

2022

Morphometric Analysis of Kufrankeh and Rajab Basins in Ajloun Governorate Using Geographic Information Systems (GIS)

Odai Jlabneh
odai.jlabneh@gmail.com

Ali Al-Ananzeh
a.ananzeh@ju.edu.jo

Follow this and additional works at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/jpu>



Part of the [Arts and Humanities Commons](#), and the [Social and Behavioral Sciences Commons](#)

Recommended Citation

Jlabneh, Odai and Al-Ananzeh, Ali (2022) "Morphometric Analysis of Kufrankeh and Rajab Basins in Ajloun Governorate Using Geographic Information Systems (GIS)," *Jerash for Research and Studies Journal* مجلة جرش للبحوث والدراسات: Vol. 23: Iss. 2, Article 49.

Available at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/jpu/vol23/iss2/49>

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in Jerash for Research and Studies Journal مجلة جرش للبحوث والدراسات by an authorized editor. The journal is hosted on [Digital Commons](#), an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aarj.edu.jo, marah@aarj.edu.jo, u.murad@aarj.edu.jo.

التحليل المورفومتري لحوضي كفرنجة وراجب في محافظة عجلون باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

عدي حسان جلابنة* وعلي أحمد العنانزة**

ملخص

هدفت هذه الدراسة الى تحليل الخصائص المورفومترية لحوضي كفرنجة وراجب في محافظة عجلون. وخلصت الدراسة إلى أن معامل الاستطالة لحوض وادي كفرنجة بلغ (0.57) ولحوض وادي راجب (0.55). مما يعني ان الحوضين مدودين وبعيدين عن الشكل الدائري وهذا يدل على عدم تعرض الحوض لفترة طويلة من الحت المائي. وقد بلغت قيمة كثافة التصريف في حوض وادي كفرنجة (0.78)، وفي حوض وادي راجب (0.76) والذي يمكن تفسيره بوجود العديد من الينابيع وان الجريان يقتصر على عدد من القنوات في الحوضين. في حين بلغ التضرس الكلي لحوض وادي كفرنجة 1400 م ولحوض راجب 1150 م والمعدل العام للتضرس في حوض كفرنجة 68.6 م/كم ولحوض وادي راجب 82 م/كم. وهي نسب عالية تدل على صغر مساحة الحوض وكثافة عملية التعرية على منحدرات الحوض. والذي يظهر من خلال التكامل الهيسوميتري لحوض وادي كفرنجة والبالغ 65.1% ولحوض وادي راجب 65.2% الامر الذي يوضح ان هذه الاودية تمر في مرحلة الشباب من دورة التعرية وأن تكويناتها الصخرية لا تزال بانتظار دورها في الحت. الكلمات المفتاحية: المورفومترية، عجلون، نظم المعلومات الجغرافية.

© جميع الحقوق محفوظة جامعة جرش 2022.

* طالب دراسات عليا الجامعة الأردنية. Email: odai.jlabneh@gmail.com

** أستاذ قسم الجغرافيا الجامعة الأردنية. Email: A.Ananzeh@ju.edu.jo

3405

Morphometric Analysis of Kufranajeh and Rajab Basins in Ajloun Governorate Using Geographic Information Systems (GIS)

Odai H. Jlabneh, *Postgraduate Student, University of Jordan.*

Ali A. Ananzeh, *Professor of Geography, University of Jordan.*

Abstract

The study aimed to analyze the morphometric characteristics of Kufranajeh and Rajab basins in Ajloun governorate. It concluded that the elongation coefficient for Kufranajeh Valley basin reached (0.57) and for Wadi Rajab basin (0.55), which means that the two basins are elongated and far from the circular shape. This indicates that the basin has not been exposed for a long period of erosion. The value of the drainage density in Kufranajeh basin was (0.78), and in Wadi Rajab basin (0.76), which can be explained by the presence of many springs, and that the runoff is limited to several channels in the basin. Whereas the total relief of Kufranajeh basin reached 1400 m compared with Rajab basin 1150 m, and the general average of relief in Kufranajeh basin was 68.6 m / km and Wadi Rajab basin was 82 m / km. These high rates indicate the small area of the basin and the intensity of the erosion process on the slopes of the basin, which is evident through the Hypsometric curve of Kufranajeh Valley basin of 65.1% and of Wadi Rajab Basin of 65.2%. This indicates that these valleys are in the youth stage of the erosion cycle and their rock formations are still waiting for their role in the erosion cycle.

Keywords: Morphometric, Ajloun, Geographic information systems.

المقدمة:

تعتبر الأحواض المائية انعكاساً طبيعياً للتضاريس، لكنها لاحقاً تبدأ بتحديد وتشكيل خصائص السطح، فهي تعتبر مرآة للوضع الجيولوجي والمناخي والنباتي. وتعددت وسائل البحث في الدراسات المورفومترية بما يواكب الوسائل العلمية المتاحة، فاستخدمت الخرائط الكنتورية المحصورة في الخرائط الطبوغرافية ومن ثم الصور الجوية ولاحقاً نظم المعلومات الجغرافية.⁽¹⁾

يعد تحليل الخصائص المورفومترية أحد الاتجاهات الحديثة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، ويتعلق الأمر بالمسح والخصائص الشكلية والتضاريسية والمساحية لشبكة المياه لأحواض الأنهار والجداول. ويتم تحليلها وفقاً لأسس رياضية وهندسية دقيقة يستفيد منها المتخصصون. وبالتالي فهي تساعد على الاستفادة منها في مختلف المجالات.⁽²⁾

أهداف الدراسة:

- 1- تحديد الأحواض المائية في منطقة الدراسة.
- 2- تحليل الخصائص المورفومترية لأحواض منطقة الدراسة.

3- إبراز دور الخصائص المورفومترية للأحواض المدروسة في تشكيل جيومورفولوجية منطقة الدراسة.

منهجية الدراسة:

تسعى هذه الدراسة لتحقيق أهدافها باستخدام المنهجي الوصفي في وصف المتغيرات المورفومترية، ومنهج التحليل الكمي في تحليل البيانات الجغرافية وإعداد خريطة دقيقة للأحواض المائية في منطقة الدراسة.

واعتمدت الدراسة على نوعين من البيانات:

1- المصادر الثانوية: وتشمل مراجعة المصادر والمراجع، والدوريات، والخرائط الورقية المتعلقة بموضوع الدراسة، لإثراء الجانب النظري والحصول على بيانات تتعلق بالأحواض المائية.

2- المصادر الأولية:

3- وتشمل الدراسة الميدانية، وتسجيل البيانات المورفومترية عن منطقة الدراسة، وأخذ نقاط التحكم لمراجعة دقة الخرائط، وتحليل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) والمنهج الكارتوغرافي في رسم الخرائط وإخراجها بشكل دقيق.

4- أساليب وخطوات الدراسة:

1- ضبط مرجعيات الخرائط الورقية: (الخريطة الورقية للمملكة الأردنية الهاشمية، مقياس رسم 1:100000 كم أطلس الأردن والعالم 2011) والخرائط الطبوغرافية الصادرة عن المركز الجغرافي الملكي الأردني 1997 (لوحة جرش مقياس 1:50000، لوحة دير ابو سعيد مقياس 1:50000 لوحة صويلح مقياس 1:50000، لوحة البلقاء مقياس 1:50000).

2- تحميل نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) من موقع الماسح الجيولوجي الأمريكي (USGS) لإجراء التحليلات المورفومترية والجيوفورمولجية، وإعداد خرائط الارتفاعات والانحدار لمنطقة الدراسة.

3- دمج الخرائط وإنشاء خريطة الأحواض المائية.

5- التقنيات المستخدمة في الدراسة:

1- برنامج ArcMap 10.4 لاشتقاق خرائط الأحواض المائية.

2- برنامج saga-7.6.2 لتحليل وتجهيز المعامل الهيسومتري.

3- برنامج Microsoft excel 2010 لإعداد الجداول وحساب نتائج المعادلات.

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات المحلية والإقليمية والدولية تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض المائية بوسائل مختلفة، وعلى سبيل المثال لا الحصر تم استعراض ومراجعة بعض هذه الدراسات كما يلي:

قامت محمد⁽³⁾ في دراستها التي هدفت إلى دراسة خصائص البيئة الطبيعية لحوض وادي زقلاب بالتحليل المورفومتري المبني على الاستخدام المتكامل لتقنية نظم المعلومات الجغرافية. ونتاج خرائط رقمية. واستخدمت في الدراسة المنهج الوصفي ومنهج التحليل الكمي. وخلصت الدراسة إلى تباين مناسب الحوض من 113م دون مستوى سطح البحر إلى 1100م في الجزء العلوي من البحر. وإن صخور الوادي تنتمي إلى حقبة الحياة المتوسطة.

ودرس العيدان ومعروف⁽⁴⁾ الخصائص المورفومترية للشبكة النهرية لحوض وادي أبو حضير من خلال التعرف على أنماط التصريف السائدة فيها. واستخدم الباحثان منهج التحليل الكمي. وخلصت الدراسة إلى أن مجموع المراتب في الحوض ثمانية. وأنه كلما زادت المساحة الحوضية زادت أعداد الأودية في المراتب النهرية. وأن التباين في أطوال المجاري يعزى إلى التباين في معدلات الانحدار والتنوع في التكوينات الجيولوجية وتأثير البنية التركيبية المتمثلة بالشقوق والفواصل والانكسارات.

وتناول الخفاجي⁽⁵⁾ في دراسته التي هدفت إلى تحليل خصائص حوض وادي قرين الثماد الطبيعية بإجراء التحليل الكمي لشبكة الصرف المائي وتحديد دورها في كمية الوارد المائي في الحوض. باستخدام المنهج التحليلي. وخلصت الدراسة إلى أن الخصائص المورفومترية (الشكلية والمساحية والتضاريسية) تعد انعكاساً لخصائص المناخ والنبات الطبيعي والبناء الجيولوجي في الحوض المائي. ودور الشقوق والفواصل على توجيه شبكه التصريف المائي.

في حين قام غضيه وبرقان⁽⁶⁾ باشتقاق وبناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية للسفح الغربي لمحافظة الخليل وتحديد الموقع الأفضل لإقامة السدود من أجل استغلال المياه السطحية. واعتمدت دراستهم على المنهج الوصفي التحليلي. وخلصت الدراسة إلى قاعدة بيانات مبينة للخصائص المورفومترية وخريطة مورفومترية أظهرت المواقع المثلى لإقامة السدود في حوضين من ضمن 12 حوضاً.

وهدف عمران والساعدي⁽⁷⁾ في دراستهما إلى استخدام نظم المعلومات الجغرافية في الكشف عن الخصائص المورفومترية لحوض وادي الكروي المساحية. والشكلية. والتضاريس. وخصائص شبكة التصريف المائي. وأنماط التصريف لبناء قاعدة معلومات جغرافية رقمية للحوض. من خلال تحليل مرئية Landsat. ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM). وأكدت الدراسة على دور العوامل الطبيعية من بنية جيولوجية. سطح وعناصر المناخ في الخصائص المورفومترية والجريان السطحي. في إحداث تباين في الخصائص الشكلية للحوض.

