية النشاط

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.0.2.

2-4: مؤشر نسبة عرض أرضية الوادي إلى ارتفاعه: يعكس النسبة أو الفرق ما بين أرضية الوديان بشكل حرف (V) وأرضية الوديان بشكل حرف (U)، إذ يشكل الأول استجابة لارتفاع معدل النشاط التكتوني لصخور القاعدة (الطبقة تحت السطحية) الذي برزت نتائجه من خلال شكل الحوض، أما الثاني فقد تشكل؛ نتيجة التعرية الجانبية للوديان المنحدرة أسفل التلال التي تعكس خمولاً أو فعالية تكتونية منخفضة، إذ إن قيم هذا المؤشر تتميز بالانخفاض عند منابع الأحواض المائية، إذ تعكس تكتونية عالية، وتزداد قيمة المؤشر تدريجيًا كلما اتجهنا نحو المصب وتتميز بتكتونية منخفضة، وكذلك تتباين قيم المؤشر بحسب طاقة الصرف وصلابة صخور القاعدة (الكراعي، 2013م، ص58)، ويمكن استخراج مؤشر نسبة عرض أرضية الوادي إلى ارتفاع الوادي وفق المعادلة الآتية(حسين، 2022م، ص323):

$$VF=2Vfw/[(EId-Ese)+(Erd-Ese)]$$

إذ أن:

Vfw: عرض أرضية الوادي.

Eld: ارتفاع القسم الأيسر للوادي.

Erd: ارتفاع القسم الأيمن للوادي.

Esc: ارتفاع أرضية الوادي.

تشير قيم مؤشر (VF) إلى مدى فعالية النشاط التكتوني، فإذا كانت قيمة المؤشر أقل من (0.5) دل هذا على النشاط التكتوني العالي، ومن ثمَّ ينعكس على شكل الوادي الذي يكون قريباً من شكل الحرف (V) أما إذا زادت قيمة المؤشر عن (1) فإنها تشير إلى النشاط التكتوني الضعيف، ومن ثم انعكاسه على شكل الوادي الذي يقترب من شكل الحرف (U) (خضير، 2012م، ص338)، ومن الجدول (7) يتضح أن العالمين (Verrios and kokalas) قد صنفا مؤشر نسبة عرض أرضية الوادي إلى ارتفاعه كمعيار لمعرفة نسبة النشاط التكتوني إلى ثلاثة أصناف.

الجدول (7) أصناف مؤشر نسبة عرض أرضية الوادي إلى ارتفاعه (VF)

الصنف	القيم	درجة النشاط التكتوني
1	أقل من 0.5	عالية النشاط
2	0.5-1	معتدلة النشاط
3	أكبر من 1	منخفضة النشاط

المصدر: الشمري، صادق عبدالحسين، تحليل الخصائص المورفومترية والمورفوتكتونية في حوض وادي بالكيان، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية، جامعة المستنصرية، العراق، 2023م، ص 123.

ومن خلال الجدول (8) والشكل (1) يتضح أن حوض وادي الخربة وأحواضه الثانوية صنفت إلى الآتي:

1: أحواض متوسطة النشاط التكتوني الصنف (2): يمثل القيم التي تراوحت ما بين (1-0.5) وتضم حوض وادي المحميين وحوض الوادي الرئيس إذ بلغت قيمتهما (0.8،0.9) على الترتيب، وهي ذات نشاط تكتوني معتدل، وتشير إلى اقتراب شكل الواديان من الحرف (V) إذ يزداد الانحدار نسبيًا في مرحلة الشباب؛ استجابة لارتفاع معدل النشاط التكتوني لصخور القاعدة (الطبقة التحت السطحية).

2: أحواض منخفضة النشاط التكتوني الصنف (3): يمثل القيم التي تزيد عن (1) وتضم حوض وادي عضد وحوض وادي الخربة الكلي إذ بلغت قيمتهما (1.6،3.6) على الترتيب، وهي ذات نشاط تكتوني منخفض، وتشير إلى اقتراب شكل الواديان من الحرف (U) إذ يقل الانحدار وتزداد التعرية الجانبية للأودية المنحدرة أسفل التلال.

الجدول (8): قياسات ونتائج مؤشر نسبة عرض أرضية الوادي إلى ارتفاعه (VF) وأصنافه في حوض وادي الخربة وأحواضه الثانوية

الحوض	Vfw (m)	Esc (m)	Erd (m)	Eld (m)	Vf	الصنف	الدرجة
وادي الخربة الرئيس	90.9	267.8	334.9	406.4	0.9	2	معتدلة النشاط
وادي عضد	216.3	1334.2	1452.2	1482.6	1.6	3	منخفضة النشاط
وادي المحميين	67.7	1240.8	1324.9	1333.4	0.8	2	معتدلة النشاط
وادي الخربة الكلي	70.8	370	390.9	388.9	3.6	3	منخفضة النشاط

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.0.2.

3-5: مؤشر الفعالية التكتونية النسبية: يعد المحصلة النهائية لجميع المؤشرات الجيومورفولوجية، إذ يعطي نظرة شمولية عن قيم النشاط التكتوني لجميع الأحواض في منطقة الدراسة، واستنادًا للمؤشرات الجيومورفولوجية الأربعة (T.AF.SL.VF) التي اعتمدت عليها الدراسة فقد قسم المؤشر على أربع درجات كما يتضح من الجدول (9) إذ جمعت نتائج المؤشر واستخرجت القيمة النهائية للمؤشر لأحواض المنطقة وفق المعادلة الآتية (شوشي، 2021م، ص55):

$$LAT = S/N$$

إذ أن:

S: رقم صنف المؤشر لكل حوض مائي.

N: عدد المؤشرات.

