

## التحليل الهيدرومورفومتري باستخدام تقنيات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية لحوض سد دهوك شمال العراق

م.م نوفل حسن علي طحطوح ، أ.د صبار عبدالله صالح ، أ. أميرة اسماعيل حسين  
جامعة تكريت/ كلية العلوم - قسم علوم الارض التطبيقية

Amera\_hussain@tu.edu.iq Sabbar.saleh@gmail.com nawfil.hassan@tu.edu.iq

### مستخلص:

تم تقييم الخصائص الهيدرومورفومترية للحوض بالاعتماد على برامج نظم المعلومات الجغرافية كبرنامج (Arc Map 10.6) وعلى نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة 30م، وعلى مرئية فضائية للقمر الأمريكي (Landsat 8)، حيث تمت دراسة الخصائص المساحية والشكلية وخصائص الشبكة النهرية والخصائص الشكلية والتضاريسية للحوض، وتبين أن الحوض ينتمي إلى المرتبة السادسة وفقاً لتصنيف ستريلر (Strahler)، ويتجه جريانه من الشمال الغربي نحو الجنوب والجنوب الشرقي، متماسياً مع انحدار المنطقة واتجاه الطيات. وان الحوض ذا شكل يميل الى الاستطالة وهذا يقلل من احتمال فيضانه، وحسب قيمة معامل شكل الحوض فانه يميل الى الشكل المثلث، وتم تصنيف درجة انحدار الحوض حسب تصنيف (Zink) الى خمسة اصناف، ومن خلال قيمة التكامل وشكل المنحني الهبسومتري فإن الحوض يمر في مرحلة النضج، اما انماط التصريف لأودية الحوض فقد صنفت الى اربعة اصناف هي نمط تصريف شجري ونمط تصريف شعاعي ونمط تصريف متعامد ونمط تصريف متوازي.

الكلمات المفتاحية: سد دهوك ، التحسس النائي ، نظم المعلومات الجغرافية .

### Hydromorphometric Analysis

### Using Remote Sensing Techniques and Geographic Information Systems for the Duhok Dam Basin in Northern Iraq

Nawfal H. Ali ، Sabbar Abdullah Saleh ، Amera Ismail Hussain

Department of Geological Applied , College of Sciences / University of Tikrit

nawfil.hassan@tu.edu.iq Sabbar.saleh@gmail.com Amera\_hussain@tu.edu.iq

### Abstract:

The hydromorphometric characteristics of the basin were evaluated using Geographic Information System (GIS) software, specifically Arc Map 10.6, along with a Digital Elevation Model (DEM) with a 30-meter resolution and satellite imagery from the American Landsat 8. The study included an analysis of the basin's spatial and morphological characteristics, river network properties, and its topographical and terrain features. It was found that the basin is classified as a sixth-order basin according to Strahler classification, with flow direction from the northwest towards the south and southeast, aligning with the regional slope and fold direction. The basin has an elongated shape, which reduces the likelihood of flooding. Based on the shape factor, the basin tends towards a triangular form. The slope degree of the basin was classified into five categories according to Zink's classification. The basin is in a mature stage based on the integration value and the shape of the hypsometric curve. The drainage patterns of the basin's streams were categorized into four types: dendritic, radial, rectangular, and parallel.

**Keywords:** Duhok Dam ، Remote Sensing ، Geographic Information System.

## المقدمة

تعد دراسة أحواض التصريف من الدراسات المهمة التي تقدم مؤشرات جيومورفولوجية وهيدرولوجية تساهم في توضيح الديناميكيات التطورية للأشكال الأرضية وفهم السلوك الهيدرولوجي للأحواض المائية (الحمداي وسلمان، 2015)، إن الأساس الموضوعي الحديث في التحليل والمقارنة والتصنيف لدراسة أحواض التصريف السطحية هي الدراسات المورفومترية الكمية التي تستند على التحليل الإحصائي حيث يعكس هذا التحليل الصفات الطبيعية لهذه الأشكال الأرضية (الشكرجي، 2005)، تتركز الأنشطة والأحداث البشرية عادةً في المناطق التي توجد فيها مصادر المياه، سواء كانت أنهاراً دائمة أو موسمية، وقد تتحكم البيئة وشكل الأرض في هذه الأحداث والأنشطة، بما في ذلك بناء السدود الاحترافية على هذه الأنهار لجعلها مصدرًا للمياه بشكل مستمر، وتعتبر هذه السدود ذات فائدة أساسية للمجتمع وقد تُعتبر مصدرًا سلبيًا أو مصدر خطر إذا تم إهمال سلامة هذه السدود، حتى وإن كانت صغيرة الحجم (Hamdon et al., 2024)، كذلك تعتبر الدراسات المورفومترية الأساس في عملية التحليل الكمي ومعرفة الخصائص الهيدرولوجية والجيومورفولوجية للأحواض المائية كونها ترتبط ارتباطاً مباشراً بالعوامل الطبيعية والتغيرات التي تطرأ عليها (Abd & Muhammad, 2024)، ويعرف مصطلح المورفومتري (morphometry) حرفياً بأنه قياس الشكل. تعتمد الدراسات المورفومترية على قياس أشكال المظاهر الأرضية ومعالجتها وفق أسس التحليل الكمي، من خلال تطبيق المعادلات الرياضية والطرائق الإحصائية على البيانات الرقمية (القصير،

2015). يتم الحصول على هذه البيانات عن طريق تحليل الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية والمرئيات الفضائية، بالإضافة إلى القياسات الحقلية. كما تشمل تحديد العوامل والعمليات الجيومورفولوجية المسؤولة عن نشأتها وتطورها (حسين، 2018)، وقد تم توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التحليل المورفومتري لحوض وشبكة التصريف في حوض منطقة البحث، لكونها أكثر دقة مقارنة بالطرق التقليدية الأخرى، كما أنها تمثل أداة فعالة وقوية في بناء قواعد بيانات جغرافية، تساعد في دعم التنمية المستدامة ويسهل التعامل معها وإدارتها لإجراء التحليلات المكانية المناسبة لبيانات أحواض التصريف باستخدام النمذجة الآلية، وإنتاج الخرائط الرقمية التي تتضمن معلومات ذات أهمية بالغة من أجل تنفيذ الخطط الاستراتيجية لتنمية المنطقة (السليمان، 2017).

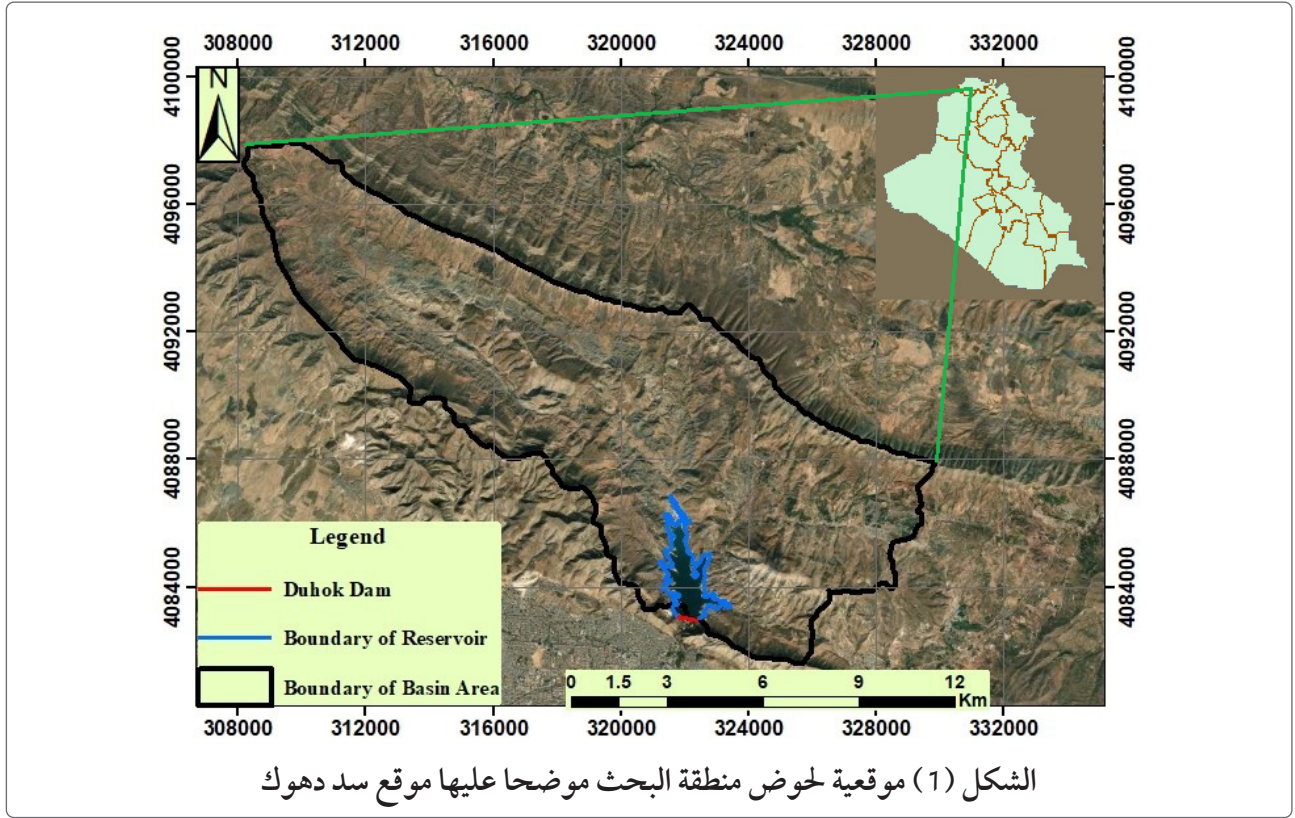
الهدف من البحث : يهدف البحث الى:

دراسة هيدرومورفومترية لحوض منطقة البحث من خلال تحديد الخصائص المساحية والخصائص الشكلية وخصائص الشبكة النهرية والخصائص الشكلية والخصائص التضاريسية، فضلاً عن تصنيف درجة الانحدار وتحديد انماط التصريف لحوض منطقة البحث.

موقع منطقة البحث :

تقع منطقة البحث في شمال العراق على بعد 2 كم شمال مدينة دهوك بين إحداثيات التثريق (308000 و 331000) وإحداثيات التشميل (4081000 و 4098000) بنظام الـ(UTM)، وبمساحة تقدر بـ 133.89 كم<sup>2</sup> شكل رقم (1)، تم بناء السد في عام 1988، بسعة تخزينية تقدر بـ 52 مليون م<sup>3</sup> عند المنسوب الأقصى البالغ 619.73 م فوق مستوى

سطح البحر، وهو سد ترابي إملائي يبلغ ارتفاعه 60.5م عن مستوى سطح الأرض وطول قمة السد 613م وعرضها 9م في حين يبلغ عرض قاعدة السد 200م، ويعتبر من السدود الترابية المهمة في العراق.



وطبقات جسيه على نطاق واسع ، والتكوينات المنكشفة في منطقة البحث هي صخور  
1- تكوين بخمة ويظهر في منطقة البحث بشكل طبقات من حجر جيرى متدلت او متبلور يحتوي على عقد الصوان متناوبة مع المارل والحجر الجيري المارلي (Jassim and Goff, 2006)، ويظهر في منطقة البحث في لب الطية كما موضح في الخريطة الجيولوجية رقم (2) .

2- تكوين شيرانش الذي يتميز الجزء العلوي منه في منطقة البحث بهارل ذو لون رصاصي فاتح ، اما الجزء السفلي فيظهر بشكل طبقات رقيقة التطبق من مارل جيرى (Jassim and Goff, 2006)، يظهر التكوين في الضفة الشرقية من خزان سد دهوك في الجزء الشمالي منه كما ووضح في الخريطة رقم (2).

