الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي الحسا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمية

Morphometric and Hydrological Characteristics of Wadi Hasa Basin Using GIS & DEM

شذا الرواشدة[1]، و طالب مصاروة[2]، و عايد طاران*[1]

Shatha AL-Rwashdeh, Taleb Masarwah & Ayed Taran

[1]قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الحسين بن طلال، الأردن.
[2] مديرية لواء القصر، وزارة التربية والتعليم، الأردن

*الباحث المراسل: taran0002002@yahoo.com

تاريخ التسليم: (2016/8/12)، تاريخ القبول: (2017/2/14)

ملخص

تهدف الدراسة إلى تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لشبكة التصريف المائي لحوض وادي الحسا، والمتمثلة بالخصائص المساحية والطولية والشكلية والتضاريسية، وخصائص شبكة الصرف المائي، فضلاً عن التعرف على بعض المتغيرات الهيدرولوجية، مثل زمن الوصول وكمية التدفق المائي للنهر، وتحديد اتجاه الجريان، ومناطق تجمع الجريان. واعتمدت الدراسة على نظم المعلومات الجغرافية والخرائط الطبوغرافية ونموذج الارتفاعات الأرضية الرقمية (DEM) كأداة لإعداد خارطة شبكة التصريف النهري والتي صنفت بحسب طريقة Strahler إلى مراتبها النهرية للحوض، واستخلاص بعض الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية، وتم تحديد الخصائص المورفومترية المختلفة للحوض، وقد عززت هذه الدراسة من فهم الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي الحسا. وقد كشفت الدراسة أهمية نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة للتعامل مع البيانات في تحليل البيانات المكانية، وربطها بالبيانات الوصفية، ودورها في تحليل الخصائص المورفومترية، والدراسات الهيدرولوجية، ومدى ارتباط الخصائص المورفومترية بالظواهر الهيدرولوجية؛ لارتباطها بالمناخ واتجاه العواصف المطرية ومدى استمراريتها، وتأثيرها على الجريان المائي والفيضانات. وتوصي الدراسة بضرورة استخدام البيانات الحديثة، والتي تشمل على المرئيات الفضائية، ونموذج الارتفاعات الأرضية الرقمية (DEM) في الدراسات المورفومترية لبناء قاعدة بيانات جغرافية للمتغيرات المورفومترية.

الكلمات المفتاحية: الخصائص المورفومترية، الخصائص الهيدرولوجية، الحوض المائي.

Abstract

The aim of study is to analyze the Morphometric characteristics and Hydrological network watery discharge of Wadi Hasa, represented characteristics cadastral, and longitudinal, formal and topographic characteristics of the water drainage network as well as to identify some hydrological variables such as the concentration and quantity of The water flow of the river and determine the direction of flow and areas of runoff gathering time. study relied on GIS Topographic maps and digital elevation model (DEM) as a tool to set up a network rivers draining map and classified according to the way Strahler to Mratbha river basin and draw some morphometric characteristics and Hydrological been identified for different basin morphometric characteristics, have reinforced This study is to understood Morphometric and hydrological characteristics of Wadi Hasa.The study has revealed the importance of Geographic information systems to deal with the data in the analysis of spatial data, link metadata and its role in Morphometric studies and Hydrological characteristics of the analysis, The Morphometric characteristics correlation phenomena Hydrological because they are tied to climate the direction of rainstorms, the extent of continuity. and its impact on water runoff and flooding. The study recommended the need of use of modern data that include space visualizations and digital elevations model (DEM) in morphometric studies for the construction of Geographic data for Morphometric variables base.

Keywords: Morphometric Characteristics, Hydrological Characteristics, Basin Water

المقدمة

يعد تحليل الخصائص المورفومترية أحد أهم التطبيقات الجيومورفولوجية في دراسة الاحواض المائية، ويعتبر تمثيلاً لطبوغرافية الارض، وقد بدأت وسائل التحليل المورفومتري تأخذ مكانة هامة في الدراسات والبحوث الجيومورفولوجية، وحلت مكان وسائل القياسات التقليدية.

وقد تعددت طرق ووسائل البحث في مجال الدراسات المورفومترية للأحواض النهرية؛ لمواكبة الوسائل العلمية المتاحة، كما زاد الاهتمام بالدراسات المورفومترية للأحواض النهرية بعد ظهور دراسات رائدة في النصف الاول من القرن الماضي مثل:

(Horton, 1945, P.348). وتبع ذلك دراسات اخرى منها (Schumm, 1945, P.627). فالخصائص المورفومترية ما هي إلا نتاج بشكل مباشر أو غير مباشر لجميع العوامل الطبيعية والبشرية المتمثلة بالتركيب الجيولوجي، والخصائص المناخية والنباتية، والتربة وتأثير الانسان، إضافة الى تأثير الخصائص الموروفومترية نفسها على خصائص الجريان.

وبذلك تمثل الدراسات المورفومترية أحد الاتجاهات الحديثة لدراسة الاحواض النهرية، ومعرفة مدى تطور مورفولوجية الحوض النهري من حيث (مساحته، ومحيطة، ودرجة انحداره، وطوله، وعرضه) كونها تساعد على فهم دقيق لكل مكون.

ومن خلال دراسة الخصائص المورفومترية لأي حوض نهري، فإنها تقدم مؤشرات مفيدة للخصائص الهيدرولوجية للحوض النهري، لتقييم امكانيات المياه الجوفية والمياه السطحية، وادارة موارد المياه الجوفية والسطحية، والجريان السطحي، وخصائص نظم التصريف النهري، نظرا للعلاقة القوية بين الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية، كما أنه لا يمكن السيطرة على الفيضانات دون فهم مفصل للخصائص المورفومترية.

مشكلة الدراسة

تمتاز منطقة حوض الحسا بتنوع الاشكال الطبوغرافية، ويعود هذا التنوع الى غزارة التصريف المائي التي شهدتها المنطقة عبر فترات سابقة، وتكمن مشكلة الدراسة في إظهار الخصائص المورفومترية وإبراز العوامل والعمليات المسؤولة عن إعطاء الحوض طابعه الجيومورفولوجي، وتحظى مثل تلك الدراسات باهتمام كبير من قبل الباحثين، الا انه لا يزال هناك فقر في الدراسات المتعلقة بمنطقة الدراسة، الامر الذي يتطلب دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض الحسا.

وستحاول الدراسة الإجابة على الأسئلة الآتية:

1. ما هي الخصائص الطبيعية والجيومورفولوجية لحوض وادي الحسا ؟
2. ما هي الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسا ؟
3. ما هي العلاقة بين الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسا على الخصائص الهيدرولوجية ؟

أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة لتحقيق الأهداف الآتية:

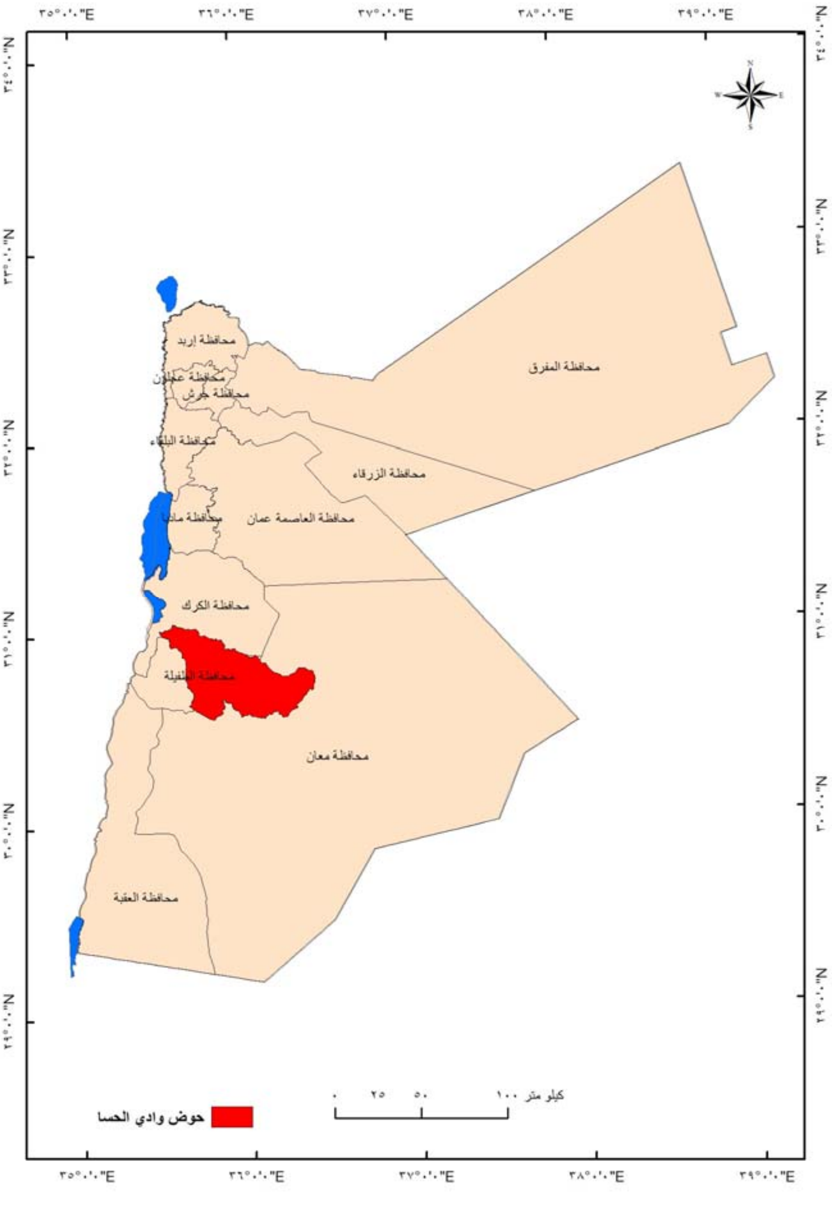
1. تحليل الخصائص المورفومترية للحوض، بالاعتماد تقنيات نظم المعلومات الجغرافية.
2. دراسة العلاقة بين متغيرات الحوض، لفهم هيدرولوجية الحوض وخاصة الجريان السطحي.

3. دراسة خصائص بعض الاحواض الفرعية لحوض الحسا.
4. دراسة العلاقة بين الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسا وتأثيرها على الخصائص الهيدرولوجية.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة (حوض وادي الحسا) في الجزء الجنوبي الشرقي من المملكة الأردنية الهاشمية، وتمتد في ثلاث محافظات هي الكرك والطفيلة ومعان بين خطي طول (25ً، 18َ، 35) و(68ً، 25َ، 36) شرقاً وبين دائرتي العرض (07ً، 33َ، 30) و(44ً، 03َ، 31) شمالاً كما يبين الشكل (1)، وتبلغ مساحة الحوض (2506.61 كم2)، ويمتد الحوض إلى الأجزاء الشرقية (الهضبة الشرقية) قليلة الانحدار عبر المنطقة الممتدة غرب الطريق الصحراوي، حيث يتسارع الانحدار نحو المصب في البحر الميت.

