هيدرومورفومترية حوض وادي العضاضة في جنوب غرب العراق

أ.م.د أحمد خميس حمادي المحمدي
جامعة بغداد / كلية التربية ابن رشد للعلوم الإنسانية / قسم الجغرافية
م.م. دعاء ذياب فرحان
جامعة الفلوجة/ كلية الادارة والاقتصاد

Hydromorphometry of Al-Adhah Valley Basin in Southwest of Iraq

Assistant Professor Dr. Ahmed Khames Hammadi
University of Baghdad / College of Education Ibn Rushd for Human Sciences/ Department of Geography.
ahmed.khames@ircoedu.uobaghdad.edu.iq
Asst Lecturer. Doaa Dheyab Farhan
University of Fallujah. College of Administration and Economics.
Doaa.farhan@uofaillujah.edu.iq

المستخلص

تعد دراسة الخصائص المورفومترية للاحواض النهرية من الدراسات التي اخذت حيزا في الفترة الأخيرة, سيما مع تناقص كميات المياه المتاحة ومتزامن مع التطرف في سقوط الامطار. وهذه الدراسات المتمثلة بالخصائص المساحية, الشكلية, التضاريسية وخصائص الشبكة المائية، فضلا عن الخصائص الهيدرولوجية التي تتمثل بخصائص الجريان السطحي لحوض وادي العضاضة. اذ ان الهدف المرتجى من البحث التعرف الى العوامل الجغرافية التي من خلالها يمكن استثمار منطقة الدراسة في النشاطات المتعددة. تم الاعتماد في دراسة المنطقة على التقنيات الحديثة خرائط الارتفاعات الرقمية(DEM) وتحليلها ومعالجتها من خلال برنامج (ARCGIS 10.8), كما تم دراسة القياسات المورفومترية لتطبيق الطرائق الرياضية المعتمدة في مثل هكذا دراسات. تقع منطقة الدراسة جنوب غرب العراق إذ تشغل مساحة حوالي (٢٧)كم^{2}.

Abstract

The study of the morphometric characteristics of river basins is one of the studies that have taken up space in the recent period, especially with the decrease in the available water quantities and coinciding with the prevailing climate extremism. These studies are represented by the spatial, morphological, topographical and water network characteristics, in addition to the hydrological characteristics represented by the surface runoff characteristics of the Wadi Al-Adhah basin. The desired goal of the research is to identify the geographical factors through which the study area can be invested in various activities. The study of the area relied on modern techniques, digital elevation maps (DEM) and their analysis and processing through the ARCGIS 10.8 program. Morphometric measurements were also studied to apply the mathematical methods adopted in such studies. The study area is located in the southwest of Iraq, occupying an area of about (27) km2.

المقدمة:

الماء بداية الحياه وما زال اساس ازدهارها, وبسبب تزايد العجز المائي جاءت اهتمامات الباحثين بهكذا مواضيع فضلا عن العديد من المنظمات الدولية للتفكير الجدي بالأحواض النهرية والمشكلات التي تواجهها سيما الخصائص الجغرافية منها مما دفع الى الاهتمام بالمياه خصوصا في الاقاليم الجافة وشبه الجافة نظراً للدور الذي يلعبه الماء في الحياة الضرورية للكائنات الحية ومع زيادة السكان في العالم وتقدمهم اقتصاديا, حضاريا, واجتماعيا. وتبرز المشكلة في الاحواض الوقتية والموسمية الجريان والتي في العادة تكون بعيده عن الرصدات التي تتبناها الدولة. تمثل الدراسات الهيدرومورفومترية أحد الاتجاهات الحديثة لدراسة الأحواض المائية ويعد حوض التصريف المائي الذي يحده بموجبه المعطيات والخصائص المهمة التي يمكن قياسها كمياً لاجل التحليل والتصنيف وحدتها المساحية, وتأثير ذلك على حجم الجريان المائي, سرعته, وإمكانية حصول السيول ومن ثم استثمارها سميا في الأحواض المائية ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة, التي تعاني من نقص في المورد المائي. اذ تم الاعتماد في دراسة حدوث السيول المؤثرة في المنطقة على خصائص الجريان السطحي.

اولاً : مشكلة الدراسة :

هل للخصائص المورفومترية تاثير في الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي العضاضة؟

ثانياً : فرضية الدراسة :

أن للخصائص المورفومترية تأثير في الخصائص الهيدرولوجية في حوض وادي العضاضة.