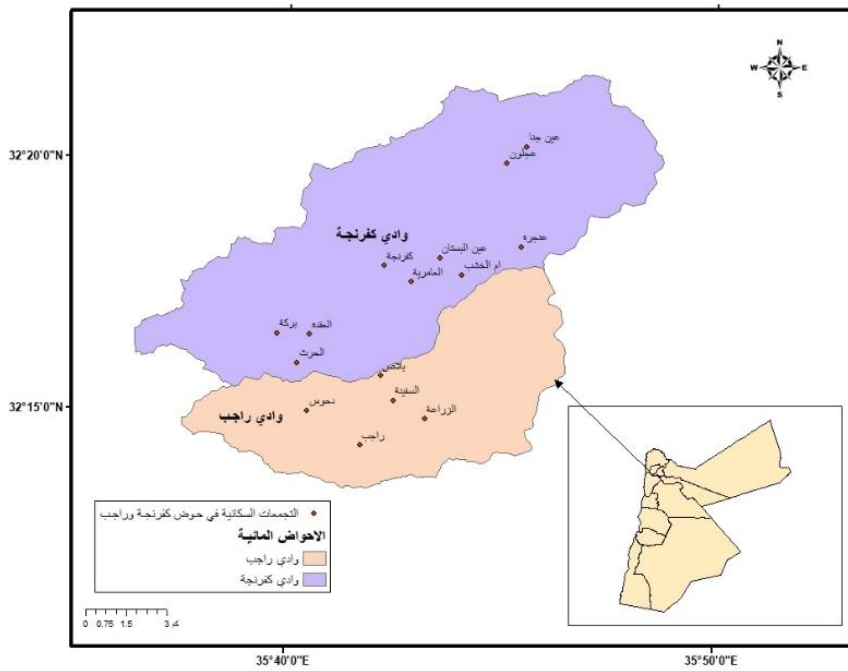
أما السعدي⁽²⁾ فقد قام بتحليل الخصائص الشكلية لحوض وادي ميزال باستخدام نظم المعلومات الجغرافية؛ من أجل الكشف عن تنوع المعالم المورفومترية لوادي مزال داخل الهضبة الغربية في محافظة النجف. ودراسة مدى تأثير العوامل الجغرافية الطبيعية التي يمثلها الوضع الجيولوجي وكذلك خصائص السطح والمناخ والموارد المائية والتربة والغطاء النباتي الطبيعي على تنوع هذه الخصائص. والتي أظهرت أن الحوض وصل إلى مرحلة النضج أو التوازن في دورته. وخلص البحث إلى أن سطح الحوض عبارة عن هضبة ينحدر في اتجاه عام من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي. بينما اتجاه المنحدرات المحلية أثرت على تصريف المياه وتنوعت اتجاهاتها. وهذا بدوره أدى إلى تغيير عدد من الخصائص المورفومترية.

وعمل بهرامي وآخرون⁽⁸⁾ على قياس الشكل لأحواض الصرف وشبكات التدفق كمؤشر على حزام زاغروس، كواحد من أكثر المناطق النشطة تكتونيًا في العالم، وأظهرت النتائج زيادة بالتصريف حيث من المركز باتجاه الجنوب الشرقي تشير أنوف الطيات الشمالية الغربية والجنوبية إلى نمو جانبي للخط المنحني باتجاه الجنوب الشرقي والشمال الغربي. وتتميز المنطقتان الجنوبية الشرقية والشمالية الغربية بأحواض أصغر وطويلة على شكل هلال، وارتفاعات أقل، ومنحدرات بسيطة، والانسحابية المنخفضة لحافة الانحدار. هذه النتائج بشكل جماعي تشير إلى أن أنوف الطيات الجنوبية الشرقية والشمالية الغربية أصغر سنًا وأقل تآكلًا ونموًا أفقيًا.

دراسة تشانغ وآخرون⁽⁹⁾ لمنطقة هضبة اللويس في الصين والتي هي أكبر وأعمق رواسب اللويس في العالم، والتي تُظهر بعضًا من أسرع معدلات التعرية في العالم. على الرغم من أنه كان يُعتقد تقليديًا أن الهضبة متجانسة شكليًا، إلا أن القياسات الشكلية لشبكة النهر في هذه المنطقة متغيرة مكانيًا، ما يشير إلى أن عمليات تطور المناظر الطبيعية عبر الهضبة حساسة للتنوع في الظروف المحلية. لذلك قام الباحثون بتقسيم الهضبة إلى أحواض فرعية، وتم فحص 6 معلومات مورفومترية مشتقة من DEM: نسبة العرض إلى الارتفاع، وتباين معامل متباين الخواص (ACV)، ونسبة التشعب، والتقعير، والانحدار، وزاوية التقاطع المتوسطة، أظهرت الأحواض الفرعية نسب أبعاد منخفضة ونسب تشعب عالية وزوايا تقاطع كبيرة بالنسبة للمناظر الطبيعية في جميع أنحاء العالم، إلا أنها تباينت داخل المنطقة بالنسبة لبعضها البعض.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من الأردن وتقع على بعد حوالي 76 كم شمال غرب العاصمة عمان، أما الموقع الفلكي فيمتد بين دائرتي عرض $32^{\circ} . 11' . 33''$ و $32^{\circ} . 26' . 32''$ شمالاً وخطي طول $35^{\circ} . 35' . 32''$ و $35^{\circ} . 53' . 32''$ شرقاً. ويتضح من الشكل (1) منطقة الدراسة.



شكل (1): موقع منطقة الدراسة

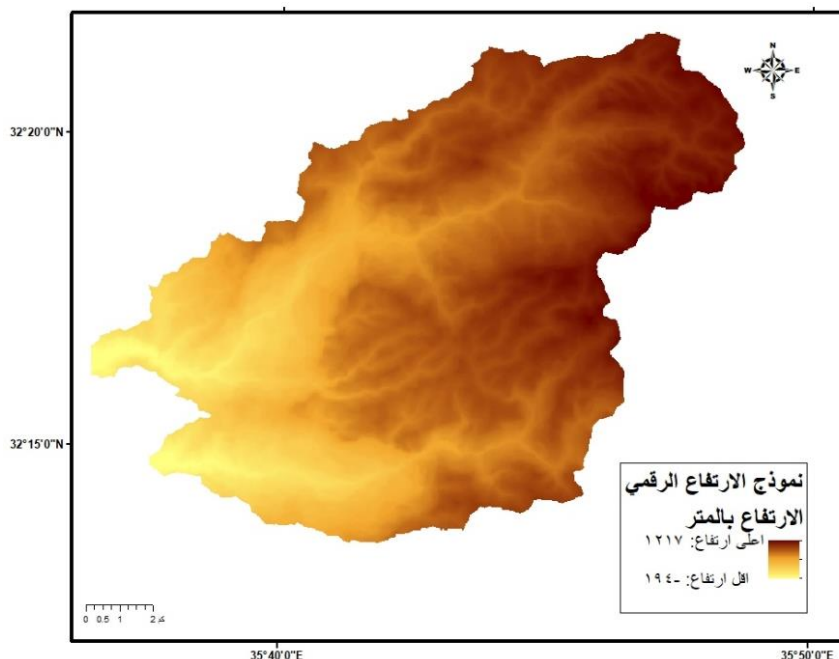
الظروف الطبيعية والتضاريسية والجيولوجية لمنطقة الدراسة:

تبلغ مساحة منطقة الدراسة 165.15 كم². ويتراوح متوسط الارتفاعات فيها ما بين 500 مترا الى 1217 (جبل ام الدرج) مترا فوق مستوى سطح البحر. وتتراوح معدلات الأمطار فيها بين 400-600 ملم.⁽¹⁰⁾

تحليل الارتفاعات في منطقة الدراسة:

تم استخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لاستخلاص الانحدارات والاحواض المائية. ويحتوي هذا النموذج على ملف رقمي للبيانات بصيغة (Raster). وكل بيكسل (Pixel) يحتوي على قيمة رقمية تمثل ارتفاع سطح الارض في مساحة هذا البيكسل.⁽¹¹⁾

ويبين الشكل (2) نموذج الارتفاعات الرقمية في منطقة الدراسة ويظهر من الشكل أن أعلى ارتفاع في منطقة الدراسة بلغ 1217م عن سطح البحر في الجهة الشرقية، حيث كانت الارتفاعات الأعلى في الجهة الشرقية والشمالية الشرقية وأقل ارتفاع -194م تحت مستوى سطح البحر في المناطق الغربية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة.

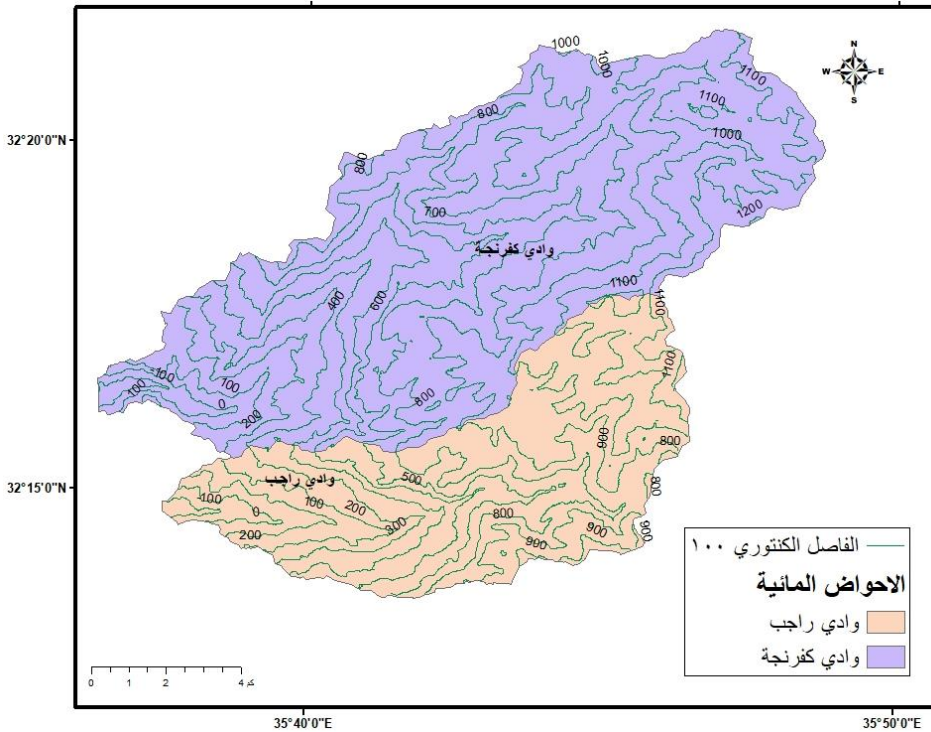


شكل (2): نموذج الارتفاعات الرقمي لمنطقة الدراسة

ويظهر أيضاً من الشكل تدرج الارتفاع في المحافظة، حيث أن الأجزاء الشرقية من المحافظة أكثر ارتفاعاً، وكلما اتجهنا نحو الغرب يقل الارتفاع مع ظهور أودية راجب وكفرجة بوضوح في الشكل حيث يظهر التباين في التدرج من بداية الوادي وحتى أخفض نقطة فيه. ويستمر التناقص بالارتفاع حيث يصبح دون مستوى سطح البحر في الجهة الغربية لمنطقة الدراسة عند مصب الأحواض.