وتعد أودية الحوض جزءاً من الأودية التي تصب في البحر الميت، وتمتد على الحافة الصدعية- الحتية لوادي الأردن، وتتباين في صخورها، ومورفولوجيتها، ودرجات الحت والتقطع فيها، الأمر الذي أدى إلى اختلاف طبوغرافيتها وتعدد أنظمة الصدوع. ويمتاز الحوض بالفارق الكبير بين أعلى منسوب له في منطقة جرف الدراويش جنوب شرق الطفيلة، اذ بلغ ارتفاعه حوالي (1605م) فوق مستوى سطح البحر، وأدنى منسوب له في بلدة غور الصافي، اذ بلغ ارتفاعه حوالي (322م) تحت مستوى سطح البحر، وبذلك يكون فرق الارتفاع حوالي (1283م)، وتتميز أراضي الحوض بالتضرس والوعورة الناجمة عن ارتفاع كثافة الشبكة التصريفية وتعمق مجاري الأودية مما أدى إلى تقطع السطح.



شكل (1): موقع منطقة الدراسة. (المصدر: عمل الباحثين).

الدراسات السابقة

تناول (رمضان، 1980م، ص 97 -132) الخصائص المورفومترية لمجموعة من الاحواض المائية في الاردن موضحاً تأثير التركيب الجيولوجي، ونوعية الصخور وبنيتها، وعامل المناخ على خصائص الشبكة المائية، وقد بين أثر مساحة حوض نهر الزرقاء الكبيرة على التنوع في الخصائص التضاريسية، والجيولوجية، والمناخية، وصنَف الحوض إلى ثلاثة أنماط أرضية مختلفة.

كما درس (الملاوي، 1989م، ص 16)، الأشكال الأرضية وأهم العوامل التي ميزت تلك الاشكال لحوض نهر الزرقاء الأدنى (غرب سد الملك طلال)، وقسَم المنطقة إلى أنماط أرضية كبرى ووحدات أرضية تفصيلية.

كما تناول كل من (Kuldeep & Upasana, 2011, P. 284-269) التحليل الكمي للخصائص المورفومترية لحوض نهر يامونا في الهند، واستخدما نموذج الارتفاعات الأرضية الرقمية المشتق من SRTM.

وأوضح (بدر، 2012م، ص39-52) في دراسته التحليل المورفومتري الكمي لحوض وادي المر وتقييم نوعية المياه الجارية فيه، مستخدما نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإعداد الخرائط المورفومترية لأهداف تطبيقية هندسية وهيدرولوجية.

وكشفت دراسة (Chavare, 2011, P. 62-63) تحليل الخصائص المورفومترية لحوض نهر فالهيري (Valheri) باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، والتي تضمنت الرتب النهرية ونسبة التشعب وكثافة شبكة التصريف النهري وغيرها للحوض الذي يعد أحد روافد حوض نهر تابي (Tapi)، واستخدم طريقة استريلر لمعرفة المراتب النهرية، وبلغت كثافة شبكة التصريف النهري للحوض 2.82كم/كم^2.

وهدفت دراسة (حمدان وأبو عمرة، 2010، ص595 -620) إلى توضيح أهمية برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في قياس عناصر التغطية الخطية والمساحية لحساب بعض الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف النهري ومقارنتها بالبيانات المشتقة بالوسائل التقليدية التي تتضمن الخرائط الكنتورية والصور الجوية والعمل الميداني للجزء الاعلى من حوض الرميمين وسط الاردن، وتوصلت الدراسة إلى عدم وجود فروق في الخصائص المورفومترية للحوض بكلا الاسلوبين.

وقام (Hui- Ping, et al, 2006 , P. 239-250) بدراسة استخلاص الخصائص الجيوموفومترية لحوض نهر مينجيانغ وخصائصه التكتونية، اعتماداً على نموذج الارتفاعات الأرضية الرقمية بقدرة تمييزية30م.

واعتمدت دراسة (الحسبان وزريقات، 2015م، ص 1281- 1294) على نظم المعلومات الجغرافية ونموذج الارتفاعات الأرضية الرقمية في تحليل الخصائص المورفومترية لحوض

نهر الزرقاء في الأردن، وتوصلت الدراسة إلى وجود تباين في مساحات الأحواض المائية الثانوية لحوض الزرقاء، وقسمت الدراسة الحوض إلى ثلاثة أجزاء: القسم الغربي ويشتمل على جزء من وادي الأردن الاخدودي، والقسم الجبلي ويتضمن مرتفعات عجلون وعمان، والقسم الشمالي الشرقي ويشمل جزءاً من الهضبة الاردنية الشرقية.

ودرس كل من (Pawar & Raskar, 2009, P. 665) أحد أحواض الساحل الغربي للهند، وكان هناك جهد واضح من الباحثين في رسم الشبكة النهرية، وتم الاعتماد في ترتيب مجاري الروافد النهرية على طريقة استريلر.

ودرس (AL saud, 2009 P.1) حوض وادي أرونه (Wadi Aurnah) الواقع على الساحل الغربي لشبه الجزيرة العربية، وخلصت الدراسة إلاّ أنه يمكن الاعتماد على الاساليب التقليدية في رسم الشبكة المائية وترتيب روافدها النهرية.

منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة على

1. استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحليل خصائص شبكة التصريف النهري وقياس الخصائص المورفومترية، واشتقت بيانات الدراسة من الخرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000 وهي لوحات الحسا ووادي النعضية ووادي البهية ووادي البويعجة وجبال غزيمة والشوبك والطفيلة والوادي الأبيض، وخريطة الكرك مقياس 1:250000 من سلطة المصادر الطبيعية. كما استخدم نموذج الارتفاعات الأرض (http://gdem.aster.erdas.org.jp) بدقة تمييزية (30م) لاستخلاص الخصائص المورفومترية ومساحة الحوض وإنتاج خرائط شبكة التصريف المائي السطحي وإنتاج خرائط الانحدار وخطوط الكنتور، حيث اعتمد في هذه الدراسة برمجية ArcGIS10.1، وقد استخدم الماسح الضوئي (Scanner) لتحويل الخرائط الورقية إلى خرائط رقمية وتعريفها من خلال (Georeferencing) تبعاً لنظام الإحداثياتJTM عن طريق برمجية (ArcGIS10) وتصحيحها واستخدام نموذج الارتفاعات الأرضية، حيث تم تخزين تلك البيانات لتتم عملية التحليل والمعالجة، وإنتاج المعلومات، والبيانات التي استخدمت في مراحل الدراسة، وبالتالي إنتاج الخرائط اللازمة لتحقيق الهدف من الدراسة.
2. معادلات الخصائص المورفومترية؛ لتحديد نسبة استطالة واستدارة الحوض، ونسبة التضرس، وكثافة شبكة التصريف النهري، والتكرار النهري، ونسبة التشعب، ومعامل الانعطاف، ومعامل شكل الحوض، والمعامل الهبسومتري، ومعدل القوام الحوضي والإقليمي، وقيمة الوعورة، وزمن الوصول، والتدفق المائي، وقد استخدم مجموعة من المعادلات المورفومترية؛ لمعرفة الخصائص الجيولوجية والهيدرولوجية للحوض.

الخصائص الطبيعية لحوض وادي الحسا

جيولوجية المنطقة

تنتمي منطقة حوض وادي الحسا إلى رواسب نهرية من الصخور الرملية في الأجزاء العلوية من وادي الحسا، وفي نهاية العصر الكريتاسي الأعلى والايوسين المبكر تشكّلت رواسب بحرية من المارل والصخور الكلسية (Quennell, 1951, P. 85)، وتنقسم هذه الرواسب إلى ثلاثة مجموعات: مجموعة الحجر الرملي الكرنب التي يعود عمرها إلى الكريتاسي الأسفل، وينتشر على طول مرتفعات شرق وادي الأردن الذي تغطية رسوبيات الصخور الجيرية. ومجموعة عجلون التي تتكوّن من الصخور الكلسية والمارل وتحتوي على المستحاثّات التي توجد فوق صخور الكرنب، ويأتي فوقها صخور مجموعة البلقاء التي تتكون من الصوّان والفوسفات والصخور الجيرية، ويرجع عمرها إلى الكريتاس الأعلى. ومجموعة البلقاء وتضم هذه المجموعة الصخور الطباشيرية والفوسفات والصخور الكلسية والزيتية والمارل والحجر الرملي، ويحوي على رسوبيّات الكريتاسي الأعلى، وتنقسم إلى أربعة تكوينات هي:

1. تكوين الغدران ويتكون من الحجر الجيري والطباشيري.
2. تكوين عمّان ويتكوّن من صخور الصوان الرماديّ بني إلى أبيض.
3. تكوين الحسا ويحتوي على نسبة عالية من الفوسفات، ويتكون من الصخور الجيرية والصوان والمارل والمستحاثّات (Moumani, 1997 , P. 69).
4. تكوين الموقّر وقد أُعتبر المارل الأصفر المحمَّر الذي يتخلله طبقات رقيقة من الصوان الرمادي بداية تكوين الموقر.
5. تكوين الرجام ويتكون من الحجر الطباشيري الكلسي، وبعض الفوسفات (قطيش، 2007، ص45-49).

ويأتي الاهتمام بدراسة التكوينات الجيولوجية من ارتباطها بالطبقات الحاملة للمياه الجوفية. وتتوقف نفاذية التكوينات الصخرية على حجم الفراغات والشقوق التي تحتويها، إذ تؤثر النفاذية على الجريان السطحي، وتم تصنيف تكوينات الحوض تبعا لنفاذيتها عالية ومتوسطة وضعيفة النفاذية.

المناخ

تتباين معدلات الحرارة مكانياً وزمانياً؛ تبعاً للتباين في التضاريس، حيث يزداد معدل درجة الحرارة من الشمال إلى الجنوب فيصل معدل درجة الحرارة السنوي في محطة عابور إلى (16.42مْ)، بينما يصل المعدل إلى (17.84مْ) في محطة الحسا الواقعة في وسط وجنوب غرب الحوض، في حين تصل درجة الحرارة في محطة غور الصافي الواقعة في غرب الحوض إلى (25.97مْ).