الجدول (9): أصناف مؤشر الفعالية التكتونية النسبية (LAT)

الصنف	القيم	درجة النشاط التكتوني
1	1-1.5	نشاط تكتوني مرتفع جدًا
2	1.5-2	عالية النشاط
3	2-2.5	معتدلة النشاط
4	أكبر من 2.5	منخفضة النشاط

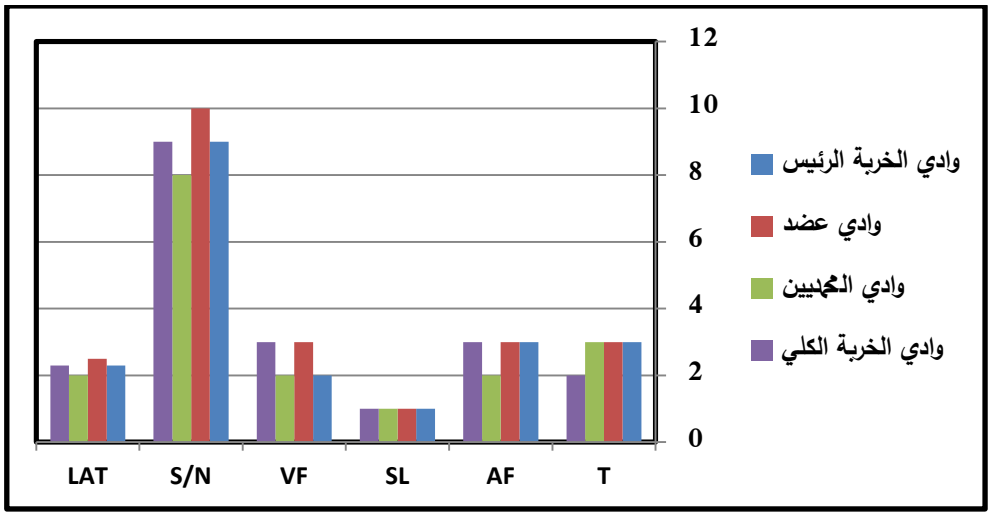
المصدر: السامرائي، هند طارق، المؤشرات الجيومورفولوجية ودلالاتها في النشاط التكتوني لحوض وادي كاني ماسي في محافظة دهوك، مجلة أبحاث ميسان، المجلد 19، العدد 37، 2023م، ص 337.

ومن الجدول (10) والشكل (1) يتضح أن حوض وادي الخربة الكلي وأحواضه الثانوية صنفت إلى أحواض معتدلة النشاط التكتوني الصنف (3) ويمثل القيم التي تتراوح ما بين (2 – 2.5)، وتضم حوض وادي عضد وحوض وادي الخربة الكلي التي تتساوى قيمها مع حوض الوادي الرئيس وحوض وادي المحميين إذ بلغت قيمها (2,2.3,2.3,2.5) على الترتيب، وهي ذات نشاط تكتوني معتدل، وتشير إلى الفعالية التكتونية المعتدلة نسبيًا.

الجدول (10): قياسات ونتائج مؤشر الفعالية التكتونية النسبية (LAT) وأصنافه في حوض وادي الخربة وأحواضه الثانوية

الحوض	T	AF	SL	VF	S/N	LAT	الصنف	درجة النشاط التكتوني
وادي الخربة الرئيس	3	3	1	2	9	2.3	3	معتدلة النشاط
وادي عضد	3	3	1	3	10	2.5	3	معتدلة النشاط
وادي المحميين	3	2	1	2	8	2	3	معتدلة النشاط
وادي الخربة الكلي	2	3	1	3	9	2.3	3	معتدلة النشاط

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على الجداول (2)،(4)،(6)،(8).



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على الجداول (6)،(8)،(10)،(12)،(14).

الشكل (1): قياسات ونتائج المؤشرات التكتونية وأصنافها في حوض وادي الخربة وأحواضه الثانوية

2: تأثير النشاط التكتوني على الخصائص الطبيعية لحوض وادي الخربة:

يعد النشاط التكتوني من أبرز العوامل التي شكلت حوض وادي الخربة، إذ ساهم في تكوين البنى الجيولوجية مثل: الصدوع، كما أثر بشكل مباشر في تنوع التضاريس وتباينها على النحو الآتي:

2-1: الخصائص الجيولوجية:

2-1-1: التكوينات الجيولوجية في حوض وادي الخربة: ساهم النشاط التكتوني في نشأة التكوينات الجيولوجية في حوض وادي الخربة التي تميزت بتنوع صخورها، ومن خلال الجدول (11) والخارطة (2) يمكن تحديد التكوينات الجيولوجية لحوض وادي الخربة على النحو الآتي:

2-1-1-1: تكوينات الزمن ما قبل الكمبري: تشغل مساحة تقدر بـ (49.7) كم^2، وتشكل نسبة (9.8) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، وتتألف من صخور نارية مثل: الجرانيت، والديورايت وصخور متحولة مثل: النايس، والشست، والكوارتزيت، والمجمايت.

2-1-1-2: تكوينات الزمن الثاني: نتج عن هذه التكوينات تكوينات مجموعة الطويلة التي احتوت على العديد من الأحافير، والرخويات، والشوكيات، والطحالب، وكربونات بحرية وتقسم تكوينات هذه المجموعة إلى التكوينات الجيولوجية الآتية:

2-1-1-2-1: تكوين قشن: يشغل مساحة تقدر بـ (0.4) كم^2، ويشكل نسبة (0.1) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض،

ويشغل المساحة الأقل من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية لمجموعة الطويلة، ويتألف من صخور الحجر الجيري، والحجر الرملي، والكنجلوميرات، والطين الصفائحي.

2-1-1-2-2: تكوين الحرشيات: يشغل مساحة تقدر بـ (2.1) كم^2 ويشكل نسبة (0.4) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، ويتألف من صخور الحجر الجيري المتعاقب مع الحجر الرملي، والمارل.

2-1-1-2-3: تكوين المكلا: يشغل مساحة تقدر بـ (121.5) كم^2، ويشكل نسبة (24.0) %، من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، ويشغل المساحة الأكبر من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية لمجموعة الطويلة، ويتألف من صخور الحجر الجيري المتعاقب مع الحجر الرملي، والمارل.

