



دور التقنيات الجيومكانية في قياس الخصائص المورفومترية ودلالاتها الجيومورفولوجية لحوض وادي الكوف شمال

شرق ليبيا

مختار عشري عبد السلام محمد¹

قسم الجغرافيا، كلية التربية، جامعة عمر المختار

عوض عبدالواحد عوض محمد²

قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عمر المختار

Doi: <https://doi.org/10.54172/pad7d019>

المستخلص: تناولت هذه الدراسة أهمية استخدام التقنيات الجيومكانية ممثلة في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (**Geographic Information Systems (GIS)**) والاستشعار عن بعد في قياس الخصائص المورفومترية ودلالاتها الجيومورفولوجية لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية، وتهدف الدراسة إلى توفير قاعدة بيانات واسعة عن الخصائص الشكلية والتضاريسية وخصائص شبكة التصريف النهري للحوض، يمكن الاعتماد عليها في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية التي تستهدف الحوض المائي لوادي الكوف باعتباره أحد أكبر أحواض التصريف في شمال الجبل الأخضر، واعتمدت الدراسة على الصور الرادارية أو ما يعرف بنماذج الارتفاعات الرقمية (**Digital Elevation Models (DEM)**)، من خلال المنهج الوصفي التحليلي في وصف حوض التصريف وشبكه النهرية ووصف وتحليل نتائج قياس المعاملات المورفومترية، كما تم الاعتماد على الأسلوب الكمي من خلال استخدام العديد من المعاملات التي تقيس أبعاد الحوض وخصائصه المورفومترية، وتوصلت الدراسة لعدة نتائج منها أن حوض وادي الكوف يميل في شكله إلى الاستطالة وذلك ربما نتيجة لتأثره بالبنية الجيولوجية للجبل الأخضر، كما دل التقارب في نتائج الخصائص الشكلية وخصائص شبكة التصريف للأحواض الفرعية على تجانس التكوينات الجيولوجية داخل الحوض، وأشارت قيمة التكامل الهيسومتري إلى أن الحوض قد وصل إلى مرحلة متقدمة من دورة التعرية.

الكلمات المفتاحية: التقنيات الجيومكانية، الخصائص المورفومترية، حوض وادي الكوف، الأحواض الفرعية.

The role of geospatial technologies in measuring morphometric characteristics and their geomorphological implications for the Al-Kuf Valley watershed, northeastern Libya.

Mukhtar Ashry Abdel Salam Muhammad¹

Department of Geography, College of Education, Omar Al-Mukhtar University

Awad Abdul Wahed Awad Muhammad²

Department of Geography, Faculty of Arts, Omar Al-Mukhtar University

Abstract: This study emphasized the importance of using geospatial techniques, (Geographic Information Systems GIS, and Remote Sensing RS), in measuring the morphometric characteristics and their geomorphological indications for the Kuff Valley Basin and its sub-basins. Our primary objective was to provide a comprehensive database on the morphological, topographic, and river drainage network properties of the basin. A descriptive-analytical approach was used to describe the drainage basin and its river network and to calculate morphometric parameters using Digital Elevation Model (DEM). Additionally, the basin's dimensions and its morphometric characteristics were determined quantitatively. The study concluded that the Al-Kuff Valley basin tends to elongate in its shape, due to the geological structure of the Green Mountain. Furthermore, the homogeneity of geological formations throughout the basin was evident from the similarity of morphological characteristics and drainage networks within the sub-basins; moreover, the hypsometric integration indicated that the basin had reached an advanced stage of its erosion cycle.

Keywords: Geospatial techniques, morphometric characteristics, Al-Kuff valley basin, sub-basins.

مقدمة:

تحظى دراسة المتغيرات المورفومترية لأحواض التصريف النهري باهتمام الجيومورفولوجيين والهيدرولوجيين، لاسيما بعد دراسات (Horton, 1932, 1945; Strahler, 1952; Gregory, & Schumm, 1956; Waling, 1973)، التي رسخت لاستخدام الأساليب الكمية في دراسة الأحواض النهرية، ومهدت لنشوء ما يعرف بالمدرسة المورفومترية التي تهتم بدراسة وتحليل مختلف أشكال سطح الأرض كمياً، وقد اعتمدت الدراسات المورفومترية في البداية على الخرائط الكنتورية ثم اتجهت للاستعانة بالصور الجوية، وفي بداية القرن الحادي والعشرين وكنتيجة للتطور العلمي الكبير تم توظيف التقنيات المتطورة الممثلة في الاستشعار عن بُعد وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information Systems (GIS) كأهم مصدر للبيانات وطرق التحليل المستخدمة في الدراسات المورفومترية، ما مكن كثير الباحثين المهتمين بدراسة أحوض التصريف النهري من الحصول على خرائط رقمية وقياسات مورفومترية دقيقة، ومن بين تلك الدراسات دراسة (الغامدي، 2006) حول توظيف نظم المعلومات الجغرافية في استخراج بعض القياسات المورفومترية من نموذج الارتفاعات الرقمية لحوض وادي ذرى في المملكة العربية السعودية، وتوصل إلى أن نماذج الارتفاعات الرقمية بدقة تمييز 30 متر هي بديل ناجح للخرائط الكنتورية ذات المقياس 1:50000، بالإضافة إلى دراسة (الفيثوري، 2015) عن الخصائص المورفومترية لحوض وادي القطارة، ودراسة (الرواشدة، 2017) عن الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي الحسا بالأردن باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، التي أكدت على ضرورة استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في الدراسات المورفومترية لدقتها العالية، وتسعى هذه الدراسة إلى توفير قاعدة بيانات مورفومترية رقمية دقيقة لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية تخدم المهتمين بالدراسات الهيدرولوجية والبيئية التي قد تستهدف الحوض، بالإضافة لتحليل المدلول الجيومورفولوجي للمعاملات المورفومترية.

مشكلة الدراسة:

تتمحور مشكلة الدراسة حول إمكانية بناء قاعدة معلومات مورفومترية رقمية لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية، مشتقة من تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية للحوض (DEM) بواسطة برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، على خلاف الطرق التقليدية واليدوية التي تشوبها كثير من الأخطاء في القياس والنتائج، فضلاً عن الكلفة والجهد، إضافة إلى تفسير المدلول الجيومورفولوجي للمعاملات المورفومترية للحوض.

أهمية الدراسة:

توفر هذه الدراسة قاعدة بيانات مورفومترية رقمية واسعة عن حوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية يمكن الاعتماد عليها في إنجاح العديد من المشاريع الهندسية التي تستهدف الحوض مثل بناء السدود وشق الطرق وغيرها.