ويلاحظ عدم وجود توافق في معدل الأمطار الساقطة على كل محطة، فقد سجلت محطة المزار الواقعة شمال غرب الحوض أعلى معدل للأمطار، اذ وصل إلى (284.33 ملم/ السنة) في حين سجلت محطة الحسا أدنى معدل أمطار الذي وصل الى (49.44 ملم/السنة).

وبذلك فإن المناطق التي تتلقى معدل امطار تزيد عن (150/سنوياً) تشكل ما نسبته (29.21%) من مساحة الحوض، في حين المناطق التي تتلقى معدل امطار أقل من (150 ملم/سنوياً) تشكل ما نسبته من مساحة الحوض (70.79%)، ويسود المناخ الجاف في الحوض، وبالتالي فإن معظم مساحة الحوض تعاني من عجز مائي (مصاروه، 2015، ص 144).

الغطاء النباتي

تظهر بعض أعشاب الميرمية الطبيعية المتناثرة والبصل البري على طول الأودية والروافد الصغيرة، وإلى الشمال الشرقي يلاحظ مروج العشب الصغيرة على ضفاف القناة الرئيسية للوادي في أقصى الشرق، وإلى الغرب من خط السكة الحديدية تنتشر برك من المياه في بعض الحالات فتنمو على ضفافها شجيرات أكبر.

كما تظهر في قاع الوادي الرئيسي كثافة عالية من النباتات التي تتحمل الملوحة، وإلى الشمال من الوادي تغطي السطح شجيرات متناثرة على نطاق واسع، وإلى الجنوب من الوادي توجد مجموعة متناثرة من النباتات التي تتحمل الملوحة، وأيضاً على الهامش الجنوبي من قاع الوادي تنتشر النباتات التي تتحمل الملوحة متوسط ارتفاع الروابي حوالي 25 سم، فالأشجار الواقفة الوحيدة هي أشجار صغيرة ومنعزلة في محطة الحسا على طول الطريق بين عمان والعقبة.

الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسا

تعتبر دراسة الخصائص المورفومترية ذات أهمية عند دراسة الأحواض المائية؛ لارتباطها المباشر بالعوامل الطبيعية، خاصة البنية الجيولوجية، والمناخ، والغطاء النباتي، وأية تغيرات تطرأ عليها أيضاً، ومن شأن تلك الخصائص إعطاء صورة واضحة عن هيدرولوجية المجاري المائية ونتاجها الرسوبي (Sediment yield)، ودورها في تطور الأشكال الإرسابية والحتية المختلفة، وتلك الدراسات تشكل قاعدة ضرورية لاهتمامات ودراسات علمية لها علاقة بالمصادر المائية (سلامة، 1985، ص9-34).

وتعتبر الخصائص المورفومترية المسؤول الرئيسي عن مختلف الظواهر الهيدرولوجية وخاصة ظاهرة الفيضانات، وبما أنّ موضوع البحث يتناول الناحية الهيدرولوجية؛ فإن الدراسة تناولت جميع الخصائص القياسية والهندسية للحوض، مثل: استخراج مساحة الحوض، وقياس أطوال المجاري المائية بجميع رتبها بواسطة برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS. ولتحقيق هدف الدراسة تم دراسة مجموعة من الخصائص المورفومترية وهي:

اولا: الخصائص المساحية والشكلية وتشمل

مساحة الحوض

بلغت مساحة حوض وادي الحسا حوالي (2506.61 كم^2) وهي مساحة كبيرة بالنسبة للأحواض المائية في الأردن، وتأتي مساحة حوض وادي الحسا في المرتبة الثالثة بعد حوض نهر الأردن، وحوض وادي الموجب كجزء من حوض البحر الميت، وترتبط مساحة الحوض بظروف المناخ ونوع الصخر والحركات التكتونية والزمن، حيث تميل الأحواض المائية إلى زيادة مساحتها إذا نشط الحت المائي في ظل ظروف مناخية رطبة، وإذا كانت الصخور الموجودة في الأحواض ليّنة يسهل حتها، أو إذا تعرّضت لحركات تكتونية أدّت إلى انخفاض مستوى الأساس أو رفع منطقة المنابع أو إذا مرّت بدورة حتيه طويلة الأمد (سلامة، 1985، ص9-34).

يلاحظ أن العلاقة بين المساحة وكمية الأمطار الهاطلة على حوض الحسا هي علاقة ضعيفة، وذلك لتوزع الأمطار على مساحته الكبيرة، ولانخفاض المعدل السنوي للأمطار الساقطة على الحوض التي تبلغ حوالي (107.24ملم/سنوياً)، ويلاحظ أن الفعّالية الجيومورفولوجية للأمطار الساقطة على الحوض تتوزع على مساحة واسعة وتتعرّض مباشرة للتبخر في الحوض (137.7ملم)، بينما الكمية المتبقية تتوزع ما بين التسرب والجريان السطحي، إضافة إلى ذلك فإن الأحواض الكبيرة تتصف بانخفاض تضرسها مما يضعف فعّالية الحت المائي، ولذلك فإن ضعف العلاقة بين المساحة الحوضية، وكمية الأمطار يعزى لسيطرة الظروف الجافة وشبه الجافة عليه، مما يفسح المجال للعوامل البيئية الأخرى في تحديد مساحته خاصة طبيعة الصخور والزمن (سلامة، 2004، ص214-234)، وقد يرجع كبر مساحة الحوض إلى تكونه في ظروف بيئية رطبة منذ آلاف السنين.

نسبة الاستطالة Elongation Ratios

تم تحديد نسبة الاستطالة بعد معرفة مساحة الحوض وأقصى طول الحوض من خلال المعادلة الأتية:

نسبة الاستطالة = <u>طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض / كم2</u>

أقصى طول للحوض / كم

(المصدر: Onosemuode, 2010 , P. 1300)

تصف نسبة الاستطالة امتداد مساحة الحوض مقارنة بالشكل المستطيل، حيث ترتفع النسبة في الأحواض الطويلة كما هو في حوض وادي الحسا، والتي بلغت نسبة الاستطالة (0.592) إضافة إلى ذلك فإن لنسبة الاستطالة دلالة على وعورة جوانب الوادي، وخاصة في الحوض الأعلى في المناطق الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية، وتتوقف نسبة الاستطالة على الظروف المناخية والجيولوجية كما هو الحال في جميع الأحواض المائية.

وبشكل عام إذا كانت قيمة نسبة الاستطالة قريبة من واحد صحيح؛ فإن الحوض المائي يمتاز بقلة التضرس، بينما إذا بلغت نسبة الاستطالة 0.6 – 0.8 فإنه يدل على تضرس المنطقة وشدة الانحدار، وفي الأحواض المائية في الأردن بلغ متوسط معدل نسبة الاستطالة حوالي 0.596 بمعنى أنها متوسطة الاستطالة، وبما أن نسبة الاستطالة متوسطة فان ذلك يعني أن هناك تقدم مستمر في عملية التعرية والحت، أي أن الوادي في مرحلة الشباب (سلامة، 1980، ص123-167).

نسبة الاستدارة Circularity Ratios

وتم استخراجها بعد حساب مساحة الحوض ومحيطه وفق المعادلة الأتية :

$$\text{استدارة الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض / كم}^2}{\text{مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض /كم}^2}$$

(المصدر: Onosemuode, 2010 , P. 1300)

إن نسبة الاستدارة للحوض المائي تدل على قرب أو بعد شكل الحوض من الشكل الدائري، حيث بلغت في حوض وادي الحسا (0.36) مما يعني أن الحوض بعيد عن الشكل الدائري المنتظم؛ لانخفاض قيمة الاستدارة، مما يؤثر ذلك على طول المجاري المائية وخطوط تقسيم المياه، وكذلك يعني عدم تعرض الحوض لفترة طويلة من الحت المائي، أي أنه في مرحلة الشباب، ولانخفاض نسبة الاستدارة للحوض مما يعني أن محيط الحوض قليل التعرج، ويرجع إلى مرحلة الشباب في علمية التعرية والحت المائي، وتتميز المنابع العليا من الحوض بمعدل أقل من المنابع السفلى، وبناء على ذلك فإن وادي الحسا ما زال في مرحلة الشباب، إضافة إلى تجدد شباب هذا الوادي ما زال ظاهراً فيه فكثرة التعرجات واختلاف الطبوغرافيا وانتشار الخوانق والمدرجات دليل على ذلك.

معامل شكل الحوض Form Factor

تم حساب هذا المعامل من خلال المعادلة الاتية :

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

(المصدر: Onosemuode, 2010 , P. 1300)

بلغ معامل شكل الحوض 0.275، وبذلك فإن الحوض قريب من الشكل المثلثي نظراً لانخفاض قيمة معامل شكل الحوض، حيث يتغير عرض الحوض من منطقة المنابع وحتى منطقة المصب، وإن نسبة معامل الشكل تتناسب طردياً مع نسبة الاستطالة، فيؤثر شكل الحوض

على كمية الصبيب المائي وعلى طبيعة الجريان أيضاً، فتنخفض كمية الصبيب المائي في الشكل الطولي مما يقلل من احتمالية حدوث الفيضانات وهذا ما يلاحظ في حوض وادي الحسا.

ثانيا: الخصائص التضاريسية وتشمل

نسبة التضرس

تعد دراسة تضاريس الأحواض المائية ونسبة التضرس ذات أهمية في معرفة العلاقة المباشرة بين التضاريس والمتغيرات المتمثلة بعمليات الحت النهري، والدورة الحتية والعمليات التكتونية وارتباط ذلك بنوع الصخر في هذه الأحواض، وتتضح أهمية دراسة التضاريس ونسبة التضرس ضمن ربطها بمساحة الأحواض المائية ومنحناها الهبسومتري، حيث ينشأ عن ذلك علاقات عكسية، فقد تبين أن الأحواض المائية شديدة التضرس، تتميز بمساحة أقل ومنحنى هبسومتري منخفض، وخاصة عندما تكون الأحواض المائية في المراحل الأولى من الدورة الحتية، حيث تنخفض نسبة تضرسها التي ينجم عنها زيادة مساحة الأحواض وانخفاض قيمة المنحنى الهبسومتري (سلامة، 1980، ص123-167). من ناحية أخرى توجد علاقات ايجابية بين نسبة التضرس وكثافة شبكة التصريف النهري والتكرار النهري.

وقد تم تحديد نسبة التضرس من خلال معرفة أعلى ارتفاع للحوض وأدنى منسوب إضافة إلى طول المجرى المائي وذلك وفق المعادلة التالية:

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{الفرق بين أعلى نقطة وأدنى نقطة في الحوض (م)}}{\text{طول الحوض/ كم}}$$

(المصدر: Kusre, 2013, P.265)

بما أن أعلى نقطة في الحوض: 1605 وأدنى نقطة 322م تحت مستوى سطح البحر فإن نسبة التضرس تساوي 20.2 م/كم^2، و تعد هذه النسبة منخفضة وتعكس شدة تضرس الشبكة المائية على ارتفاع كثافة شبكة التصريف المائي.