2-1-1-3: تكوينات الزمن الثلاثي: نتج عنها تكويني مجموعتي حضرموت، والشحر وهي عبارة عن صخور رسوبية تحتوي على بقايا أحياء بحرية وأحافير، وصخور بركانية على النحو الآتي:

2-1-1-3-1: تكوينات مجموعة حضرموت: تشغل مساحة تقدر بـ (291.4) كم^2، وتشكل نسبة (57.5) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، وتشكل أكثر من نصف إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية في الزمن الثاني، وتقسم هذه المجموعة إلى التكوينات الجيولوجية الاتية:

2-1-1-3-1-1: تكوين أم الرضومة: يشغل مساحة تقدر بـ (248.8) كم^2، ويشكل نسبة (49.1) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، ويشغل المساحة الأكبر من إجمالي تكوينات مجموعة حضرموت، ويتألف من صخور الحجر الجيري، والطين الصفائحي، والدولوميت.

2-1-1-3-1-2: تكوين جزع: يشغل مساحة تقدر بـ (30.1) كم^2 ويشكل نسبة (5.9) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، ويتألف من صخور الطين الصفائحي، والمارل، والحجر الجيري، والجبس.

2-1-1-3-1-3: تكوينات رس: يشغل مساحة تقدر بـ (2.4) كم^2 ويشكل نسبة (0.5) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، ويتألف من صخور الحجر الجيري، والجبس، والمارل، والانهدرايت.

2-1-1-3-1-4: تكوينات حبشية: يشغل مساحة تقدر بـ (0.4) كم^2، ويشكل نسبة (0.1) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، وهو يشغل المساحة الأقل من إجمالي تكوينات مجموعة حضرموت، ويتألف من صخور الطين، والمارل، والحجر الجيري، والجبس، والدولوميت.

2-1-1-3-1-5: تكوين ريمة: يشغل مساحة تقدر بـ (9.7) كم^2، ويشكل نسبة (1.9) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، ويتألف من صخور الحجر الجيري، والمارل، والدولوميت.

2-1-1-3-2: تكوينات مجموعة الشحر: تشغل مساحة تقدر بـ (9.6) كم^2، وتشكل نسبة (1.9) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، وتشغل المساحة الأقل من إجمالي مساحة تكوينات الزمن الثلاثي، ونتج عنها تكويني عرقة، وفوة وهما على النحو الآتي:

2-1-1-3-2-1: تكوين عرقة: يشغل مساحة تقدر بـ (6.1) كم^2، ويشكل نسبة (1.2) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية، ويشغل المساحة الأكبر من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية لمجموعة الشحر، ويتألف من صخور الكنجلوميرات المتعاقبة مع طبقة رقيقة من الحجر الرملي.

2-1-1-3-2-2: تكوين فوة: يشغل مساحة تقدر بـ (3.5) كم^2، ويشكل نسبة (0.7) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، ويشغل المساحة الأقل من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية لمجموعه الشحر، ويتألف من صخور الكنجلوميرات، والحصى الجيري، والجبس.

2-1-1-4: تكوينات الزمن الرباعي: نتج عن هذه التكوينات مجموعة الرواسب الحديثة التي قسمت إلى تكوينات الحصى، والطمي الأقدم، والطمي النشط على النحو الآتي:

2-1-1-4-1: تكوين الحصى: يشغل مساحة تقدر بـ (3.3) كم^2، ويشكل نسبة (0.6) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، وتعد المساحة الأقل من تكوينات مجموعة الرواسب الحديثة، ويتألف من الصفائح والسهول الحصوية، والمراوح الغرينية.

2-1-1-4-2: تكوين الطمي الأقدم: يشغل مساحة تقدر بـ (15.8) كم^2، ويشكل نسبة (3.1) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، ويشغل المساحة الأكبر من إجمالي تكوينات مجموعة الرواسب الحديثة للحوض، ويتألف من صخري الكنجلوميرات، والحصى الخشن.

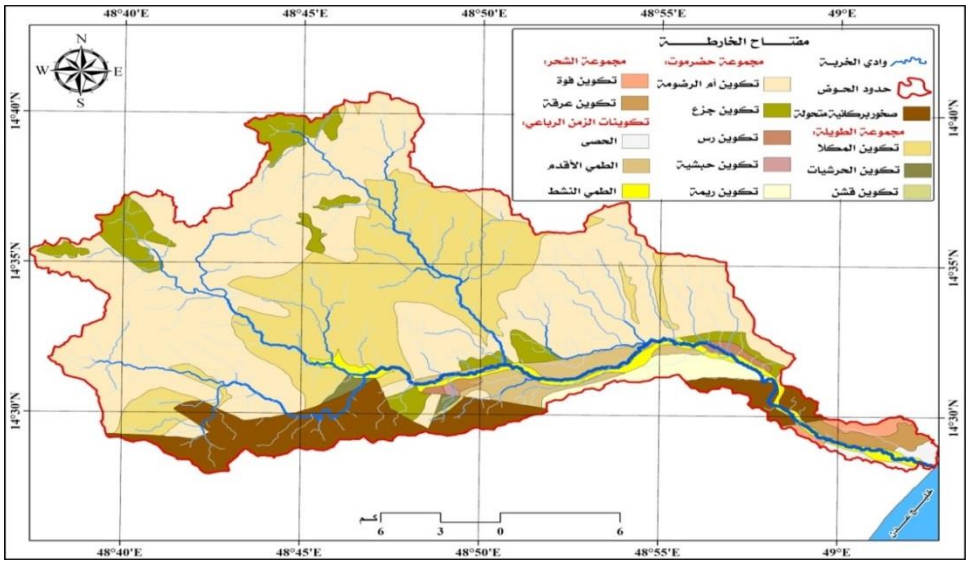
2-1-1-4-3: تكوين الطمي النشط: يشغل مساحة تقدر بـ (13.2) كم^2، ويشكل نسبة (2.6) % من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية للحوض، ويتألف من صخري الرمال، والحصى.