### المواد وطرق العمل

تضمن تهذه المرحلة الاعتماد على المنهج الاصولي لغرض وصف التكوينات الجيولوجية لمنطقة البحث، فضلا عن اتباع الأساليب الكمية من خلال استخدام بعض المعادلات الإحصائية والرياضية لاسيما في دراسة التحليل الهيدرومورفومتري لحوض منطقة البحث، والمنهج التحليلي الذي تم استخدامه في تحليل المرئيات الفضائية ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM) والخرائط المتعددة التي تغطي منطقة البحث.

### جيولوجية المنطقة :

تتميز منطقة البحث بانها ذات غطاء جيولوجي سميك يتكون من تتابعات من الحجر الجيري

خزان سد دهوك كما موضح في الخريطة الجيولوجية رقم (2)، يتألف التكوين من صخور فتاتية ناعمة من الحجر الرملي التي تمتاز بلونها الاحمر، الحجر الغريني والحجر الطيني ويحوي على طبقات من الجبس في الأجزاء العلوية منه (Jassim and Goff, 2006).

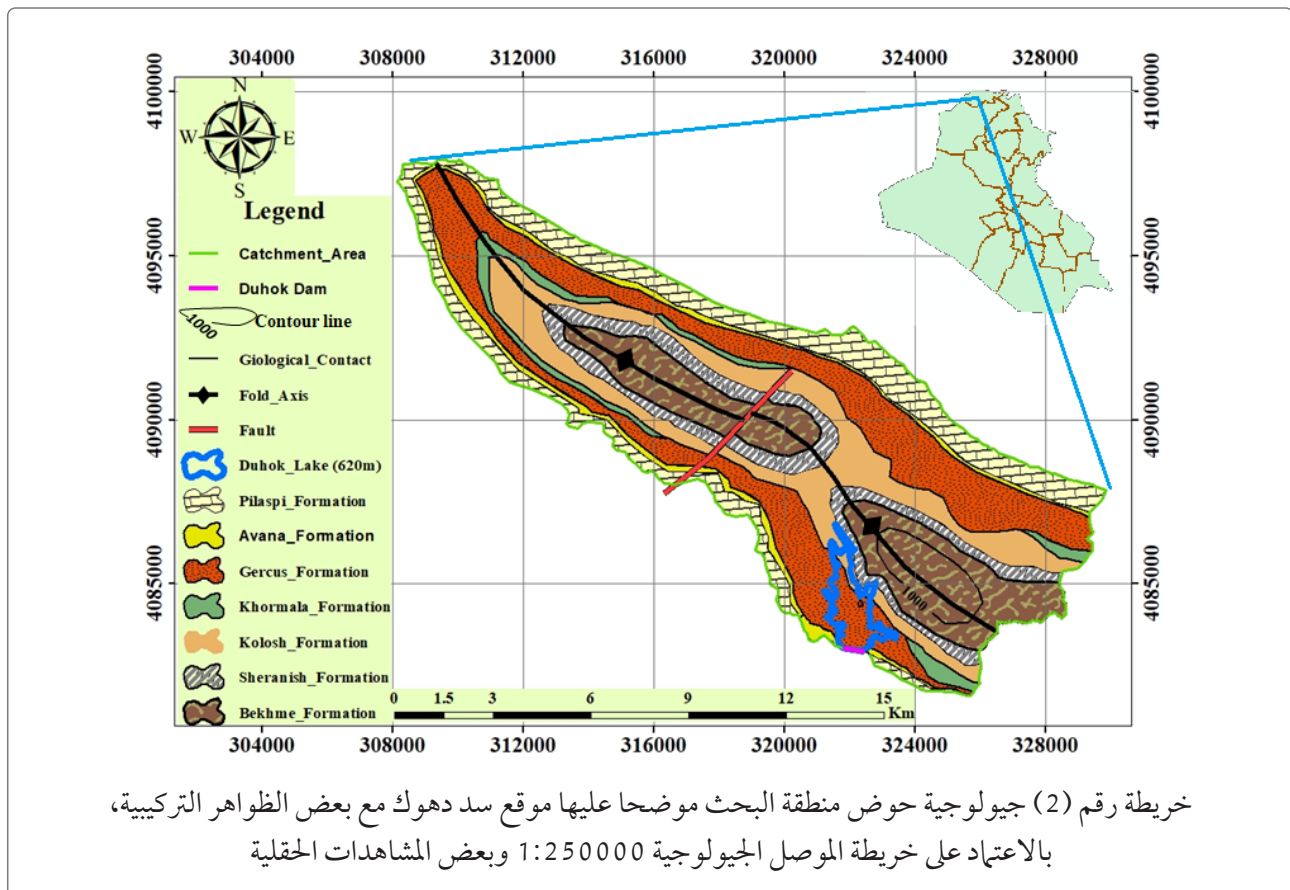
6- تكوين افانا يظهر بشكل طبقات من الحجر الجيري المارلي مع قليل من التلاسنات المارلية (Jassim and Goff, 2006)، ويظهر التكوين على كتف السد الايمن من منطقة البحث كما موضح في الخريطة الجيولوجية رقم (2).

7- تكوين بيلاسبي يتكون من حجر كلسي جيد التطبق مع حزم من المارل بلون اخضر باهت او طباشيري وتعتبر صخوره المصدر الاساسي للطبقة الخارجية الاكسائية لجسم سد دهوك التراي (Jassim and Goff, 2006).

3- تكوين كولوش الذي يظهر بصورة واسعة عند جناحي طية بيخير في المناطق المنخفضة (Jassim and Goff, 2006)، وفي الضفة الغربية من خزان سد دهوك في الجزء الشمالي منه كما موضح في الخريطة الجيولوجية (2)، ويكون عبارة عن تعاقبات من الترسبات الفتاتية غير الصلبة رقيقة من السجيل والحجر السلتي والطيني والرملي مع حجر الصوان.

4- تكوين خورماله الذي يتكون من دولومايت وحجر جيرى معاد التبلور (Jassim and Goff, 2006)، يظهر التكوين في منطقة البحث بشكل عدسات متغايرة في سمكها بين (2 - 6) متر من منطقة الى اخرى.

5- تكوين جيركس يمثل هذا التكوين اجزاء كبيرة من منطقة البحث ويشكل الجزء الاكبر من



## 2. n . طول الحوض Basins length:

هو احد المتغيرات المورفومترية المهمة المرتبطة بميزات اخرى من خصائص حوض التصريف المائي، ويعرف بأنه المسافة المقاسة لمحور الحوض والممتدة بين نقطة المصب المائي وابتعد نقطة فوق منطقة تقسيم المياه بأعلى محيط الحوض المائي (Schumm, 1956)، وتكون العلاقة طردية ما بين طول الحوض ومساحته اي عند زيادة طول الحوض تكبر مساحة الحوض (Horton, 1945). وبلغ طول حوض منطقة البحث (8.1 كم) كما موضح في الجدول رقم (1)، الفرق بين طول الحوض وعرضه واضح ومميز بحيث يؤدي هذا التباعد الى نقصان سرعة الدفقات المائية القادمة اثناء فترة الزخات المطرية الغزيرة، مما يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار عن اختيار موقع السد عند المنخفض الطبوغرافي المرشح وتصميمه.

## 3 . اطوال الوادي Valley lengths:

للأودية نوعان من الأطوال: الطول الحقيقي والطول المثالي، يُعرف الطول الحقيقي بأنه المسافة التي يقطعها النهر أو المجرى المائي من منبعه إلى مصبه على اليابسة، أما الطول المثالي فيمثل أقصر مسافة يمكن أن يسلكها المجرى المائي بين المنبع والمصب (Morisawa, 1985)، غالباً ما يكون الطول الحقيقي اكبر من المثالي، وقد بلغ الطول الحقيقي للوادي (24.23 كم) بينما بلغ الطول المثالي له (20.89 كم) كما موضح في الجدول رقم (1)، ولهذا الاطوال اهمية في ايجاد قيمة معامل الانعطاف الذي يعد من اهم خصائص الشبكة المائية التصريفية.

## 4-2-4 محيط الحوض Basin perimeter:

يعرف بأنه خط تقسيم المياه ما بين الحوض قيد البحث وما يجاوره من احواض اخرى (الارياني،

## النتائج والمناقشة

### ● الخصائص المساحية Area Characteristics:

تركز هذه الدراسات على الأبعاد الهندسية للحوض المائي، مثل الطول والعرض والمساحة والمحيط، والعلاقات النسبية بين هذه الأبعاد. كما تدرس تأثير هذه الأبعاد على حجم الجريان المائي وعلاقتها بتطور أطوال وأعداد الأودية المائية (Huggett, 2007)، وتتأثر بالعوامل المناخية والجيومورفولوجية ونوع الصخور والحركات التكتونية اذ تزداد بشكل طردي مع زيادة النحت المائي وضعف مقاومة الصخور والتراب مما قد يؤدي الى انخفاض مستوى القاعدة او حدوث أسر نهري (Garde, 2006)، تم حساب الخصائص المساحية للحوض المائي بعد اشتقاقها من نموذج الارتفاعات الرقمية باستخدام برنامج (ArcGIS 10.3) بعد استخراج الشبكة المائية وتحديد الحوض المائي، وتم استخراج بعض الخصائص باستخدام قوانين تطبق من خلال البرنامج.

### 1 . مساحة الحوض Basins Area:

تعد خاصية مهمة لإيجاد الخصائص الهيدرولوجية الاخرى كالكثافة التصريفية، الكثافة العددية، المعامل الهبسومتري وغيرها، وايضا الحصول على علاقات كمية يتم من خلالها تقييم هيدرولوجية الحوض، وكذلك لها أهمية كبيرة فهي تتحكم بحجم الجريان المائي (Strahler, 1958)، تعد مساحة الحوض منطقة تغذية مائية متكاملة (Catchment Area) لما لها من دور في تحديد كمية المياه الواردة في الشبكة المائية المتواجدة فيها (التميمي، 2016)، وقد بلغت مساحة الحوض (133.9 كم<sup>2</sup>) كما موضح في الجدول رقم (1).

ويبلغ عرض حوض منطقة البحث (24.43 كم) كما موضح في الجدول رقم (1)، والدلالة الجيومورفولوجية للاختلاف ما بين منطقة المنبع والمصب ناتجة بسبب اختلاف الخصائص المناخية والانحدارية (زريقات و الحسبان، 2015)، لعرض الحوض اثر مماثل كما للطول في تحديد شكل الحوض، ويؤثر عرض الحوض على كمية الساقط المطري وجريانه والتبخر والترشيح، اذ تزداد كمية الساقط المطري التي يتلقاها الحوض بزيادة عرضه وبالتالي يزداد الجريان السطحي والعكس صحيح (محسوب، 1997).

(2000)، تؤثر به عوامل عديدة منها تطور المجاري والوديان المائية وبالأخص مجاري الرتبة الاولى التي تتوسع وتتعمق مجاريها اثناء موسم سقوط الامطار بتأثير عملية النحت الرأسى و الجانبى، وكذلك امتداد الفواصل و الصدوع والشقوق والتراكيب الخطية مما انعكس على زيادة الرتب الاولى (العقيل، 2001)، بلغت قيمة محيط الحوض (63.7 كم) كما موضح في الجدول رقم (1).