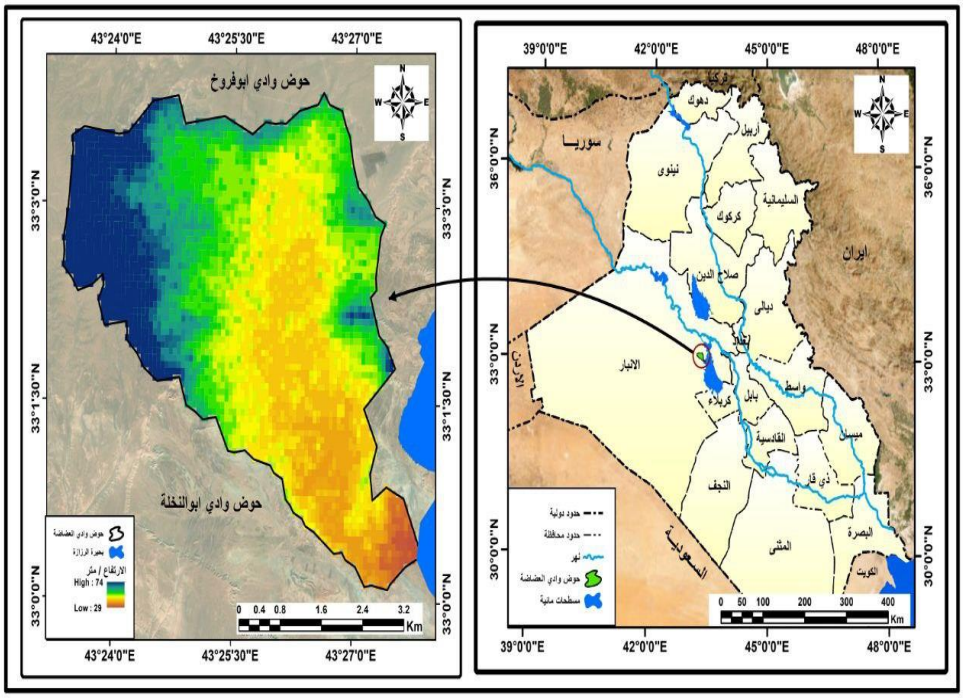
ثالثاً : موقع منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدراسة في جنوب غرب العراق ضمن الحدود الإدارية لكل من محافظة الأنبار، اذ يحده من الشمال وادي ابو فروخ اما من الشرق بحيرة الرزازة فيما يحده من الجنوب حوض وادي النخلة. أما موقعه الفلكي فيقع ما بين دائرتي عرض (33,° 5" ,0' ,51" – 33,° 3' ,43" ,23' ,22 – 43° 27',"50 43°) شمالا وخطي طول (43,° 23' ,22 – 43° 27',"50 43°) شرقا ينظر خريطة (١) وتبلغ مساحته (٢٧)كم٢.

رابعاً : هدف الدراسة :

يهدف البحث إلى دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية المتمثلة بالخصائص (المساحية والشكلية والتضاريسية وخصائص الشبكة المائية) والخصائص الهيدرولوجية المتمثلة (بخصائص الجريان السطحي) وتسهم هذه النتائج في تحديد حجم الجريان المائي وسرعته وإمكانية حدوث السيول والاستفادة

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على : خريطة العراق الادارية بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠، لسنة ٢٠٠٠, وباستخدام برنامج Arc GIS 10.8.

منها في حوض منطقة الدراسة، وذلك بالاعتماد على الأساليب الكمية والمرئيات الفضائية وتحليل الخرائط الطبوغرافية. وتقسم الخصائص المورفومترية الى كالاتي:

١- الخصائص المورفومترية لحوض منطقة الدراسة :

١-١- الخصائص المساحية:

تعد دراسة الخصائص المساحية ذات أهمية كبيرة في الدراسات الهيدرولوجية والمورفومترية لما لها من أثر مباشر على حجم الجريان المائي داخل الحوض النهري وترتبط هذه الخصائص بالبنية الجيولوجية, المناخ والزمن. إذ تتباين الاحواض المائية في مساحتها تبعا لقوى المقاومة المتمثلة بالخصائص الطبيعية للحوض وتبعا لهذا

التباين في مساحة الاحواض وطبيعة تصريفها فقد تم تحديد ودراسة الخصائص المساحية لحوض وادي العضاضة كالاتي.

١-١-١- مساحة الحوض

تعد مساحة الحوض أحد المتغيرات المورفومترية التي لها تأثير مباشر على الخصائص الهيدرولوجية من حيث حجم الجريان المائي في الحوض[١]. وتوجد علاقة طردية بين مساحة الأحواض المائية وكميات التصريف والناتج الرسوبي، فعندما تزداد مساحة الحوض يزداد كل من التصريف المائي والناتج الرسوبي للأنهار والعكس صحيح. ويتضح من خلال ملاحظة الجدول (١) أن مساحة حوض وادي العضاضة قد بلغت(٢٧)كم^{٢}.

١-١-٢ محيط الحوض :

يمثل محيط الحوض الحدود الخارجية (خط تقسيم المياه) التي تفصل الحوض المائي عما يجاوره من أحواض اخرى، وهو متغير مورفومتري يستخدم لمعرفة مدى اتساع وانتشار الحوض[٢].كلما زاد طول محيط الحوض المائي يزداد اتساعه[٣]. وتاتي اهمية دراسة محيط الحوض لارتباطه بالخصائص المورفومترية التي منها عرض وطول الحوض, شكل الحوض، مساحته واستدارة الحوض وقد بلغ محيط حوض منطقة الدراسة (٢٦)كم.

جدول (١) الخصائص المساحية لحوض منطقة الدراسة

اسم الحوض	مساحة الحوض /كم٢	النسبة المئوية	محيط الحوض /كم	طول الحوض /كم	طول المجرى الحقيقي /كم	طول المجرى المثالي /كم	متوسط عرض الحوض
حوض وادي العضاضة	٢٧	١٠٠	٢٦	٩	١٤.٣	٧.٦	٣

المصدر : الباحث بالاعتماد على برنامج Arc Map 10.8 .