١

الجدول (11): التكوينات الجيولوجية في حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت

الحقبة	التكوين الجيولوجي	نوع الصخر	المساحة(كم^2)	النسبة(%)
الحياة الحديثة (الكاينوزوي)	الطمي النشط	الرمال والحصى	13.2	2.6
	الطمي الأقدم	الكنجلوميرات والحصى الخشن	15.8	3.1
	الحصى	صفائح وسهول من الحصى والمراوح الغرينية	3.2	0.6
	فوة	الكنجلوميرات والحصى الجيري والجبس	3.5	0.7
	عرقة	الكنجلوميرات المتعاقب مع طبقة رقيقة من الحجر الرملي	6.1	1.2
	ريمة	الحجر الجيري والمارل والدولوميت	9.7	1.9
	حبشية	الطين والمارل والحجر الجيري والجبس والدولوميت	0.4	0.1
	رس	الحجر الجيري والجبس والمارل والانهدرايت	2.4	0.5
	جزع	الطين الصفائحي والمارل والحجر الجيري والجبس	30.1	5.9
	أم الرضومة	الحجر الجيري والطين الصفائحي والدولوميت	248.8	49.1
الحياة الوسطى (الميزوزوي)	المكلا	الحجر الرملي والحجر الجيري والمارل الغريني	121.5	24.0
	الحرشيات	الحجر الجيري المتعاقب مع الحجر الرملي والمارل	2.1	0.4
	قشن	الحجر الجيري والحجر الرملي والكنجلوميرات والطين الصفائحي	0.4	0.1
الحياة القديمة	نارية	الجرانيت والدايوريت	49.7	9.8
	متحولة	الناس والشست والكوارتزيت والمجماتيت		

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.0.2 بالاعتماد على: وزارة النفط والثروات المعدنية، هيئة الاستكشافات المعدنية، مشروع الموارد الطبيعية، خرائط جيولوجية، مقياس رسم 1:250000، صنعاء، الجمهورية اليمنية.



المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.0.2 بالاعتماد على: وزارة النفط والثروات المعدنية، هيئة الاستكشافات المعدنية، مشروع الموارد الطبيعية، خرائط جيولوجية، مقياس رسم 1:250000، صنعاء، الجمهورية اليمنية.

الخارطة (2): التكوينات الجيولوجية في حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت

2-1-2: التراكيب الخطية الجيولوجية في حوض وادي الخربة:

التراكيب الخطية هي: ظواهر طبيعية خطية، أو مستقيمة ذات أصل جيولوجي يمكن ملاحظتها من خلال المرئيات الفضائية، أو الصور الجوية، وتظهر على شكل نمو خطي للنباتات، أو ظهور مجاري الوديان بأشكال مستقيمة ملفتة للنظر، وقد تظهر بشكل غير مباشر كاصطفاف البراكين، أو البحيرات، أو العيون المائية، أو الحفر الكارستية مثل: الفواصل، والصدوع، والكسور (عمر، 1985م، ص74)، وقد ساهم النشاط التكتوني إلى ظهور تراكيب خطية لحوض وادي الخربة إذ بلغ عددها (504) تركيبًا خطيًا وبمجموع طول (13607.7) كم، وقد لعبت دورًا مهمًا في حدوث العمليات المورفوديناميكية وعدم استقرارية المواد على المنحدرات، ومن خلال الجدول (12) والشكل (2) والخارطة (3) اتضح وجود كل من التراكيب الخطية الآتية:

1: التراكيب الخطية ذات الاتجاه الشمال: بلغ عددها (26) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (5.1) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (784.9) كم.

2: التراكيب الخطية ذات الاتجاه شمال الشمال الشرقي: بلغ عددها (38) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (7.5) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (1307) كم.

3: التراكيب الخطية ذات الاتجاه الشمال الشرقي: بلغ عددها (29) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (5.7) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (1072) كم.

4: التراكيب الخطية ذات الاتجاه شرق الشمال الشرقي: بلغ عددها (19) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (3.8) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (578) كم.

5: التراكيب الخطية ذات اتجاه الشرق: بلغ عددها (7) تراكيب خطية، وبنسبة (1.4) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (134.2) كم، ويعد الاتجاه الأقل وجوداً من اتجاهات التراكيب الخطية للحوض.

6: التراكيب الخطية ذات الاتجاه شرق الجنوب الشرقي: بلغ عددها (11) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (2.2) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (205.8) كم.

7: التراكيب الخطية ذات الاتجاه الجنوب الشرقي: بلغ عددها (10) تراكيب خطية، وبنسبة (2) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (396.8) كم.

8: التراكيب الخطية ذات الاتجاه جنوب الجنوب الشرقي: بلغ عددها (21) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (4.2) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (539.9) كم.

9: التراكيب الخطية ذات اتجاه الجنوب: بلغ عددها (43) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (8.5) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (1058.9) كم.

10: التراكيب الخطية ذات الاتجاه جنوب الجنوب الغربي: بلغ عددها (102) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (20.2) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (3092.5) كم، ويعد الاتجاه الأكثر وجوداً من اتجاهات التراكيب الخطية للحوض.

11: التراكيب الخطية ذات الاتجاه الجنوب الغربي: بلغ عددها (82) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (16.3) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (2229.9) كم.

12: التراكيب الخطية ذات الاتجاه غرب الجنوب الغربي: بلغ عددها (33) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (6.5) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (645.7) كم.

13: التراكيب الخطية ذات اتجاه الغرب: بلغ عددها (23) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (4.6) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (465.6) كم.

14: التراكيب الخطية ذات الاتجاه غرب الشمال الغربي: بلغ عددها (20) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (4) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (304.4) كم.