#### 5-2-5 عرض الحوض Basin width:

هو معدل اطوال مجموعة الخطوط التي تتعامد على الخط المستقيم الذي يمثل طول الحوض المائي،

جدول (1) الخصائص المساحية لحوض المنطقة

مساحة الحوض المائي كم <sup>2</sup>	الطول المثالي للوادي كم	الطول الحقيقي للوادي كم	محيط الحوض كم	عرض الحوض كم	طول الحوض المائي - كم
133.89	20.895	24.227	63.701	8.571	24.534

#### ● خصائص الشبكة المائية

##### Properties of Water Network :

ان تطور شبكة التصريف المائية في اي منطقة هو انعكاس للمكونات البيئية لها والتمثلة بالعوامل الجيولوجية والتضاريسية والمناخية (العاني، 2010)، ويُعد الشكل العام لروافد النهر برتبها المختلفة داخل الحوض نتاجا او انعكاسا للعلاقات بين خصائص صخور المنطقة واشكالها التركيبية من جانب وظروف المناخ الحالي والقديم من جانب آخر (محسوب، 2001)، تم اشتقاق الحوض المائي واستحصال البيانات الهيدرومورفومترية وايجاد مساحته، وارتفاع أعلى وأدنى نقطة فيه من نموذج الارتفاعات الرقمية للمنطقة (DEM) ذات ابعاد

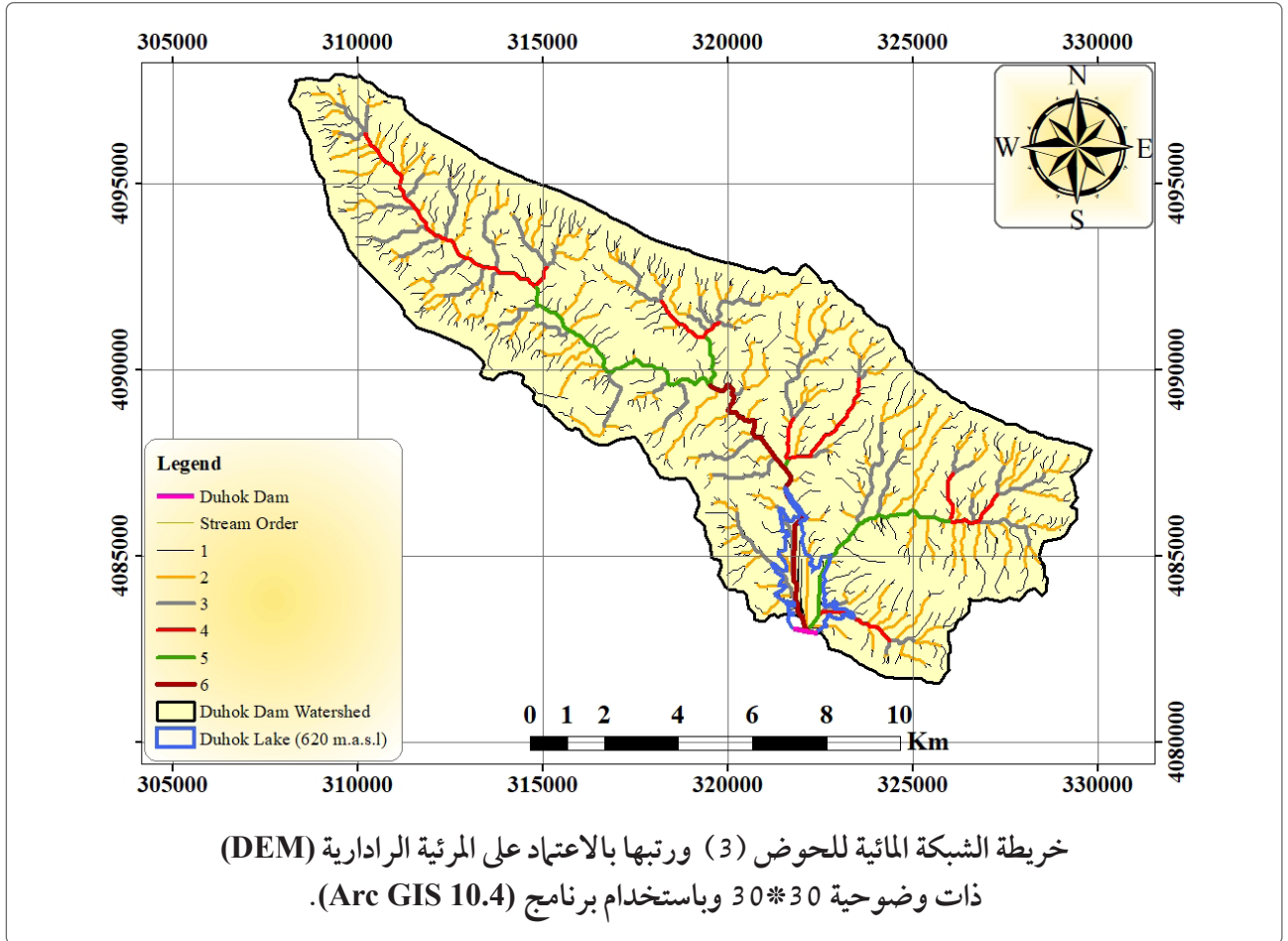
(30×30) متر (مساحة البكسل الواحدة) باستخدام برنامج (Arc Map) في نظام (Arc GIS 10.3)، ومن اهم خصائص الشبكة النهرية ما يأتي :

#### 1. الرتب النهرية Stream Orders:

تعد رتب المجاري النهرية المدخل الاساس لأي دراسة مورفومترية للشبكة المائية، وتنبع اهميتها لانها تعطي فكرة شاملة عن نظام وحجم شبكة الصرف (الوائلي، 2012)، م تحديد الرتب النهرية لحوض منطقة البحث باستخدام طريقة ستريلر، (Strahler, 1957) وفقاً لهذه الطريقة، تُعتبر المجاري المائية الصغيرة التي لا تتلقى روافد ثانوية مجاري من الرتبة الأولى، وتشكل الرتبة الثانية عند التقاء رافدين من الرتبة الاولى، بينما تتكون الرتبة الثالثة

السادسة، شكل رقم (3)، إذ بلغ اعداد المجاري في الحوض (1069)، شملت الرتبة الأولى والثانية النسبة الأكبر من هذه المجاري وكما موضحة في جدول رقم (2).

عند التقاء رافدين من الرتبة الثانية وهكذا تستمر العملية حين وصول المجري الرئيسي لأعلى رتبة، وقد وجد عند تحليل رتب الشبكة النهرية لحوض منطقة البحث ان الحوض يصنف من المرتبة



عملية تكوين المقطع الطولي للحوض (أبو سمور وآخرون، 1999)، ويلاحظ من الجدول رقم (2) ان مجموع اطوال المجاري في حوض منطقة البحث بلغ (459.939 كم)، وتميزت الرتبة الاولى بمجموع اطوالها على اطوال الرتب الاخرى والذي بلغ (234.929 كم)، بما نسبته (51.08٪) من مجموع اطوال المجاري المائية في الحوض.

### 3. نسبة التشعب Bifurcation Ratio:

تشير نسبة التشعب إلى النسبة بين عدد القنوات

### 2. اطوال المجاري Valley lengths :

تعد دراسة أطوال المجاري ذات أهمية كبيرة لما لها من تأثير على شكل الحوض، إذ ان المجاري المائية عند جريانها تحمل الرواسب الناتجة عن عملية التعرية في أحواض التصريف، ويزداد عمقها ومساحتها مما يؤدي إلى تغير شكل الحوض وان تغير حجم المجاري يعتمد على كمية المياه والمدة التي تجري فيها وقوة جريانها كذلك حجم الحمولة التي تحملها ونوعها، وتعتبر هذه العوامل مهمة في

وغير واضحة، وتكون من (3-4) في الاحواض شديدة التضرس (طاهر، 2015)، ولكنها غالباً ما تتراوح معدلاتها في مختلف الاحواض النهرية العادية من (3-5)، ويمكن استخراجها من المعادلة التالية: وكما جاء في (ابو العينين، 1995).

نسبة التشعب = عدد المجاري في رتبة ما / عدد مجاري الرتبة التي تليها ..... (1)  
ومن تطبيق معادلة نسبة التشعب على حوض دهوك ظهرت النتائج وكما مبينة في الجدول رقم (2).

المائية لرتبة معينة وعدد القنوات المائية للرتبة التالية لها (Horton, 1945). تُعد نسبة التشعب من المقاييس المورفومترية المهمة لفهم درجة تفرع الشبكة النهرية والتباين بين الفروع في المراتب المختلفة لأحواض الأنهار (جودة وعاشور، 1991). كما يُعد معدل التشعب من المقاييس المورفومترية الهامة نظراً لدوره في التحكم في معدل التصريف. وكلما زاد معدل التشعب، زاد تأثيره على معدل التصريف (أي التشعب) زاد خطر الفيضان (محبوب، 2001)، وتكون (2) في الأحواض المستوية، أي تكون قليلة

جدول رقم (2) خصائص الشبكة المائية لحوض منطقة البحث

الرتبة	عدد الوديان	النسبة المئوية %	طول الوديان (كم)	النسبة المئوية %	نسبة التشعب
1 <sup>st</sup>	825	77.17	234.929	51.08	4.46
2 <sup>nd</sup>	185	17.31	122.762	26.69	4.11
3 <sup>rd</sup>	45	4.21	58.386	12.69	5
4 <sup>st</sup>	9	0.84	20.043	4.36	2.25
5 <sup>nd</sup>	4	0.37	15.071	3.28	4
6 <sup>rd</sup>	1	0.094	8.748	1.90	-
المجموع	1069	100	459.939	100	المعدل: 3.96

لجميع الرتب على مساحة الحوض المائي حسب (Horton, 1945) على وفق المعادلة الآتية:

الكثافة التصريفية الطولية = (مجموع اطوال وديان الحوض (كم) / مساحة الحوض (كم<sup>2</sup>))  
..... (2)

وقسم (Strahler, 1957) قيم الكثافة التصريفية الى اربعة اقسام وهي كما يلي:

- (1) منخفضه ما بين (1.9 - 2.5) كم<sup>2</sup>/كم<sup>2</sup>،
- (2) متوسطة ما بين (2.5 - 12.4) كم<sup>2</sup>/كم<sup>2</sup>، (3)
- عالية ما بين (12.4 - 25) كم<sup>2</sup>/كم<sup>2</sup>، (4) عالية جدا (اكثر من 25) كم<sup>2</sup>/كم<sup>2</sup>.

#### ● خصائص الشبكة التصريفية

#### Characteristics of the Drainage Network :

##### 1. الكثافة التصريفية الطولية

#### Drainage Intensity:

هي عبارة عن معيار لقابلية الوديان على نقل الساقط المطري باتجاه المصب، فكلما ازدادت الكثافة كلما زاد تصريفها السطحي، ويلاحظ انها تزداد عادة في المناطق التي تمتاز بتساقط الأمطار فيها بغزارة والتي تمتاز تربتها او صخاريتها السطحية بالنفذية الواطئة (الجبوري، 2009)، يتم استخراج قيمتها بقسمة مجموع اطوال وديان الشبكة المائية

الإزاحة والتحرك جانبيًا وتقييم انعطافات المجرى المائي، إذ أن معامل الانعطاف يعكس المشاكل التي تسببها الانعطافات النهرية (Schumm, 1956)، ويمكن حسابه على وفق المعادلة:

معامل الانعطاف = (طول الوادي الحقيقي (كم) / طول الوادي المثالي المستقيم (كم)) .... (4)  
إن ارتفاع نسبة معامل الانعطاف يفسر زيادة الالتواءات وتعقد الوضع الهيدرولوجي مورفولوجي على جانبي المنعطف وبالتالي زيادة التبخر والترشيح في مجرى الوادي، وتحدث التعرية على أحد الجهتين والترسيب على الجهة الأخرى، إذ بلغت قيمة معامل انعطاف الحوض المائي (1.16) كما موضح في الجدول رقم (3)، وحسب تصنيف (Schumm, 1956) فإن هذه القيمة تمثل استقامة عالية وتوحي إلى قلة الانحناءات وزيادة سرعة جريان ووصول المياه في فترة زمنية قصيرة إلى منطقة المصب عند جسم السد، وبالتالي فهي تنطبق مع الكثافة التصريفية وتؤدي هذه الحالة إلى تقليل فرصة توسيع المجاري المائية في الجزء العلوي من الحوض وزيادة مساحتها.