أهداف الدراسة:

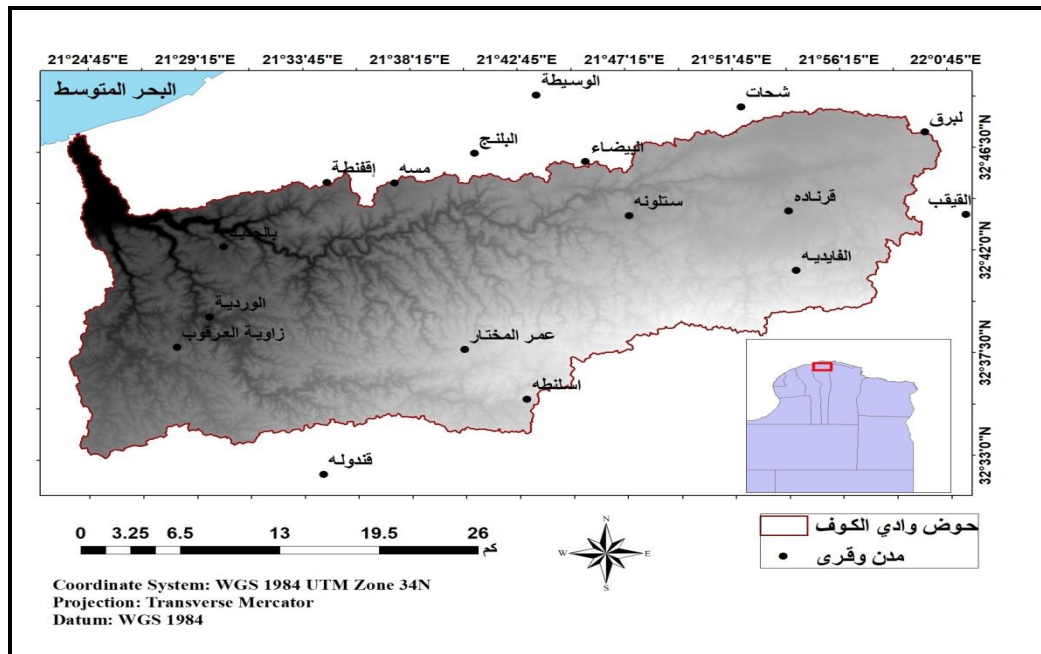
1. إبراز أهمية التقنيات الجيومكانية المتمثلة في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بُعد، في دراسة أحواض التصريف النهري.
2. تصميم خرائط رقمية للارتفاعات والانحدارات ولشبكة التصريف الحوض بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وباستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).
3. بناء قاعدة بيانات مورفومترية متكاملة لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية.
4. تحليل المدلول الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للحوض.

منهجية الدراسة:

أولاً: موقع منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي الكوف على السفح الشمالي لإقليم الجبل الأخضر بين دائرتي عرض $32^{\circ} 33'$ و $4.02''$ و $32^{\circ} 48' 14.50''$ شمالاً، وخطي طول $21^{\circ} 23' 52.21''$ و $22^{\circ} 0' 27.98''$ شرقاً، تبلغ مساحته 959.29 كم²، و طوله 56.04 كم، ومتوسط عرضه 17.11 كم، وتقع منابعه العليا عند منطقة سيدي محمد الحمري على ارتفاع 881 متر فوق مستوى سطح البحر، ويأخذ الحوض شكل قريب من المستطيل، ويبدأ مجراه الرئيسي المعروف بوادي الكوف من جنوب شرق قرية الابرق، ويتجه بصفة عامة نحو الغرب، وعند اجتيازه للحافة الأولى للجبل الأخضر يبدأ في الاتجاه تدريجياً نحو الشمال بفعل تأثير البنية الجيولوجية للجبل الأخضر، حيث يأخذ تسميته المعروفة باسم وادي جرجار أمه ويتجه شمالاً ليصب في البحر المتوسط، شكل (1).

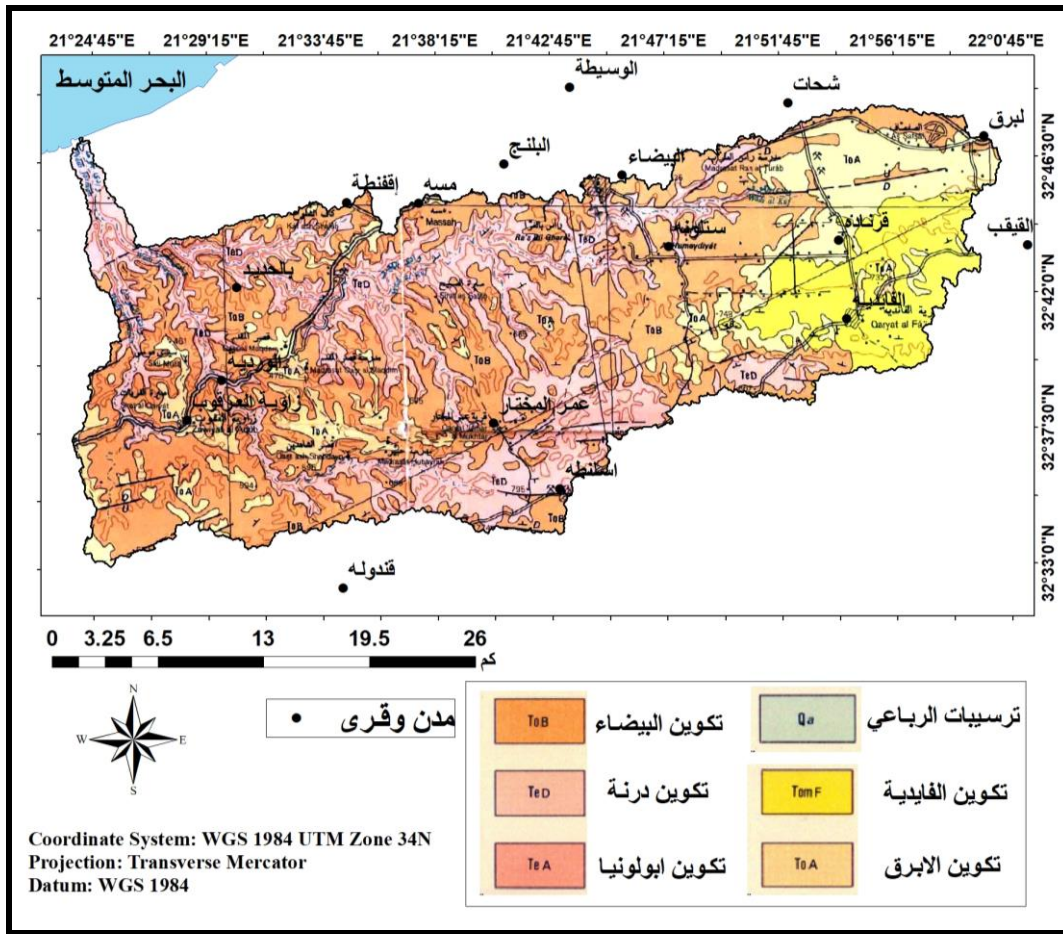
شكل (1) موقع حوض وادي الكوف من الجبل الأخضر.



المصدر: استخرجت مساحة الوادي من خلال digital elevation models Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer وباستخدام برنامج Arc Map 10.