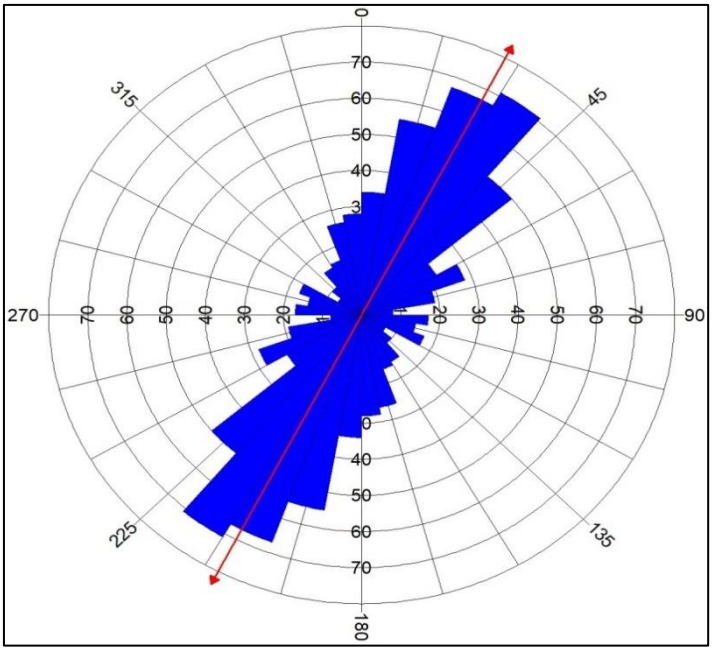
15: التراكيب الخطية ذات الاتجاه الشمال الغربي: بلغ عددها (17) تركيبًا خطيًا وبنسبة (3.4) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (349.6) كم.

16: التراكيب الخطية ذات الاتجاه شمال الشمال الغربي: بلغ عددها (23) تركيبًا خطيًا، وبنسبة (4.6) % من إجمالي أعداد التراكيب الخطية في الحوض، وبطول (542.5) كم.

الجدول (12): أعداد وأطوال الصدوع في حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت

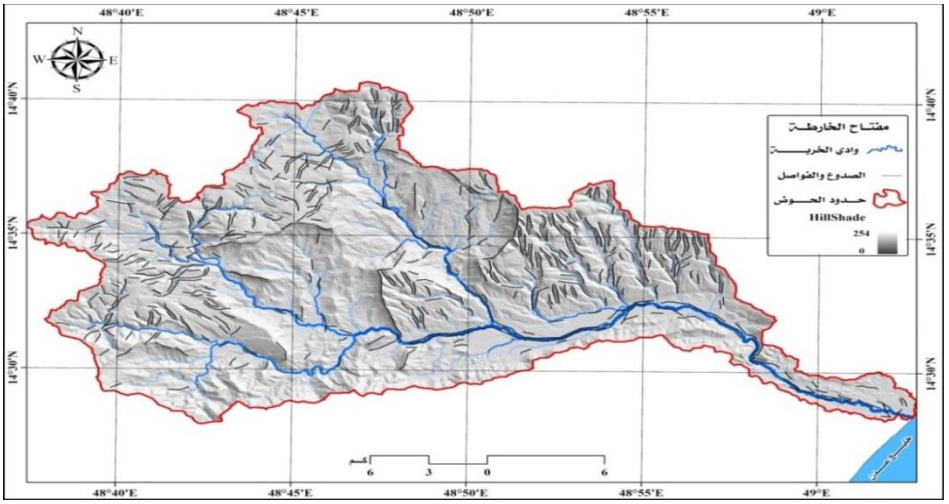
م	الاتجاه	العدد	النسبة %	الطول (كم)	النسبة %
1	الشمال	26	5.1	784.9	5.8
2	شمال الشمال الشرقي	38	7.5	1307	9.6
3	الشمال الشرقي	29	5.7	1072	7.9
4	شرق الشمال الشرقي	19	3.8	578	4.2
5	الشرق	7	1.4	134.2	1
6	شرق الجنوب الشرقي	11	2.2	205.8	1.5
7	الجنوب الشرقي	10	2	396.8	2.9
8	جنوب الجنوب الشرقي	21	4.2	539.9	4
9	الجنوب	43	8.5	1058.9	7.8
10	جنوب الجنوب الغربي	102	20.2	3092.5	22.7
11	الجنوب الغربي	82	16.3	2229.9	16.4
12	غرب الجنوب الغربي	33	6.5	645.7	4.7
13	الغرب	23	4.6	465.6	2.7
14	غرب الشمال الغربي	20	4	304.4	2.2
15	الشمال الغربي	17	3.4	349.6	2.6
16	شمال الشمال الغربي	23	4.6	542.5	4
الإجمالي		**504**	**100**	**13607.7**	**100**

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج Rock Works V.16.



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج Rock Works V.16.

الشكل (2): وردة اتجاهات الصدوع والفواصل في حوض وادي الخربة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي Landsat 9 باستخدام برنامجي PCI Geomatica V.2020 و ArcGIS Pro 3.0.2.

الخارطة (3): الصدوع والفواصل في حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت

2-2: الخصائص التضاريسية:

2-2-1: الارتفاع: عمل النشاط التكتوني على تباين ارتفاع سطح حوض وادي الخربة، ومن خلال الجدول (13) والخارطة (4) ثم تقسيم ارتفاع سطحه إلى ست فئات وهي على النحو الآتي:

2-2-1-1: الفئة الأولى: تقع ما بين (350-0) م فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ مساحة هذه الفئة (68.4) كم^2، وبنسبة (13.5) % من إجمالي مساحة الحوض، وتعد أراضي منبسطة، وتمثل منطقة المصب للحوض، وتقع جنوب، وشرق الحوض.

2-2-1-2: الفئة الثانية: تقع ما بين (700-351) م فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ مساحة هذه الفئة (111.5) كم^2، وبنسبة (22.0) % من إجمالي مساحة الحوض، وتتمثل باراضٍ منبسطة ذات ارتفاع نسبي إذ تعرضت إلى عمليات تجوية وتعرية وينشط دور التعرية المائية بشكل كبير فضلًا عن التعرية الريحية إذ نلاحظ التشققات الطينية في أراضي الحوض، وتقع في شمال شرق، وجنوب غرب، والأجزاء الوسطى من الحوض.