#### 4. شدة التصريف Discharge intensity:

تمثل هذه النسبة العلاقة العددية بين الكثافة الطولية (الكثافة التصريفية) والكثافة العددية (التكرار النهري). تُعد هذه الخاصية ذات أهمية كبيرة لأنها تعكس سرعة انتقال الموجات التصريفية من أجزاء الحوض المائي المختلفة إلى القناة المائية الرئيسية، مما يساهم في وصولها إلى قمة التصريف (العنانزة، 2005)، ويمكن حسابها وفق المعادلة التالية:

شدة التصريف = (كثافة التصريف الطولية / كثافة التصريف العددية) ..... (5)

وبتطبيق المعادلة اعلاه تم استخراج قيمة الكثافة التصريفية للحوض المائي والبالغة (3.44 كم<sup>2</sup>/كم) كما موضح في الجدول رقم (3)، وهي كثافة تصريف متوسطة حسب تصنيف (Strahler, 1957).

#### 2. الكثافة التصريفية العددية (التكرار النهري)

##### Stream Frequency:

هي عبارة عن العلاقة النسبية بين إجمالي عدد الوديان في جميع الرتب ومساحة الحوض (المؤمني، 1997)، لذا فإن زيادة عدد الوديان أو الروافد يزيد من الكثافة التصريفية العددية (التكرار النهري) وكمية الجريان المائي، وبالتالي زيادة نشاط عمليات التعرية، ويمكن إيجاده حسب (Horton, 1945) وفق المعادلة التالية:

التكرار النهري = مجموع عدد الوديان في كل الرتب / مساحة الحوض (كم<sup>2</sup>) ..... (3)  
بلغت كثافة التصريف العددية للحوض 7.98 وادي/كم<sup>2</sup>، كما هو موضح في الجدول رقم (3). ترتبط كثافة أعداد المجاري المائية بتطورها وتغير قيمتها نتيجة التغيرات في أعداد المجاري المائية أو مساحة التصريف عبر مراحل تطور شبكة المجاري المائية. قد تنخفض أو ترتفع كثافة أعداد المجاري من موسم إلى آخر. أو ترتفع من موسم إلى آخر، إذ تؤدي عملية تشكيل المسيلات عقب سقوط الأمطار التي تشهدها المناطق المكشوفة الجرداء إلى ارتفاع كثافة أعداد المجاري المائية والفواصل في زيادة أعداد الأودية (العطواني، 2015).

#### 3. معامل الانعطاف Sinuosity factor:

يمثل نسبة الطول الحقيقي للوادي المائي الرئيسي إلى الطول المثالي له (أقصر مسافة بين المنبع والمصب)، ويعتد ذو أهمية في معرفة قدرة المجرى المائي على

النهري) الى مربع الكثافة الطولية (الكثافة التصريفية) كما في المعادلة التالية:  
الكثافة النسبية = (الكثافة العددية (وادي/ كم<sup>2</sup>) / مربع الكثافة الطولية (كم/ كم<sup>2</sup>)) ..... (6)  
وقد بلغت قيمتها (0.67 وادي/ كم) كما موضح في الجدول رقم (3)، وهي قيمة منخفضة تدل على قلة توزيع الوديان وبالتالي التقليل من سرعة انتقال الموجات المائية من اجزاء الحوض المختلفة نحو القناة المائية الرئيسية، مما يؤدي الى انخفاض أنشطة وعمليات التعرية داخل الحوض.

بلغت نسبة شدة التصريف للحوض المائي (0.43) كما موضح في الجدول رقم (3)، وهي قيمة قليلة تدل على ان الحوض المائي لا يزال في مرحلة الشباب وذو طاقة تصريفية عالية وبالتالي تنعكس على تخزين المياه ضمن الخزان المائي حيث تدل على انخفاض سرعة انتقال الموجات التصريفية من اجزاء الحوض المائي المختلفة نحو القناة المائية الرئيسية.

#### 5. الكثافة النسبية Relative density:

وهي تمثل نسبة الكثافة العددية (التكرار

جدول رقم (3) الخصائص التصريفية لحوض منطقة البحث

الكثافة النسبية للوديان وادي/ كم	شدة التصريف	معامل الانعطاف	كثافة التصريف العددية كم/ كم <sup>2</sup>	كثافة التصريف الطولية كم/ كم <sup>2</sup>
0.67	0.43	1.16	7.98	3.44

الدائري وأن دورة التعرية لا تزال في مراحل التطور (Reddy, et al., 2004)، يتم قياس نسبة الاستدارة من قسمة مساحة الحوض المائي (كم<sup>2</sup>) على مساحة دائرة محيطها يساوي محيط الحوض نفسه (كم<sup>2</sup>) كما في المعادلة التالية:

نسبة الاستدارة = مساحة الحوض (كم<sup>2</sup>) / مساحة دائرة محيطها يساوي محيط الحوض نفسه (كم<sup>2</sup>) ..... (7)

بلغت نسبة الاستدارة للحوض (0.41)، مما يدل على ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري واقترابه من الشكل المستطيل، وهذا يدل على زيادة طول الحوض على حساب عرضه والتي تكونت نتيجة تأثير العامل البنيوي.

#### 2. نسبة الاستطالة Elongation Ratio:

هي نسبة تدل إلى مدى اقتراب وتشابه شكل

#### ● الخصائص الشكلية Form Characteristics:

1. نسبة الاستدارة (نسبة تماسك المساحة)

#### Circularity Ratio:

يعنى بها بيان مدى اقتراب او ابتعاد الحوض المائي من الشكل الدائري (Melton, 1958)، وتسمى ايضا نسبة تماسك المساحة، اذ للحوض المائي اشكال تشبه الاشكال الهندسية كالمستطيل والمربع والمستدير والمثلث، وتتراوح نسبة الاستدارة بين (0-1) تشير القيمة المرتفعة التي تكون قريبة من الرقم واحد (1) إلى أن الحوض يقترب من الشكل الدائري، حيث يمثل الرقم واحد الاستدارة الكاملة، وهذا يعكس تقدم الحوض في دورة التعرية وزيادة فعالية المجرى المائي في تعميق مجراه بدلاً من توسيعه، في المقابل القيمة المنخفضة التي تبعد عن الرقم واحد تشير إلى أن الحوض يبتعد عن الشكل

الدائري. كلما ارتفعت النسبة فوق الواحد (1)، يعني أن شكل الحوض يصبح أكثر استطالة وابتعد عن الشكل الدائري. علماً ان ناتج نسبة تماسك المحيط دائماً يكون اكثر من الواحد الصحيح (شريف، 2000)، وتستخرج نسبة تماسك المحيط من المعادلة التالية:

$$\text{نسبة تماسك المحيط} = 1 / \text{نسبة تماسك المساحة (الاستدارة)} \dots\dots\dots (9)$$

بلغت نسبة تماسك المحيط للحوض (2.44) كما موضحة في الجدول رقم (4)، والذي قد ابتعد عن المعدل مما يدل على استطالة الحوض المائي واقترابه من الشكل المستطيل وابتعاده عن الشكل الدائري، وهو دليل على تعرج خط تقسيم المياه او محيط الحوض وبالتالي فان الحوض ما زال يعيش في مرحلة تطوير من الناحية الجيومورفولوجية وان طبيعة الصرف لهذا الحوض قليلة بسبب طول المجاري على حساب عرضها الامر الذي يؤدي الى فقدان كميات كبيرة من المياه خلال الجريان الطويل، وبهذا ينطبق مع ما تم التوصل اليه من خلال نسبة الاستدارة ونسبة الاستطالة.

#### 4. معامل شكل الحوض Basin Form Factor:

يوضح هذا المؤشر مدى تناسب الشكل العام للحوض المائي، أي مدى انتظام عرضه على طول امتداده من منطقة المنبع إلى المصب، بناءً على العلاقة بين مساحة الحوض المائي وطوله. القيم المنخفضة والبعيدة عن الواحد الصحيح (1) تشير إلى اقتراب شكل الحوض المائي من الشكل المثلث، بينما القيم المرتفعة والقريبة من الواحد الصحيح (1) تشير إلى ابتعاده عن الشكل المثلث (الصحاف و موسى، 1998)، يتأثر شكل ونمط حوض التصريف المائي وشبكة التصريف الممتدة بداخله بالخصائص الأخرى لحوض التصريف مثل نوعية الصخر

الحوض المائي الى الشكل المستطيل أو ابتعاده، وقد حدد (Schumm, 1956) بان نسبتها تنحصر بين (0-1) تتباين هذه النسبة باختلاف المناخ وجيولوجية الحوض، ويكن تصنيف شكل الحوض بحسب نسبة الاستطالة حسب (pareta, 2011) كما يلي:

اذا كانت القيمة تتراوح من (0.9-1) دائري، اما اذا تراوحت من (0.8-0.9) بيضوي، (0.8-0.7) اقل استطالة، اما اذا كانت (0.7-0.5) مستطيلة، (0-0.5) اكثر استطالة، وتستخرج نسبة الاستطالة من المعادلة التالية:

$$\text{نسبة الاستطالة} = \text{طول قطر دائرة بمساحة الحوض نفسه (كم)} / \text{اقصى طول للحوض (كم)} \dots\dots\dots (8)$$

اذ ان طول قطر دائرة بمساحة الحوض نفسه بلغت (13.06 كم)، وبالتالي فان نسبة الاستطالة للحوض (0.53) كما موضحة في الجدول رقم (4)، تتراوح نسبة هذا المقياس بين (1-0) اذ كلما اقترب مقياس الحوض من الصفر دل ذلك على استطالة الحوض وبعبكسه، فيدل على ابتعاد الحوض عن الاستطالة، ويشير انخفاض نسبة الاستطالة الى ان الحوض المائي يمر في بداية دورة التعرية في مرحلة الشباب، حيث يكون الصخر السائد في الغالب صخرًا صلبًا مقاوماً للحت، ومع زيادة نسبة استطالة الحوض يصبح التضرس لبعض الاحواض محدوداً وانحدار الحوض اكثر اعتدالاً فضلاً عن محدودية الناتج الرسوبي نسبياً بسبب انخفاض التصريف وقلة الانحدار وضعف الطاقة الحثية (سلامة، 2007).