ويتألف الحوض جيولوجياً من تكوينات صخرية تعود للحقب الثلاثي Tertiary، وتتراوح أعمارها بين الأيوسين و الميوسين الأوسط، أهمها تكوين الفايدية (أوليجوسين علوي - ميوسين أوسط) الذي يتركز في غرب الحوض جنوب قرية قرنادة، وهو عبارة عن حجر جيرى كلكارنيتي خشن الحبيبات دقيق التبلور ضعيف الصلابة، أما تكوين الأبرق (أوليجوسين أوسط - علوي) فيظهر في منطقتان رئيسيتان الأولى شمال قرية قرنادة، والأخرى في جنوب قرية زاوية العرقوب، أما تكوين البيضاء (أوليجوسين سفلي) المكون من حجر جيرى طحلي سميك ابيض إلى اصفر اللون فيشكل أجزاء كبيرة من وسط الحوض، ويظهر أسفله مباشرة تكوين درنة (أيوسيني) الذي يتكون من حجر جيرى صلب كريمي إلى رمادي اللون ويشكل معظم سفوح جوانب الأودية الرئيسية خاصة على طول المجري الرئيسي للحوض ومجرى وادي بيت صالح، شكل (2).

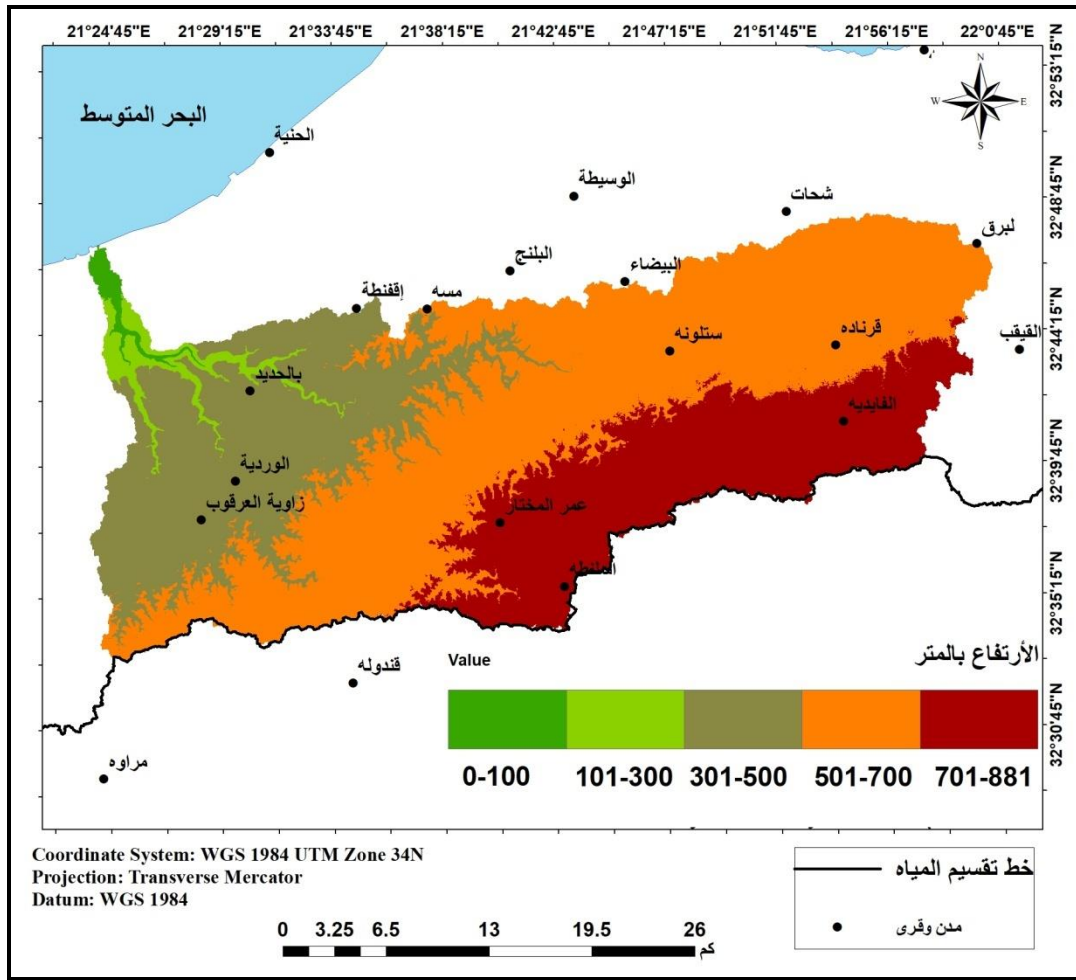
شكل (2) التكوينات الجيولوجية في حوض وادي الكوف.



المصدر: المصدر: مركز البحوث الصناعية، خريطة ليبيا الجيولوجية، مقياس 1 : 250.000، لوحة البيضاء ش ذ 34-15، طرابلس، 1974م وباستخدام برنامج Arc Map 10.

وتُبين خريطة الارتفاعات لحوض وادي الكوف، شكل (3)، أن الأراضي التي يقل ارتفاعها عن 300 متر الواقعة في شمال الحوض (أسفل الحافة الأولى للجبل) تبلغ مساحتها 29.63 كم² أي ما يعادل 3.13% من مساحة الحوض، أما الأراضي التي يتراوح ارتفاعها بين 301 متر و 500 متر (وتشمل المصطبة الأولى للجبل) فتبلغ مساحتها 243.72 كم² أي ما يعادل 25.47% من إجمالي المساحة، في حين أن معظم مساحة الحوض تمتد من الحافة الثانية للجبل مروراً بأراضي المصطبة الثانية وصولاً إلى الحافة الثالثة حيث منطقة تقسيم المياه، وتبلغ 685.94 كم² بنسبة 71.4% من مساحة الحوض.

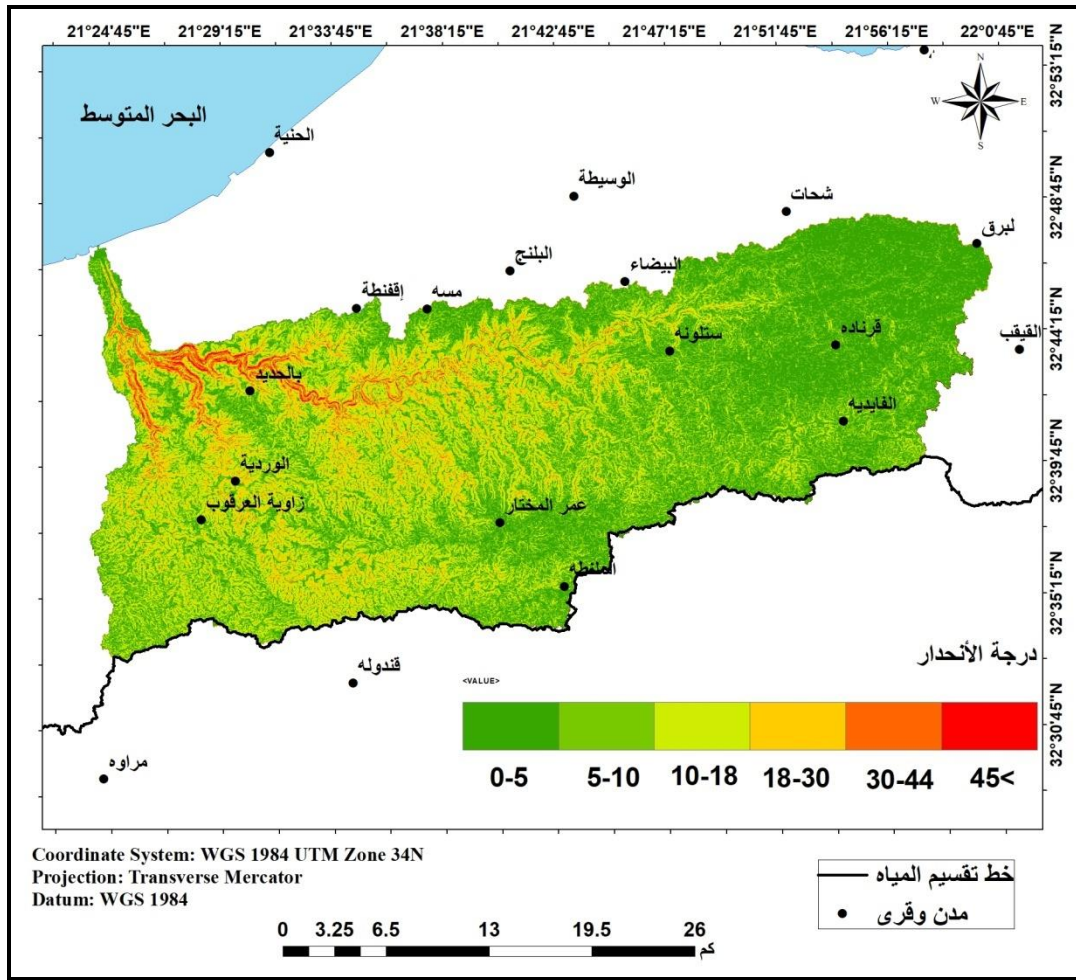
شكل (3) نموذج الارتفاعات في حوض وادي الكوف.