خطوط الكنتور counter line:

تفيد خرائط الكنتور في إبراز عناصر سطح الأرض بصورة علمية ودقيقة. ويمكن الاستفادة منها في تحديد المناسب وقيم الانحدار وتعيين أنواع المنحدرات وأشكال سطح الأرض.⁽¹²⁾ وقد تم إنتاج خريطة لخطوط الكنتور اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، وحدد الفاصل الكنتوري 100م. توضح خريطة الكنتور الرسم الأفقي لتضاريس سطح الأرض وتبين الشكل العام لسطح الأرض وأماكن الأودية واتجاه المجرى المائي بناء على التعرجات في خطوط الكنتور. بحيث أنه كلما اقتربت الخطوط تشير إلى الانحدار في سطح الأرض وكل ما ابتعدت تشير إلى الأسطح المستوية.



شكل (3): الخريطة الكنتورية لمحافظة عجلون

وعند حساب المساحة حسب الارتفاع في منطقة الدراسة اعتمادا على الخريطة الكنتورية من خلال حصرها في فئات وبسبب التباين في الارتفاعات في المحافظة، بحيث كان الفرق بين الارتفاعات يساوي 1400 مترا، تم تقسيمها إلى 7 فئات بحيث تأخذ كل فئة المساحة المحصورة بين خطي كنتور لتحديد المساحات التي تقع ضمن هذه الارتفاعات في منطقة الدراسة.

تشكل الأراضي التي ترتفع 600 مترا عن سطح البحر ما نسبته (67%) في منطقة الدراسة، وتقع النسبة الأكبر من الأراضي ضمن الارتفاع من 800 إلى 1000 مترا بنسبة بلغت (27.37%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، ومن ثم الأراضي من 600-800 مترا والتي بلغت نسبتها (25.43%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، ويليهما الأراضي التي يزيد ارتفاعها عن 1000 متر بنسبة (14.29%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، والأراضي التي كانت اقل من 600 مترا بلغت (33%)، والتي بلغت أعلى نسبة فيها (11.97%) للأراضي المحصورة بين 400-600 متر، وما نسبته (11.01%) للأراضي ما بين 200-400 مترا، والتي وقعت بين 0-200 متر بلغت (7.67%) من المساحة الكلية للمحافظة، ويوجد نسبة قليلة من الأراضي بما نسبته (2.26%) من مجمل المساحة الكلية للمحافظة تحت مستوى سطح البحر في الجهة الغربية للمحافظة الحاذية لغور الأردن وحفرة الأنهدام.

جدول (1): المساحة حسب الارتفاع في منطقة الدراسة

الارتفاع	تحت مستوى سطح البحر	0 - 200	200 - 400	400 - 600	600 - 800	800 - 1000	اعلى من 1000
المساحة	3.73	12.67	18.18	19.77	42.00	45.20	23.59
النسبة المئوية	2.26	7.67	11.01	11.97	25.43	27.37	14.29

الأحوال المناخية:

يعتبر مناخ منطقة الدراسة شبة رطب أو حسب مناخ البحر المتوسط المعتدل ذو الصيف الجاف ويسود المناخ المعتدل الرطب في المناطق المرتفعة في منطقة الدراسة التي يزيد ارتفاعها عن (1000 متر) والمناخ المعتدل الدافئ حسب تصنيف كوبن. أما ثورنثويت الذي يميز الأقاليم المناخية تبعا للاختلافات في عناصر الموازنة المائية (قرينة الرطوبة). الفاعلية الحرارية. فصيلة الرطوبة. التركيز الصيفي للفاعلية الحرارية) فقد كانت تحمل التصنيف (S) الذي يشمل المناطق ذات الفائض المائي المتوسط وبعض المناطق ذات فائض مائي كبير.⁽¹³⁾

كما يقل المعدل السنوي لدرجة الحرارة في منطقة الدراسة حيث أنه لا يتجاوز 18°م. بل إنه يقل إلى 16°م في المناطق التي يزيد ارتفاعها عن 900 متر. حيث أن معدل درجة الحرارة يتناقص بالارتفاع 0.8°م لكل 100 متر. كما يقل المدى الحراري اليومي لدرجة الحرارة والذي يبلغ 8°م. وتعتبر محافظة عجلون من أقل المحافظات قارية في الأردن وفقا لمعادلة وولن ومعيار ببلي لاعتدال المناخ.⁽¹³⁾

التكوينات الجيولوجية:

تناوب على المنطقة بيئتا ترسيب حيث شكلت أحدهما مسرحا لعمليات ترسيب قارية والأخرى مسرحا تغمه مياه بحرية غير عميقة. ومن ناحية تركيبية. فإن منطقة الشرق تقطعت بالصدوع (Block- faulted) وعملية الرفع (Upwarping) وبذلك تكونت طبقة عجلون على شكل طيات (Folding). وهي قبة عريضة منبسطة تمتد في اتجاه جنوب جنوب غرب - شمال شمال شرق. ويصاحب منطقة القمة عملية تصدع كثيفة. تخللها عملية رفع سببها حت الجزء الأعلى من الكريتاسي (مجموعة البلقاء) وتبقى مجموعة عجلون وهي وحدة الجير العقدي ووحده الجير الأكتوري والقليل من الجير الكتلي.⁽¹⁴⁾ ويوجد في المحافظة أربع مجموعات رئيسية هي مجموعة الكربن. ومجموعة عجلون. ومجموعة البلقاء. ومجموعة وادي الأردن.

الأحواض المائية في منطقة الدراسة:

يظهر الجدول (2) الأحواض في منطقة الدراسة مرتبة تنازليا حسب مساحتها. حيث كان أكبر الأحواض حوض وادي كفرنجة ومساحته 108.46 كم². يليه حوض وادي راجب والذي تبلغ مساحته 56.69 كم².

جدول (2): الأحواض المائية ومساحتها في منطقة الدراسة

الرقم	اسم الحوض	المساحة كم ²	النسبة من مساحة المحافظة
-------	-----------	-------------------------	--------------------------

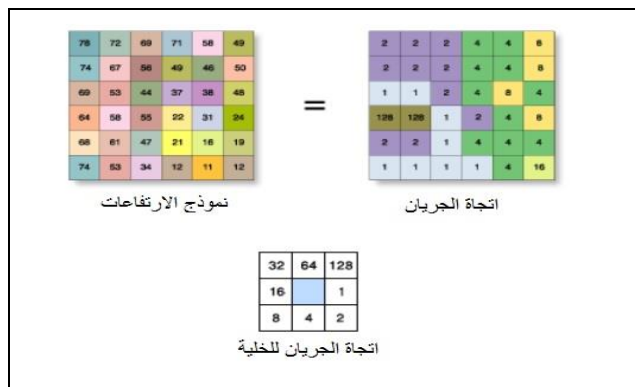
26.13	108.46	وادي كفرجة	1
13.66	56.69	وادي راجب	2

وسيتم تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي كفرجة وحوض وادي راجب حسب ما تم عرضه في المنهجية في بداية هذه الدراسة.

اتجاه جريان المياه Flow Direction:

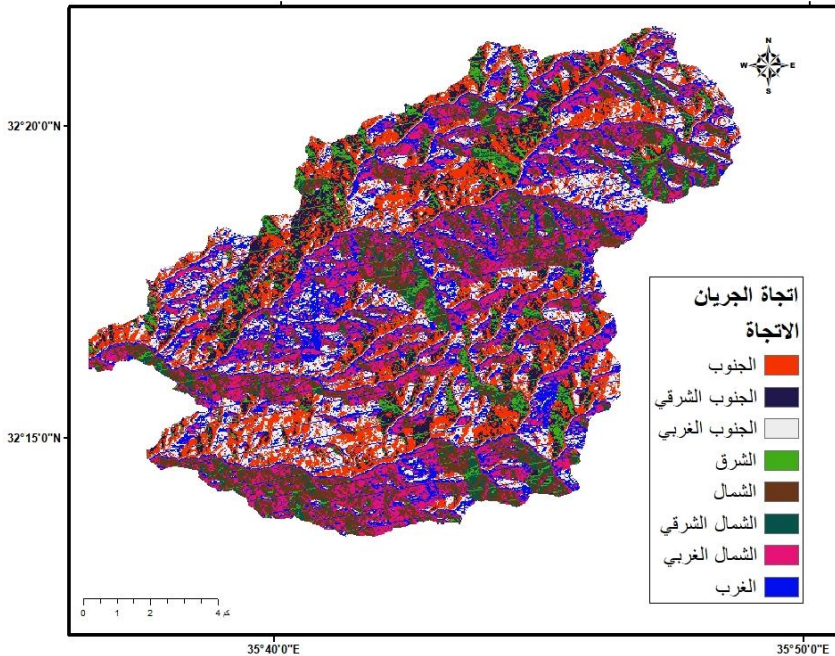
تعرض خرائط اتجاه جريان المياه اتجاه التصريف المائي من خلال توضيح الاتجاهات المختلفة للانحدارات التضاريسية في منطقة الدراسة، والتي تتفق مع اتجاهات الأودية من المنبع إلى المصب. وتعتمد هذه الخرائط في إنتاجها على نموذج الارتفاع الرقمي.⁽¹⁵⁾

وبين الشكل (4) آلية عمل اتجاه الجريان بحيث أن الخلية الفعالة أو المراد حساب الجريان لها مع الخلايا المجاورة لها، فإذا كان الانخفاض الأقل قيمة إلى يسار الخلية يتم ترميز اتجاه التدفق على أنه 16 والتي تشير إلى الغرب، وإذا كانت الخلية أقل من جيرانها الثمانية يتم إعطاء الخلية قيمة بناء على أقل جوار لها. ويتم تقريب البيانات في المناطق المسطحة بحيث تقرب إلى الخلايا المجاورة لها.⁽¹⁶⁾



شكل (4): آلية عمل اتجاه الجريان بناء على نموذج الارتفاعات

يظهر الشكل (5) الذي يمثل اتجاه الجريان حسب الانحدار في الاتجاهات الرئيسية، فعندما تملأ الخلية المركزية بالماء فلا بد أن تجري المياه منها إلى إحدى الخلايا المجاورة المحيطة بها والأقل ارتفاعاً من الخلايا الثمانية المحيطة بها.⁽¹⁷⁾



شكل (5): اتجاه جريان المياه في محافظة عجلون

ويظهر من الشكل (5) أن اتجاهات الجريان تكون باتجاه الروافد أو مجاري الأودية. بحيث يمكن ان تحيد عن النمط السائد لاختلاف التضاريس في منطقة الدراسة. ويتضح أيضا أنها تقل بشكل كبير في اتجاه الشرق: لأن المناطق الشرقية أكثر ارتفاعا كما تم ذكره سابقا. ويظهر الجدول (3) اتجاه الجريان في منطقة الدراسة حسب نسبة كل منها.