#### 3. نسبة تماسك المحيط (معامل الاندماج)

##### Compactness Factor :

هذه الخاصية هي مؤشر آخر يُستخدم لتحديد مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل

ودرجة الانحدار بالإضافة إلى أن الشكل يؤثر على العمليات الجيومورفولوجية خاصة فيما يتعلق بكفاءة الحوض المحتملة وشبكة التصريف المائي به (المشاط، 1995)، وقد استخدم (Horton, 1945) معاملي الشكل لتحديد أشكال الأحواض النهرية على وفق المعادلة التالية:

معاملي شكل الحوض = مساحة الحوض (كم<sup>2</sup>) / مربع طول الحوض (كم<sup>2</sup>) ..... (10)

بلغت قيمة معاملي شكل الحوض في منطقة البحث (0.22) كما موضحة في الجدول رقم (4)، وهي قيمة منخفضة عن الواحد الصحيح (1) وتدل على أن شكل الحوض يقترب من الشكل المثلث، وتدل أيضاً على صغر مساحة الحوض المائي نسبة إلى طولها، ويشير ذلك إلى تشابه أجزاء الحوض في طبيعة المناخ، ونوعية الصخور، مع وجود الاختلافات الصغيرة في بنية الصخور كوجود بعض الفواصل والشقوق والصدوع (Abdulla, 2010)، انخفاض قيمة معاملي الشكل واقتربه من الشكل المثلث يؤثر على نظام التصريف المائي بشكل كبير. في الحالة التي تكون فيها منطقة المنابع رأس المثلث ومنطقة المصب قاعدته، يزداد التصريف المائي بشكل ملحوظ بعد سقوط الأمطار، مما يؤدي إلى ارتفاع سريع في منسوب الماء. هذا بسبب قرب الجداول والمسيلات من المصب الرئيسي. أما في الأحواض التي تكون فيها منطقة المصب هي رأس المثلث وقاعدتها عند المنابع، فإن المياه تصل إلى المصب بشكل متتابع بعد امتلاء الجداول والمسيلات منذ المنابع (Gregory &

5. معاملي الانبعاج Lemniscate Factor:

يستخدم معاملي الانبعاج لمعالجة بعض سليات نتائج تطبيق معاملي الاستدارة، حيث يندر وجود أحواض تصريف مستديرة تماماً، لذا فقد شبه شورلي شكل الحوض بشكل قطرة الماء، حيث أن معظم الأحواض المائية تأخذ عادة شكل القطع الناقص أو الشكل الكمثري أو الإهليجي، وتدل القيم المنخفضة لمعاملي الانبعاج على شكل الحوض وتفلطحه، ومن ثم زيادة أطوال المجاري المائية وأعدادها في الرتب الدنيا في نطاقات خطوط تقسيم المياه، وسيادة عمليات النحت الجانبي والرأسي لفترة زمنية طويلة، مما يشير إلى تقدم الأحواض في مراحل دورتها التحاتية، أما إذا كانت القيم مرتفعة فإنها تشير إلى زيادة استطالة الأحواض وابتعادها عن الشكل المنبعج (القصير، 2015)، وقد تم حساب معاملي الانبعاج لأحواض التصريف الفرعية وفقاً لمعادلة (Chorley, 1957) الآتية:

معاملي الانبعاج = مربع طول الحوض / أربع أمثال مساحة الحوض ..... (11)

إذا كانت النتيجة أكثر من 2 يعني أن محيط الحوض منبعج، أما إذا كانت أقل من 2 فهذا يعني أن محيط الحوض غير منبعج (الدليمي، 2017)، وقد بلغ متوسط قيمة معاملي الانبعاج في منطقة البحث (1.12) كما موضح في الجدول رقم (4)، حيث يتضح أن الحوض غير منبعج.

جدول رقم (4) الخصائص الشكلية لحوض منطقة البحث

معاملي الانبعاج	معاملي شكل الحوض	نسبة تماسك المحيط	نسبة الاستطالة	نسبة الاستدارة
1.12	0.22	2.44	0.53	0.41

## ● الخصائص التضاريسية

**Topological Characteristics:**

تعد هذه الخصائص من الأمور الأساسية للباحثين في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، نظراً لأهميتها في تحديد مراحل عمليات التعرية المائية والهوائية وكذلك عمليات التجوية، وتحديد العمر الزمني لحوض التصريف، وتأثيرها على الخصائص المساحية والشكلية، وبالتالي تحديد معالم الشبكة المائية للأحواض التصريفية (الجبوري، 2005). تنوعت مقاييس الخصائص التضاريسية التي استخدمها الباحثون وتشمل ما يلي:

**1. معامل التضرس Relief Factor**

تعد من الخصائص التضاريسية المهمة وذلك لأهميتها في معرفة الطبيعة الطبوغرافية ومدى تضرس الحوض المائي من حيث التباينات في الارتفاع ما بين المنبع والمصب وانعكاس ذلك على قابلية المجرى المائي في انجاز العمليات الجيومورفولوجية المتمثلة في التعرية عند أعلى الحوض والترسيب في منطقة المصب، ويحسب معدل التضرس حسب (Strahler, 1957) بالطريقة التالية:

معامل التضرس = الفرق بين أعلى وادنى نقطة بالحوض (م) / طول الحوض (كم) ..... (12)

بلغت أعلى نقطة في الحوض (m 1375) فوق مستوى سطح البحر، بينما أدنى نقطة في الحوض بلغت (m 593) ف م س ب، ترتفع قيمة التضرس في الأحواض صغيرة المساحة، وهو دليل على قلة نشاط عمليات الحت بفعل المياه وان الحوض مازال لديه الكثير من النشاط الجيومورفولوجي لتحقيق التوازن في مجاريه وهو ما ينطبق على حوض منطقة البحث فقد بلغ معامل التضرس له (31.87) كما موضح في الجدول رقم (8). بينما تنخفض نسبة

معدل التضرس في الأحواض كبيرة المساحة، وهو يؤثر في زيادة سرعة وصول الموجات المائية التي تؤدي إلى زيادة الرواسب المنقولة بشكل أكبر (Schumm, 1956).

**2. التضاريس النسبية Relative Relief:**

تعد مقياساً آخر مهماً لقياس شدة التضرس في الحوض المائي، حيث تمثل العلاقة بين قيمة تضاريس الحوض (الفرق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض بالمتر) ومحيط الحوض نفسه (Strahler, 1957)، إذ تبين مدى العلاقة بين مساحة الحوض من جهة ودرجة مقاومة الصخور لعمليات التعرية من جهة أخرى، وتوجد علاقة ارتباط سلبية بين التضاريس النسبية ودرجة مقاومة الصخور لعمليات التعرية، شريطة أن تكون الظروف المناخية متشابهة، وتقاس حسب القانون التالي:

التضاريس النسبية = الفرق بين أعلى وادنى نقطة بالحوض (م) / محيط الحوض (كم) ..... (13)  
بلغت نسبة التضرس لحوض منطقة البحث (12.28 م/كم) كما موضح في الجدول رقم (8)، وهي نسبة مرتفعة ناتجة عن مقاومة التكوينات الصخرية لعمليات التعرية (عواودة، 2020).

**3. قيمة الوعورة Ruggedness Value:**

خاصية مهمة تستخدم لمعرفة مدى تضرس الحوض، ودرجة تقطع سطح حوض الوادي الناتج عن نحت المجاري المائية، بالإضافة إلى درجة انحدار المجرى المائي استناداً إلى كثافة التصريف الطولية للحوض (الكراعي وآخرون، 2016)، وتقاس على وفق الطريقة التالية:

قيمة الوعورة = (الفرق بين أعلى وادنى نقطة بالحوض (م) × كثافة التصريف الطولية (كم/كم<sup>2</sup>)) / 1000 ..... (14)

(Reshma, et al., 2012). يهدف هذا التحليل إلى فهم مدى تضرس وتقطع سطح الأرض وكثافة الصرف فيه. عندما تزداد كثافة خطوط شبكة التصريف وتقترب من بعضها، يزداد عدد الأودية، مما يشير إلى شدة التقطع وحجم معدلات الحث في المنطقة (Schumm, 1977). يتم حساب قيمة النسيج الحوضي وفقاً (Ritter, et. al., 1995) وفق المعادلة التالية:

النسيج الحوضي = اعداد اودية الحوض / محيط الحوض (كم) ..... (15)

اذ يصنف النسيج الحوضي حسب (Morisawa, 1968) الى اربعة اصناف حسب الجدول التالي:

جدول رقم (5) تصنيف النسيج الحوضي حسب (Morisawa, 1968)

الفئة	نوع النسيج	عدد المجاري في 1 كم <sup>2</sup>	خصائص الحوض
الاولى	خشن	اقل من 8	نفاذية عالية ، وجود غطاء نباتي
الثانية	متوسط	8 - 20	نفاذية عالية ، وجود غطاء نباتي ، تساقط امطار
الثالثة	ناعم	21 - 200	صخور صماء ، امطار غزيرة ، قلة نبات
الرابعة	ناعم جدا	اكثر من 100	صخور صماء ، انعدام نبات ، زخات مطر

للتحليل الهبسومتري احدهما حسابية ويطلق عليها التكامل الهبسومتري، والأخرى بيانية، ويسمى المنحنى الهبسومتري (تيم، 2015).

#### 1. التكامل الهبسومتري

##### Hypsometric Integral:

يمثل هذا المعامل المدة الزمنية التي تقطعها دورة التعرية التحتية في الأحواض المائية وتشير القيم المرتفعة لهذا المعامل إلى زيادة مساحة أحواض التصريف، وانخفاض المدى التضاريسي لها بما يدل على التقدم العمري لهذه الأحواض (العطواني، 2015)، ويتم حساب التكامل الهبسومتري من

ترتفع قيمة الوعورة عند زيادة تضرس الحوض إلى جانب زيادة أطوال المجاري على حساب المساحة، وتتباين قيمة الوعورة خلال مراحل الدورة الحثية، اذ تنخفض قيمة الوعورة في بداية الدورة، ثم تبدأ بالزيادة تدريجياً حتى تصل اقصاها عند بداية مرحلة النضج، ثم تنخفض مرة أخرى لتصل مرحلة الشيخوخة ونهاية الدورة الحثية (عاشور، 1986)، بلغت قيمة الوعورة لحوض منطقة البحث (2.69 كم/ كم<sup>2</sup>).

#### 4. النسيج الحوضي Texture Ratio:

من الخصائص الهامة في التحليل المورفومتري هو المباعدة النسبية لخطوط تصريف شبكة المياه

بلغ النسيج الحوضي لحوض منطقة البحث (16.78) كما موضح في الجدول رقم (8)، وهو بذلك يعد نسيجا متوسطا حسب تصنيف (Morisawa, 1968).

#### 5. التحليل الهبسومتري

##### Hypsometric Analysis :

يُعد التحليل الهبسومتري من افضل المتغيرات الكمية لفهم العلاقة ما بين طبوغرافية الحوض، وتعرية المجاري المائية للسطح بواسطة الجريان السطحي، فهو يوضح ما تم نحته من حوض التصريف وما لم يتم نحته بعد، وهناك طريقتان

مرحلة الشباب: اذا كان معدل قيمة التكامل الهبومتري اكبر من (0.6)، مرحلة النضج: اذا كان معدل قيمة التكامل الهبومتري محصور بين (0.35) الى (0.6)، مرحلة الشيخوخة: اذا كان معدل قيمة التكامل الهبومتري اقل من (0.35) تم استخراج قيم التكامل الهبومتري في الحوض من خلال عدة معالجات لنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في برنامج (Arc Map)، ومن خلال سلسلة من الحسابات، المبينة في الجدول رقم (6)، حيث بلغ معدل قيمة التكامل الهبومتري في الحوض (0.475) كما موضحة في جدول رقم (8)، مما يدل على أن الحوض في مرحلة النضج.