2-2-1-3: الفئة الثالثة: تقع ما بين (1050-701) م فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ مساحة هذه الفئة (103.7) كم^2، وبنسبة (20.5) % من إجمالي مساحة الحوض، وتتمثل بأراضٍ ذات تضاريس قليلة، وتقع في شمال، وشمال شرق، وجنوب غرب الحوض.

2-2-1-4: الفئة الرابعة: ما بين (1400-1051) م فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ مساحة هذه الفئة (50.4) كم^2، وبنسبة (9.9)% من إجمالي مساحة الحوض، وتتمثل بأراضٍ ذات تضاريس متوسطة، وتقع في شمال، وجنوب، وغرب، والأجزاء الوسطى من الحوض.

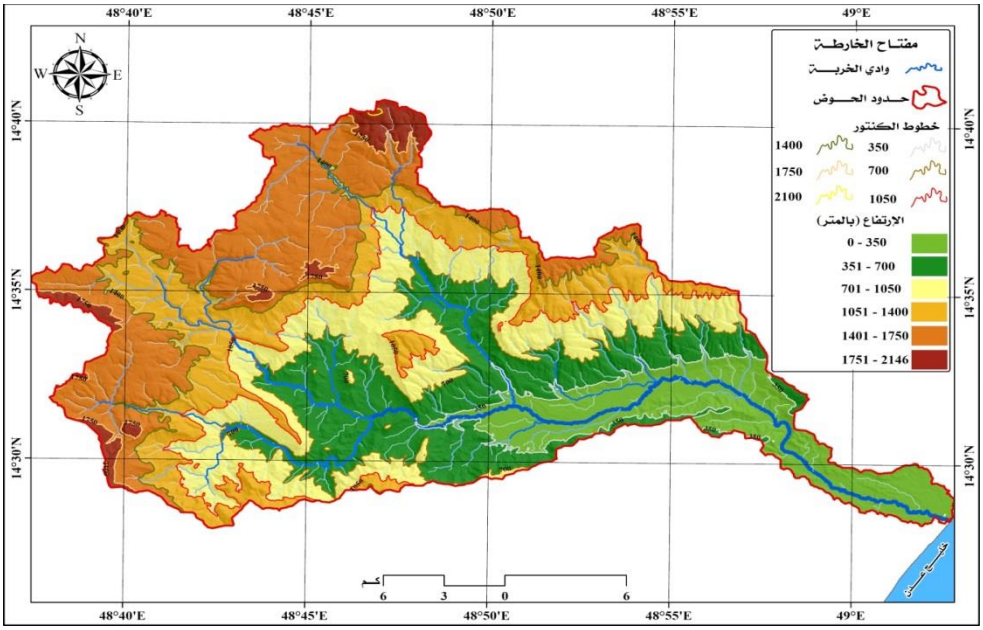
2-2-1-5: الفئة الخامسة: ما بين (1750-1401) م فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ مساحة هذه الفئة (42.6) كم^2، وبنسبة (8.4) % من إجمالي مساحة الحوض، وتتمثل بأراضٍ ذات تضاريس مرتفعة، وتقع في شمال، وغرب الحوض.

2-2-1-6: الفئة السادسة: تقع ما بين (2146-1751) م فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ مساحة هذه الفئة (130.4) كم^2، وبنسبة (25.7) % من إجمالي مساحة الحوض، وتعد أكثر الفئات إرتفاعًا ووعورة، وتمثل منطقة المنبع للحوض، وتقع شمال، وغرب الحوض.

الجدول (13): مساحة فئات ارتفاع حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت

م	الارتفاع (م)	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
1	0–350	68.4	13.5
2	351–700	111.5	22.0
3	701–1050	103.7	20.5
4	1051–1400	50.4	9.9
5	1401–1750	42.6	8.4
6	1751–2146	130.4	25.7
الإجمالي	**507**		**100**

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) دقة (12.5) متر، باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2 .



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) دقة (12.5) متر، نُزِّلت من موقع (Alaska) من الرابط https://search.asf.alaska.edu باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2.

الخارطة (4): مستويات الارتفاع في حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت

2-2-2: الانحدار: يساهم النشاط التكتوني في تغيير درجة انحدار سطح حوض وادي الخربة من خلال الحركات الرأسية والأفقية التي أعادت تشكيل تضاريسه، ومن خلال الجدول (14) والخارطة (5) تم تصنيف الانحدار إلى خمس نطاقات تضاريسية على النحو الآتي:

2-2-2-1: نطاق الأراضي السطحية: يمثل مناطق السهول والوديان، وتتراوح انحداراته ما بين (0-1.9) درجة، وتبلغ مساحته (11.9) كم^2، بنسبة (2.3) % من إجمالي مساحة حوض وادي الخربة، وهو بذلك يشغل المساحة الأصغر من إجمالي مساحة الحوض، ويعد هذا النطاق مناطق استقبال الترسبات المتعرية من المناطق المرتفعة، وتتصف تربته بأنها تربة ذات سمك عميق وتعد من أفضل مناطق النشاط الزراعي رغم أنها تحتوي على مواقع سكنية.

2-2-2-2: نطاق الأراضي ذات التموج الخفيف: يمثل مناطق السهول التحاتية النهرية، وتتراوح انحداراته ما بين (2-7.9) درجة، وتبلغ مساحته (89.5) كم^2، بنسبة (17.7) % من إجمالي مساحة حوض وادي الخربة، وهو بذلك يشغل مساحة تتقارب مع مساحة نطاق الأراضي المتقطعة بدرجة عالية، ويعد هذا النطاق مناطق استقبال الترسبات المتعرية من مناطق الطيات.