١-١-٣ طول الحوض :

تمثل طول الحوض بالمسافة التي تصل بين أقصى نقطة عند منبع الحوض إلى أدنى نقطة في مصبه, اذ يظهر تأثير طول الحوض من خلال تحكمه في زمن تفريغ المياه عند المصب وهنالك علاقة طردية ما بين طول الحوض ومعدلات التبخر والتسرب، اذ كلما زاد طول الحوض يؤدي ذلك الى زيادة كميات الضائعات المائية من خلال التبخر والتسرب الى باطن الارض والعكس صحيح(٣). حيث بلغ طول حوض وادي العضاضة (٩)كم، في حين بلغ طول المجرى الحقيقي (١٤.٣)كم, اما طول المجرى المثالي فقد بلغ (٧.٦)كم.

١-١-٤- عرض الحوض :

يعبر عنه بالمسافة المستقيمة العرضية بين ابعد نقطتين عند المحيط الحوضي. وتاتي أهمية هذه الخاصية من خلال تأثيره في التساقط وكمية المياه المتجمعة في الحوض المائي, فكلما زاد عرض الحوض زاد ما يتلقاه من كميات التساقط المطري وبالتالي يزداد حجم الجريان المائي في الحوض. ويستخرج متوسط عرض الحوض من خلال المعادلة الآتية(٤) :

$$\text{متوسط العرض} = \frac{\text{مساحة الحوض } (\text{كم}^2)}{\text{طول الحوض } (\text{كم})}$$

ويتضح من خلال ملاحظة الجدول (١) وتطبيق المعادلة اعلاه أن متوسط طول حوض منطقة الدراسة بلغ (٣)كم^2/كم.

١-٢- الخصائص الشكلية :

يعد شكل الحوض أحد أهم الخصائص المورفومترية, فهو يمثل المحصلة النهائية لكل مراحل التطور الجيومورفولوجي التي مر بها الحوض ويؤثر شكل الحوض على حجم وكمية الجريان المائي, وبالتالي فهو يساعد على تحديد دلالة خطر الفيضان وسرعة وصول الموجة الفيضانية إلى منطقة المصب. ومن اهم تلك الخصائص الاتي.

١-٢-١- معامل الاستدارة

يبين هذا المعامل مدى اقتراب او ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري. وتتباين قيم هذا المعامل بين (٠-١)، فعندما تقترب القيمة من الواحد الصحيح هذا يدل على اقتراب شكل الحوض من الدائري, اما في حال اقتراب القيمة من الصفر فأن ذلك يدل على ابتعاده عن الشكل الدائري, اذ يمكن القول ان هذه دلالة على تعرج خطوط تقسيم المياه ومن ثم زيادة أطوال المجاري المائية او قصرها. ويمكن استخراج هذا المعامل وفق المعادلة الآتية(٥).

$$\text{معامل استدارة الحوض} = \frac{4 \times 3.14 \times \text{مساحة الحوض } (\text{كم}^2)}{\text{مربع محيط الحوض } (\text{كم})}$$

ومن خلال تطبيق المعادلة اتضح أن نسبة الاستدارة قد بلغت (٠.٥٠), يلاحظ جدول (٢) وهذا يدل على انخفاض نسبة الاستدارة إذ أن القيمة تبتعد عن الواحد الصحيح

لذلك فأن خطوط تقسيم المياه تكون متعرجة وغير منتظمة وأن الحوض يمر بمرحلة الشباب ومازال في بداية دورته الحتية ويميل إلى الاستطالة وعليه فأن دلالة خطر الفيضان تكون أقل مما هي عليه في الأحواض الدائرية الشكل.

١-٢-٢- معامل الاستطالة.

هو أحد المعاملات المورفومترية المهمة التي توضح مدى اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل أو ابتعاده عنه، وتتراوح قيمه بين (٠-١) فعندما تقترب القيم من الصفر دل ذلك على اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل، أما عندما تبتعد القيم عن الصفر وتقترب إلى الواحد الصحيح فأن ذلك يدل على ابتعاد الحوض عن الشكل المستطيل واقترابه من الشكل الدائري. ويتم استخراج نسبة الاستطالة من المعادلة الآتية[٦] :

$$\text{معامل استطالة الحوض} = \frac{\text{قطر طول دائرة بمساحة الحوض نفسه /كم}}{\text{أقصى طول للحوض /كم}}$$

لوحظ من تطبيق بيانات الحوض واستخدام المعادلة أن القيم تدل على استطالة حوض وادي العضاضة فقد بلغت (٠.٤٥)، يلاحظ جدول (٢) وهذا يعني انه يقترب من الشكل المستطيل من خلال الاستدلال على انه كلما كانت النسبة قد بعدت عن الواحد الصحيح يشير هذا إلى عدم الانتظام في خطوط تقسيم المياه وانخفاض قيم التصريف المائي وبالتالي زيادة الضائعات المائية بسبب طول المجاري المائية.

١-٢-٣- معامل تماسك المحيط.