التضاريس النسبية Relative Relief

ويعبر عن التضاريس النسبية بالعلاقة التالية :

$$\text{التضاريس النسبية} = \frac{\text{الفرق بين أعلى نقطة في الحوض (م) وأدنى نقطة في الحوض (م)}}{\text{أقصى طول في الحوض (كم)}} \times 100\%$$

(المصدر:Jenita, 2011 , P. 653)

حيث بلغت قيمة التضاريس النسبية للحوض (0.202%) ويلاحظ من ذلك الانخفاض الواضح في القيمة وهذا يدل على أن نسبة التغير منخفضة ضمن مساحة معينة داخل الحوض نفسه.

المنحنى الهبسومتري Hypermetric integral

يمثل المنحنى الهبسومتري مقياساً زمنياً يعبر عن المرحلة الحتية التي تمر بها الأحواض المائية، إضافة إلى أنه يشير لكمية المواد الصخرية التي لا تزال تنتظر دورها في العملية الحتية (سلامة، 1980، ص123-167).

ويعبر المنحنى الهبسومتري بالعلاقة التالية :

$$\text{المنحنى الهبسومتري} = \frac{\text{الارتفاع النسبي}}{\text{المساحة النسبية}}$$

(المصدر: حمدان، وابو عمرة، 2010، ص 608-609)

ويمثل الارتفاع النسبي النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور في الحوض إلى أقصى ارتفاع في الحوض، والمساحة النسبية تمثل المساحة المحصورة بين أي خط كنتور ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية لنفس الحوض، ويمكن تطبيق هذه العلاقة على حوض الحسا والذي تبلغ مساحته (2506.61 كم^2)، ويبلغ أقصى ارتفاع في الحوض (1605 م) وأدنى ارتفاع (-322 م) والجدول رقم (1) يبين ذلك.

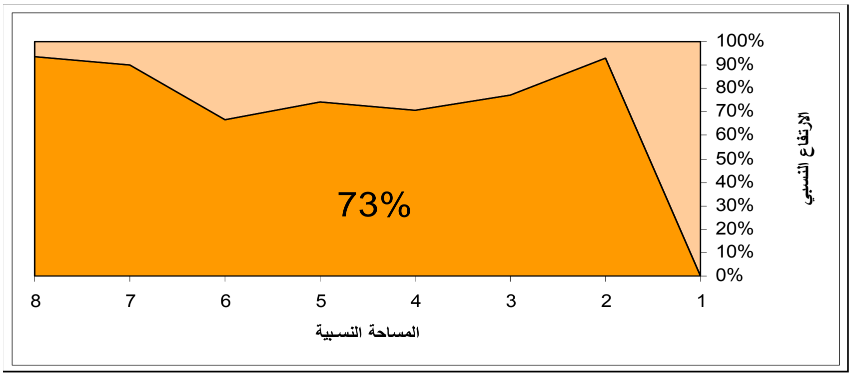
جدول (1): المنحنى الهبسومتري.

الارتفاع	الارتفاع النسبي	المساحة المحصورة	المساحة النسبية
1280	80	133.2	5.3
1220	76	213.36	8.5
920	57	714.2	28.5
880	55	472.04	18.9
840	52	535.64	21.4
800	50	373.48	14.9
400	25	49.26	1.9
0	0	12.4	0.5

(المصدر: عمل الباحثين)

بلغ المنحنى الهبسومتري لحوض الحسا (73%) كما يظهر في الشكل(2)، وتعتبر هذه القيمة منخفضة ودلالة ذلك أنه ما زال في مرحلة الشباب، حيث أن هناك كمية كبيرة من الحمولة

الصخرية ما زالت تنتظر دورها في العملية الحتية، وقد يعود السبب في ذلك إلى انخفاض نسبة التضرس في المنابع العليا والوسطى، حيث لم يستطع تفريغ الجزء الأعظم من حمولته، كما أنه لم يستطع تعميق مجراه، إضافة إلى أنه يقع ضمن النطاق الجاف من الأردن وضعف عملية الحت نتيجة انخفاض كمية الأمطار والتصريف المائي، وبالتالي في حالة توفر الظروف البيئية المناسبة يعمل على استمرار الإنتاج الرسوبي.



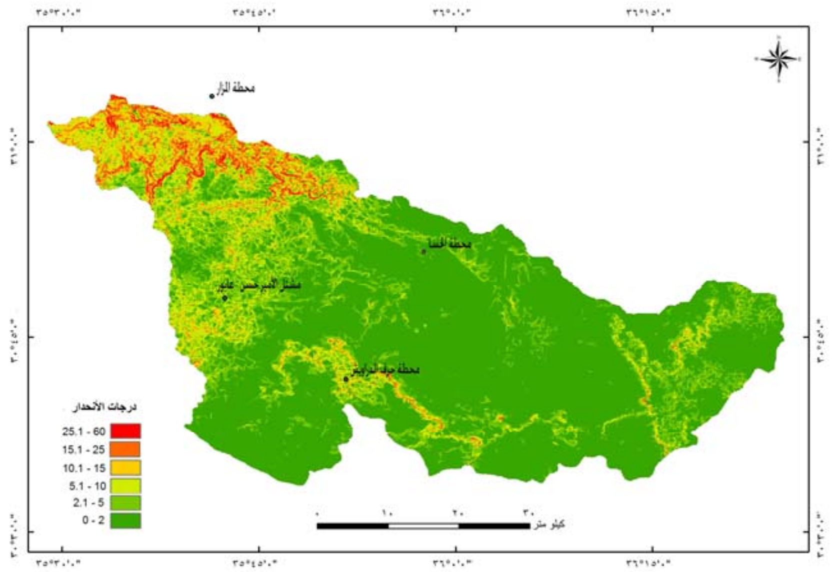
شكل (2): المعامل الهبسومتري لمنطقة الدراسة.

الانحدار Slope

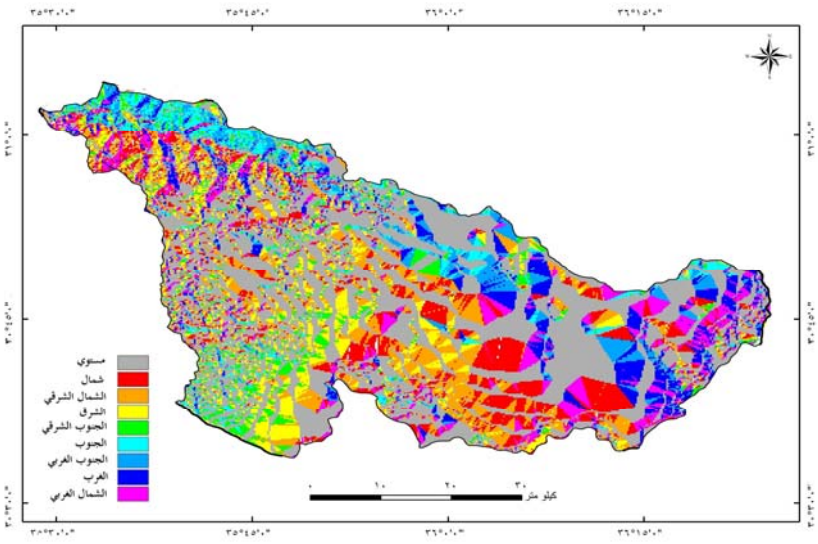
يعد الانحدار محصلة للتغيرات البيئية الغابرة والحالية ويعد من العناصر الهامة في أي نظام جيومورفولوجي، وذلك أن تنوع الأشكال الأرضية وتعددها يرتبط باختلاف مناسيبها وانحدارها وتضرسها، ولدراسة الانحدار أهمية بالغة في التخطيط التنموي وإقامة المشاريع المائية والتنموية. وللمنحدرات أثر عند التخطيط لأي مشروع تنموي ومدى ملائمته للاستعمالات المختلفة ومن الملاحظ أن معظم مساحة الحوض تقل درجة الانحدار عن (8°) درجات. وقد صنف (Young, 1972, P. 173) درجات الانحدار الى سبع فئات هي:

1. انحدار شبه مستوي إلى خفيف جداً وتتراوح قيمة الانحدار من (0-2°).
2. انحدار خفيف ويتراوح قيمة الانحدار (2°- 5°).
3. انحدار متوسط ويتراوح قيمة الانحدار (5°—10°).
4. انحدار فوق المتوسط ويتراوح قيمة الانحدار (10°- 18°).
5. انحدار شديد ويتراوح قيمة الانحدار (18°-30°).
6. انحدار شديد جداً ويتراوح قيمة الانحدار (30° -45°).
7. انحدار جرفي ويتراوح قيمة الانحدار (اكثر من 45°).