2-2-2-3: نطاق الأراضي المتموجة: يمثل مناطق التلال المنخفضة، وتتراوح انحداراته ما بين (8-15.9) درجة، وتبلغ مساحته (128.5) كم^2، بنسبة (25.3) % من إجمالي مساحة حوض وادي الخربة وهو بذلك يشغل مساحة كبيرة يأتي بعد نطاق الأراضي المقطعة المجزأة، وغالبًا ما تسود فيه عمليات التعرية أكثر من عمليات الإرساب مما يسهم في تشكيل المسيلات المائية وتزايد وعورة السطح وتنشيط حركة مواد السطح لاسيما الحركات السريعة وأبرزها الانزلاقات الأرضية خلال فترة تساقط الأمطار، فضلًا عن تشبع التربة بالمياه وبفعل الجاذبية الأرضية التي تسهم في تنشيط تلك العملية المورفولوجية.

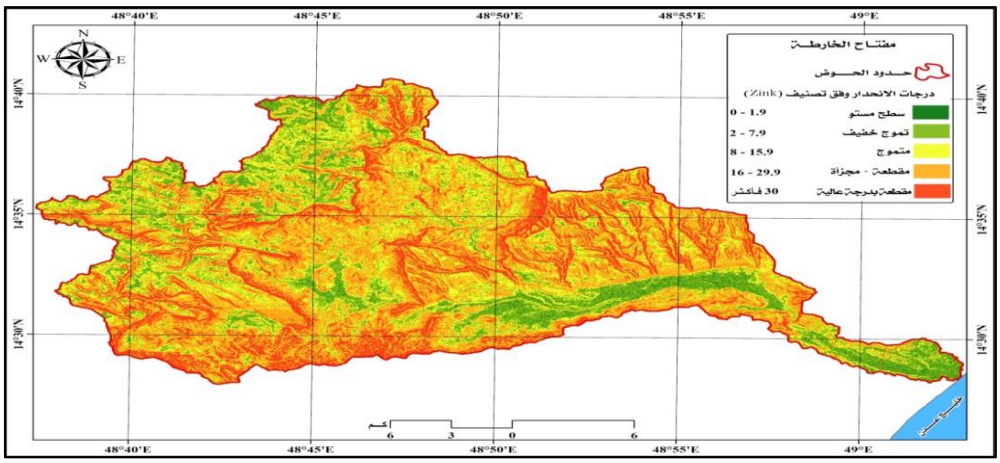
2-2-2-4: نطاق الأراضي المقطعة المجزأة: يمثل مناطق التلال المرتفعة، وتتراوح انحداراته ما بين (16-29.9) درجة، وتبلغ مساحته (191.6) كم^2، بنسبة (37.8) % من إجمالي مساحة حوض وادي الخربة وهو بذلك يشغل المساحة الأكبر من إجمالي مساحة الحوض، وأبرز ما يتميز به هذا النطاق نشاط التعرية المائية السيلية بفعل الانحدار والجاذبية الأرضية، إذ تحدث عادة بعد التساقط المطري مباشرة مما يسهم في تطور الأشكال الجيومورفولوجية منها الجروف الصخرية التي تكون نقطة البداية في تشكيل المسيلات المائية بمراتبها النهرية المختلفة.

2-2-2-5: نطاق الأراضي المقطعة بدرجة عالية: يمثل مناطق الجبال، وانحداره من (30) درجة فأكثر، وتبلغ مساحته (85.5) كم^2، بنسبة (16.9) % من إجمالي مساحة حوض وادي الخربة، وتكون العملية الجيومورفولوجية العمودية أكثر تأثيرًا مما هي عليه في شبكة التصريف.

الجدول (14): درجات الانحدار في حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت وفق تصنيف Zink

م	شكل التضرس	فئة الانحدار(درجة)	التصنيف	اللون	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
1	سطح مستوٍ	0–1.9	سهول ووديان		11.9	2.3
2	تموج خفيف	2–7.9	سهول تحاتية نهرية		89.5	17.7
3	متموج	8–15.9	تلال منخفضة		128.5	25.3
4	مقطعة–متجزأة	16–29.9	تلال مرتفعة		191.6	37.8
5	مقطعة بدرجة عالية	30 فأكثر	جبال		85.5	16.9
الإجمالي					**507**	**100**

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) دقة (12.5) متر، باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2 .



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) دقة (12.5) متر، باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2.

الخارطة (5): درجات الانحدار في حوض وادي الخربة في ساحل حضرموت وفق تصنيف Zink

النتائج:

1- أظهر تحليل المؤشران الجيومورفولوجيان (AF,VF) وجود تباين مكاني واضح في درجات النشاط التكتوني في حوض وادي الخربة، حيث سجلت بعض أوديته الثانوية قيمًا تشير إلى نشاط معتدل نسبيًا مقارنة بغيرها منخفضة، مما يعكس عدم تجانس التأثير التكتوني داخل الحوض.

2- بينت القيم التكاملية للمؤشر النهائي (LAT) أن النشاط التكتوني العام للحوض يقع ضمن المستوى المعتدل.

3- أوضحت الدراسة تنوعًا في التكوينات الجيولوجية (قشن، والحرشيات، والمكلا، وأم الرضومة، وجزع، ورس، وحبشية، وريمة، وعرقة، وفوة، وتكوينات مجموعة الرواسب الحديثة)، التي تتباين في خصائصها الليثولوجية، وقد أسهم هذا التنوع في اختلاف استجابة السطح لعمليات الرفع التكتوني.

4- حددت (504) تركيبًا خطيًا، وسيادة اتجاه (جنوب الجنوب الغربي)، مما يدل على تحكم بنيوي واضح في توجيه الشبكة المائية وتشكيل المظاهر التضاريسية داخل الحوض.

5- كشف تحليل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) عن تصنيف المنطقة إلى ست فئات ارتفاعية تتراوح مابين (0-2146) متر فوق مستوى سطح البحر، مما يعكس تدرجًا تضاريسيًا مرتبطًا بالحركات التكتونية.