المصدر: استخرجت مساحة الوادي من خلال Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection digital elevation models باستخدام برنامج Arc Map 10 Radiometer.

ويُظهر تحليل خريطة درجات الانحدار داخل الحوض، شكل (4)، أن قرابة 316.7 كم² من مساحة الحوض أي ما يوازي 33% هي أراضي ذات انحدار خفيف (أقل من 5°)، وأن 300.7 كم² بنسبة 31.3% من المساحة هي أراضي متوسطة الانحدار (5° - 10°)، وأن 220.1 كم² بنسبة 22.9% أراضي انحدارها فوق المتوسط (10° - 18°)، في حين شغلت المنحدرات الشديدة والشديدة جدا والجرفية (انحدارها أكثر من 18°) مساحة 121.79 كم² بنسبة 12.8% من مساحة الحوض، وتركزت على طول المجرى الرئيسي في وسط وشمال الحوض.

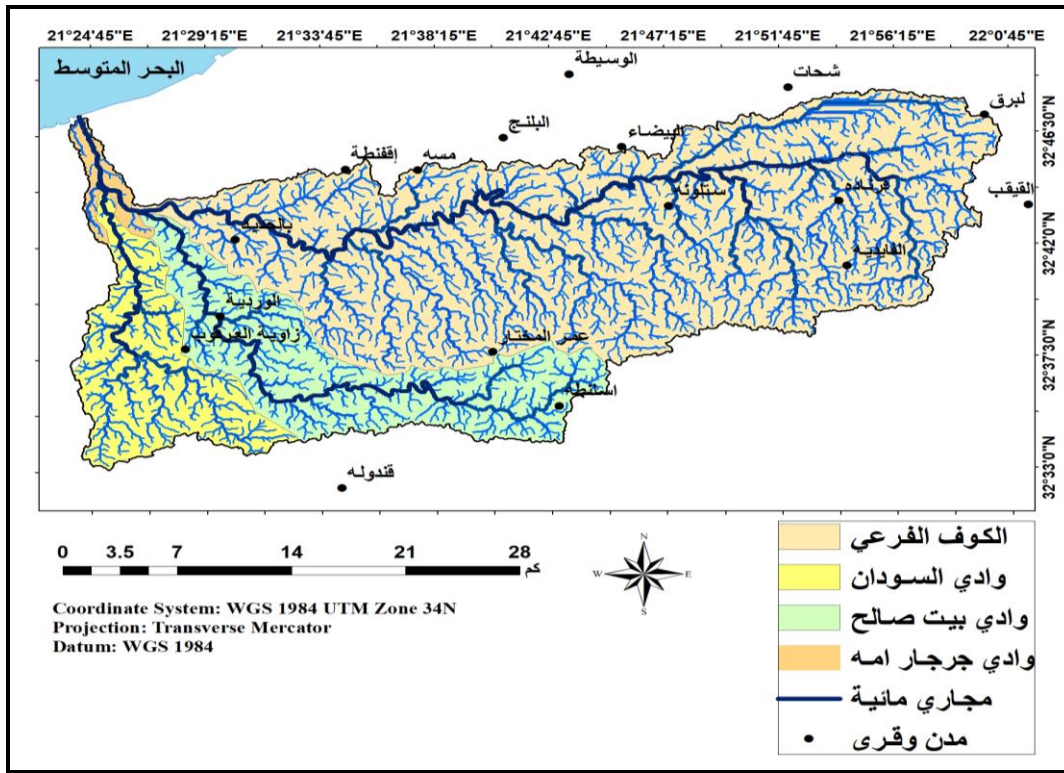
شكل (4) درجات الانحدار في حوض وادي الكوف.



المصدر: استخرجت مساحة الوادي من خلال Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection digital elevation models Radiometer وباستخدام برنامج Arc Map 10.

ويضم حوض وادي الكوف عدد من الأحواض الفرعية، أكبرها حوض وادي الكوف الفرعي الذي يسمى في بعض المناطق بوادي الجريب، الذي تبلغ مساحته 656.07 كم² وأحواض أودية بيت صالح والسودان بمساحة قدرها (171.6 كم² - 116.6 كم²) على التوالي، وتلتقي الأحواض الثلاثة أسفل الحافة الأولى للجبل الأخضر وتحديد في منطقة السرج الواقعة على ارتفاع حوالي 80 متر، في مجرى واحد يعرف باسم وادي جرجار أمه الذي يتجه شمالاً ليصب في البحر، شكل (5)، ويبين الجدول (1) الأبعاد الرئيسية لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية.

شكل (5) الأحواض الفرعية في حوض وادي الكوف.



المصدر: استخرجت من خلال digital elevation models Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer وباستخدام برنامج Arc Map 10.

جدول (1) أبعاد حوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية.

الحوض	الأبعاد	مساحة الحوض (كم ²)	طول الحوض (كم)	متوسط العرض (كم)	محيط الحوض (كم)
وادي الكوف الرئيسي	222.79	17.11	56.04	959.29	
وادي الكوف الفرعي	154.35	13.67	48	656.07	
وادي بيت صالح	110.43	5.57	30.8	171.6	
وادي السودان	80.04	5.44	21.4	116.5	
وادي جرجار أمه	28.11	2.43	6.2	15.12	

المصدر: من حسابات الباحثين اعتماداً على تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية للحوض (DEM).

ثانياً: مصادر البيانات

اعتمدت الدراسة نموذج الارتفاعات الرقمية للحوض (DEM) المأخوذ عن القمر الصناعي Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)، وهو من

تطوير كلاً من وزارة الصناعة اليابانية ووكالة الفضاء الأمريكية (NSA) وبدقة مكانية تصل إلى 30 متر، وخرائط جيولوجية مقياس 1:250000 (لوحة البيضاء) للتعرف على التكوينات الجيولوجية في الحوض.