هو احد المقاييس المورفومترية التي من خلاله يمكن ان يثبت مدى اقتراب شكل الحوض من الشكل المستدير أو الشكل المستطيل اذ كلما لوحظ ازدياد قيم هذا المعامل عن الواحد الصحيح يدل على اقترابه من الاستطالة, ويتم استخراجه وفق المعادلة الآتية(٧).

$$\text{نسبة تماسك المحيط} = \frac{1}{\sqrt{\text{نسبة تماسك المساحة (الاستدارة)}}}$$

ومن خلال نتائج تطبيق المعادلة لحوض منطقة الدراسة, يتبين ان قيم نسبة تماسك المحيط بلغت (١.٤١) يلاحظ جدول (٢) وهذا يدل على اقتراب شكل الحوض الى المستطيل وهذا يتفق مع النتائج السابقة.

١-٢-٤- معامل شكل الحوض :

يشير هذا المعامل إلى مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل المثلث، فعند تنخفض قيم هذا المعامل فأن ذلك يدل على اقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث وعندما ترتفع هذه القيم يدل ذلك على ابتعاد شكل الحوض من الشكل المثلث ويقترب الحوض من الشكل المثلث في حالتين الحالة الأولى عندما تكون منطقة المنبع تمثل رأس المثلث ومنطقة المصب قاعدة المثلث وهذا يشير إلى زيادة دلالة خطر الفيضان وذلك لسرعة وصول الموجة الفيضانية إلى المجرى الرئيسي نظراً لقصر الفترة الزمنية الازمة لوصولها أما الحالة الثانية عندما تكون منطقة المنبع تمثل قاعدة المثلث ومنطقة المصب تمثل

جدول (٢) الخصائص الشكلية لحوض منطقة الدراسة

اسم الحوض	نسبة الاستدارة	نسبة الاستطالة	نسبة تماسك المحيط	معامل شكل المحيط
حوض وادي العضاضة	٠.٥٠	٠.٤٥	١.٤١	٠.٣٣

المصدر : الباحث بالاعتماد على برنامج Arc Map 10.8

رأس المثلث وفي هذه الحالة تنخفض دلالة خطر الفيضان بسبب طول الفترة الزمنية التي تحتاجها الموجة الفيضانية للوصول إلى المجرى الرئيسي. ويستخرج معامل شكل الحوض من المعادلة الآتية(٨).

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

ويتضح من خلال تطبيق المعادلة على حوض منطقة الدراسة وملاحظة الجدول (٢) أن معامل شكل الحوض بلغ (٠.٣٣) وهو يشير إلى اقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث وتنطبق الحالة الثانية على حوض منطقة الدراسة حيث تمثل منطقة المنبع قاعدة المثلث وتمثل منطقة المصب رأسه وهذا يشير إلى انخفاض دلالة خطر الفيضان الواصلة الى المصب.

١-٣- الخصائص التضاريسية.

للخصائص التضاريسية أهمية كبيرة في الدراسات الهيدرولوجية وذلك لأنها توضح المرحلة الحتية التي وصل اليها الحوض ومدى تطور الشبكة المائية وتأثير ذلك على حجم وسرعة الجريان المائي السطحي وهي تعتمد في ذلك على درجة انحدار السطح فكلما كان الانحدار شديد كلما زادت سرعة الجريان المائي وعلى العكس من ذلك

عندما يكون الانحدار بسيط فيترتب على ذلك زيادة الضائعات المائية نتيجة لعمليتي التبخر والتسرب وتتضمن هذه الخصائص كالاتي.

١-٣-١- نسبة التضرس.

تعد نسبة التضرس أحد أهم الخصائص التضاريسية التي تشير إلى مقدار تضرس الحوض (الفرق بين اعلى وادنى ارتفاع في الحوض المائي), فضلاً عن الإشارة إلى طبيعة انحدار سطح الحوض حيث ترتبط نسبة التضرس بعلاقة طردية مع عامل الانحدار فكلما زادت نسبة التضرس زادت شدة الانحدار وهذا يؤدي إلى زيادة في سرعة وصول الموجات الفيضانية إلى المصب وبالتالي زيادة كميات الرواسب المنقولة وتستخرج نسبة التضرس وفق المعادلة الآتية[٩].

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{تضرس الحوض (الفرق بين اعلى وادنى نقطة في الحوض) (م)}}{\text{طول الحوض (كم)}}$$

ويتضح من خلال ملاحظة الجدول (٣) أن نسبة تضرس حوض وادي العضاضة قد بلغت (٥) م/كم وهذه النسبة المنخفضة تشير تضرس قليل وهذا يدل على قلة الانحدار وانخفاض كمية الرواسب المنقولة بسبب انخفاض سرعة الجريان المائي وبالتالي انخفاض دلالة خطر الفيضان.