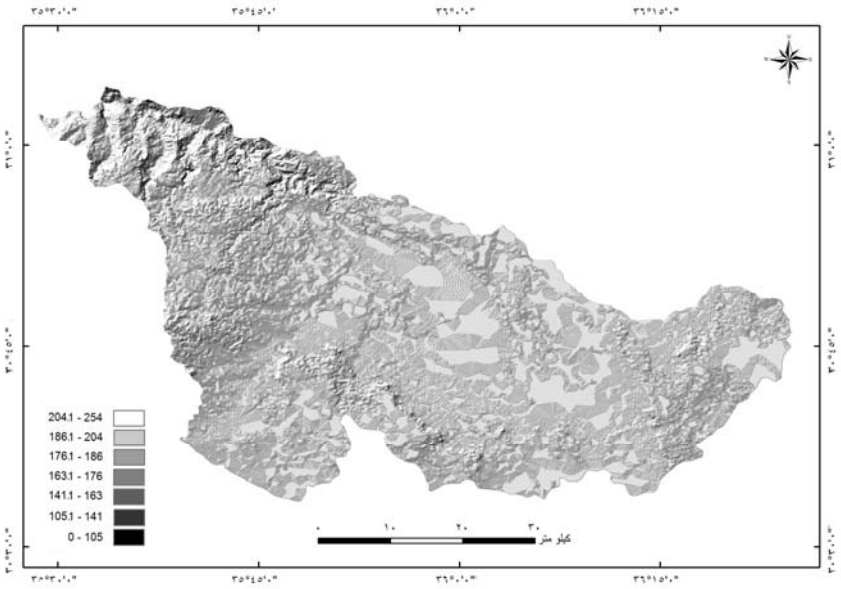
تراوحت درجات الانحدار ما بين (صفر –60°) كما في الشكل رقم (3)، وبناءً على ذلك التصنيف فإنّ معظم مساحة حوض وادي الحسا بلغت درجة انحدارها 8°، اذ يعتبر ذا انحدار متوسط؛ نظراً لكبر مساحته، فعادةً ما ترتبط المساحات الكبيرة بقلة الانحدار، كما أنّ للانحدار دوراً مهماً في تسريع قوة الجريان، ومن ثم حدوث فيضانات على نطاق واسع في وقت وجيز في حال سقوط الامطار الغزيرة، وتعكس درجة الانحدار شدة عمليات التعرية، حيث يمكن التمييز بين المناطق التي تنشط فيها عمليات التعرية، وتتركّز في المناطق الشمالية الغربية من الحوض والتي تزيد درجة انحدارها عن 15° وتغطي أقل من 12% من مساحة الحوض، في حين تتميز بقية أجزاء الحوض الاعلى بتباين درجات انحدارها ما بين لطفية الانحدار ومعتدلة، حيث أنّ أجزاء الحوض الأعلى تتميز بقلة انحدارها. أما شكل (4) فيوضح اتجاهات الانحدار في الحوض، وتبرز أهمية دراسة اتجاه الانحدار في التخطيط الموضعي للمشروعات الاقتصادية وخاصة الزراعية، إذ يمكن تحديد ساعات سطوع الشمس ومعدلات التبخر، إضافة إلى تحديد نقطة تجمع مياه الأودية لتحديد مواقع السدود ومعرفة اتجاه جريان المياه في مجاريها، والشكل رقم (5) يبين الارتفاعات الأرضية Hillshade، حيث يوضّح ظل الظاهرة الجغرافية بالنسبة لمصدر الضوء المتمثل في أشعة الشمس، اذ يساعد Hillshade على تحسين الرؤية لأسطح الظاهرة الجغرافية مثل الأودية وانحداراتها، فعلى سبيل المثال تظهر الأودية والمجاري برؤية وهمية على شكل مرتفعات، بينما Hillshade يعمل على تحسين تلك الرؤية وإظهارها بصورتها الحقيقة، بمعنى أنّه يخلق صورة واقعية من المنظر الطبيعي.



شكل (3): درجات الانحدار في حوض وادي الحسا. (المصدر: عمل الباحثين اعتماداً على DEM).



شكل (4): اتجاهات الانحدار في حوض وادي الحسا. (المصدر: عمل الباحثين اعتماداً على DEM).



شكل (5): الارتفاعات الارضية (Hillshalde) لمنطقة الدراسة. (المصدر: عمل الباحث اعتماداً على DEM).

ثالثا: خصائص الشبكة المائية:

تتكون الشبكة المائية لأي حوض مائي من الروافد الرئيسية والثانوية، إضافة إلى المجرى الرئيسي في الحوض المائي ويوضح الشكل (6) الشبكة المائية لحوض الحسا.

ويستدل على الشبكة المائية لأي حوض مائي من خلال دراسة الخصائص الأتية:

كثافة شبكة التصريف النهري Drainage Density

تم حساب كثافة شبكة التصريف النهري لحوض الحسا من خلال العلاقة التالية :

$$\text{كثافة شبكة التصريف النهري} = \frac{\text{طول المجاري المائية بجميع رتبها / كم}}{\text{مساحة الحوض /كم}^2}$$

(المصدر: أبو سليم، 2010، ص123)

تعبر كثافة شبكة التصريف النهري عن درجة تقطع سطح الأرض بالأقنية المائية ومدى تأثرها بالنشاط الحتي، كما تعكس فعالية الجريان المائي في نقل الرواسب (سلامة، 1980، ص123).

وبلغت كثافة شبكة التصريف النهري في حوض وادي الحسا (1.5كم/ كم^2)، ويلاحظ إن كثافة شبكة التصريف النهري ستقع ضمن الكثافات المنخفضة، وبالتالي تعكس كثافة شبكة التصريف النهري المنخفضة الظروف المناخية السائدة في الحوض والمرتبطة بانخفاض معدلات الإمطار.

وقد يعود السبب في انخفاض كثافة شبكة التصريف النهري في حوض الحسا إلى ضعف النشاط الحتي المرتبط بالعوامل المناخية الناتجة من انخفاض كمية الأمطار، وإلى طبيعة الصخر الذي يتكون منه حوض الحسا، وهذا يعكس ضعف العلاقة بين كثافة شبكة التصريف النهري والرتب النهرية في الحوض.

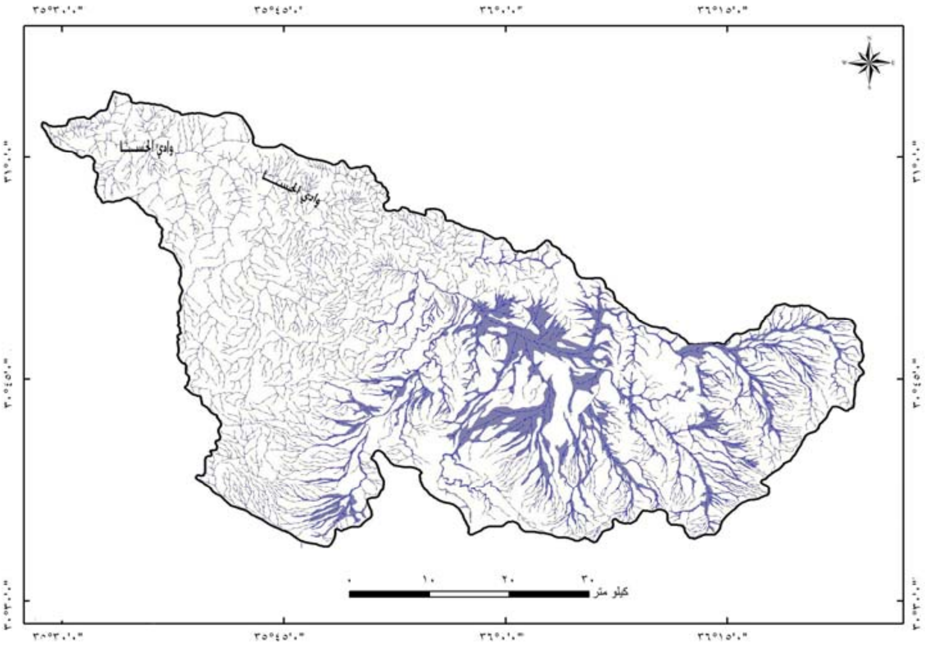
معامل الانعطاف او الالتواء Detour factor

معامل الانعطاف يعبر عن العلاقة بين طول المجرى الحقيقي الذي يمثل المسافة التي تقطعها مياه الوادي من بداية تجمعها إلى مصبها، وطول المجرى المثالي الذي يمثل أقصر مسافة يسلكها المجرى من بداية تجمعها إلى المصب، حسب المعادلة التالية:

$$\text{معامل الانعطاف} = \frac{\text{طول المجرى الفعلي كم}}{\text{طول الحوض كم}}$$

.(Wilson,1990, P. 172)

تشير القاعدة العامة أنه كلما كان معامل الانعطاف أقل من (1)، اقترب المجرى من الخط المستقيم وهذا يزيد من سرعة الميل وقصر المسافة التي تقطعها، وبالتالي تنخفض قيمة التبخر والتسرب، (Wilson,1990, P.172) وهذا ما لا ينطبق على حوض الحسا، فقد بلغ معامل الانعطاف للحوض (1.21) أي أنه يبتعد عن الشكل المستقيم وهذا يزيد من احتمالية تبخر وترشح المياه، وبالتالي فقدانها نتيجة طول المسافة التي تقطعها مياه الوادي الناجم عن ارتفاع معامل الانعطاف.



شكل (6): الشبكة المائية في حوض وادي الحسا. (المصدر: عمل الباحثين اعتماداً على DEM).

التكرار النهري Stream Frequency

وتم حساب التكرار النهري كالتالي :

التكرار النهري = مجموع عدد المجاري المائية بجميع رتبها في الحوض / مساحة الحوض (كم^2)

(المصدر: سلامة، 2004، ص186)

وبتطبيق العلاقة المتعلقة بالتكرار النهري؛ بلغ التكرار النهري في حوض الحسا (1.32 مجرى / كم^2)، مما يشير الى انخفاض التكرار النهري في الحوض؛ وذلك لأن العلاقة بين مساحة الأحواض المائية بشكل عام والتكرار النهري علاقة عكسية، بينما تبرز العلاقات الايجابية بين كثافة شبكة التصريف النهري والتكرار النهري، وقد بلغ معدل التكرار النهري في الأردن بشكل عام حوالي (11.39) مجرى/ كم^2) (سلامة ،1980، ص124).

وقد بلغت أعلى قيمة للتكرار النهري لروافد المرتبة الأولى (0.75 مجرى /كم^2)، حيث تمثل هذه الروافد المرحلة الأولى لتطور المجاري المائية الرئيسية وكانت أدنى قيمة للتكرار النهري لروافد الرتبة الخامسة (0.024 مجرى /كم^2).

وللتكرار النهري دلالات جيومورفولوجية في الحوض، حيث تشير إلى ضعف عمليات الحت الناتجة عن ظروف الجفاف السائدة، وأن هناك مساحات واسعة ما زالت معرّضة للحت إذا توفرت الظروف المناخية السائدة كزيادة التساقط المطري.

معدل التشعب النهري Bifurcation Ratio

تم حساب نسبة التشعب النهري في الحوض من خلال العلاقة التالية :

$$\text{نسبة التشعب النهري} = \frac{\text{عدد الأنهار من رتبة معينة}}{\text{عدد الأنهار من الرتبة التالية}}$$

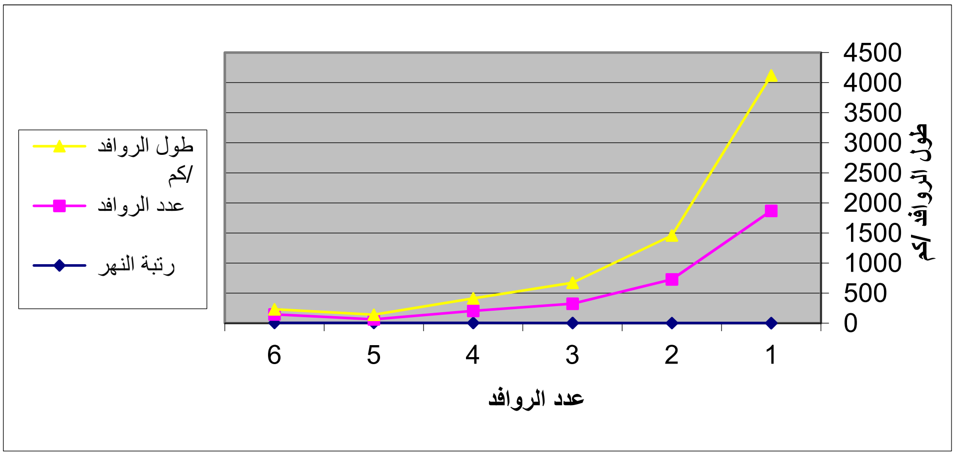
(المصدر: Subhash, 2011،P. 63)

نسبة التشعب النهري تتغير إذا ما تعرض النهر لعمليات تكتونية، ففي حوض الحسا يتصف معظم حوضه وخاصة الأعلى والأوسط بالاستواء ويوضح الجدول (2) نسبة التشعب لحوض الحسا.