جدول (3): نسب اتجاه الجريان حسب الاتجاهات

الاتجاه	الشرق	الجنوب الشرقي	الجنوب	الجنوب الغربي	الغرب	الشمال الغربي	الشمال	الشمال الشرقي
النسبة المئوية	5.31%	9.43%	18.87%	14.05%	18.37%	15.47%	14.37%	4.13%
المساحة كم ²	8.77	15.57	31.17	23.20	30.34	25.55	23.73	6.82

ونلاحظ من الجدول أن جريان المياه بحسب ميل السفوح يكون نحو الغرب والجنوب بحيث تجري المياه باتجاه وادي الاردن.

تراكم الجريان (التصريف المائي التجميعي) Flow Accumulation:

يقصد بالتصريف المائي التجميعي الحاور التي تتكون نتيجة التتابع في التصريف المائي على المنحدرات باتجاه الأودية الرئيسية. حيث تساعد في تحديد قنوات التصريف المائي ومن ثم أحواض التصريف. ويتم إنتاج هذه الخريطة اعتمادا على اتجاه الجريان للمياه (Flow Direction) حيث

الخصائص المساحية والشكلية

1- الخصائص المساحية لحوض التصريف

تختلف عوامل تحديد المساحة الحوضية إلا أن أهمها الحركات التكتونية ونوع الصخور والظروف المناخية. حيث تزداد مساحة الأحواض إذا زاد نشاط عملية الحت وكانت الصخور ضعيفة.⁽⁵⁾ (الخفاجي، 2016). وترتبط مساحة الحوض بالخصائص المورفومترية فالأحواض الكبيرة أقل انحدارا من الأحواض الصغيرة لأنها تمر بمرحلة متقدمة من الدورة التحتانية. كما أن مساحة الحوض من المتغيرات الأساسية في قياس بعض المتغيرات المورفومترية.

وتم قياس الخصائص باستخدام برنامج Arc GIS 10.4 وكانت كالآتي:

- 1- تم قياس مساحة الحوض بناء على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي التي تم تحليلها وبلغت (108.62) كم² في حوض وادي كفرجة و(59.38) كم² في حوض راجب. والتي هي من الأحواض الصغيرة والواقعة في مناطق ذات تضاريس وانحدارات عالية.
- 2- طول الحوض والذي بلغ في حوض وادي كفرجة (20.4) كم. وفي حوض وادي راجب (15.8) كم.
- 3- من خلال قياس عرض الحوض من مناطق مختلفة في الحوض وجد أن معدل عرض الحوض في وادي كفرجة (5.33) كم. وفي حوض وادي راجب (3.76) كم.
- 4- طول محيط الحوض والذي كان في حوض وادي كفرجة (57) كم. وفي حوض وادي راجب (42.85) كم.

2- نسبة استطالة الحوض (Elongation ratio (Re)

تعرف نسبة الاستطالة حسب (schumm, 1956)⁽¹⁸⁾ بأنها النسبة بين قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض. مع أقصى طول للحوض. ويدل هذا التغير إلى تشابه شكل الحوض مع الشكل المستطيل. حيث تتراوح قيم الاستطالة بين الصفر والواحد الصحيح. وقد وجد اختلاف في تفسير الباحثين لمعامل الاستطالة. بحيث اعتبرت المجموعة الأولى أن اقتراب المعامل من الواحد الصحيح يعني اتخاذ الحوض الشكل المستطيل. في حين أن المجموعة الثانية اعتبرت أن اقتراب المعامل من الصفر يعني اتخاذ الحوض الشكل المستطيل.⁽¹⁹⁾ (ريان، 2014). وبناء على مشاهدة الخرائط وكون قيم معامل الاستطالة لحوض وادي كفرجة بلغت (0.57) ولحوض وادي راجب (0.55) يمكننا القول بأنهما يتخذان الشكل شبه المستطيل. حسب تصنيف الدراج⁽²⁰⁾ لقيم نسبة الاستطالة كما في الجدول (4):

جدول (4): تصنيف قيم الاستطالة

عمر الحوض	التصنيف	نسبة الاستطالة
شباب	كبيرة الاستطالة	اقل من 0.5
	مستطيلة	0.7-0.5

نضج	صغيرة الاستطالة	0.8 - 0.7
	بيضاوية	0.9 - 0.8
شيخوخة	دائرية	1 - 0.9

المصدر: (Aldarraj, 2013)

3- نسبة الاستدارة (Rc) Circularity ratio

يتم حساب نسبة الاستدارة من خلال قياس نسبة مساحة الحوض إلى مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض. وعند حسابها على حوض وادي كفرجة بلغت (0.42). في حين بلغت في حوض وادي راجب (0.40). والتي حسب وصف ميلر⁽²¹⁾ تشير إلى أن الاحواض ممدودة.⁽²²⁾ وهذا يعني أنها بعيدة عن الشكل الدائري المنتظم والذي يدل على عدم تعرض الحوض لفترة طويلة من الحث المائي وأنه في مرحلة الشباب وأن محيطه (خط تقسيم المياه) متعرج وعرضه لحصول الأسر النهري بحيث تتوسع الأحواض المجاورة على الحوض في حال كانت طاقتها في الحث أعلى. وأن المساحة الحوضية في بداية دورتها الحثية⁽²³⁾ وهذا يؤكد على نتائج معامل الاستطالة سالفه الذكر.

4- معامل شكل الحوض (F)

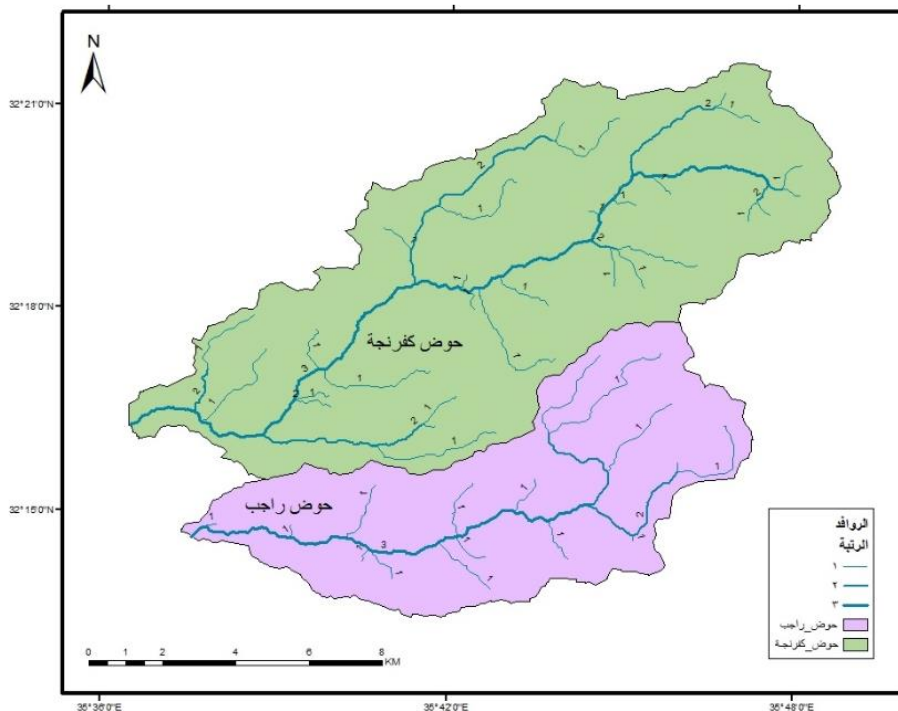
يشير معامل شكل الحوض (F) إلى شكل الحوض المائي فهو ارتباط بين مساحة الحوض المائي وطوله⁽²⁴⁾. حيث يدل على مدى تناسب الحوض وانتظام شكله فالقيم المرتفعة تشير إلى الشكل الدائري أو المربع⁽²⁵⁾. بينما القيم المنخفضة كالتي في حوض كفرجة (0.26). وفي حوض راجب (0.23) تشير إلى اتساع عرض الحوض في منطقة المنابع وضيقة عند المصب واقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث.

الخصائص الخطية للشبكة المائية

1. الرتب النهرية (Stream Order)

تم حساب الرتب النهرية حسب طريقة ستريبلر والتي تنص على أن المسيلات المائية والجداول الصغيرة التي لا يصب فيها مسيلات تأخذ الرتبة الأولى. وعند التقاء مجريين من الرتبة الأولى فأنهما يشكلان مجرى من الرتبة الثانية. وعند التقاء مجريين من الرتبة الثانية فأنهما يشكلان مجرى مائيا من الرتبة الثالثة.⁽²⁶⁾

وعند حساب الرتب لحوض وادي كفرجة وحوض وادي راجب تبين أن الحوضين من الرتبة الثالثة. وقد كانت أعداد المجاري المائية من الرتبة الأولى لكل منهما على التوالي (30 و16). ومن الرتبة الثانية (12 و4). ومجري من الرتبة الثالثة كما يشير الشكل (8). والذي يوضح حوض وادي كفرجة وحوض وادي راجب.



شكل (8): الشبكة المائية (الروافد) حوض وادي راجب وحوض وادي كفرنجة

2. أطوال المجاري المائية (Stream Length)

بلغ مجموع أطوال المجاري في حوض وادي كفرنجة 84.98 كم كما يشير الجدول (5). فقد بلغ طول مجاري الرتبة الأولى 43.66 كم بنسبة 51.38% من مجموع أطوال مجاري الحوض. وبلغ طول مجاري الرتبة الثانية 18.39 كم بنسبة 21.64%. والرتبة الثالثة بلغ طول مجراها 22.93 كم بنسبة 26.98% من مجموع أطوال الحوض.

وبلغ مجموع أطوال المجاري في حوض وادي راجب 45.26 كم. فقد بلغ طول مجاري الرتبة الأولى 25.47 كم بنسبة 56.27% من مجموع أطوال مجاري الحوض. وبلغ طول مجاري الرتبة الثانية 7.39 كم بنسبة 16.33%. والرتبة الثالثة بلغ طول مجراها 12.4 كم بنسبة 27.40% من مجموع أطوال الحوض.