جدول (٣) الخصائص التضاريسية لحوض منطقة الدراسة

نسبة التضرس م/كم	قيمة الوعرة	النسيج الحوضي	التكامل الهبسومتري
٥	٠,٠٣	٢٧,٨	٠,٦

١-٣-٢- قيمة الوعورة :

يوضح هذا المعامل العلاقة بين تضاريس الحوض وأطوال المجاري المائية ودرجة انحدارها وتتناسب قيمة الوعرة طردياً مع الكثافة التصريفية في الحوض حيث تزداد مع زيادة الكثافة التصريفية وأن ارتفاع قيم هذا المعامل تشير إلى تضرس شديد وسيادة التعرية المائية. ويتم استخراج قيمة الوعورة وفق المعادلة الآتية[١٠].

$$\frac{\text{كم} / \mathbf{2}\text{كم}}{\mathbf{1000}}$$

ومن تطبيق المعادلة على حوض وادي العضاضة تبين أن قيمة الوعرة (٠.٠٠٣), وهي قيمة منخفضة جداً وهذا يشير إلى قلة تضرس الحوض وأنه في بداية مراحل دورته الحتية.

١-٣-٣- النسيج الحوضي :

هو متغير مورفومتري يوضح درجة تقطع سطح الحوض المائي ويشير إلى مدى تقارب أو تباعد المجاري المائية عن بعضها، ويصنف النسيج الحوض إلى ثلاثة فئات النسيج الخشن ويكون معدل النسيج اقل من (٤) وادي/كم والنسيج المتوسط الخشونة يتراوح معدله بين (٤-١٠) وادي/كم والنسيج الناعم الذي يزيد معدله عن (١٠) وادي/كم, ينظر جدول (٤), ويستخرج النسيج الحوض من المعادلة الآتية[١١].

$$\text{النسيج الحوضي} \frac{\text{مجموع أعداد المجاري في الحوض}}{\text{طول محيط الحوض (كم)}}$$

ويتضح من خلال تطبيق المعادلة أن نسبة النسيج الحوضي قد بلغ (٢٧.٨) وهو يعتبر نسيج ناعم ويشير ذلك إلى طبيعة الصخور الهشة المنتشرة في الحوض.

جدول (٤) فئات النسيج الحوضي

الفئة	معدل النسيج وادي / كم	الوصف
النسيج الخشن	اقل من ٤	يتسم بتوزيع متباعد للأودية في الحوض حيث تكون الأودية قليلة جداً أو نادرة
النسيج المتوسط الخشونة	من ٤ – ١٠	تتوزع الأودية بشكل معتدل في الحوض حيث تكون منتشرة ولكن بكثافة اقل مقارنة بالنسيج الناعم
النسيج الناعم	أكثر من ١٠	الأودية كثيفة ومتقاربة حيث تتوزع الأودية بشكل مكثف في الحوض

١-٣-٤- التكامل الهبسومتري :

يشير التكامل الهبسومتري إلى المرحلة الحتية التي وصلت إليها أحواض التصريف المائي، ويتم حسابه بالاعتماد على العلاقة بين تضاريس الحوض ومساحته، وتدل القيم المرتفعة لهذا المعامل إلى زيادة مساحة الحوض على حساب تضاريسه ويستخرج التكامل الهبسومتري وفق المعادلة الآتية(١٢).

$$\text{التكامل الهبسومتري} = \frac{\text{مساحة الحوض /كم}^2}{\text{تضاريس الحوض/ م}}$$

بلغت قيمة التكامل الهبسومتري لحوض منطقة الدراسة (٠.٦) وهي قيمة منخفضة تشير إلى صغر مساحة الحوض وأنه مازال في بداية الدورة الحتية.

١-٤- خصائص الشبكة المائية :

يعد الشكل العام لروافد النهر برتبه المختلفة انعكاساً للعلاقات بين خصائص الصخور من حيث النفاذية والصلابة والانحدار العام للسطح وما يتضمنه من صدوع وشقوق وفواصل وظروف المناخ الحالي والقديم. وتتحكم الشبكات المائية بكمية التصريف المائي التي تتباين من حوض إلى آخر وسيتم تناول أهم خصائص الشبكة المائية وكما يأتي.

١-٤-١- المراتب النهرية.