ثالثاً: المنهج المستخدم:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي في وصف حوض التصريف وشبكته المائية والخرائط المتحصل عليها من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، كما تم الاعتماد على الأسلوب الكمي من خلال استخدام بعض المعاملات التي تقيس الخصائص المورفومترية للحوض.

رابعاً: طريقة المعالجة:

تم تطبيق مجموعة من المعاملات المورفومترية على حوض وادي الكوف الرئيسي وأحواضه الفرعية التي تزيد مساحتها عن 100 كم² وتشمل أحواض (الكوف الفرعي - بيت صالح - السودان)، وقد تم استبعاد حوض وادي جرجا رame لصغر مساحته، وتم اعتباره منطقة مصب للأحواض الفرعية التي ينتهي امتداده كأودية منفردة في منطقة الرسج الواقعة على ارتفاع 80 متر شمال حوض وادي جرجار أمه. وتشمل المعاملات التي تم تطبيقها ما يلي:

1. أبعاد الحوض Basin parameters:

وتتمثل في مساحة الحوض وطوله ومتوسط عرضه ومحيطه، والتي تم قياسها من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

أ. مساحة الحوض Drainage area:

تعد مساحة حوض التصريف من الخصائص المورفومترية الهامة والمؤثرة على حجم التصريف بالحوض، فكلما كبرت مساحة الحوض زادت كمية الأمطار التي يستقبلها مما يؤدي إلى زيادة حمولة الوادي، هذا على افتراض ثبات بقية المتغيرات الأخرى مثل نوع الصخر ونظام بنائه ونسبة التضرس وشكل شبكة التصريف (عاشور، 1986، ص 469) وقد تتشابه جميع العوامل الجيولوجية و الجيومورفولوجية المؤثرة في تشكيل أحواض التصريف إلا أن أشكالها ومساحتها قد تختلف تبعاً لتفاوت الفترة الزمنية التي قطعتها من دورتها التحاتية (مصطفى، 1982، ص 208). وتم قياس المساحة الكلية للحوض ومساحة الأحواض الفرعية بطريقة آلية من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بالاستعانة بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

ب. طول الحوض Basin Length:

يرتبط طول الحوض كمتغير مورفومتري بالعديد من الخصائص الأخرى لحوض التصريف، ويلعب طول الحوض دوراً بارزاً في تحديد احتمالية حدوث السيول، حيث يرتبط بقلّة طول الحوض زيادة درجة خطورة السيول، نظراً لقلّة الفاقد من المياه بالتبخر والتسرب وانخفاض زمني تصريف وسرعة وصول المياه إلى المصب، (الودعائي، 2007، ص 88)، ويتم قياسه بطرق مختلفة، حيث يرى (Gregory, & Waling, 1973, P. 50) أن طول الحوض هو المسافة بين المصب وابتعد نقطة تقع على محيط الحوض، في حين يرى (Schumm, 1963, P. 6) أن طول الحوض يمكن قياسه بخط يمتد من نقطة المصب إلى أعلى نقطة في الحوض، بينما يرى (1960 Maxwell) بأنه يمكن تحديد طول الحوض من خلال قياس خط يوازي المجرى الرئيسي من المنبع إلى المصب (محسوب، 2004، ص 147).

ج. متوسط عرض الحوض Basin Width:

هو أحد المتغيرات التي تساهم في تحديد شكل الحوض من خلال قياس نسبة الطول إلى العرض الحوضي. وتستخدم عدة طرق لقياس عرض الحوض مثل إيجاد متوسط عدد من القياسات تمثل عرض الحوض على مسافات متساوية (عاشور، 1991، ص 293) أو عن طريق قسمة مساحة الحوض على طوله وبالتالي فإن الناتج يمثل متوسط العرض (كيلو، 2003، ص 42).

د. محيط الحوض Basin Perimeter:

يرتبط محيط الحوض بالعديد من الخصائص المورفومترية الأخرى مثل معدل الاستدارة ونسبة التقطع، ويمثل محيط الحوض خط تقسيم المياه Water Shed بين كل حوض وما يجاوره من أحواض، وتم قياسه مباشرة من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

2. الخصائص الشكلية لأحواض التصريف :

تفيد دراسة شكل الحوض في تحديد مراحل تطوره والعمليات التي شكلته، ويتم ذلك من خلال مقارنة شكل الحوض بالأشكال الهندسية مثل الدائرة والمستطيل والمربع والمثلث، وكثيراً ما يؤثر شكل حوض التصريف على كمية الجريان من خلال ما يعرف بوقت الانتقال (Travel- Time) لأي نقطة مطر منذ سقوطها على سطح الحوض وحتى وصولها إلى المجرى الرئيسي ومصبه (صابر، 2005، ص ص 169-171)، وفيما يلي المعاملات المستخدمة في قياس الخصائص الشكلية لأحواض التصريف:

أ. معدل الاستطالة Elongation ratio:

يدل هذا المعدل على مدى تشابه شكل الحوض والشكل المستطيل، وهو من أكثر المعاملات المورفومترية دقة في قياس أشكال أحواض التصريف وعرف (Sohumm) استطالة الحوض بأنها النسبة بين قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض و أقصى طول للحوض، ويحسب كالآتي:

$$\text{معدل الاستطالة} = \text{طول قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض} / \text{أقصى طول للحوض}$$

(Sohumm, 1956, P. 612)

وتتراوح قيم الاستطالة بين الصفر والواحد الصحيح، وتكون الأحواض أقرب إلى الشكل المستطيل إذا اقترب الناتج من الصفر. وتشير استطالة الحوض أن الحوض يمر ببداية دورة التعرية، وقد تنتج الأحواض المستطيلة عن عوامل تكتونية دون أن تتدخل عمليات النحت في شكل الحوض (سلامة، 2004، ص 178).

ب. معدل الاستدارة Circular ratio:

يعبر معدل الاستدارة عن النسبة بين مساحة الحوض ومساحة الدائرة التي محيطها يساوي محيط الحوض، وبالتالي فهو يقيس مدى تقارب شكل الحوض والشكل الدائري المنتظم، ويحسب كالآتي:

$$\text{معدل الاستدارة} = \text{مساحة الحوض كم}^2 / \text{مساحة دائرة لها محيط بنفس طول محيط الحوض}$$

(Gregory, & Waling, 1973, P.51)

وتتراوح قيم الاستدارة بين الصفر والواحد الصحيح، وكلما اقترب الناتج من الواحد الصحيح دل ذلك على استدارة الحوض، وعادة ما ترتفع قيم الاستدارة في المناطق ذات الصخور الضعيفة لارتفاع معدلات الهدم فيها، مع ملاحظة أن العوامل التكتونية قد تؤثر أيضاً في استدارة الأحواض، كما أن القيم المرتفعة للاستدارة عادة ما تشير إلى تقدم الحوض في دورته التحاتية (سلامة، 1982، ص 6).