جدول (2): نسبة التشعب النهري في حوض وادي الحسا.

رتبة النهر	طول المجرى / كم	عدد المجاري	نسبة التشعب النهري
1	2252.47	1868	
2	730.712	727	2.6
3	349.41	320	2.3
4	207.43	200	1.6
5	75.88	59	3.4
6	85.1	139	0.4
جميع الرتب	3701	3313	

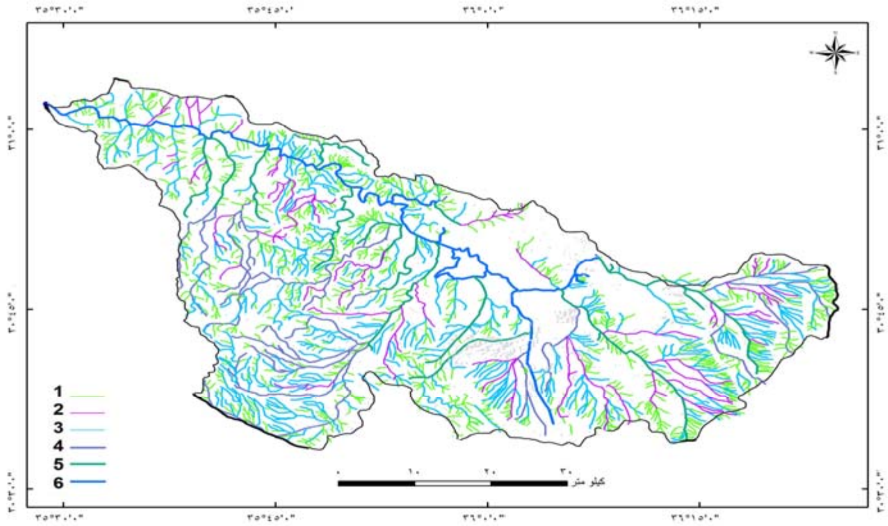
ويلاحظ أن نسبة التشعب تعكس مدى الانتظام في تتابع المجاري المائية للرتب النهرية، حيث يشكل كل (2.6 مجرى) من الرتبة الأولى مجرى من الرتبة الثانية، و(2.3 مجرى) من الرتبة الثانية مجرى من الرتبة الثالثة وهكذا، ويوضح شكل (7) العلاقة بين رتب الانهار وطولها وعددها، وبالتالي ليس هناك علاقة منتظمة بين الرتب النهرية، وتشير نسبة التشعب النهري في المرتبة الأولى والثانية إلى أن الحوض ما زال يتطور، ويزداد الحت باتجاه المنابع (الحت التراجعي)، وخاصة عند هطول كميات كبيرة من الأمطار، حيث تساهم في زيادة الإنتاج الرسوبي.



شكل (7): العلاقة بين رتب الانهار وطولها وعددها. (المصدر: عمل الباحثين).

الرتب النهرية Stream order

يقصد برتبة النهر بناءً على تصنيف ستريلر (Strahler, 1957, P. 918) إن المجاري المائية التي لا تصب في أية مجاري مائية أخرى تعتبر من الرتبة الأولى، وعند التقاء رافدين مائيين أو أكثر من ذات الرتبة الأولى يتكون مجرى مائي ذات الرتبة الثانية وهكذا، وبناء على ذلك ينتمي وادي الحسا إلى الرتبة السادسة كما يوضح الشكل (8).



شكل (8): المراتب النهرية في حوض وادي الحسا. (المصدر: عمل الباحثين اعتماداً على DEM).

معدل النسيج الطبوغرافي Texture Ratio

وقد تم حساب معدل النسيج الطبوغرافي من خلال العلاقة الآتية :

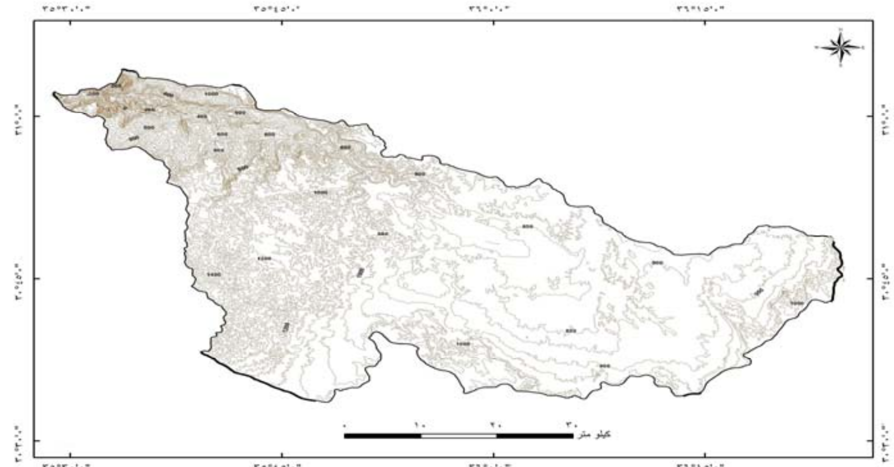
$$\text{معدل النسيج الطبوغرافي} = \frac{\text{مجموع النتوءات البارزة في أي خط كنتوري في الحوض}}{\text{طول محيط الحوض نفسه (كم}^2\text{)}}$$

(المصدر: Rasool, 2011 , P. 1927)

بلغ مجموع النتوءات البارزة في الخط الكنتوري في الحوض (309) وطول محيط الحوض حوالي (294.17 كم)، وبتطبيق المعادلة السابقة بلغ معدل النسيج الطبوغرافي في وادي الحسا (1.05) وهذا يعطي صورة واضحة عن الشبكة المائية وعلى نوعية الطبوغرافيا للحوض من خلال فعاليتها الحتية ودرجة التطور التحاتي للحوض، فالمناطق التي يسود فيها صخور صماء قليلة النفاذية والمسامية تنخفض فيها كثافة الغطاء النباتي وتمتاز بالتضرس، وتسمح بوجود جريان مائي سطحي، بحيث ترتفع معدلات التعرية مما يؤدي إلى تشويه سطح الأرض، في حين أن المناطق التي يسود فيها صخور لينة مرتفعة المسامية والكثافة النباتية ينخفض معدل الحت لزيادة التسرب، وكذلك تنعكس على وعورة السفح ويوضح الشكل (9) مناسيب الارتفاع للحوض.

ويبلغ معدل النسيج الطبوغرافي في الأردن للأحواض الرملية (1.6) وفي الأحواض الجرانيتية (1.45)، وفي الأحواض الجيرية (1.41) وفي الأحواض البازلتية (0.74)، وبشكل عام فإن العلاقة بين معدل النسيج الطبوغرافي والخصائص الحوضية مثل الاستدارة وكثافة

شبكة التصريف النهري علاقة ضعيفة (سلامة، 1980، ص151). ولانخفاض معدل النسيج الطبوغرافي لحوض الحسا دلالة جيومورفولوجية، وهذا يدلّ على طبوغرافية متضرسة للحوض وأنه ما زال في مرحلة الشباب.



شكل (9): مناسيب الارتفاعات في حوض وادي الحسا. (المصدر: عمل الباحث اعتماداً على DEM).

نمط الشبكة المائية

تتأثر الشبكة المائية لأي حوض مائي في مراحل تطورها بعوامل مختلفة، كالعوامل النباتية، والصخرية، والطبوغرافية والمناخية، وتبعاً لذلك يوجد أنماط مختلفة للشبكة المائية من حوض لآخر، ويمكن ملاحظة أن نمط الشبكة المائية الذي ينتشر في حوض الحسا هو نمط شجري، ويسود هذا النمط في الروافد الغربية، في حين يسود النمط المركزي في الروافد الشرقية.

متغيرات هيدرولوجية

زمن الوصول

لتقدير معدل الجريان تم استخدام معادلة (Snyder, 1938, P. 161)، حيث ان الخاصية المهمة جداً والتي تؤثر على المخطط المائي نتيجة عاصفة مطرية هي زمن وصول الحوض (Basin Lag Time)، ويعرف بأنه الزمن اللازم لجريان قطرة الماء من أبعد نقطة في الحوض إلى نقطة المصب، وتتأثر قيمته بشكل مباشر بخصائص الحوض المائي (طول الحوض-شكل الحوض-انحدار الحوض)، ويرمز لزمن وصول الحوض (t_p) ويمكن حسابه من المعادلة التالية:(طه، 2005، ص 47).

$$t_p = 0.74\ C_t\ (L*LC)^{0.3}$$

حيث إن:

t_p: زمن وصول الجريان من المنبع الى المصب(ساعة)

LC:طول الحوض من مركز الحوض إلى نقطة المصب(كم^2).

L = طول الحوض(كم^2)

c_t : معامل يعتمد على خصائص الحوض وتتراوح قيمته بين(2.2 – 1.8).

كمية التدفق المائي

وتم استخدام معادلة (Snyder) لتقدير أقصى معدل جريان وكالاتي:

$$Q_p = 2.78\ C_p * (A/t_p)$$

حيث أن:

Q_p: أقصى معدلات جريان(م3/ثانية.)

C_p: معامل الخزن، وتتراوح قيمته بين(0.56- 0.69)

وقد كانت النتائج كما مبينة في الجدول رقم (2):

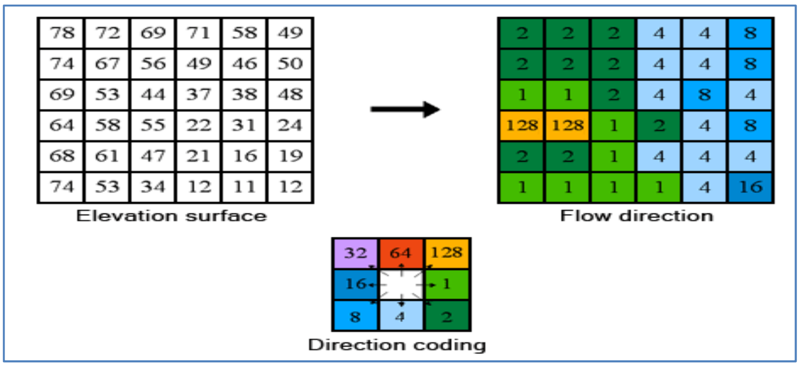
جدول (2): زمن وصول الجريان من المنبع إلى المصب / الساعة وأقصى معدل جريان / م^3/ الثانية.