جدول (5): أطوال المجاري حسب الرتبة في حوض وادي كفرنجة وحوض وادي راجب

المجموع كم	مجري الرتبة الثالثة		مجري الرتبة الثانية		مجري الرتبة الأولى	
	النسبة	الطول	النسبة	الطول	النسبة	الطول

3419

	الروافد	كم	النوية	كم	الروافد	كم	النوية	كم	الروافد
حوض كفرجة	30	43.66	%51.38	12	18.39	%21.64	22.93	%26.98	84.98
حوض راجب	16	25.47	%56.27	4	7.39	%16.33	12.4	%27.40	45.26

3. نسبة التشعب bifurcation ratio

أدرج هذا المصطلح لأول مرة من قبل هورتون Horton . ويمثل التشعب النهري نسبة عدد المجاري من رتبة معينة إلى عدد المجاري للرتبة التي تليها⁽²⁷⁾. ويعد من الخصائص الهامة لشبكة التصريف المائي والتي تؤثر في حجم الجريان المائي وانخفاضه الذي يعد مؤشراً لاحتماليه حدوث الفيضان لقلّة الروافد التي تقوم بتصريف المياه خاصة عند الهطول. كما يعتبر انعكاساً للتركيب الجيولوجي ولتنوع الصخر والظروف المناخية في الحوض.⁽²⁸⁾

وتم بعد حساب قيم التشعب أخذ المعدل المرجح لها من خلال حساب القيم للتشعب بين الرتبة الأولى والثانية، وجمعها مع قيمة التشعب للرتبة الثانية والثالثة ومن ثم أخذ المجموع لها. وكانت النتائج كما يوضح الجدول (6).

جدول (6): معدل التشعب في حوض وادي كفرجة وحوض وادي راجب

	حوض وادي كفرجة		حوض وادي راجب	
	عدد الروافد	التشعب	عدد الروافد	التشعب
الأولى	30	2.5	16	4
الثانية	12	12	4	4

وقد وصل معدل التشعب النهري لحوض وادي كفرجة (2.5) للأحواض بين الرتبة الأولى والثانية و(12) للأحواض من الرتبة الثانية والثالثة. وهذا الارتفاع الكبير لنسبة التشعب يعكس الطبيعة التضاريسية التي لا تسمح لمعظم المجاري التي تصب في الجرى الرئيسي أن تطول وتلتقي مع مراتب تاملها. ولحوض راجب كانت نسبة التشعب (4) للأحواض ما بين الرتبة الثانية والأولى والثالثة والثانية. ويلاحظ اقترابها من المعدل العام الذي وضعه ستيلر (3-5) والذي يشير إلى حالة من التجانس في الخصائص الطبيعية والعوامل الجيومورفولوجية. وتشير نسبة التشعب المرتفعة إلى التغير الذي يحدث على الحوض نتيجة الحث التراجعي والجانبى لمجاري الرتبة الأولى والثانية باتجاه المنبع وزيادة الناحج الرسوبي لروافدهما.

4. كثافة التصريف Drainage density (Dd)

تستخدم هذه المعادلة للتعبير عن العلاقة النسبية بين مجموع أطوال الروافد النهريّة في الحوض المائي ومساحته⁽¹⁾. بحيث إذا ازدادت تغطية المجاري المائية لكل كم² فإن هذا يدل على إمكانية جمع المياه داخل الحوض وزيادة الجريان السطحي. وإذا انخفضت القيمة فإن ذلك يكون مؤشراً على ترشح المياه إلى الطبقات الجيولوجية وقلّة الجريان السطحي في الحوض؛ فالأحواض التي يكون تصريفها خشناً تكون كثافتها التصريفية منخفضة والصخور فيها ذات نفاذية عالية وبالتالي تقل الكثافة التصريفية مع مراعاة الانحدار⁽²⁹⁾ وقد بلغت قيمة كثافة التصريف في حوض وادي كفرجة (0.78) وفي حوض وادي راجب (0.76) الأمر الذي يمكن تفسيره بوجود العديد من الينابيع منها في حوض كفرجة (عين الزغدية، عين القنطرة، عين التيس، عين البرانية).

عين الشرقية، عين الفوار، وخلة البير) وفي وادي راجب (عين الفوارة، عين بزبوز، عين ام قاسم، وعين ام جوزة)، وأن الجريان يقتصر على عدد من القنوات في الحوض.

5. تكرارية المجاري (Fs) Stream frequency

يتم من خلال هذه المعادلة قياس النسبة بين أعداد المجاري المائية داخل الحوض دون الأخذ بعين الاعتبار طولها مع المساحة الحوضية والذي يدل أيضا على كثافة التصريف⁽³⁰⁾، ويعتبر من المقاييس المهمة التي توضح مقدرة الحوض على جميع المياه وقسم Zawska (1967) قيم التكرار النهري إلى ثلاث فئات:⁽³¹⁾

- 1- أقل من (4 مجرى/كم²) والذي يعتبر بأنه نسيج خشن.
- 2- من (4-10 مجرى/كم²) والذي يعتبر نسيجا متوسطا.
- 3- أكبر من (10 مجرى/كم²) والذي يعتبر نسيجا ناعما.

ويطلق عليها اسم الكثافة العددية لأنها اعتمدت على عدد المجاري المائية، وقد كانت تكرارية المجاري في حوض وادي كفرجة (0.4) وفي حوض وادي راجب (0.35)، وتؤكد هذه القيم لتكرارية المجاري في الحوضين على قلة أطوال المجاري في الحوض نتيجة قلة أعدادها، وتؤكد على قيم الكثافة التصريفية.

6. معامل التعرج الطبوغرافي (CI) Sinuosity Factor

تعتبر هذه النسبة مؤشرا للتعرف على المرحلة الحتية للوادي وقدرته على الإزاحة والحركة الجانبية والتي تؤثر على استعمالات الأرض، فكلما اقترب معامل التعرج من الواحد الصحيح دل ذلك على استقامة الجرى، وقد يعود ذلك لأسباب متعددة مثل: طبيعة التركيب الجيولوجي وتبع المجاري المائية للانكسارات احيانا، وكلما زادت قيمة المعامل فوق الواحد الصحيح دل ذلك على شدة تعرج الجرى المائي، وبطء وصول المياه للمصب، وزيادة في الترسيب، ومن ثم قلة خطورة الحوض. وعند حساب معامل التعرج لحوض وادي كفرجة كان 1.13 بينما كان 1.4 لحوض وادي راجب، الأمر الذي يوضح أنه أكثر تعرجا من حوض وادي كفرجة، وهذا ما يظهر من الشكل (8) والذي يوضح الروافد بحيث يظهر تعرجا للروافد في الحوض الأعلى من الحوض.

الخصائص التضاريسية

1- نسبة التضرس (Rr) Relief Ratio

تعد نسبة التضرس مؤشرا مهما في قياس شدة تضرس أحواض التصريف لأنها توضح بصورة غير مباشرة درجة انحدار سطح الحوض، وتناسب القيم طرديا مع درجة التضرس، وللتضرس دور كبير في تشكيل المظاهر الأرضية⁽⁷⁾، حيث بلغ أعلى ارتفاع في حوض وادي كفرجة (1225) م، وأدنى ارتفاع فيه (-175) م، وبالتالي كان الفرق بينهما (1400) م، وهو ما يعرف بالتضرس الكلي وعند قسمة القيمة على طول الحوض تبين أن المعدل العام للتضرس في حوض كفرجة 68.6 م/كم، وحوض وادي راجب الذي بلغ أعلى ارتفاع فيه (1150) م، وأدنى ارتفاع فيه (-150) م، والتضرس الكلي (1300) م، والمعدل العام للتضرس 82 م/كم، وهي نسب عالية تدل على صغر مساحة الحوض وكثافة عملية التعرية على منحدرات الحوض، والتي تشير إلى أن الأحواض

تتميز بمنحني بمساحة منخفضة ومنحني هبسومتري أقل وخاصة عندما تكون الأحواض في بداية مراحلها الحتية.⁽³²⁾

2- التضاريس النسبية (Rhp) Relative Relief

يقيس هذا المتغير طبيعة تضرس الحوض من خلال إيجاد مقارنة بين نسبة تضرس الحوض ومحيطه. وقد كانت نتيجة المعادلة 24.56 م/كم في حوض وادي كفرجة، و30.33 م/كم في حوض وادي راجب. وهي نسب مرتفعة مما يعكس شدة التضرس. وتشير القيم المرتفعة لمقاومة الصخر وضعف عوامل التعرية وانخفاض مساحة الحوض أي أنه في المراحل الأولى من دورة التعرية النهرية⁽³³⁾ وتؤكد هذه النتيجة على قيم نسبة التضرس.

3- قيمة الوعورة (Rn) Raggedness Number

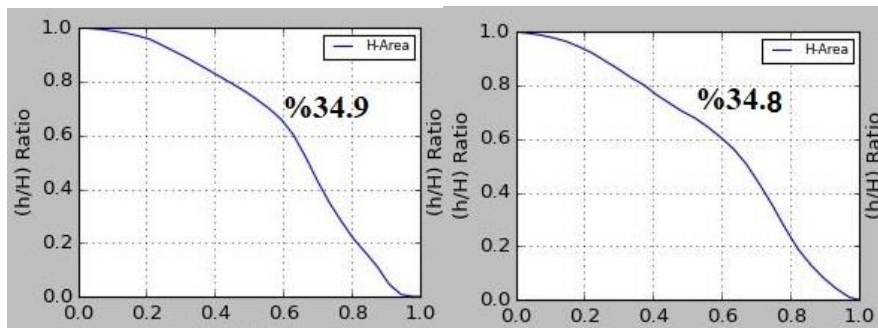
تم حساب قيمة الوعورة وهي النسبة بين الكثافة التصريفية وفرق الارتفاع مع محيط الحوض. وكانت في حوض وادي كفرجة 53.52، بينما كانت في حوض وادي راجب 37.84. وتشير قيمة الوعورة إلى مدى تضرس الحوض ونسبة انحدار المجاري المائية ضمنه. وتزداد هذه القيمة مع زيادة شدة التضرس وشدة التعرية المائية ونقل الترسبات من أعالي الحوض إلى مستوياته المنخفضة.

4- معدل النسيج الطبوغرافي (Texture topographic)

يدل معدل النسيج الطبوغرافي والذي يعرف بنسبة التقطع عن بعد المجاري المائية أو قربها من بعضها. ويعد مؤشرا على طبيعة الطبوغرافيا ودرجة التطور الحتي للأحواض المائية. وقد كانت طبيعة النسيج الطبوغرافي في حوض وادي كفرجة 0.75 مجرى/كم. وفي حوض وادي راجب 0.49 مجرى/كم. أي أنه يقع ضمن الفئة ذات النسيج الخشن حسب (Smith, 1950)³⁴ مما يدل على قلة عدد الروافد النهرية في الحوضين والبالغة (43) رافدا في حوض وادي كفرجة. و(21) رافدا في حوض وادي راجب.

5- المنحني الهبسومتري (Hypsometric curve)

يستعمل المنحني الهبسومتري كمقياس زمني يعبر عن المرحلة الحتية التي تمر بها الأحواض المائية. ويشير إلى كمية المواد التي تنتظر دورها في الحت. ويشير الشكل (9) إلى المنحني الهبسومتري لحوض وادي كفرجة وحوض وادي راجب. والذي يتضح منه أن التكامل الهبسومتري لحوض وادي كفرجة كان 65.1% ولحوض وادي راجب 65.2%. الأمر الذي يوضح أن الأودية تمر في مرحلة الشباب من دورة التعرية وتضرس سطحه وأن تكويناته الصخرية لا تزال بانتظار دورها في الحت.