ج. معامل شكل الحوض Form factor:

ويعبر عن العلاقة بين مساحة الحوض وطوله، أي أنه يصف مدى انتظام عرض الحوض على طول امتداده من منطقة المنبع وحتى بيئة المصب، وتشير القيم المرتفعة إلى ابتعاد الأحواض عن الاستطالة، ويحسب كالآتي:

$$\text{معامل شكل الحوض} = \text{مساحة الحوض كم}^2 / \text{مربع طول الحوض كم}$$

(Horton, 1932, P. 353)

د. نسبة الطول إلى العرض الحوضي Length / Width ratio:

وتعبر عن العلاقة بين طول الحوض وعرضه، أي أنها تصف مدى تناسب شكل الحوض، وتشير القيم المرتفعة لهذه العلاقة إلى استطالة الحوض وقلة تناسب شكله، وتحسب كالآتي:

$$\text{نسبة الطول إلى العرض الحوضي} = \text{طول الحوض كم} / \text{متوسط عرض الحوض كم}$$

3. الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف:

تبرز أهمية دراسة تضرس الحوض باعتباره انعكاساً لنشاط عمليات التعرية وأثرها في تشكيل سطح الأرض داخل الحوض، إلى جانب تحديد المرحلة العمرية التي قطعها الحوض في دورته التحاتية، وتشمل معاملات نسبة التضرس وقيمة الوعورة ونسبة التقطع والتكامل الهيسومتري، وذلك على النحو التالي:

أ. نسبة التضرس Relief ratio:

وتعبر عن مدى تضرس الحوض بالنسبة إلى طوله. وترتفع قيمتها بزيادة الفارق بين منسوب أعلى وأدنى نقطة في الحوض وتقل مع زيادة طول الحوض. وتحسب كالآتي :

$$\text{نسبة التضرس} = \text{تضاريس الحوض م} / \text{طول الحوض كم}$$

(Sohumm, 1956, P. 612)

ب. قيمة الوعورة Ruggedness value:

يعتبر هذا المعامل من المعاملات المورفومترية دقة في قياس تضرس أحواض التصريف ووعورة أراضيها ، حيث يقيس العلاقة بين أكثر من متغيرين أي بين تضرس الحوض وأطوال المجاري والمساحة الحوضية، وبالتالي يعبر عن العلاقة بين تضرس الحوض وكثافة التصريف (عاشور، 1991، ص 328).

$$\text{قيمة الوعورة} = \text{كثافة التصريف} \times \text{تضاريس الحوض} / 1000$$

(معتوق، 1988، ص 91)

ج. نسبة التقطع (معدل النسيج الطبوغرافي) Texture ratio:

وهي مقياس لنسيج شبكة التصريف ومدى تقطع سطح الحوض بالمجاري المائية، وتقسم نسبة تقطع الأحواض إلى أنماط ثلاثة: الأول أحواض خشنة النسيج وهي التي يقل نسيجها عن الرقم 4، والثاني أحواض متوسطة النسيج وهي الأحواض التي يتراوح نسيجها من 4 إلى 10، والنمط الثالث أحواض دقيقة النسيج التي يزيد نسيجها عن الرقم 10. وتحسب كالآتي:

نسبة التقطع = مجموع أعداد المجاري في الحوض / محيط الحوض كم = مجرى/كم

(Smith, K.G, 1950, P. 657)

د. التكامل الهبсомتري Hypsometric integral:

يعتبر التكامل الهبсомتري من أدق المعاملات التي تمثل الفترة الزمنية المقطوعة من الدورة التحاتية لأحواض التصريف (تراب، 1984، ص 182)، وتشير زيادة قيم التكامل الهبсомتري إلى كبر مساحة الحوض نتيجة لعظم كثافة التصريف و انخفاض قيم التضاريس الحوضية مما يدل على التقدم العمري للحوض، أي تناسب قيم التكامل الهبсомتري طردياً مع الفترة التي قطعها الحوض من دورته التحاتية، (عاشور، 1991، ص 328)، ويحسب كالآتي:

التكامل الهبсомتري = مساحة الحوض كم² / تضاريس الحوض م

(مصطفى، 1982، ص 217)

4. خصائص شبكات التصريف:

يُعد تحليل شبكة التصريف Drainage Network من العمليات المهمة في تحديد مدى تطور الأحواض المائية، وفهم العلاقة بين خصائص التكوين الصخري من جهة والظروف المناخية من جهة أخرى، وذلك من خلال دراسة رتب المجاري وأعدادها وأطوالها ونسبة التشعب وكثافة التصريف وتكرار المجاري، وذلك على النحو التالي:

أ. رتب المجاري Stream orders:

تم الاعتماد على طريقة (Strahler 1952) في ترتيب مجاري شبكة التصريف بالحوض كونها أكثر الطرق سهولة واستخداماً.

ب. أعداد المجاري Stream numbers:

وتعني عملية عد المجاري الموجودة داخل الحوض بعد تصنيفها.

ج. أطوال المجاري Stream lengths:

وهي عملية قياس أطوال المجاري لكافة الرتب. وتم قياس أطوال المجاري من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

د. كثافة التصريف Drainage density:

تعطي كثافة التصريف مؤشراً جيداً على مدى تعرض الحوض لعمليات النحت والتقطع بواسطة المجاري المائية، كما يمكن اعتبارها انعكاساً للظروف المناخية و البنية ومدى ضعف أو صلابة التكوينات الصخرية ودرجة نفاذيتها، وتحسب كالآتي:

$$\text{كثافة التصريف} = \text{مجموع أطوال المجاري في الحوض} / \text{مساحة الحوض} \text{ كم}^2 = \text{كم}^2 / \text{كم}^2$$

(Horton, 1932, P. 357)

هـ. تكرار المجاري Stream frequency:

ويعبر عن النسبة بين عدد المجاري في الحوض ومساحة الحوض. ويحسب كالآتي:

$$\text{تكرار المجاري} = \text{مجموع أعداد المجاري في الحوض} / \text{مساحة الحوض} \text{ كم}^2 = \text{مجرى} / \text{كم}^2$$

(Horton, 1945, P. 285)

و. معدل بقاء المجاري Stream Maintenance:

ويعبر عن العلاقة بين الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة من مجاري الشبكة، وكلما كبرت قيمة هذا المعامل دل ذلك على اتساع مساحة الأحواض على حساب مجاري شبكتها المحدودة الطول، وقد اقترح (Sohumm, 1956) المعادلة التالية لحسابه:

$$\text{معدل بقاء المجاري} = 1 / \text{كثافة التصريف} = \text{كم}^2 / \text{كم}$$

وتم تصنيف درجات داخل حوض وادي الكوف حسب تصنيف (Young 1972 p.173)، على النحو التالي:

1. الانحدارات الخفيفة، وتتراوح بين 0° - 5°.
2. الانحدارات المتوسطة، وتتراوح بين 5° - 10°.
3. الانحدارات فوق المتوسطة، وتتراوح بين 10° - 18°.
4. الانحدارات الشديدة، وتتراوح بين 18° - 30°.
5. الانحدارات الشديدة جداً، وتتراوح بين 30° - 44°.
6. الانحدارات الجرفية، وتتراوح بين 45° - 90°.

خامساً: البرامج المستخدمة

تم استخدام برنامج Arc Map 10.3 وهو احد برامج نظم المعلومات الجغرافية من إنتاج شركة معهد بحوث أنظمة البيئة والمعروفة (ESRI) Environmental System Research Institute، في تحديد الحوض

واستخلاص شبكة التصريف وإنتاج الخرائط الرقمية المختلفة من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، وحساب أبعاد الحوض.