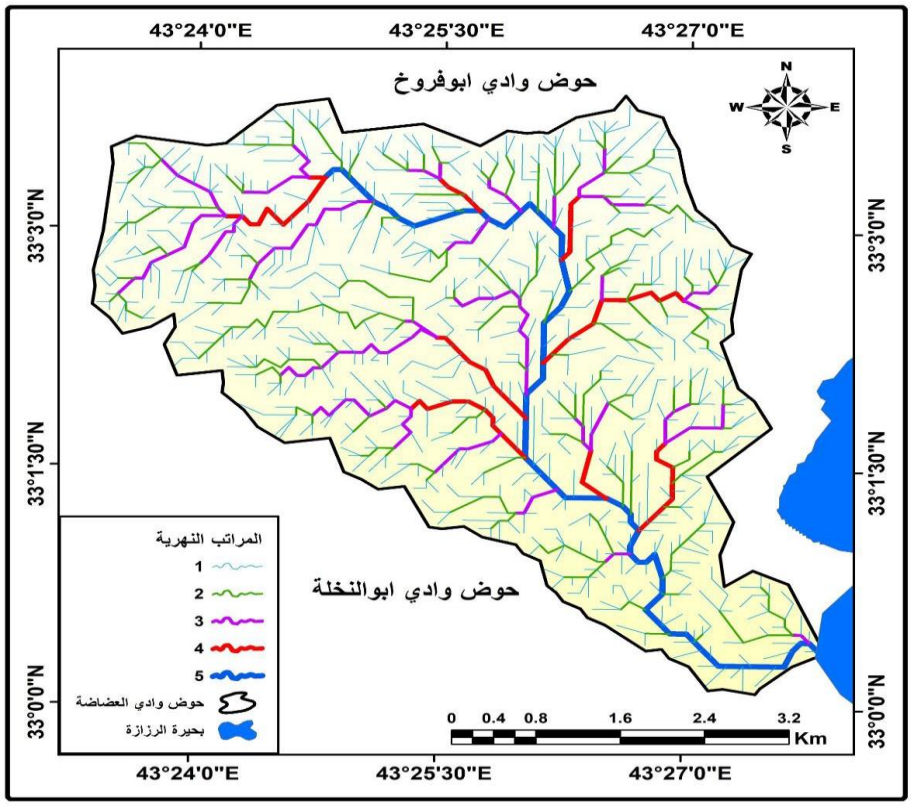
وهي مجموعة الروافد التي يتألف منها النهر نتيجة التقاء الروافد الصغيرة التي تعد بداية المسيلات والجداول المائية التي تتحد مع بعضها فتزداد طولاً وتصريفاً حتى تكون مجرى النهر الرئيسي إلى مصبه. وقد اقترحت عدة طرق لتحديد الرتب النهرية وتعتبر طريقة ستريلر الأكثر تطبيقاً حيث تتكون المرتبة الأولى من الروافد التي لا تصب فيها أي روافد اخرى أما المرتبة الثانية فتتكون من التقاء رافدين من المرتبة الأولى والمرتبة الثالثة تتكون من التقاء رافدين من الرتبة الثانية وهكذا. ويتضح من خلال ملاحظة الخريطة (٢) والجدول (٥) أن حوض منطقة الدراسة يتكون من خمس مراتب نهرية والذي بلغ مجموع اعدادها (٧٢٢) ويعود سبب ازدياد اعداد الى المرحلة التطورية للحوض والخصائص الطبيعة, اما مجموع اطوالها فقد بلغت (٥٢٨.٧)كم.

١-٤-٢- نسبة التشعب.

تعبر نسبة التشعب عن العلاقة بين عدد المجاري المائية في مرتبة معينة إلى عددها في المرتبة التي تليها. وتعد نسبة التشعب من المعاملات المورفومترية المهمة وذلك نتيجة لتحكمها في كمية التصريف المائي في الحوض ويتم استخراج نسبة التشعب من المعادلة الآتية[١٣].

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد المجاري في مرتبة ما}}{\text{عدد المجاري في المرتبة اللاحقة}}$$

خريطة (٢) المراتب النهرية لحوض منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماداً على خريطة العراق الادارية بمقياس ١: ٢٥٠٠٠٠، لسنة ٢٠٠٠, وباستخدام برنامج Arc GIS 10.8

جدول (٥) أعداد وأطوال المجاري المائية في الرتب النهرية لحوض منطقة الدراسة

المرتبة	أعداد المجاري المائية	أطوال المجاري المائية
١	٥٧٩	١٢٠.١
٢	١٠٤	٤٠.٣
٣	٢٩	٣٤٨.٠
٤	٩	٩.٦
٥	١	١٠.٧
المجموع	٧٢٢	٥٢٨.٧

المصدر : الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج (Arc Map 10,8) وفق نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة 30m.

ويتضح من ملاحظة الجدول (٦) وتطبيق المعادلة على حوض وادي العضاضة أن معدل التشعب لحوض منطقة الدراسة بلغ (٤.١٢) ويتضح من ذلك أن معدل نسبة التشعب يقع ضمن المعدل العام الذي وضعه (Strahelr) وهذا يدل على تشابه الخصائص الجيولوجية والتراكيب الصخرية في حوض منطقة الدراسة.

جدول (٦) نسبة التشعب لحوض منطقة الدراسة

اسم الحوض	نسبة تشعب المرتبة الأولى	نسبة تشعب المرتبة الثانية	نسبة تشعب المرتبة الثالثة	المعدل
حوض وادي العضاضة	٥.٥٦	٣.٥٨	٣.٢٢	٤.١٢

المصدر : الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج (Arc Map 10,8) وفق نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة 30m.

١-٤-٣- كثافة الصرف

يقصد بها درجة تفرع شبكات المجاري المائية ضمن مساحة محددة وتعد من المقاييس المورفومترية المهمة وتكمن أهميتها في التأثير على سرعة الجريان المائي ومعدل التصريف في أثناء تساقط الأمطار إذ تزداد سرعة الجريان بزيادة الكثافة التصريفية وينعكس ذلك على زيادة فعالية عمليات الحت المائي وتتأثر كثافة الصرف بالعوامل الطبيعة المتمثلة بنوعية الصخور والظروف المناخية. وتنقسم الكثافة التصريفية إلى نوعين وكما يأتي.