شكل (9): المنحى الهيسومتري لحوض وادي كفرنجة وحوض وادي راجب

المنحدرات

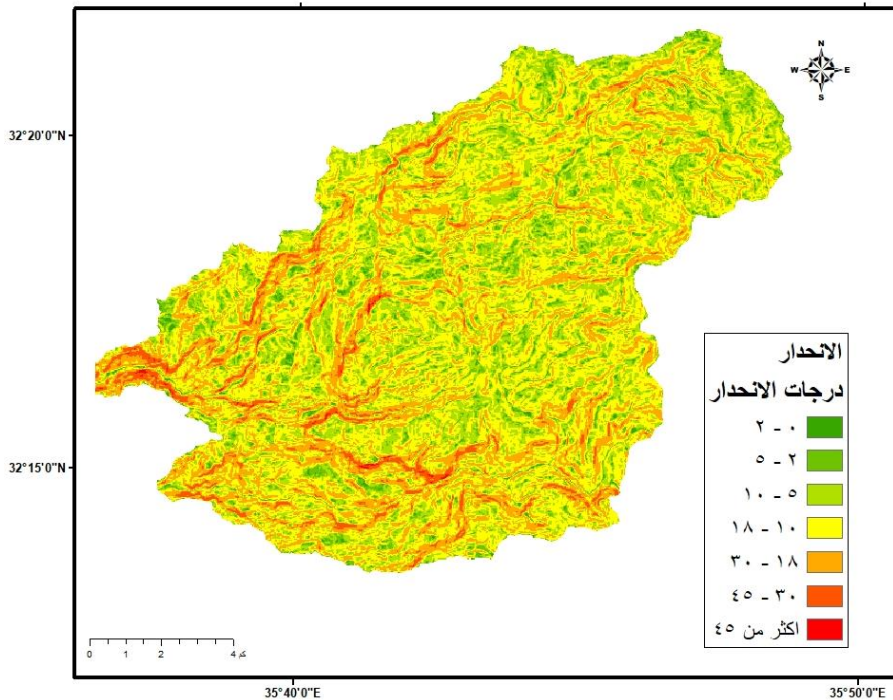
يعرف الانحدار بأنه ميل سطح الأرض عن خط الأفق أو الميلان الذي يربط بين نقطتين مختلفتي النسوب. وُصّفت المنحدرات حسب درجات انحدارها كما يظهر في الجدول رقم (7)

جدول (7): تصنيف المنحدرات حسب يونغ (young)

النسبة المئوية	المساحة كم ²	نوع الانحدار	درجة الانحدار
%0.12	0.20	جرف Cliff	أكثر من 45
%3.75	6.20	شديد جدا Very steep	40-30
%23.65	39.06	شديد steep	30-18
%40.59	67.04	فوق المتوسط	18-10
%23.77	39.25	متوسط Moderately steep	10-5
%6.87	11.34	خفيف Moderate	5-2
%1.25	2.06	شبه مستوي Level	أقل من 2

المصدر: عمل الباحث استنادا الى تصنيف (young, 1975) ورد في (سلامة، 2007)³⁵.

ويظهر الشكل (10) خريطة الانحدارات في محافظة عجلون والذي يتضح منه وجود الانحدار الشديد جدا والجروف في المنطقة المحاذية لبعض مجاري الاودية. خصوصا في الجهة الغربية من المحافظة.



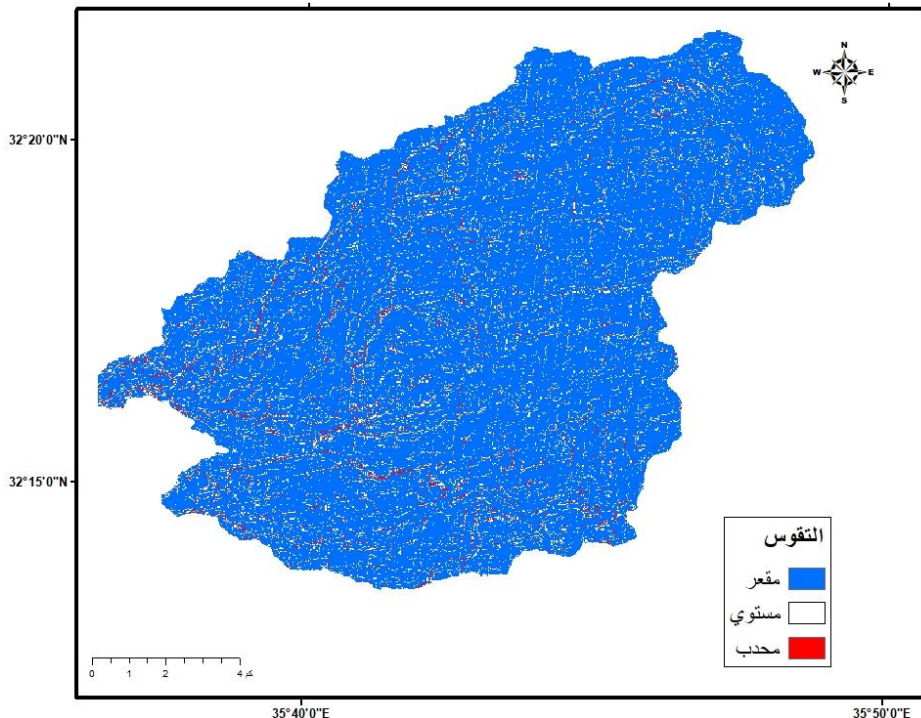
شكل (10): خريطة الانحدارات في محافظة عجلون

وكما يشير الشكل السابق فإن الانحدار الأكثر انتشارا هو الانحدار فوق المتوسط والذي كانت نسبة الأراضي الذي يغطيها 40.59% بمساحة بلغت 67.04 كم². ويليه الانحدار المتوسط بنسبة 23.77% والمساحة التي يغطيها 39.25 كم². وهذا يتفق مع تضرس منطقة الدراسة حيث كان الانحدار الخفيف بالإضافة إلى المستوي بنسبة 8.12% من مجمل مساحة منطقة الدراسة.

التقوس Curvature

يتم اشتقاق خارطة التقوس من نموذج الارتفاعات الرقمية DEM حيث تشير إلى مدى تحذب (Convexity) أو تقعر (concavity) المنحدر. ويتم حساب التقوس عن طريق حساب الميل الموازي للمنحدر ويشير إلى اتجاه أقصى ميل في ثلاثة أشكال:

- قيمة تقوس موجبة تدل على أن المنطقة محدبة CONVEX.
- قيمة تقوس سالبة تدل على أن المنطقة مقعرة CONCAVE.
- إذا كانت القيمة صفراً أو قريباً من الصفر تكون المنطقة منبسطة Flat.



شکل (11): خارطة التقوس في منطقة الدراسة

وعند حساب قيم التقوس كانت 89.5% من المنحدرات مقعرة، ونسبة المنحدرات المسطحة 8.4% وكانت نسبة المنحدرات المحدبة 2.1%.

النتائج:

لقد توصلت هذه الدراسة إلى النتائج التالية:

- 1- جريان المياه بحسب ميل السفوح يكون نحو الغرب والجنوب الغربي بحيث تجري المياه باتجاه وادي كفرجة واتجاه وادي الأردن من الأحواض الموجودة في المحافظة.
- 2- بلغت قيم معامل الاستطالة لحوض وادي كفرجة (0.57) ولحوض وادي راجب (0.55). يمكننا القول بأنهما يتخذان الشكل شبه المستطيل، أما نسبة الاستدارة فقد بلغت لحوض وادي كفرجة (0.42)، في حين بلغت في حوض وادي راجب (0.40). تشير إلى أن الأحواض ممدودة ويعبده عن الشكل الدائري المنتظم والذي يدل على عدم تعرض الحوض لفترة طويلة من الحت المائي وأنه في مرحلة الشباب. وأن محيطه (خط تقسيم المياه) متعرج وعرضه لحصول الأسر النهري بحيث تتوسع الأحواض المجاورة على الحوض في حال كانت طاقتها في الحت أعلى. وأن المساحة الحوضية في بداية دورتها الحتية.

- 3- بلغ معامل شكل الحوض في حوض كفرنجة (0.26). وفي حوض راجب (0.23). وهي نسب تشير إلى اتساع عرض الحوض في منطقة المنابع وضيقة عند المصب واقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث.
- 4- وعند حساب الرتب لحوض وادي كفرنجة وحوض وادي راجب تبين أن الحوضين من المرتبة الثالثة. وقد كانت أعداد المجاري المائية من الرتبة الأولى لكل منهما على التوالي (30 و16). ومن الرتبة الثانية (12 و4). ومجرى من الرتبة الثالثة.
- 5- وقد وصل معدل التشعب النهري لحوض وادي كفرنجة (2.5) للأحواض بين الرتبة الأولى والثانية و(12) للأحواض من الرتبة الثانية والثالثة. وهذا الارتفاع الكبير لنسبة التشعب يعكس الطبيعة التضاريسية التي لا تسمح لمعظم المجاري التي تصب في الجرى الرئيسي أن تطول وتلتقي مع مراتب تماثلها. ولحوض راجب كانت نسبة التشعب (4) للأحواض ما بين الرتبة الثانية والأولى والثالثة والثانية.
- 6- وقد بلغت قيمة كثافة التصريف في حوض وادي كفرنجة (0.78). وفي حوض وادي راجب (0.76). وهو ما يمكن تفسيره بوجود العديد من الينابيع وأن الجريان يقتصر على عدد من القنوات في الحوض. وقد كانت تكرارية المجاري في حوض وادي كفرنجة (0.4). وفي حوض وادي راجب (0.35). وتؤكد هذه القيم لتكرارية المجاري في الحوضين على قلة أطوال المجاري في الحوض نتيجة قلة أعدادها. وتؤكد على قيم الكثافة التصريفية.
- 7- معامل التعرج لحوض وادي كفرنجة كان 1.13 بينما كان 1.4 لحوض وادي راجب. الأمر الذي يوضح أنه أكثر تعرجاً من حوض وادي كفرنجة بحيث هناك تعرج للروافد في الحوض الأعلى.
- 8- بلغ التضرس الكلي لحوض وادي كفرنجة 1400م. ولحوض راجب 1150م. والمعدل العام للتضرس في حوض كفرنجة 68.6 م/كم. ولحوض وادي راجب 82 م/كم. وهي نسب عالية تدل على صغر مساحة الحوض وكثافة عملية التعرية على منحدرات الحوض. وتشير إلى أن الأحواض تتميز بمنحنى بمساحة منخفضة ومنحنى هبسوميتري أقل وخاصة عندما تكون الأحواض في بداية مراحلها الحتية.
- 9- وكانت التضاريس النسبية (العلاقة بين الحوض ومحيطه) 24.56 م/كم في حوض وادي كفرنجة. و30.33 م/كم في حوض وادي راجب. وهي نسب مرتفعة ما يعكس شدة التضرس. وتشير القيم المرتفعة لمقاومة الصخر وضعف عوامل التعرية وانخفاض مساحة الحوض. أي أنه في المراحل الأولى من دورة التعرية النهرية وتؤكد هذه النتيجة على قيم نسبة التضرس.
- 10- يدل معدل النسيج الطبوغرافي في حوض وادي كفرنجة 0.75 مجرى/كم. وفي حوض وادي راجب 0.49 مجرى/كم. أي أنه يقع ضمن الفئة ذات النسيج الخشن ما يدل على قلة عدد الروافد النهرية في الحوضين وباللغة (43) رافدا في حوض وادي كفرنجة و(21) رافدا في حوض وادي راجب.
- 11- يستعمل المنحنى الهبسوميتري كمقياس زمني يعبر عن المرحلة الحتية التي تمر بها الأحواض المائية. ويشير إلى كمية المواد التي تنتظر دورها في الحت. وكان التكامل الهبسوميتري لحوض وادي كفرنجة 65.1% ولحوض وادي راجب 65.2%. الأمر الذي يوضح أن الأودية تمر في مرحلة

الشباب من دورة التعرية وتضرس سطحه. وأن تكويناته الصخرية لا تزال بانتظار دورها في الحث.