مناقشة النتائج:

أولاً: تحليل الخصائص الشكلية لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية المبينة بالجدول (2):

1. بلغت قيم معاملات الاستطالة والاستدارة في حوض وادي الكوف الرئيسي (0.62 - 0.24) على التوالي، ما يشير إلى قرب شكل الحوض من الاستطالة، كما دلت قيم معامل الشكل ونسبة الطول إلى العرض الحوضي (0.3 - 3.3 كم/كم) على أن طول الحوض أكبر من عرضه بحوالي ثلاثة أضعاف، ما يؤكد استطالة الحوض. وقد تكون استطالة حوض وادي الكوف ناتجة أساساً عن ظروف البنية الجيولوجية لإقليم الجبل الأخضر التي أثرت بشكل كبير على أشكال واتجاهات أحواض التصريف خاصة على المنحدر الشمالي للجبل الأخضر، إذ تبدو على هيئة أحواض طولية يغلب عليها الشكل المستطيل كونها أودية صدعية، تتبع الانحدار للسطح، الذي يكون في الغالب نحو الشمال حيث مستوى القاعدة العام المتمثل في البحر المتوسط.

2. أظهرت الدراسة وجود تقارب في الخصائص الشكلية للأحواض الفرعية داخل حوض وادي الكوف، ما يشير إلى تجانس التكوينات الجيولوجية داخل الحوض.

جدول (2) الخصائص الشكلية لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية.

الحوض	المعامل المورفومتري			نسبة الطول للعرض
	معدل الاستطالة	معدل الاستدارة	معامل شكل الحوض	
وادي الكوف الرئيسي	0.62	0.24	0.3	3.3
وادي الكوف الفرعي	0.6	0.34	0.28	3.5
وادي بيت صالح	0.47	0.17	0.18	5.5
وادي السودان	0.56	0.22	0.24	3.9

المصدر: من حسابات الباحثين اعتماداً على تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية للحوض (DEM).

ثانياً: تحليل الخصائص التضاريسية لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية المبينة بالجدول (3):

1. دلت قيمة معامل نسبة التضرس في حوض وادي الكوف التي بلغت (15.7 م/كم) على قلة تضرس سطح الحوض نسبياً، وأشارت قيمة معامل التكامل الهبومتري التي بلغت (1.1) إلى أن الحوض قد وصل إلى مرحلة متقدمة من دورة التعرية.

جدول (3) الخصائص التضاريسية لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية.

المعامل المورفومتري	أعلى نقطة في الحوض	أدنى نقطة في الحوض	نسبة التضرس	قيمة الوعرة	نسبة التقطع	التكامل الهيسومتري	الحوض
	881	صفر	15.7	1.85	9.4	1.1	وادي الكوف الرئيسي
	850	80	17.7	1.56	9.2	0.8	وادي الكوف الفرعي
	881	80	28.6	1.77	3.6	0.21	وادي بيت صالح
	650	80	30.3	1.44	3.3	0.2	وادي السودان

المصدر: من حسابات الباحثين اعتماداً على تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية للحوض (DEM).

3. وصلت قيمة معامل نسبة التضرس في حوض وادي السودان إلى (30.0 م/كم) وبالتالي فهو أكثر الأحواض الفرعية تضرساً، ويرجع ذلك لقصر طوله الذي لا يزيد عن (21.4 كم)، في حين لم تتجاوز قيمة نسبة التضرس في حوض وادي الكوف الفرعي (17.7 م/كم) وذلك بسبب زيادة طوله التي تصل إلى (48 كم).

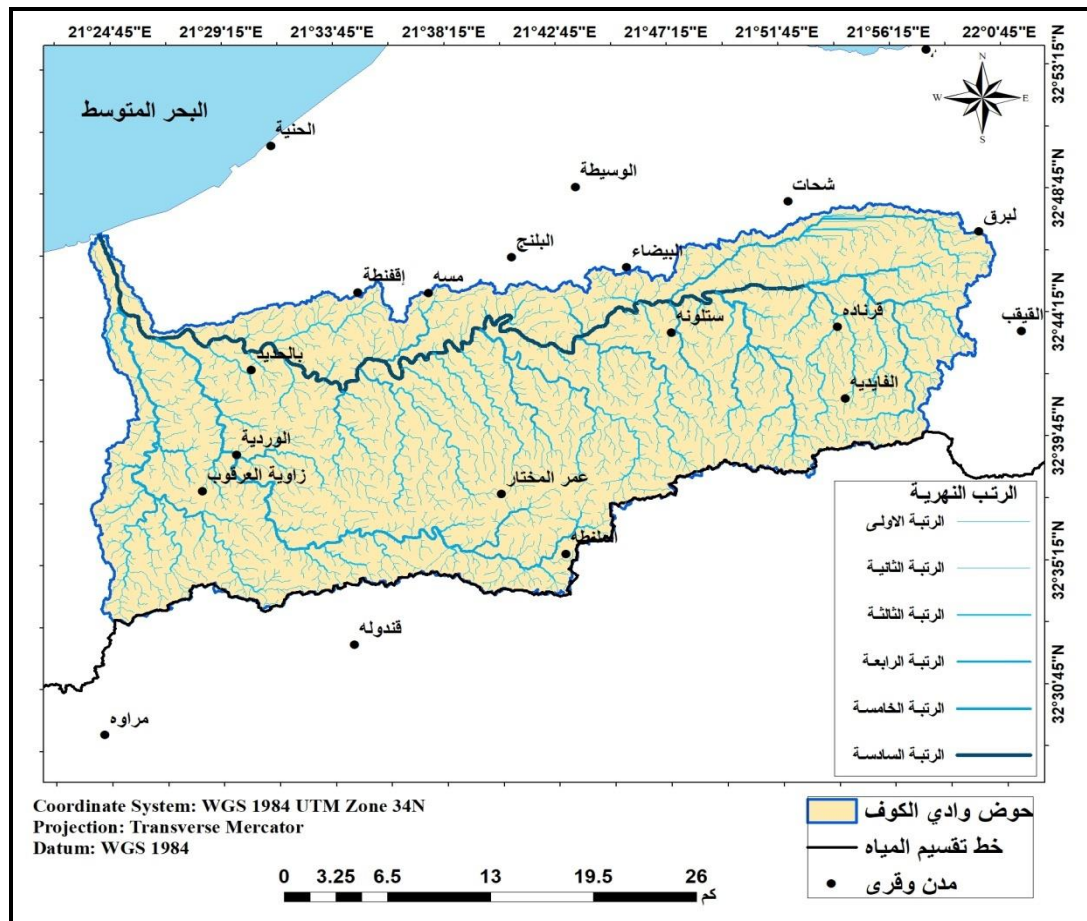
4. سجل حوض وادي الكوف الفرعي أعلى نسبة تقطع بالمجاري المائية بلغت (9.2) وذلك نتيجة لكبر مساحة حوضه وكثرة عدد مجاريه مقارنة بالأحواض الأخرى.