طول الحوض (L) (كم^2)	LC (كم^2)	c_t	t_p (ساعة)	A (كم^2)	C_p	Q_p م3/ثانية
95.44	49.41	2	18.72	2506.61	0.6	223.35

(المصدر: عمل الباحثين).

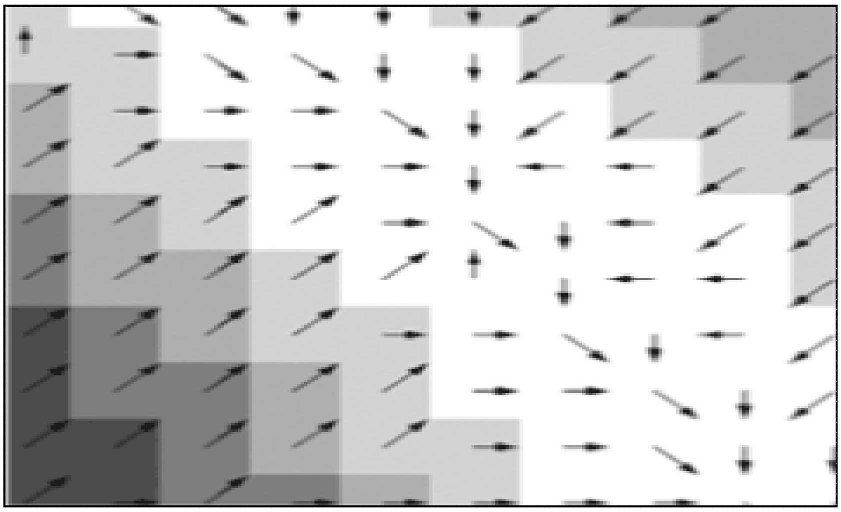
اتجاه الجريان(Flow Direction)

لقد تم تحديد اتجاه الجريان للخلايا على أساس الارتفاع، ويلاحظ في هذه الخطوة أننا نعمل على مستوى الخلية وليس على مستوى الرافد، بمعني أن كل خلية تؤدي إلى خلية مجاورة لها تكون أقل ارتفاعاً منها، والملف الناتج عن هذه العملية يكون في صورة خلايا شبكية Raster، ويتم تحديد اتجاه اشد الانحدارات من اجل كل خلية، كل خلية تجاورها 8 خلايا، ويقوم نظام المعلومات الجغرافية بتحديد أي الخلايا أكثر انخفاضا بالنسبة للخلية المركزية وبناءً عليه يتم اتجاه الجريان ومفاتيح اتجاه الجريان هي: (1: الشرق، 2: الجنوب الشرقي، 4: الجنوب، 8: الجنوب الغربي، 16: الغرب، 32: الشمال الغربي، 64: الشمال، 128: الشمال الشرقي) كما يبين الشكل (10).



شكل (10): اتجاه الجريان والتمثيل الرقمي للاتجاهات.

إذا اتجهت المياه في جريانها من عنصر الصورة الذي سقطت عليه (عنصر الصورة المركزي في الشكل) إلى عنصر الصورة المجاور لها من أعلى، فان عنصر الصورة المقابل لعنصر الصورة المركزي في الخريطة الجديدة التي تمثل اتجاهات الجريان سوف تكون قيمته 64، وبهذه الطريقة يتم التعرف على اتجاه الجريان لكل عنصر صورة عن طريق قيمة اتجاه الجريان له في الخريطة الخاصة باتجاه الجريان كما في الشكل (11)، ويُعزى أهمية تحليل اتجاه الجريان لتحديد الأماكن المعرضة لأخطار الفيضان عند سقوط الأمطار الغزيرة، كونها ستحدد الخلايا التي يتراكم فيها اكبر كمية من الجريان المائي المتجمع فيها، وينتج من هذه الخطوة طبقة تمثل كمية المياه الواصلة إلى كل أجزاء الحوض، لذلك ستتركز الخلايا ذات الجريان الأعظم في أسفل المجاري المائية، وسيتم تحديد أكثر أماكن الحوض تعرضا للفيضان. ولتطبيق هذه الطريقة بشكل عام أهمية في المناطق السكنية، فعند اسقاط طبقة القرى والمناطق الحضرية والتجمعات السكنية على خارطة حوض مائي بإمكاننا التنبؤ بموعد الفيضان إذا ما وصل ارتفاع المياه إلى حد معين، وفي حالة تطوير مستويات المعلومات التي سيتم تغذيتها إلى قاعدة البيانات ستصبح كإنذار بيئي عن أي فيضان محتمل وسينقذ السكان في أي بقعة معرضة للخطر إضافة إلى توفير الحماية للثروة الحيوانية.

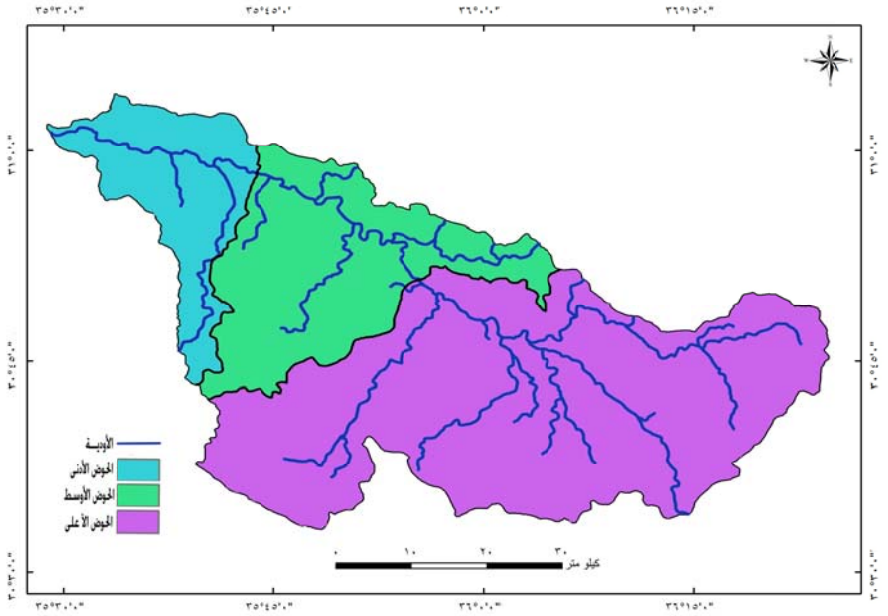


شكل (11): تراكم الجريان.

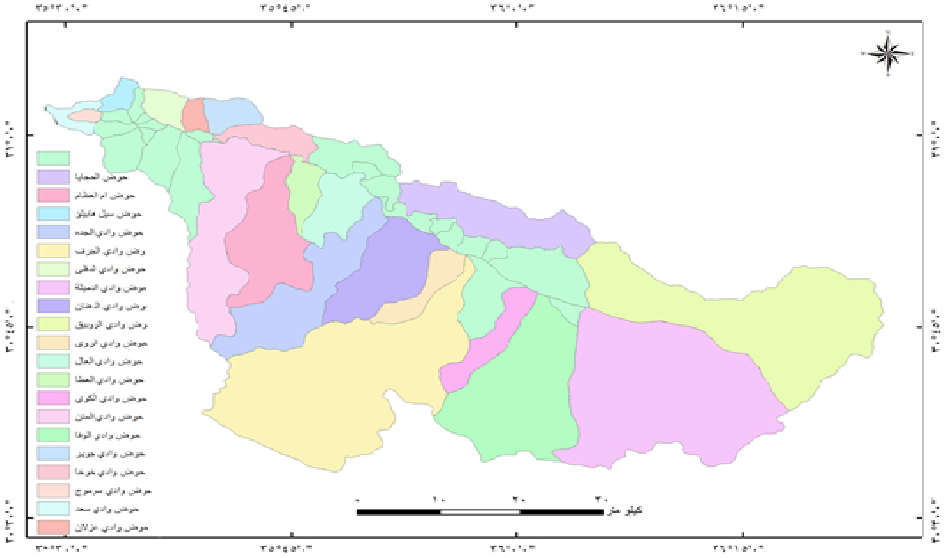
تحديد مناطق تجمع الجريان:Flow Accumulation

يعبر عن مناطق تجمع الجريان بعدد الخلايا التي تكون أكثر ارتفاعاً عن هذه الخلية وتصب فيها، أي تتجمع فيها المياه الساقطة على هذه الخلايا. والمطلوب في هذه المرحلة إدخال الملف الناتج عن عملية اتجاه الجريان، وبالتالي يتم استخلاص الاودية الموجودة في منطقة الدراسة.

قُسِّم حوض الحسا إلى ثلاثة أحواض رئيسية، وإلى مجموعة من الأحواض الثانوية التي تغذي الحوض الرئيسي بالمياه كما في الشكلين رقم (12 و 13)؛ لكي يسهل دراسة وتحليل الحوض (تم تحديد انحدار الحوض واتجاه الجريان)، بعدها تم دراسة خصائص كل حوض على حدة وذلك لغرض اختيار أفضل المواقع ضمن هذه الأحواض، لغرض إنشاء السدود عليها لتخزين المياه خلال فترات الذروة واستخدامها في فترات الشح.



شكل (12): الأحواض الرئيسية لحوض وادي الحسا. (المصدر: عمل الباحثين اعتماداً على DEM).



شكل (13): الأحواض الفرعية لحوض وادي الحسا.

إضافة إلى ذلك تم دراسة ست أحواض فرعية (Sub Basins) داخل خط تقسيم المياه لحوض وادي الحسا شكل (13) من حيث الخصائص المورفومترية، ويبين الجدول (3) الخصائص القياسية لتلك الأحواض الفرعية، وتوضح الجداول (4 و 5 و6) الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية، وبناء عليه يستدل من هذه الخصائص على ما يأتي:

جدول (3): الخصائص القياسية للأحواض الفرعية.