الهوامش

- (1) Sabri Hamdan, and Saleh Abu Amra, some morphometric characteristics of the upper part of the Rumaymeen Basin in central western Jordan using traditional methods and GIS software (a comparative study). Journal of Al-Azhar University in Gaza, Humanities Series, Volume: 12 Issue: 2, (2010) pp. 595-620.
- (2) Kamil Al-Assadi, Analyzing the morphometric characteristics of Wadi Mezal basin using geographical information systems. Groundwater for Sustainable Development 11 (2020) 100436.
- (3) Fairouz Muhammad, Wadi Zaqlab Basin (Jordan) - A geomorphological study. The Islamic University, Gaza, unpublished master's thesis (2015).
- (4) Rahim Al-Abdan, and Bashar Maarouf, Morphometric analysis of the characteristics of the riverine network of the Wadi Abu Hadir Basin in the Al-Salman Badia in southwestern Iraq. Journal of Geographical Research, No. 22, (2015) pp. 119-147.
- (5) Sarhan Al-Khafaji, Morphometric and Hydrological Characteristics of Wadi Qarin Al-Thammad Basin in Iraq's Southern Badia - Najaf Badia. Journal of the College of Basic Education for Educational and Human Sciences, University of Babylon, No. 26, (2016) pp. 616-639.
- (6) Ahmad Ghadiya, and Muhammad Burqan Analysis of the wadi network and identification of the best dam sites in the western slope of the Hebron plateau using geographic information systems (GIS). Dirasat, Humanities and Social Sciences, Vol. 46, No. 1, (2019) pp. 181-196.
- (7) Hanan Omran, and Hussein Al-Saadi, Morphometrics of Wadi Al-Karawi Basin (East of Wasit Governorate), Babylon University Journal for Human Sciences, Volume 28, Issue 2, (2020) pp. 88-105.
- (8) Shahram Bahrami, a and Domenico Capolongob, and Mohammad Mofrad Rahdan, Morphometry of drainage basins and stream networks as an indicator of active fold growth (Gorm anticline, Fars Province, Iran). Geomorphology 355 (2020) 107086. (2020).
- (9) Yu Zhang, and Marwan A. Hassan, and Leonora King, and Xudong Fu, and Erkan Istanbuluoglu, and Guangqian Wang, Morphometrics of China's Loess Plateau: The spatial legacy of tectonics, climate, and loess deposition history. Geomorphology 354 (2020) 107043.
- (10) Ministry of Planning, 2015, Ajloun Governorate Development Program.
- (11) Safiya Eid, and Aisha Kaddoura, Create and evaluate digital elevation models (DEM) using geographic information systems. Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies - Series of Arts and Humanities, Volume: 39, Issue 5, (2017) pp. 181-194.

- (12) Ahmed Mostafa, Contour maps, their interpretation and sectors, University Knowledge House, Alexandria – Egypt (1987).
- (13) Numan Shehadeh, Climate of Jordan, 1st Edition, Dar Al-Bashir, Amman, Jordan (1991).
- (14) Abdel Qader Abed, Geology of Jordan, its rocks, its mineral composition, its water, the Islamic Renaissance Library. Amman Jordan (1982).
- (15) Muhammad Aziz, Applied Studies in Geographical Information Systems, Dar Al-Ilm Library, Kuwait (2007).
- (16) Esri (2015) ArcGIS Help Library
- (17) Al-Dulaimi, Khalaf and Al-Jabri, Ali. (2018) The use of geomatics in studying the morphometric characteristics of dry valley basins, an applied study. Dar Safaa for Publishing and Distribution, Amman, first edition.
- (18) Saad A. Al Darraji, Simplify Equation to Calculate Elongation River Basin Proposed by Schumm (1956), AL-USTADH No 02, Volume 2. (2013).
- (19) Wafaa Ryan, Morphometric Characteristics of Wadi Al-Fara'a Basin - Palestine Using GIS and Digital Elevation Models, The Islamic University, Gaza, unpublished master's thesis (2014).
- (20) S.A Schumm. The evolution of drainage systems and slopes in bad lands at Perth, Amboi, New Jersey. Geol. Soc. Ame. Bull. 67 (5), (1956). pp. 597-646.
- (21) V. Miller, A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee. Project NR 389-402, Technical Report 3, Columbia University, Department of Geology, ONR, New York (1953).
- (22) (y. Farhan and O anaba, A Remote Sensing and GIS Approach for Prioritization of Wadi Shueib Mini-Watersheds (Central Jordan) Based on Morphometric and Soil Erosion Susceptibility Analysis. Journal of Geographic Information System, Vol.8 No.1, (2016).
- (23) Saad Al-Daraji, Applied Geomorphology, Dar Al-Hadathah for Printing and Publishing - Baghdad, first edition(2019).
- (24) R. E. Horton, Drainage-basin characteristics, Eos Trans. AGU, 13, (1932) 350-361.
- (25) Ghazwan Salloum, The Qandil Valley Basin (a morphometric study), Tishreen University Journal, Volume: 28, Issue: 1, (2012) pp. 373-438.
- (26) A. H. Strahler, Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, in Handbook of Applied Hydrology, edited by V. T. Chow, pp. 4-39-4-76, McGraw-Hill, New York (1964).
- (27) Ali Abu Salim, The geomorphological role of morphometric characteristics and water discharge in the sedimentary output of Wadi Al-Walah. The Jordanian Journal of Social Sciences, Volume 3 - Issue 2, (2010) pp. 114-134.

- (28) Alaa Al-Darrat, Morphometric characteristics and their hydrological implications in the Western Sahel Valley Basin, west of Tobruk, northeastern Libya, Sirte University Scientific Journal - Humanities, Volume: 8, Issue: 1, (2018) pp. 50-74.
- (29) Sarhan Al-Khafaji, and Adnan Al-Tai, Hydromorphometric evaluation of Wadi Umm Khashaf (Al-Rabis) Basin in Al-Najaf Governorate. Journal of Geographical Research, No. 22(2016) pp. 293-333.
- (30) Muhammad Mahsoub, Geomorphology of landforms. I 1, Dar Al-Fikr Al-Arabi, Cairo, Egypt. (1997).
- (31) Saleh Al-Sabbahi, Morphometric characteristics of the Wadi Al-Asala basin, east of Jeddah - western Saudi Arabia, King Abdulaziz University in Jeddah, unpublished master's thesis (2018).
- (32) Shaza Al-Rawashdeh, and Talib Masarwe, and Ayed Taran, Morphometric and Hydrological Characteristics of the Wadi Hassa Basin using GIS and Digital Elevation Model, An-Najah University Journal for Research - Humanities, Volume: 31, Issue: 6, (2017) pp. 965-996.
- (33) Yahya Abu Hasira, The application of geographic information systems in studying the morphometric characteristics of the Al-Awja River Basin - Palestine, the Islamic University, Gaza, an unpublished master's thesis. (2013).
- (34) Kenneth G. Smith standards for grading texture of erosional topography. American journal of science. Vol 248 (1950) pp 655-669.
- (35) Hassan Salameh, The Origins of Geomorphology, Dar Al-Maysara for Publishing and Distribution, Amman, Jordan. (2007).

قائمة المصادر والمراجع:

المراجع العربية:

- أبو حصيرة. يحيى (2013) تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض نهر العوجاء-فلسطين. الجامعة الإسلامية. غزة. رسالة ماجستير غير منشورة.
- حمدان. صبري وأبو عمرة. صالح (2010) بعض الخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض الرميمين وسط غرب الأردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية

- (دراسة مقارنة). مجلة جامعة الأزهر بغزة. سلسلة العلوم الإنسانية. المجلد: 12 العدد: 2. ص 595-620.
- الخفاجي. سرحان (2016) الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي قرين الثماد في بادية العراق الجنوبية - بادية النجف. مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية. جامعة بابل. العدد 26. ص ص 616-639.
- الخفاجي. سرحان والطائي. عدنان (2016). التقويم الهيدرومورفومتري لحوض وادي أم خشاف (الربيع) في محافظة النجف. مجلة البحوث الجغرافية. العدد 22 ص ص 293-333.
- دائرة الاحصاءات العامة. (2015). التعداد العام للسكان والمساكن. عمان - الأردن.
- الدراجي. سعد (2019) الجيومورفولوجيا التطبيقية. دار الحدائق للطباعة والنشر - بغداد. الطبعة الأولى.
- الدليمي. خلف والجابري. علي. (2018) استخدام الجيوماتكس في دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض الأودية الجافة دراسة تطبيقية. دار صفاء للنشر والتوزيع. عمان الطبعة الأولى.
- الرواشدة. شذا ومصاروة. طالب وطاران. عايد (2017) الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي الحسا باستخدام نظام المعلومات الجغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمية. مجلة جامعة النجاح للأبحاث - العلوم الانسانية. المجلد: 31. العدد: 6. ص ص 965-996.
- ريان. وفاء (2014) الخصائص المورفومترية لحوض وادي الفارعة - فلسطين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاع الرقمية. الجامعة الاسلامية. غزة. رسالة ماجستير غير منشورة.
- السباحي. صالح (2018) الخصائص المورفومترية لحوض وادي العسلاء شرقي مدينة جدة - غربي المملكة العربية السعودية. جامعة الملك عبد العزيز بجدة. رسالة ماجستير غير منشورة.
- سعيد. هالة وهادي. خلود. (2010) أهمية دراسة نموذج الارتفاع الرقمي DEM وتطبيقاته المختلفة. مجلة ديالي. العدد الثالث والعشرون ص ص 175-189.
- سلامه. حسن (2007) أصول الجيومورفولوجيا. دار الميسرة للنشر والتوزيع. عمان الأردن.
- سلوم. غزوان (2012) حوض وادي القنديل (دراسة مورفومترية). مجلة جامعة تشرين. المجلد: 28. العدد: 1. ص ص 373-438.
- أبو سليم. علي (2010). الدور الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية والتصريف المائي في الناحج الرسوبي لوادي الوالة. المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية. المجلد 3_ العدد 2. ص ص 114-134.
- شحادة. نعمان. (1991). مناخ الأردن. ط1. دار البشائر. عمان. الأردن.