6- أظهر تحليل الانحدار تصنيف الحوض إلى خمس نطاقات تضاريسية، حيث تركزت الانحدارات العالية في المناطق المرتبطة بالتراكيب الخطية والرفع التكتوني، في حين سادت الانحدارات المنخفضة في مناطق الترسيب، مما يؤكد العلاقة المباشرة ما بين النشاط التكتوني وشدة الانحدار.

التوصيات:

1- ضرورة توسيع تطبيق المؤشرات الجيومورفولوجية متعددة المعايير على مستوى الأحواض المجاورة في ساحل حضرموت، بهدف بناء نموذج إقليمي لتقييم النشاط التكتوني.

2- تعزيز التكامل ما بين التحليل الجيومورفولوجي والبيانات الجيوفيزيائية (كالزلازل والبنية العميقة)، من أجل تحسين دقة تفسير النشاط التكتوني وتحديد مراحله الزمنية.

3- توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد عالية الدقة ونماذج الارتفاع الرقمية المتقدمة لتحسين تحليل التراكيب الخطية والتغيرات الدقيقة في التضاريس.

4- إنشاء قاعدة بيانات جيومكانية متكاملة تضم المؤشرات الجيومورفولوجية، والتكوينات الصخرية، والتراكيب الخطية، لدعم اتخاذ القرار في مجالات التخطيط العمراني وإدارة الموارد الطبيعية.

5- إجراء دراسات زمنية مستقبلية لمراقبة التغيرات الجيومورفولوجية، مما يساعد في فهم تطور النشاط التكتوني وتأثيره المستقبلي على الحوض.

المراجع:

1- الجبوري، ريم ثائر حبيب، والخالدي، منذر على طه، دراسة المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني في طية بلكانة شرق الطور، مجلة ديالى، العدد 77، 2018م.

2- الزهيري، لميس سعد حميد، هيدروجيومورفولوجية حوض وادي جق جق شمال شرق محافظة السليمانية، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، العراق، 2022م.

3- السامرائي، هند طارق، المؤشرات الجيومورفولوجية ودلالاتها في النشاط التكتوني لحوض وادي كاني ماسي في محافظة دهوك، مجلة أبحاث ميسان، المجلد 19، العدد 37، 2023م.

4- الشمري، صادق عبدالحسين، تحليل الخصائص المورفومترية والمورفوتكتونية في حوض وادي بالكيان، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية، جامعة المستنصرية، العراق، 2023م.

5- الطائي، علي طالب، والأسدي، محمد عبدالوهاب، نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية، مجلة الخليج العربي، العدد 4، 2022م.

6- العمري، فؤاد عبدالوهاب، وكامل، نجم عبدالله، دراسة المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني في قبة علاس – طية حمرين الشمالي، مجلة تكريت، المجلد 50، العدد 5، 2013م.

7- الكراعي، نجم عبد الله كامل، آثار الظواهر الخطية ودلالاتها الجيومورفولوجية في قبة علاس/ طبة حمرين الشمالي، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية، جامعة تكريت، 2013م.

8- جعفر، على محسن كامل، النمذجة الهيدروجيومورفولوجية لحوض وادي حسب وأثره في التنمية البيئية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الكوفة، العراق، 2018م.

9- حسين، سندس جمعة، والنيش، فواز حميد، جيومورفوتكتونية وادي بادوش باستعمال نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، مجلة الآداب، العدد 140، 2022م.

10- خضير، أحمد عيادة، المؤشرات المورفوتكتونية لحوض وادي الصافية في الهضبة العراقية الغربية، مجلة الدراسات التربوية والعلمية، المجلد 2، العدد 18، 2012م.

11- شوشي، جيهان عبود، هيدروجيومورفولوجية حوض وادي كردة سور في محافظة أربيل، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، العراق، 2021م.

12- عبدالرضا، أسامة خزعل، وحسين، فاطمة نجف، العمليات الجيومورفولوجية والأشكال الأرضية الناتجة عنها في محافظة كربلاء، مجلة الأستاذ، المجلد 1، العدد 212، 2015م.

13- عمر، عبدالله عامر، التحليل التكتوني للتراكيب الخطية في شمال غرب العراق باستخدام معطيات التحسس النائي، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية العلوم، جامعة بغداد، 1985م.

14- عيسى، منال شاكر علي، مورفوتكتونية نهر دجلة وروافده ضمن نطاق الطيات في العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية العلوم، جامعة بغداد، العراق، 2000م.

15- معتوق، صفية شاكر، تحليل المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني شمال شرق العراق(وادي الفضاء–دراسة حالة)، مجلة دراسات إنسانية واجتماعية، المجلد 15، العدد 1، 2026م.

16- نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، دقة (12.5) متر، نُزِّلت من موقع (Alaska) من الرابط https://search.asf.alaska.edu.

17- وزارة النفط والثروات المعدنية، هيئة الاستكشافات المعدنية، مشروع الموارد الطبيعية، خرائط جيولوجية، مقياس رسم 1:250000، صنعاء، الجمهورية اليمنية.

Geomorphological Indicators of Tectonic Activity in the Wadi Al-Kharbah Basin - Hadhramout Coast, Yemen

Safa Saleh Ali Rowaee

Abstract

This study addressed the identification and measurement of geomorphological indicators of tectonic activity in the Wadi al-Kharbah basin on Hadhramout coast of the Republic of Yemen. It then analyzed the impact of this activity on the natural geological and topographical characteristics based on five indicators: topographic symmetry (T), topographic asymmetry (AF), channel length and slope (SL), valley floor width-to-height ratio (VF), and relative tectonic activity (LAT). These geomorphological indicators are among the most important modern tools and methods for determining the extent of tectonic activity in a given area.

The study results showed that the integrated value of the final indicator (LAT) indicates that the overall tectonic activity of the Wadi al-Kharbah basin falls within the moderate range.

Keywords: Geomorphological Indicators, Tectonic Activity, Wadi Al-Kharbah.