أ-**الكثافة الطولية.** وتعني النسبة بين أطوال المجاري المائية في الحوض إلى كامل مساحة الحوض وتستخرج من المعادلة الآتية(١٤).

$$\text{الكثافة الطولية} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري /كم}}{\text{مساحة الحوض /كم}\mathbf{2}}$$

ويتضح من خلال تطبيق المعادلة أعلاه والجدول (٧) أن كثافة الصرف الطولية لحوض منطقة الدراسة بلغت (١٩.٥) كم/كم^{٢} وهي كثافة مرتفعة طبقاً للمعيار الذي وضعه (Strahler) ويعود السبب في ذلك إلى صغر مساحة الحوض وطبيعة التكوينات الصخرية.

جدول (٧) خصائص الشبكة المائية لحوض منطقة الدراسة

نسبة التشعب	كثافة الصرف الطولية	كثافة الصرف الطولية	معدل بقاء المجرى
٤,١٢	١٩,٥	٢٦,٧	٠,٠٥

المصدر : الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج (Arc Map 10,8)

ب- الكثافة العددية . وتقيس النسبة بين أعداد المجاري المائية ومساحة الحوض وتبرز أهميتها في معرفة تأثير عدد المجاري المائية على زيادة فعالية التعرية المائية والتقطع. وتستخرج الكثافة العددية وفق المعادلة الآتية[١٥].

$$\text{الكثافة العددية} = \frac{\text{مجموع أعداد المجاري المائية}}{\text{مساحة الحوض كم}^2}$$

وبلغت الكثافة العددية في حوض منطقة الدراسة (٢٦.٧) مجرى/كم.

١-٤-٤- معدل بقاء المجرى.

يحدد هذا المعامل المساحة الازمة لتزويد شبكة الاودية بالمياه، وهو يتناسب طردياً مع مساحة الحوض حيث أن زيادة قيمه تدل على زيادة مساحة الحوض على حساب أطوال مجاريه. ويستخرج وفق المعادلة الآتية[١٦].

$$M \frac{A}{\sum L\, Dd}$$

ومن خلال تطبيق المعادلة على حوض وادي العضاضة تبين أن معدل بقاء المجرى بلغ (٠.٠٠٥) وهي قيمة منخفضة ويرجع سبب ذلك إلى أن الحوض مازال في بداية دورته الحتية.

٢- الخصائص الهيدرولوجية لحوض منطقة الدراسة.

تعد الخصائص الهيدرولوجية انعكاساً للظروف المناخية السائدة في أحواض التصريف المائي وما تتصف به من خصائص جيولوجية وتضاريسية التي لها دور في تحديد حجم الجريان المائي وامكانية الاستفادة منه بشكل فعال خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعاني من نقص في مواردها المائية وستتم دراسة هذه الخصائص على الشكل الآتي.

٢-١- زمن التركيز.

وهو المدة الزمنية التي تستغرقها مياه الأمطار للتحول إلى جريان سطحي ووصولها من أقصى نقطة في الحوض إلى المصب وتكمن أهمية هذا المؤشر في أنه يوضح الاستجابة الهيدرولوجية لكمية الأمطار الساقطة على الحوض التي قد تؤدي إلى حدوث جريان سطحي أو سيول ويعتمد ذلك على عدة عوامل منها شكل الحوض المائي وأحوال المناخ والزمن ولحساب زمن التركيز تم الاعتماد على المعادلة الآتية(١٧).

$$TC = \frac{(L)1.15}{7700(H)0.38}$$

حيث أن :

TC= زمن التركيز.

L= طول المجرى الرئيسي (م).

H= الفرق في الارتفاع بين اعلى وادنى نقطة في الحوض (م).

١.٥- ٠.٣٨ = نسبة ثابتة.

ويتضح من خلال تطبيق المعادلة على حوض منطقة الدراسة وملاحظة الجدول (٨), بأن زمن التركيز بلغ (١.٨٤) ساعة و (٦٦٢٤) ثانية وهذا يدل على تأثير الخصائص المورفومترية على خصائص الجريان المائي حيث يميل الحوض إلى الاستطالة ويتصف بانحدار قليل وبالتالي ستحتاج المياه إلى زمن أطول للوصول إلى مخرج الحوض.

جدول (٨) زمن التركيز في حوض منطقة الدراسة

اسم الحوض	طول المجرى الرئيس	الفرق في الارتفاع	زمن التركيز بالساعة TC	زمن التركيز بالثواني (زمن التركيز بالساعة ٣٦٠٠)
حوض وادي العضاضة	١٤.٣٠٠	٤٥	١.٨٤	٦٦٢٤

المصدر : الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc Map 10.8).

٢-٢- زمن التباطؤ.

هو مدة الاستجابة الحوضية لهطول الأمطار أو الفترة الزمنية المحصورة بين سقوط الأمطار وبداية الجريان المائي[١٨]. ويتباين زمن التباطؤ من حوض مائي إلى آخر تبعاً لعدة عوامل تتمثل بمساحة وطول الحوض وانحداره العام ونوع التربة والغطاء النباتي المتوفر والتي تؤثر في سرعة وصول الجريان المائي إلى المصب ويستخرج زمن التباطؤ من المعادلة الآتية[١٩].

$$tp = ct[Lb \times Lca]0.3$$

حيث أن :

Tp : زمن التباطؤ بالساعة.

Ct : معامل زمن تدفق الذروة تتراوح قيمته بين (٠.٢ *- ٢.٢).