الضراط. علاء (2018) الخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي السهل الغربي غرب مدينة طبرق شمال شرق ليبيا. مجلة جامعة سرت العلمية - العلوم الانسانية، المجلد: 8، العدد: 1، ص ص 50-74.

عابد. عبد القادر (1982) جيولوجيا الاردن صخوره تراكيبه معادنه مياهه. مكتبة النهضة الاسلامية. عمان- الاردن.

العبدان. رحيم ومعروف. بشار (2015) التحليل المورفومتري لخصائص الشبكة النهرية لحوض وادي أبو حضير في بادية السلطان جنوب غرب العراق. مجلة البحوث الجغرافية. عدد 22، ص ص 119-147.

عزيز. محمد (2007) دراسات تطبيقية في نظم المعلومات الجغرافية. مكتبة دار العلم بالكويت.

عمران. حنان والساعدي. حسين (2020) مورفومترية حوض وادي الكروي (شركي محافظة واسط). مجلة جامعة بابل للعلوم الانسانية. المجلد 28، العدد 2، ص ص 88-105.

عيد. صفية وقدورة. عائشة. (2017). انشاء وتقييم نماذج الارتفاع الرقمية (DEM) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية. المجلد: 39 العدد 5 ص ص 181-194.

غضية. احمد وبرقان. محمد (2019) خليل شبكة الاودية وتحديد أفضل مواقع إقامة السدود في السفح الغربي لهضبة الخليل بواسطة نظم المعلومات الجغرافية (GIS). دراسات. العلوم الانسانية والاجتماعية. المجلد 46، العدد 1 ص ص 181-196.

محسوب. محمد (1997). جيومورفولوجية الاشكال الأرضية. ط 1. دار الفكر العربي. القاهرة مصر.

محمد. فيروز (2015) حوض وادي زقلاب (الاردن) - دراسة جيومورفولوجية. الجامعة الاسلامية. غزة. رسالة ماجستير غير منشورة

مصطفى. احمد (1987) الخرائط الكنتورية تفسيرها وقطاعاتها. دار المعرفة الجامعية. الاسكندرية - مصر.

المراجع الأجنبية:

Al Darraji, Saad, A. (2013). Simplify Equation to Calculate Elongation River Basin Proposed by Schumm (1956), *AL-USTADH* No 02, Volume 2.

Al-Assadi, Kamil (2020). Analyzing the morphometric characteristics of Wadi Mezal basin using geographical information systems. *Groundwater for Sustainable Development* 11 (2020) 100436.

- Bahrami, Shahram; Capolongob, Domenico and Mofrad, Mohammad Rahdan (2020). Morphometry of drainage basins and stream networks as an indicator of active fold growth (Gorm anticline, Fars Province, Iran). *Geomorphology* 355 (2020) 107086.
- Esri (2015) *ArcGIS Help Library*.
- Farhan, Y. and Anaba, O. (2016). A Remote Sensing and GIS Approach for Prioritization of Wadi Shueib Mini-Watersheds (Central Jordan) Based on Morphometric and Soil Erosion Susceptibility Analysis. *Journal of Geographic Information System*, Vol.8 No.1, February 2016.
- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics, *Eos Trans. AGU*, 13, 350-361.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 56, 275-360.
- Miller, V. (1953). *A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee*. Project NR 389-402, Technical Report 3, Columbia University, Department of Geology, ONR, New York.
- Smith Kenneth G.(1950). standards for grading texture of erosional topography. *American journal of science*. Vol 248 pp 655-669.
- Strahler, A. H.,(1964) *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, in Handbook of Applied Hydrology*, edited by V. T. Chow, pp. 4-39-4-76, McGraw-Hill, New York.
- Zhang, Yu; Hassan, Marwan A.; King, Leonora; Fu, Xudong; Istanbuluoglu, Erkan and Wang, Guangqian (2020). Morphometrics of China's Loess Plateau: The spatial legacy of tectonics, climate, and loess deposition history. *Geomorphology* 354 (2020) 107043.

List of Sources & References:

- Abed, Abdel Qader (1982). *Geology of Jordan, its rocks, its mineral composition, its water*, the Islamic Renaissance Library. Ammaan Jordan.
- Abu Hasira, Yahya (2013). *The application of geographic information systems in studying the morphometric characteristics of the Al-Awja River Basin - Palestine*, the Islamic University, Gaza, an unpublished master's thesis.

- Abu Salim, Ali (2010). The geomorphological role of morphometric characteristics and water discharge in the sedimentary output of Wadi Al-Walah. *The Jordanian Journal of Social Sciences*, Volume 3 - Issue 2, pp. 114-134.
- Al Darraji, Saad, A. (2013). Simplify Equation to Calculate Elongation River Basin Proposed by Schumm (1956), *AL-USTADH* No 02, Volume 2.
- Al-Abdan, Rahim and Maarouf, Bashar (2015). Morphometric analysis of the characteristics of the riverine network of the Wadi Abu Hadir Basin in the Al-Salman Badia in southwestern Iraq. *Journal of Geographical Research*, No. 22, pp. 119-147.
- Al-Assadi, Kamil (2020). Analyzing the morphometric characteristics of Wadi Mezal basin using geographical information systems. *Groundwater for Sustainable Development* 11 (2020) 100436.
- Al-Daraji, Saad (2019). *Applied Geomorphology*, Dar Al-Hadathah for Printing and Publishing - Baghdad, first edition.
- Al-Darrat, Alaa (2018). Morphometric characteristics and their hydrological implications in the Western Sahel Valley Basin, west of Tobruk, northeastern Libya, *Sirte University Scientific Journal - Humanities*, Volume: 8, Issue: 1, pp. 50-74.
- Al-Dulaimi, Khalaf and Al-Jabri, Ali. (2018). *The use of geomatics in studying the morphometric characteristics of dry valley basins, an applied study*. Dar Safaa for Publishing and Distribution, Amman, first edition.
- Al-Khafaji, Sarhan (2016). Morphometric and Hydrological Characteristics of Wadi Qarin Al-Thammad Basin in Iraq's Southern Badia - Najaf Badia. *Journal of the College of Basic Education for Educational and Human Sciences*, University of Babylon, No. 26, pp. 616-639.
- Al-Khafaji, Sarhan and Al-Tai, Adnan (2016). Hydromorphometric evaluation of Wadi Umm Khashaf (Al-Rabis) Basin in Al-Najaf Governorate. *Journal of Geographical Research*, No. 22 pp. 293-333.
- Al-Rawashdeh, Shaza and Masarwe, Talib and Taran, Ayed (2017). Morphometric and Hydrological Characteristics of the Wadi Hassa Basin using GIS and Digital Elevation Model, *An-Najah University Journal for Research - Humanities*, Volume: 31, Issue: 6, pp. 965-996.

- Al-Sabbahi, Saleh (2018). *Morphometric characteristics of the Wadi Al-Asala basin, east of Jeddah - western Saudi Arabia*, King Abdulaziz University in Jeddah, unpublished master's thesis.
- Aziz, Muhammad (2007). *Applied Studies in Geographical Information Systems*, Dar Al-Ilm Library, Kuwait.
- Bahrami, Shahram a and Capolongob, Domenico and Mofrad, Mohammad Rahdan (2020). Morphometry of drainage basins and stream networks as an indicator of active fold growth (Gorm anticline, Fars Province, Iran). *Geomorphology* 355 (2020) 107086.
- Eid, Safiya and Kaddoura, Aisha. (2017). Create and evaluate digital elevation models (DEM) using geographic information systems. Tishreen University *Journal of Research and Scientific Studies - Series of Arts and Humanities*, Volume: 39, Issue 5, pp. 181-194.
- Esri (2015). *ArcGIS Help Library*.
- Farhan, Y. and anaba, O. (2016). A Remote Sensing and GIS Approach for Prioritization of Wadi Shueib Mini-Watersheds (Central Jordan) Based on Morphometric and Soil Erosion Susceptibility Analysis. *Journal of Geographic Information System*, Vol.8 No.1, February 2016.
- Ghadiya, Ahmad and Burqan, Muhammad (2019). Analysis of the wadi network and identification of the best dam sites in the western slope of the Hebron plateau using geographic information systems (GIS). *Dirasat, Humanities and Social Sciences*, Vol. 46, No. 1 pp. 181-196.
- Hamdan, Sabri and Abu Amra, Saleh (2010). Some morphometric characteristics of the upper part of the Rumaymeen Basin in central western Jordan using traditional methods and GIS software (a comparative study). *Journal of Al-Azhar University in Gaza, Humanities Series*, Volume: 12 Issue: 2, pp. 595-620.
- Horton, R. E.(1932). Drainage-basin characteristics, *Eos Trans. AGU*, 13, 350-361.
- Mahsoub, Muhammad (1997). *Geomorphology of landforms*. I 1, Dar Al-Fikr Al-Arabi, Cairo, Egypt.
- Miller, V. (1953). *A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee*. Project NR 389-402, Technical Report 3, Columbia University, Department of Geology, ONR, New York.

- Ministry of Planning, (2015), *Ajloun Governorate Development Program*.
- Mostafa, Ahmed (1987). *Contour maps, their interpretation and sectors*, University Knowledge House, Alexandria – Egypt.
- Muhammad, Fairouz (2015). *Wadi Zaqlab Basin (Jordan) - A geomorphological study*. The Islamic University, Gaza, unpublished master's thesis.
- Omran, Hanan and Al-Saadi, Hussein (2020). Morphometrics of Wadi Al-Karawi Basin (East of Wasit Governorate), *Babylon University Journal for Human Sciences*, Volume 28, Issue 2, pp. 88-105.
- Ryan, Wafaa (2014). *Morphometric Characteristics of Wadi Al-Fara'a Basin - Palestine Using GIS and Digital Elevation Models*, The Islamic University, Gaza, unpublished master's thesis.
- Salameh, Hassan (2007). *The Origins of Geomorphology*, Dar Al-Maysara for Publishing and Distribution, Amman, Jordan.
- Salloum, Ghazwan (2012). The Qandil Valley Basin (a morphometric study), *Tishreen University Journal*, Volume: 28, Issue: 1, pp. 373-438.
- Shehadeh, Numan (1991). *Climate of Jordan*, 1st Edition, Dar Al-Bashir, Amman, Jordan.
- Smith Kenneth G. (1950). standards for grading texture of erosional topography. *American journal of science*. Vol 248 pp 655-669.
- Strahler, A. H. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks*, in *Handbook of Applied Hydrology*, edited by V. T. Chow, pp. 4-39-4-76, McGraw-Hill, New York.
- Zhang, Yu and Hassan, Marwan A. and King, Leonora and Fu, Xudong and Istanbuluoglu, Erkan and Wang, Guangqian (2020). Morphometrics of China's Loess Plateau: The spatial legacy of tectonics, climate, and loess deposition history. *Geomorphology* 354 (2020) 107043.