5. بلغت قيمة معامل التكامل الهيسومتري لحوض وادي الكوف الفرعي (0.8) في حين لم تتجاوز (0.21 - 0.2) في أحواض أودية بيت صالح والسودان، وهذا يدل وبكل وضوح على أن حوض وادي الكوف الفرعي هو أكثر الأحواض تقدماً في دورته التحاتية.

ثالثاً: تحليل خصائص شبكة التصريف لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية المبينة في الشكل (5) و الجدول (3):

1. تبين من تحليل خريطة شبكة التصريف أن حوض وادي الكوف وصل إلى الرتبة السادسة، وبلغ مجموع أعداد مجاريه 2097 مجرى، بإجمالي أطوال 1988.48 كم، وسجل حوض وادي الكوف الفرعي أعلى مجموع لأعداد المجاري وبلغ 1420 مجرى، بإجمالي أطوال وصل إلى 1334.2 كم.

شكل (6) شبكة التصريف في حوض وادي الكوف.



المصدر: استخرجت من خلال digital elevation models Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer بواسطة برنامج Arc Map 10.

جدول (4) خصائص شبكة التصريف لحوض وادي الكوف وأحواضه الفرعية.

الحوض	المعامل المورفومتري				
	مجموع أعداد المجاري	مجموع أطوال المجاري (كم)	كثافة التصريف كم ² /كم ²	تكرار المجاري مجرى/كم ²	معدل بقاء المجاري كم ² /كم
وادي الكوف الرئيسي	2097	1988.48	2.1	2.18	0.47
وادي الكوف الفرعي	1420	1334.2	2.03	2.16	0.49
وادي بيت صالح	406	379.1	2.21	2.36	0.45
وادي السودان	262	295.9	2.5	2.24	0.39
وادي جرجار أمه	9	15.19	-	-	-

المصدر: من حسابات الباحثين اعتماداً على تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية للحوض (DEM).

2. تشير قيم كثافة التصريف وتكرار المجاري ومعدل بقاء المجاري في حوض وادي الكوف الرئيسي (2.1 كم²/كم² - 2.18 مجرى/كم² - 0.47 كم²/كم) على التوالي، إلى أن الحوض يقع ضمن كثافة التصريف المنخفضة (أقل

من 12 كم²/كم حسب تصنيف (Strahler, 1964)، وربما يرجع ذلك إلى كبر مساحته، وقلة صلابة تكويناته الجيولوجية، التي انعكست على انخفاض معامل تكرار المجاري في الحوض.

3. سجل حوض وادي السودان أعلى قيمة لكثافة التصريف وبلغت (2.5 كم²/كم) وذلك كونه أكثر الأحواض الفرعية تضرساً، أما حوض وادي الكوف الفرعي فقد سجل أقل قيمة وبلغت (2.03 كم²/كم) وهو أقل الأحواض تضرساً.

4. يؤكد التقارب الكبير في قيم معاملات كثافة التصريف وتكرار المجاري ومعدل بقاء المجاري لأحواض التصريف الفرعية، على تجانس التكوينات الجيولوجية داخل حوض وادي الكوف.

الخاتمة

شملت الدراسة استخدام التقنيات الجيومكانية في دراسة المذلولات الجيومورفولوجية لحوض وادي الكوف وفروعه من خلال قياس خصائصه المورفومترية، حيث إنشئت قاعدة بيانات جيومورفولوجية، بالإضافة إلى تبيان أهم خصائصه المكانية وارتباطها بالوضع الجيولوجي للمنطقة، واستخدم نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وتم معالجة واستخلاص الخصائص المورفومترية عن طريق برمجيات التقنيات المكانية والتي شئت كفاءتها في التحليل، حيث وفرت الجهد والوقت في دراسة الوادي، والذي يعد من أكبر أودية الجبل الأخضر، والذي يحتاج لسنوات و فرق عمل كبيرة لدراسته.

المراجع

إبراهيم، سيد صابر (2005): السيول وأخطارها على ساحل البحر الأحمر فيما بين وادي الأسيد وفالق الوعر "دراسة جيومورفولوجية تطبيقية"، (رسالة ماجستير غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
تراب، محمد مجدي (1984): منطقة أم الرخم غربي مطروح دراسة جيومورفولوجية، (رسالة ماجستير غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

تراب، محمد مجدي (1988): حوض وادي بدع جنوب غرب السويس فيما بين وادي حجل شمالاً ووادي غوبية جنوباً دراسة جيومورفولوجية، (رسالة دكتوراه غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

الجمهورية العربية الليبية، مركز البحوث الصناعية (1973): خريطة ليبيا الجيولوجية مقياس 1:250000 ، لوحة البيضاء ش ذ 15-34 ، طرابلس.

سلامة، حسن رمضان (1982): الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد الثالث والأربعين، الكويت.

سلامة، حسن رمضان(2004):أصول الجيومورفولوجيا، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان.

عاشور، محمود محمد (1986): طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي، حولية كلية الإنسانيات والعلوم الاجتماعية، العدد التاسع، جامعة قطر.

عاشور، محمود محمد وآخرون (1991): وسائل التحليل الجيومورفولوجي، بدون ناشر، القاهرة.

كيلو، عبد الحميد أحمد وآخرون (2003): دراسات في جيومورفولوجية الأراضي الكويتية، مركز البحوث والدراسات الكويتية، الكويت.

محسوب، محمد صبري (2004): الخريطة الكنتورية في الفهم الجيومورفولوجي، بدون ناشر، القاهرة.

مصطفى، أحمد أحمد (1982): "حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية دراسة جيومورفولوجية"،(رسالة دكتوراه غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

معتوق، أحمد السيد (1988): حوض وادي عمباجي غرب القصير دراسة جيومورفولوجية، (رسالة دكتوراه غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

الودعائي، إدريس علي سلمان (2007): " المشكلات البيئية في منطقة جازان"، (رسالة ماجستير غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.

Gregory, K.J. , and waling, D.E. ,(1973); Drainage Basin form and Process A Geomorphological Approach, London, p51.

Horton , R.E. , (1932); Drainage Basin characteristics, Transactions of the American Geographical Union, 13.

Horton , R.E. , (1945); Erosional Development of Stream and Their Drainage Age Basins; Hydro physical Approach to Quantitative Morphology, geol. Soc. Amer. Bull. , 56.

Maxwell , J.C. , (1960); Quantitative Geomorphology of The san Diams Experimental Forest, California, Office of Naval Research, Geogr, Branch, Project NR 389-042 Tech. Rept. 19.

Smith, K.G. , (1950); Standards for Grading Texture of Erosional Topography. Amer. Jour. sci , Vol. 248.

Sohumm, S.A. ,(1956); Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey, Bull. Amer. Geol. 67.

Sohumm, S.A. ,(1963); A Tentative Classification of River Channels, U.S. Geol. Surv. Circular 477.

Strahler, A,N. ,(1952); physical geography, fourth edition.

Strahler, A. N, (1964), Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and channel Network, in chow, v. T(Editor), Hand book of Applied Hydrology, New York.

www.jspacesystemes.or.hP , ASTER Global Digital Elevation Model Version 2- summary of Validation Results,2011.

Young. A,, (1972): Slops, Oliver, and Boyd, Edinburgh.