اسم الحوض	المساحة كم2	محيط الحوض كم	عدد المجاري في المرتبة الأولى	عدد المجاري في المرتبة الثانية	عدد المجاري في المرتبة الثالثة	عدد المجاري في المرتبة الرابعة	عدد المجاري في المرتبة الخامسة	عدد المجاري في المرتبة السادسة	أطوال المجاري	أقصى ارتفاع	أدنى ارتفاع	الفرق في الارتفاع	أقصى امتداد	الامتداد الحقيقي
حوض وادي النعضية	331.15	100.46	265	80	7	3	1	0	492.66	1040	840	200	34.94	41.66
حوض وادي الباعجة	379.79	88.69	324	65	17	4	2	1	593.02	1045	820	225	28.01	38.76
حوض وادي الدميثة	216.43	69،04	93	20	7	2	1	0	246.91	1085	820	265	24.9	32.01
حوض وادي البهية	399.66	113.65	17	3	1	0	0	0	647.79	1520	820	700	36.38	52.34
حوض وادي الجرف – برما – سمرا	101.65	48،97	349	48	13	4	1	0	170.87	1130	800	330	17.77	22.91
وادي أبو اضباع	114.12	60،5	74	16	7	2	1	0	169.44	1405	440	965	22.83	28.66

(المصدر: عمل الباحثين)

جدول (4): الخصائص المساحية والشكلية.

اسم الحوض	المساحة	نسبة الاستطالة	نسبة الاستدارة	معامل شكل الحوض
حوض وادي النعضية	331.15	0.588	0.41	0.27
حوض وادي الباعجة	379.79	0.785	0.61	0.48
حوض وادي الدميثة	216.43	0.667	0.57	0.35
حوض وادي البهية	399.66	0.62	0.39	0.302
حوض وادي الجرف – برما – سمرا	101.65	0.64	0.53	0.322
وادي أبو اضباع	114.12	0.528	0.40	0.22

(المصدر: عمل الباحثين).

جدول (5): الخصائص التضاريسية.

اسم الحوض	نسبة التضرس م/كم	معامل الانعطاف
حوض وادي النعضية	5.7	1.3
حوض وادي الباعجة	8.3	1.38
حوض وادي الدميثة	10.6	1.29
حوض وادي البهية	19.2	1.44
حوض وادي الجرف – برما – سمرا	18.6	1.29
وادي أبو اضباع	42.26	1.26

(المصدر: عمل الباحثين)

جدول (6): خصائص الشبكة المائية.

اسم الحوض	كثافة شبكة التصريف النهري	التكرار النهري	معدل التشعب في مجاري الرتبة الأولى	معدل التشعب في مجاري الرتبة الثانية	معدل التشعب في مجاري الرتبة الثالثة	معدل التشعب في مجاري الرتبة الرابعة	معدل التشعب في مجاري الرتبة الخامسة
حوض وادي النعضية	1.488	1.08	3.3	11.43	2.3	3	0
حوض وادي الباعجة	1.56	1.09	4.98	3.8	4.25	2	2
حوض وادي الدميثة	1.14	0.57	4.65	2،86	3.5	2	0
حوض وادي البهية	1.62	0،053	5.7	3	0	0	0
حوض وادي الجرف – برما – سمرا	1.68	4.08	7.3	3.69	3.25	4	0
وادي أبو اضباع	1.48	0.88	4.63	2.29	3.5	2	0

(المصدر: عمل الباحثين).

النتائج

1. انشاء خريطة مورفومترية بناء على نموذج الارتفاعات الأرضية (DEM) تمتاز بالدقة العالية في إجراء التحليلات المختلفة.

2. يعدّ نظام المعلومات الجغرافية (GIS) من أفضل الأدوات العلمية استخداماً في الدراسات الهيدرولوجية وتحليل الخصائص المورفومترية للاحواض المائية.
3. ترتبط الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسا بعلاقة مباشرة بالظواهر الهيدرولوجية؛ لارتباطها بالمناخ واتجاه العواصف المطرية، ومدى استمراريتها، وتأثيرها على الجريان المائي والفيضانات.
4. يتميز حوض الحسا بارتفاع نسبة استطالة الحوض وانخفاض معامل شكل الحوض، وارتفاع معامل الانعطاف، مما أدّى إلى طول المسافة التي تقطعها المياه من المنابع إلى المصبّ التي عملت على انخفاض كمية الصبيب المائي وزيادة الفرصة لتعرض المياه للتبخر.
5. يبتعد شكل الحوض عن الشكل المستقيم، الامر الذي انعكس على طول زمن وصول جريان المياه من المنبع الى المصب حوالي 19 ساعة، وبلغت كمية التدفق للمياه 223.4 م3/ الثانية.

التوصيات

1. ضرورة التركيز على تحليل الخصائص المورفومترية لارتباطها بالظواهر الهيدرولوجية والجيولوجية.
2. ضرورة توظيف برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للأحواض المائية؛ لما لها من نتائج دقيقة وما توفره من وقت وجهد.
3. الاعتماد على برنامج Arc Hydro في استخلاص كافة القياسات المورفومترية والهيدرولوجية بدقة عالية الى جانب تقنية نظم المعلومات الجغرافية.
4. استخدام البيانات الحديثة والتي تشمل على المرئيات الفضائية ونموذج الارتفاعات الأرضية الرقمية (DEM) في الدراسات المورفومترية؛ لبناء قاعدة بيانات جغرافية للمتغيرات المورفومترية لجميع الأحواض المائية التي سيتم دراستها في المستقبل، وعمل تصنيف لهذه الاحواض من اجل الاستفادة من هذه البيانات في المشاريع المائية وخاصة فيما يتعلق بالحصاد المائي.
5. اجراء العديد من الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية في حوض وادي الحسا للتقليل قدر الامكان من كميات المياه التي تتعرض للفقدان بالتسرب والتبخر واستغلال المياه الموجودة في الحوض بشكل افضل.

References (Arabic & English)

- Abu Salim, A. (2010). Geomorphological role of morphometric characteristics and the discharge of water in the resulting alluvial valley Allowalh, *Jordan Journal of Social Sciences*, 2(3), pp: 114-134.
- Al Saud, M. (2009). Morphometric Analysis of Wadi Aurnah Drainage System Western Arabian Peninsula, The Open *Hydrology Journal, Bentham Open, Space Research Institute*, King Abdel Aziz City for Science and Technology, Riyadh, Volume 3, No 1-10), pp: 1-10.
- ALhusban, Y, & Alzeriqat, D. (2015). Morphometric characteristics of the Zarqa River Basin in Jordan using geographic information systems and DEM, *Journal of Studies, Humanities and Social Sciences*, Vol 42(1), pp: 1281-1294.
- Badr, H. (2012). Morphomitri analysis of Wadi Almor, and current evaluation of the quality of water in it, *Damascus University Journal of Science and Engineering*, Vol28 (1), Damascus, Syria pp: 39-52.
- Charave S, (2011). Morphometric Analysis using GIS Techniques: a case study of Valheri River basin, tributary of Tapi River in Nandurbar District (M.S) *International Referred Research Journal*,Volume 3, No31, pp: 62-63.
- Hamdan, S, & Abu Amra, S. (2010). Some characteristics morphometric part upper basin Aremeiman central west of the Jordan using traditional methods and GIS software (a comparative study), *Al-Azhar University Journal in Gaza, a series of Humanities*, V 12(2), pp: 595-620.
- Hui-Ping Zhang, Hao-Fengliu, Nong Yang, Yue –Qlaozhangl, and Guo –Weizhang, (2006). *Geomorphic characteristics of the Minjiang drainage basin (eastern Tibetan Plateau) and its tectonic plications: New insights from a digital elevation model study*, Island Arc, pp: 239-250.

- Jenita, M, & Zahid, H. (2011). Morphometric analysis of the manas river basin using earth observation data and geographical information system, *International journal of geometics and geosciences*, Vol 2, No 2. PP: 647-654.
- Kldeep, P, & Upasana, P. (2011). Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS, *International Journal of Geomatics* Volume 2 ,No 1 , pp: 284-269.
- Kusre, B. (2013). Hypsometric analysis and watershed management of diyung watershed in north Eastern India, *Journal Geological society of India*, Vol 82 . PP: 262-270, India.
- Masarweh, T, (2015). *The assessment of water resources and their effects on the environment in the basin of the valley Hasa using applications geographic information system*, unpublished PhD thesis, University of Jordan, Amman, Jordan.
- Ministry of Agriculture. (1993). *National soil map and land Use project the soils of Jordan*, level 1, Reconnaissance soil sutrey, volume 2 Jordan soilsurvey and lond Research centre.
- Moumani, K. (1997). *Geology of the Al-Hussaynniay Al- janubiyya area map sheet 3151 II. NRA*, Mapping project Bull, P: 69.
- Onosemuode, C. & Adetimirin, O, & Aboderin , S. (2010). Hydrological analysis of onitsha north east Drainage basin using geoin- formatic techniques, *world Applied Sciences journal*, Vol. 11, No 10, PP: 1297-1302, Nigeria, Effuran.
- Pawar, D, & Raskar, A. (2009). Linear Aspects of Basin Morphometry of Panchaganga River (KOLHAPUR). Western Maharashtra, *International Referrd Research Journal*, Rani: Rajbil, Volume 2, No 20, pp: 659-686.
- Quennell, A. (1951). *The geology and mineral resources of the (former) Trans Jordan*, Colonial Geology and Mineral Resources, London, pp: 85-115.

- Qutaish, M. (2007). *Geomorphology valuation of land in the basin of the valley of Hasa, South Jordan*, Ph.D. thesis unpublished, University of Jordan, Amman, Jordan.
- Ramadan, S, (1989). Geomorphological analysis of the morphometric characteristics of water basins in Jordan, *Journal of Studies, Humanities and Social Sciences*, Vol 7(2), pp:97-132.
- Rasool, Q, & Vivek, K. (2011). The evaluation of Morphmetric characteristics of upper Subarnarekha watershed drainage basin using Geoinformatics as a tool Ranchi, Jharkhand, *International Journal of environmental sciences*, Vo 1 , No 7 . PP: 1924-1930, India.
- Salama, H. (1980). Analysis of the geomorphological characteristics morphometric water basins in Jordan, *Journal of Studies, Humanities and Social Sciences*, Vol 7(1), pp:123-167.
- Strahler, A. (1957). *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. Trans. Am. Geophys. Union, 38 (6), pp: 913-920.
- Subhash, C. (2011). Morphometric analysis using GIS techniques: a case study of Valheri River basin, tributary of Tapi River in Nandurbar district (M.S) *International research Journal,* Vo 111, NO 31,India.
- Taha, S, & Hassan, K. (2005). *Building a geographical model of the flow of surface water in the northern part of the island region / Iraq*, Ph.D thesis Unpublished, Faculty of Education, University of Mosul, Iraq.
- Wilson, E. (1990). *Engineering hydrology*. 4th edition , EIBS/ Macmillan
- -Young, A., (1972). *Slopes*, Longman Inc. New York. USA.
- Schumm, S. A., (1956). *Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy*. New Jersey: Geol. Soc. Am. Bull, 67, pp: 597- 646.
- Horton, R. E, (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins*, Bull. Geol. Soc. Amer., 56, pp: 275-370.