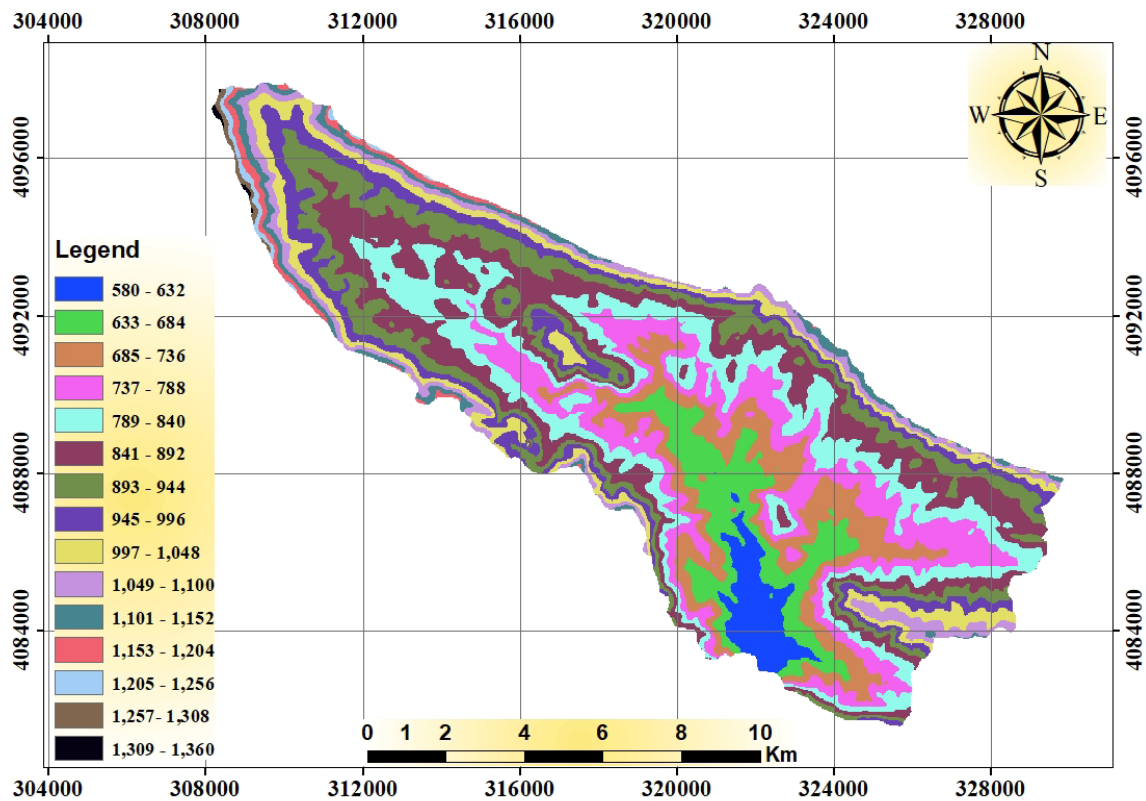
المعادلة الآتية حسب (ابو العينين، 1995).  
التكامل الهبومتري = متوسط الارتفاع - اقل ارتفاع / اعلى ارتفاع - اقل ارتفاع..... (16)  
تبرز أهمية في كونه يعطى أصدق تمثيلاً للمدة الزمنية المنقضية من الدورة التحاتية لحوض التصريف، إذ تُشير القيم المرتفعة للتكامل الهبومتري إلى زيادة المساحة على حساب التضاريس، مما يعني أن التعرية المائية قد شملت مساحة واسعة ويعكس ذلك قدم عمر الحوض (طاهر، 2015)، واستناداً الى حدود قيم التكامل الهبومتري التي اوصى بها (Miller, 1953) وكما جاء في (Sharma et al, 2016) الموضحه ادناه حيث تم اعتمادها لتحديد مراحل الحوض العمرية وهي:

جدول رقم (6) الذي يوضح قيم ومعدل التكامل الهبومتري (م) في حوض منطقة البحث

ت	اقل ارتفاع	اعلى ارتفاع	متوسط الارتفاع	متوسط الارتفاع - اقل ارتفاع	اعلى ارتفاع - اقل ارتفاع	التكامل الهبومتري
1	580	632	612.81	32.81	52	0.63
2	633	684	661.58	28.58	51	0.56
3	685	736	711.33	26.33	51	0.52
4	737	788	763.25	26.25	51	0.51
5	789	840	816.33	27.33	51	0.54
6	841	892	865.84	24.84	51	0.49
7	893	944	916.62	23.62	51	0.46
8	945	996	968.02	23.02	51	0.45
9	997	1048	1021.15	24.15	51	0.47
10	1049	1100	1071.90	22.90	51	0.45
11	1101	1152	1122.92	21.92	51	0.43
12	1153	1204	1174.70	21.70	51	0.43
13	1205	1256	1226.94	21.94	51	0.43
14	1257	1308	1279.37	22.37	51	0.44
15	1309	1360	1325.55	16.55	51	0.32
					المجموع: 766	المعدل: 0.48

معالجات لنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في برنامج (Arc Map)، تم رسم خريطة المنطقة الهبسومترية رقم (4)، حيث تم تقسيم الحوض الى (15) نطاق وعن طريق سلسلة من الحسابات تم استخراج قيم ارتفاعات المنطقة والمساحة لكل نطاق وكما مبين في الجدول رقم (7)، وبعدها تم رسم المنحني الهبسومتري شكل رقم (5)، ومن ملاحظة شكل المنحني الهبسومتري تبين ان الحوض يمر في مرحلة النضج.

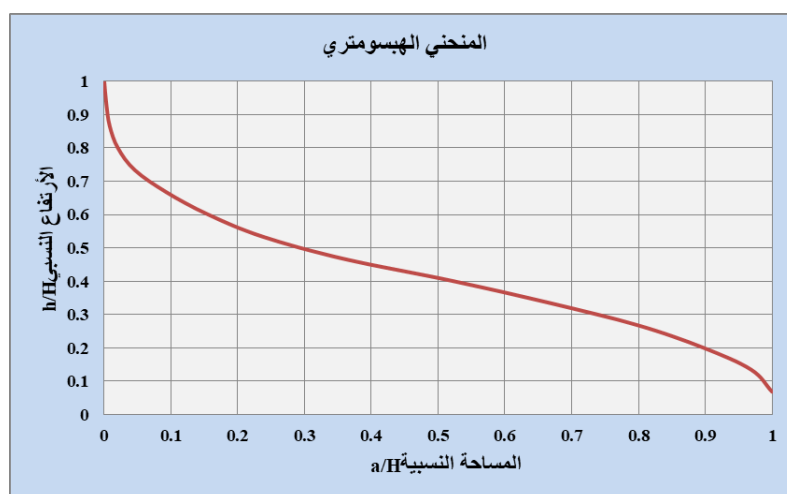
2. المنحني الهبسومتري Hypsometric Curve:  
 يُعد المنحني الهبسومتري من الادوات المهمة في دراسة الانهار والأودية ، فهو يوضح المرحلة التي يمر فيها الحوض فإذا كان المنحني مقوس الى الاعلى دل ذلك على ان الحوض في مرحلة الشباب، وإذا كان المنحني مقعر الى الاسفل فيعني ذلك ان الحوض يتجه الى مرحلة النضج أو الشيخوخة، ويعتمد المنحني على العلاقة النسبية بين المساحات المحصورة بين الخطوط الكنتورية وارتفاع تلك المساحات (الدليمي، 2017)، من خلال عدة



خريطة رقم (4) المنطقة الهبسومترية لحوض منطقة البحث، بالاعتماد على المرئية الرادارية (DEM) ذات وضوحية 30\*30 وباستخدام برنامج (Arc GIS 10.4).

جدول رقم (7) يبين ارتفاعات الانطقة والمساحة النسبية والارتفاع النسبي في الحوض

ت	خط الكنتور	المساحة (كم <sup>2</sup> )	الارتفاع النسبي %	المساحة النسبية %
1	632-580	4.19	0.07	1
2	684-633	9.67	0.14	0.969
3	736-685	12.97	0.20	0.896
4	788-737	17.54	0.27	0.799
5	840-789	19.57	0.33	0.668
6	892-841	21.86	0.40	0.522
7	944-893	16.21	0.47	0.359
8	996-945	10.95	0.53	0.238
9	1048-997	8.29	0.60	0.156
10	1100-1049	6.36	0.67	0.094
11	1152-1101	3.40	0.73	0.046
12	1204-1153	1.65	0.80	0.021
13	1256-1205	0.66	0.87	0.009
14	1308-1257	0.41	0.93	0.004
15	1360-1309	0.10	1	0.0007



شكل رقم (5) يبين المنحني الهيسومتري لحوض منطقة البحث

جدول رقم (8) يبين الخصائص التضاريسية لحوض منطقة البحث

معدل التضرس	نسبة التضرس (م/كم)	قيمة الوعورة (كم/كم <sup>2</sup> )	التكامل الهيسومتري (كم <sup>2</sup> /م)	النسيج الحوضي	التكامل الهيسومتري
31.87	12.28	2.69	0.17	16.78	المعدل: 0.4754

## ● درجة الانحدار Degree of Slope:

تمثل المنحدرات نتاجاً طبيعياً استمر تشكيله لمدة زمنية قديمة جداً، وتعتبر من الدراسات الجيومورفولوجية المهمة التي تبرز أهم العمليات الجيومورفولوجية المتمثلة بالتجوية والتعرية والإرساب (Pavlopoulos et al., 2009)، توضح خريطة شدة الانحدار ملامح نوع وشدة العملية الجيومورفولوجية السائدة في المنطقة، حيث يمكن من خلالها تقييم تطور حركة المنحدرات، وهو ما جذب اهتمام العديد من الجيومورفولوجيين، ما جذب اهتمام العديد من الجيومورفولوجيين، (Christopher, 2004 & Duncan)، تم استخراج خريطة شدة الانحدار باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وتصنيفها من خلال برنامج (ARC GIS) إلى خمسة فئات، كما هو موضح في الشكل رقم (6). اعتمدت البحث على التصنيف الجيومورفولوجي المعد من قبل (Zink)، والذي يشمل تصنيفاً هرمياً متسلسلاً يتكون من خمسة مستويات تصنيفية. يُستخدم هذا التصنيف لتحديد أنواع التضاريس والأشكال الأرضية على مستوى الانحدار الأرضي (Christopher, 2004 & Duncan) وتمثلت الأصناف بما يلي:

- مثل الصنف (1) شدة انحدار تراوح بين (0-8) درجة، إذ تظهر في مناطق الاستواء التضاريسي لاسيما في الأجزاء السهلية والمستوية من منطقة البحث التي أصبحت تستقبل الرواسب من المرتفعات المنتشرة في المنطقة لتشكل سهول مستوية طفيفة الانحدار، وتعد من الميزات الأساسية التي جعلتها من الأراضي التي تصلح للاستخدامات الزراعية والاروائية والسكنية.

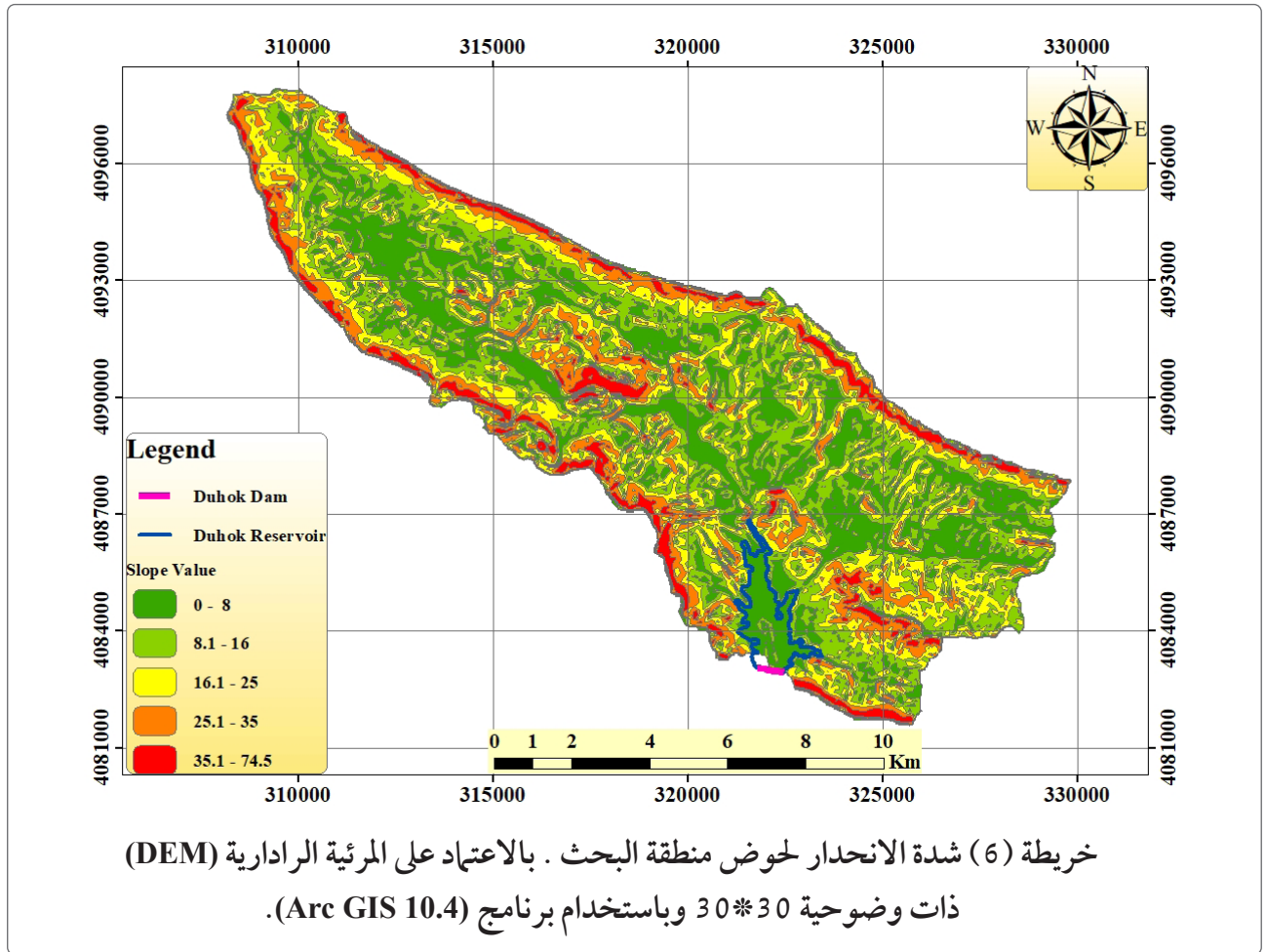
- يمثل الصنف (2) الأراضي قليلة الانحدار التي تراوحت قيم انحدارها بين (8.1-16)

درجة، واتسمت أراضيها بتموج خفيف إلى متوسط وتوزعت فيها المراوح الفيضية المنحدرة من المرتفعات .

- مثل الصنف (3) تراوح شدة انحداره بين (16.1-25) درجة، إذ تظهر فيها مناطق متوسطة الانحدار وتقع في مناطق أسفل المنحدرات وتمثل أراضي وعرة تتخللها بعض التلال الواطئة وتقطعها وديان الشبكة المائية التي تبدأ عملياتها الترسيبية الأولى فيها وتكون أراضي ذات رواسب خشنة.

- يمثل الصنف (4) شدة انحدار تراوحت بين (25.1-35) درجة عبرت عن مناطق اتسمت بمنحدرات شديدة ضمن الحوض، وتحديدًا في منطقة المنابع (مخارج الوديان).

- مثل الصنف (5) المواقع التي تزيد انحدارها عن (35.1-74.5) درجة واتصفت بانحدارات شديدة جدا مثلت مناطق الارتفاعات العالية في حوض منطقة البحث .



هذه الصخور ذات طبقات أفقية ممتدة أو تميل بزواوية بسيطة. تبدو الأنهار في هذا النمط كفروع الأشجار، حيث تتفرع بشكل متعدد. تختلف كثافة التفرع في هذا التصريف اعتماداً على صلابة الصخور ومساميتها، بالإضافة إلى نوعية المناخ. تزداد كثافة التفرع عندما تكون الصخور ذات صلابة منخفضة، مثلما يحدث في الصخور الرسوبية، في حين يقل التفرع في المناطق التي تحتوي على الصخور النارية الصلبة المقاومة، كما تزداد درجة التفرع مع زيادة كمية التساقطات وتقلل مع القلّة فيها (كربل، 1989). ويتمثل هذا النمط في أغلب اجزاء الحوض ويظهر بشكل واضح في الاجزاء الوسطى من الحوض وكما موضح في الخريطة رقم (7).

#### ● انماط التصريف Stream drainage forms:

شبكة التصريف النهري لأي منطقة تتبع شكلاً خاصاً يُعرف بنمط التصريف، وهو الطريقة التي تظهر بها مجريات الأنهار والأودية على الخريطة لتلك المنطقة. يتأثر نمط الشبكة النهرية بالعلاقات بين نوعية المناخ السائد، وطبيعة التضاريس، وأيضاً نوعية الصخور وبنيتها (Thornbury 1969). وقد امكن تمييز عدد من انماط التصريف ضمن حوض منطقة البحث، وهي على النحو الآتي: كما في الشكل رقم (7).

1. نمط التصريف الشجري Dendritic drainage:  
وجود هذا النمط من التصريف يرتبط بالمناطق التي تتميز بصخورها المتجانسة، وغالباً ما تكون

مع صخور هشّة مما جعل المجرى يسلك الطريق السهل اي فوق الصخور السريعة التعرية (العكام، 2008). حيث يتمثل هذا النمط في الجزء العلوي من حوض منطقة البحث في الأجزاء الشمالية الغربية، كما هو موضح في الخريطة رقم (7).

#### 4. نمط التصريف المتعامد (المستطيل)

##### Rectangular drainage :

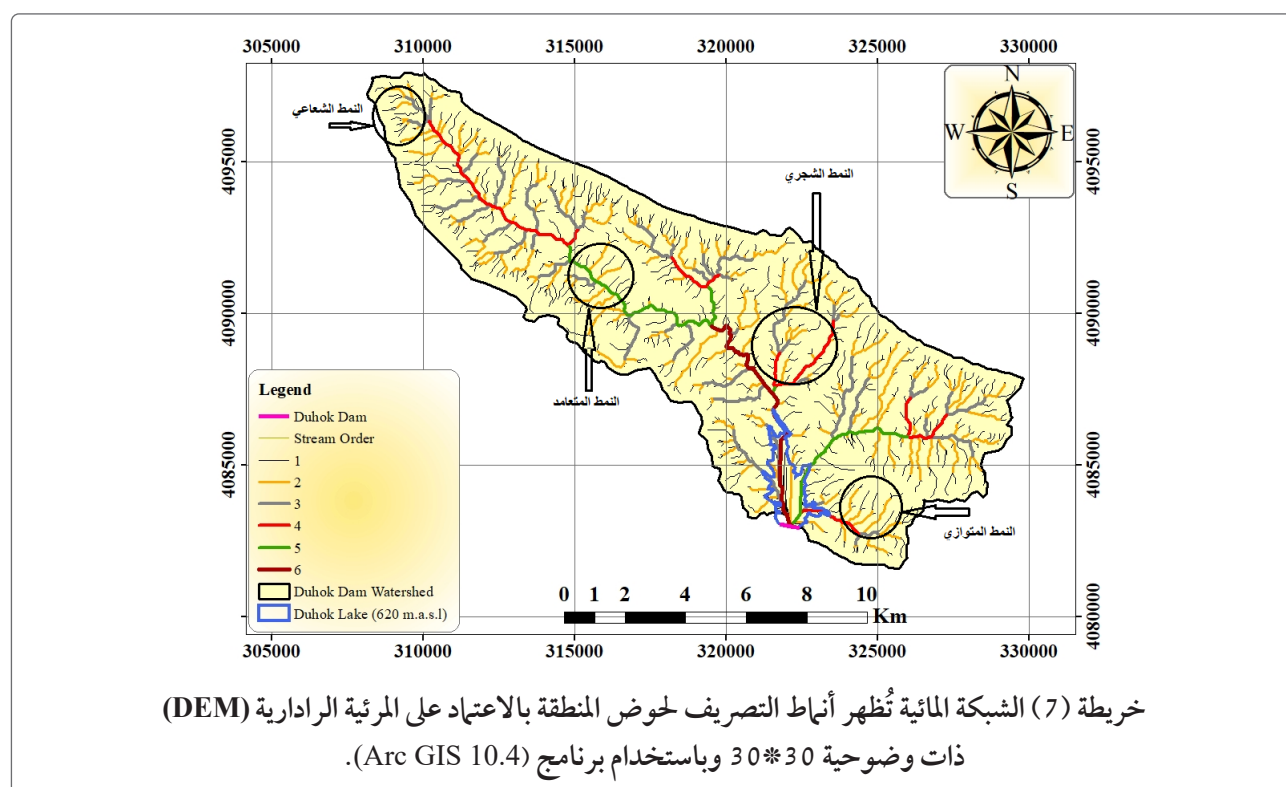
ينشأ هذا النوع من أنماط التصريف عندما تكون خطوط الطبقات مستقيمة أكثر وعلى منحدرات ذات انحدار معتدل. يحدث التقاء الروافد مع الوادي الرئيسي بزوايا قائمة نتيجة لتباين صلابة الصخور في مقاومتها لعمليات التعرية المائية. الوديان الرئيسية تعبر الطبقات الصخرية الضعيفة، بينما تدخل الروافد التي تجري على الصخور المقاومة الوادي بزوايا حادة (سلامة، 2007). ويتمثل هذا النمط من التصريف في الاجزاء الغربية من منطقة البحث كما في الخريطة رقم (7).

#### 2. نمط التصريف المتوازي Parallel drainage :

يظهر هذا النمط في الأجزاء الجنوبية الشرقية من حوض المنطقة، كما هو موضح في الخريطة رقم (7)، حيث تشكل منطقة مرتفعة ومتضرسة في نفس الوقت اذ يتحكم هذا النمط بانحدار سطح الأرض وعامل البنية المشكلة لهذه المنطقة، اذ تنحدر المسيلات المائية على سفوح المنحدرات متخذة من الشقوق والفواصل مسارات لها تجري مع الميل العام لسطح الأرض، ويتغير هذا النمط بابتعاده عن المنحدرات عند وصوله المناطق السهلية الى نمط شجري (الجبوري، 2005).

#### 3. نمط التصريف الشعاعي Radial drainage :

يقترن وجود هذا النوع من التصريف بوجود المرتفعات وهو انتشار المجاري من نقطة واحدة متمثلة بمرتفع جبلي نحو المناطق المجاورة، ينتشر هذا النمط في مناطق محددة في الحوض، وقد ساعد على تواجد فضلاً عن عامل الارتفاع هو التباين في صلابة الصخور اي وجود صخور صلبة على تماس



نشاط عمليات الحت بفعل المياه وان الحوض مازال لديه الكثير من النشاط الجيومورفولوجي لتحقيق التوازن في مجاريه.

7. بلغت قيمة التكامل الهبومتري للحوض المنحني الهبومتري حدد ان الحوض يكون في مرحلة النضج لذا امام الحوض وقت في عمليات تعرية قادمة.

8. صنفت درجات انحدار الحوض حسب تصنيف (Zink) الى خمسة اصناف تبدأ من (-0-74.5) درجة.

9. اظهرت شبكة تصريف المجاري المائية لحوض منطقة البحث عدة أنماط تبعا للبنية الجيولوجية وهي نمط التصريف المتوازي ونمط التصريف الشجري ونمط التصريف المتعامد ونمط التصريف الشعاعي.

### الاستنتاجات

1. بلغت المساحة لحوض المنطقة (133.89 كم<sup>2</sup>) وبمحيط (63.7 كم)، ويمكن اعتبارها مساحة صغيرة نسبيا ما يؤدي الى زيادة التصريف المائي في الحوض، وانخفاض معدلات التبخر والتسرب مقارنة بالأحواض الكبيرة.

2. اغلب التكوينات الصخرية تعود للزمن الثلاثي بالاضافة الى تكوينات العصر الطباشيري حيث انها تتباين في مقاومتها واغلبها مقاوم للتعرية.

3. انحدار المنطقة من الشمال الغربي نحو الجنوب والجنوب الشرقي متماشيا مع اتجاه الطيات في المنطقة.

4. يتألف حوض المنطقة من ست مراتب نهريية حسب تصنيف (ستريلر Strahler)، تتباين هذه المراتب من حيث اعدادها واطواها اذ بلغت اعداد الرتبة الاولى (825) وبطول (234.93 كم)، واعداد الرتبة الثانية (185) بطول (122.76 كم)، واعداد الرتبة الثالثة (45) بطول (58.39 كم)، واعداد الرتبة الرابعة (9) بطول (20.04 كم)، واعداد الرتبة الخامسة (4) بطول (15.07 كم)، واخيرا الرتبة السادسة (1) بطول (8.75 كم).

5. اظهرت الخواص الشكلية للحوض انها بعيدة عن الشكل الدائري وقريبة من المستطيل حيث بلغت نسبة استطالة الحوض (0.53)، واقترابه من الشكل المثلث حسب قيمة معامل الشكل التي بلغت (0.22).

6. حسب الخصائص التضاريسية بلغت اعلى نقطة في الحوض (1375 m) فوق مستوى سطح البحر، بينما ادنى نقطة في الحوض بلغت (593 m) فوق مستوى سطح البحر، وبلغ معامل التضرس للحوض (31.87) وهي قيمة مرتفعة تدل على قلة

### المصادر

- منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية، مجلة كلية الآداب، جامعة طنطا، ع12.
9. الشكرجي، بشار منير. (2005): استخدام نظام المعلومات الجغرافية لدراسة الخواص المورفومترية والتغذية الاصطناعية لحوض وادي قويسبي شمال غرب العراق، المجلة العراقية لعلوم الارض، المجلد 5، العدد 2، ص 103-113.
10. الصحاف، مهدي محمد. و كاظم موسى، (1998): هيدرومورفومترية حوض ديالى دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، مجلة آداب المستنصرية، العدد 16، ص 788.
11. العاني، رقية احمد محمد، (2010): جيومورفولوجية سهل السندي، اطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة الموصل.
12. العطواني، زينب إبراهيم حسين، (2015): التباين المكاني للظواهر الجيومورفولوجية الخطرة في محافظة أربيل، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، الجامعة المستنصرية، كلية التربية.
13. العقيل، هيا محمد صالح، جيومورفولوجية حوض وادي لحاء احد روافد حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية، اطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة الرياض، 2007.
14. العنانزة، علي احمد عبدالله، "مدى استغلال الموارد الطبيعية والبشرية لوادي ابن حماد في محافظة الكرك بالأردن"، مجلة جامعة الملك عبدالعزيز، المجلد 13، العدد 3، 2005، ص 213-185.
15. القصير، زينب حسن علي (2015): الخصائص المورفومترية لوديان الجفر المالح
1. ابو العينين، حسن سيد احمد، (1995): اصول الجيومورفولوجيا، مؤسسة الثقافة الجامعية، الاسكندرية، ط 4.
2. ابو سمور، حسن، حامد الخطيب، (1999): جغرافية الموارد المائية، الطبعة الاولى، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.
3. الارياني، عبدالسلام احمد، (2000): حوض وادي بنة في الجمهورية اليمنية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة بغداد.
4. الجبوري، دلي خلف حميد، (2005): حوض وادي الفضا في المنطقة المتوجة من العراق (دراسة في الهيدرولوجيا التطبيقية)، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة تكريت، كلية التربية، ص 75.
5. الجبوري، مرعي ياسين حمود، مورفولوجية حوض وادي الشور- مقارنة لاستخدام مصادر البيانات المتعددة وتقاناتها، اطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة الموصل، 2009.
6. الحمداني، خالد اكبر عبدالله، وسلمان، نيرام محمد (2015) : الخصائص المورفومترية لحوض وادي الريحانة في قضاء عنة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة اوروك للعلوم الانسانية، كلية التربية، جامعة المثنى، المجلد 2، العدد 1.
7. الدليمي، خلف حسين، (2017): الانهار دراسة جيوهيدرومورفومترية تطبيقية، دار صفاء للنشر والتوزيع، ط 4، عمان.
8. السليمان، فايز محمد مشبب (2017): تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دعم التنمية المستدامة في حوض وادي أ بها

- المورفومترية لحوض بيرة كبيرة في قضاء عقرة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية، جامعة بغداد.
24. زريقات دلال علي. و يسرى عبدالكريم الحسبان، "الخصائص المورفومترية لحوض نهر الزرقاء في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج التضرس الرقمي"، مجلة دراسات العلوم الانسانية والاجتماعية، المجلد 42، ملحق 1، 2015، ص 1482.
25. سلامة، حسن رمضان، (2007): أصول الجيومورفولوجيا، ط2، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان.
26. شريف، ازاد جلال، (2000): هيدرومورفولوجية حوض نهر الخابور، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد 34، الطبعة 2، ص 182.
27. طاهر، مروة علي، (2015): الخصائص المورفومترية لحوض وادي أفي سرکه في محافظة دهوك، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة بغداد، كلية التربية / ابن رشد.
28. عاشور، محمد محمد، (1986): "طرق التحليل المورفولوجي لشبكات التصريف المائي"، حولية كلية الانسانيات والعلوم الاجتماعية، جامعة قطر، العدد 9، ص 496.
29. عواودة، محسن محمد علي، (2020): الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لحوض وادي دلوة بمدينة المجرادة عسير المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة الهيدرولوجية، المجلة المصرية للتغير البيئي، مج 12، ع 1.
30. كربل، عبد الاله رزوقي، (1986): علم وعلاقتها بالنشاط البشري، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الكوفة.
16. القصير، زينب حسن علي، (2015): الخصائص المورفومترية لوديان الجفر المالح وعلاقتها بالنشاط البشري، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الكوفة.
17. الكراعي، نجم عبدالله كامل، وآخرون، (2016): "التحليل الجيومترى لموقع سد الجرناف المقترح الشرقاط / شمال العراق"، مجلة تكريت للعلوم الصرفة، المجلد 21، العدد 2، ص 121.
18. المشاط، هند عبد الرحمن، (1995): حوض وادي لية بالمملكة العربية السعودية دراسة جيومورفولوجية، اطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة جدة.
19. المؤمني، لطفي راشد، (1997): هيدرولوجية حوض وادي الموجب الرئيسي في الأردن، دراسة في الجغرافية التطبيقية، مطبعة وزارة الثقافة، الأردن.
20. الوائلي، علي عبد الزهرة (2012): علم الهيدرولوجي والمورفومترى، مطبعة احمد الدباغ، بغداد، 117 ص.
21. تيم، فيروز كامل محمد، (2015): حوض وادي زقلاب (الأردن) دراسة جيومورفولوجية "رسالة ماجستير (غير منشورة)، الجامعة الاسلامية - غزة، كلية الآداب.
22. جودة، حسنين جودة، محمود عاشور، (1991): وسائل التحليل الجيومورفولوجي، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، الطبعة الاولى.
23. حسين، زياد طارق (2018): الخصائص

- nold.
39. Hamdon, A. N., Zand, R. K., Qubaa, A. R., & Ali, S. H. (2024). Geomorphological Analysis of Duhok Dam Site Using Remote Sensing Data. *Iraqi National Journal of Earth Science*, 24(1), 1–15. <https://doi.org/10.33899/earth.2023.139763.1073>.
40. Horton, (1945): *Erosional Development of streams and Their Drainage Basin*, Hydrology, Approach to quantitative Morphology, *Golsoc, Bull*, 56, R.E.
41. Huggett, R.J. (2007) *Fundamentals of Geomorphology*, 2nd edit, London and New York, Routledge Taylor and Francis Group, 2007.
42. Kuldeep pareta , upasana pareta, (2011): quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna basin , india using aster (dem)data and gis, *international journal of geomatics and geosciences*, vol2, no1.
43. Melton, M.A., (1958) ' Correlation structure of morphometric properties of drainage system and their controlling agents', *Journal of Geology*, Vol.66, pp. 442-460.
44. Miller, V. C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area Virginia and Tennessee. Ft. Belvoir Defense Technical Information Center 30 SEP.
45. Morisawa, M. (1985). *Geomorphology Texts. Rivers form and process*.
46. Morisawa, M.E, (1968): *Measurement of Drainage Basin Outline, Form, Jour, Geo*
- الاشكال الارضية الجيومورفولوجية، كلية الآداب، جامعة البصرة، مطبعة جامعة البصرة، ص 125.
31. محسوب ، صبري، (2001): *جيومورفولوجية الاشكال الأرضية ، الطبعة الثانية ، دار الفكر العربي للنشر والتوزيع ، القاهرة* .
32. محسوب ، محمد صبري ، (1997): *جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، جامعة القاهرة، دار الفكر العربي للطباعة والنشر* .
33. Abd, Sarah A.; Muhammad, Yahya H.(2024). Morphometric Analysis of The Alluvial Fans and Its Drainage Basins in The Sulaibiyat Depression Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Iraqi National Journal of Earth Science*, Vol. 24, No. 1, 2024(45-61).
34. Abdulla, Hamed Hassan, (2010): Morphometric parameters study for the lower part of lesser zap using GIS technique', *Diyala journal for pure sciences*, Vol. 7, pp. 138.
35. Chorley, J.R., (1957) A new Standard of Estimating Basin Shape., *Amer., Jour., Sci.*, V.255., pp 139.
36. Duncan C. Wyllie and Christopher W. Mah, (2004): *Rock slope Engineering*, TH4, Spon press Taylor & Francis Group, LONDON AND NEW YORK.
37. Grade, R.J., (2006): *River Morphology*, New Delhi, New Age International.
38. Gregory K.J. and D.E. Walling, (1973): *Drainage basin form and Process, A geomorphological approach*, Edward Ar-

54. Strahler, A.N., (1957): 'Quantitative analysis of watershed geomorphology', Transaction of American Geophysical Union, Vol-8, , pp. 913-920.
55. Strahler, A.N.,(1958) 'Dimensional analysis to fluviially Evaded Land Forms', Bulletin of Geological of America, Vol., 69, P. 280.
56. Thornbury, W.D,(1969): Principles of Geomorphology Second Edition, John Wiley and Sons, Inc, New York, London, P.12.
57. I, p160.
47. Pavlopoulos K. &N. Evelpidou &A . Vassilopoulos,(2009) ) :Mapping Geomorphological Environments , Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
48. Reddy, et al., 'Drainage Morphometry and its influence on Land form characteristics in a Basaltic Terrain, central India', International journal of applied earth observation and Geo information, 2004, 16p.
49. Reshma Parveen, and Uday Kumar, and Vivek Kumar Singh, (2012) 'Geomorphometric Characterization of Upper South Koel Basin, Jharkhand', Journal of Water Resource and Protection, India, Vol.4, pp 1042-1050.
50. Ritter D.F., and Kochel R.C., and Miller J.R.,(1995) In Process Geomorphology, Dubuque, William C. Brown.
51. Schumm S.A., (1977): the Fluvial System, United States of America, Jon Wiley and Sons.
52. Schumm, S.A.,(1956) Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Anboy, New Jersey, Bulletin of the Geological Society of America.
53. Sharma, S. K., MeSHRAM, Sari. Gaj., Patil, R. J., & Tignath, S. (2016). Hypsometric analysis using geographical information system of Gour river watershed, Jabalpur, Madhya Pradesh, India. Current World Environment,56 ,(1)11 .