Lb : طول المجرى الرئيسي /كم

Lca : المسافة الفاصلة بين مصب الحوض ومركز ثقله /كم.

ويتضح من خلال تطبيق المعادلة وملاحظة الجدول (٩) أن زمن التباطؤ في حوض منطقة الدراسة قد بلغ (٤.١٧) ساعة حتى يبدأ جريان سطحي في الحوض ويعود هذا

إلى طبيعة التكوينات الجيولوجية ونوع الصخور وما تحتويه من شقوق وفواصل التي تؤثر على زيادة كمية المياه المتسربة إلى باطن الأرض.

جدول (٩) زمن التباطؤ (الاستجابة) لحوض منطقة الدراسة

اسم الحوض	طول المجرى الرئيس /كم	المسافة الفاصلة بين مصب الحوض ومركز ثقله /كم	زمن التباطؤ TP بالساعات	زمن التباطؤ بالدقيقة
حوض وادي العضاضة	١٤.٣	٤.٥	٤.١٧	٢٥٠,٢

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc Map 10.8)

٢-٣- تقدير حجم الجريان المائي السطحي.

ويقصد به الكمية المائية التي تتجمع في الحوض وتكون جريان مائي سطحي فيه، ويعتمد حوض وادي العضاضة في جريانه على كمية الأمطار الساقطة والمتذبذبة من موسم إلى آخر ونظراً لعدم وجود محطات هيدرولوجية في حوض منطقة الدراسة لتقدير حجم الجريان المائي السطحي لذلك تم الاعتماد على المعادلات التجريبية ومنها معادلة بيركلي التي تعتمد على متغيرين هما الأمطار والتضاريس وكالاتي[٢٠].

$$R = CIS1/2 \left[\frac{W}{L}\right] \mathrm{N}$$

حيث أن :

R : حجم الجريان السنوي المتوقع مليار (م^3).

C : ٠.٣٠ معامل ثابت.

I : حجم المطر (ملم).

S : معدل الانحدار (م/كم)

W : معدل عرض الحوض (كم).

L : طول الوادي (كم)

N : ٠.٤٥.

ومن خلال تطبيق المعادلة تبين أن حجم الجريان المائي السنوي في حوض وادي العضاضة قد بلغ (٠.٠٨١) مليار/م^{٣}.

٢-٤- سرعة الجريان المتوقع.

تعد سرعة الجريان من أهم المتغيرات الهيدرولوجية لأنها تحدد درجة الخطورة في حال حصول السيول في أحواض التصريف وترتبط سرعة الجريان بدرجة الانحدار حيث تزداد بزيادة الانحدار والعكس صحيح. وتم استخراج سرعة الجريان المتوقع وفق المعادلة الآتية[٢١].

$$\mathbf{V = L/\ tc}$$

حيث أن :

V : سرعة الجريان

L : طول الحوض /م

Tc : زمن التركيز بالثواني

ومن خلال تطبيق المعادلة بلغت سرعة الجريان في حوض وادي العضاضة (١.٣٦)م/ثا. ينظر جدول (١٠).

جدول (١٠) سرعة الجريان المتوقع في حوض منطقة الدراسة

سرعة الجريان	طول المجرى L	زمن التركيز بالساعات Tc	زمن التركيز بالثواني Tc
١,٣٦	٩	١,٨٤	٦٦٢٤

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc Map 10.8)

٢-٥- حساب كمية التدفق الاقصى للسيول (ذروة الجريان).

وهو أقصى تدفق للمياه الجارية في الحوض والتي ينتج عنها حدوث سيول، وتستخرج من المعادلة الآتية[٢٢].

$$QP = \frac{CP \times A}{tp}$$

حيث أن :

QP : كمية التدفق الأقصى للسيول في الحوض المائي (م^{٣}/ثانية)

A : مساحة الحوض المائي (كم^{٢})

CP : معامل تدفق الذروة (يرتبط بقابلية الحوض المائي لتخزين المياه وتتراوح قيمته بين ٢.٠، ٦.٥) واخترنا (٣)

TP : مدة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعات)

بلغ معدل التدفق الأقصى للسيول في حوض منطقة الدراسة (١٩.٤٢) م^{٣}/ثا

٢-٦- حساب زمن الاساس للسيل (القاعدة الزمنية للهيدروجراف)

تمثل المدة الزمنية لحدوث السيول في الأحواض المائية من المنبع وحتى المصب وتستخرج من المعادلة الآتية[٢٣].

$$\mathbf{Tb\ hours = Tp * 4}$$

حيث أن :

Tb (hr) : زمن الاساس للسيل (ساعات)

Tp : زمن التباطؤ

ومن خلال تطبيق المعادلة تبين أن زمن الأساس لحوض منطقة الدراسة بلغ (١٦.٦٨) ساعة

٢-٧- حساب فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل.

وهي المدة الزمنية التي يحتاجها السيل للوصول إلى أقصاه بمعنى الفترة التي يحتاجها الجريان المائي ليصل إلى أقصى منسوب له ويحسب من المعادلة الآتية[٢٤].

$$\mathbf{Tm(hr)} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{3}}\ \boldsymbol{Tb}\ (\boldsymbol{hr})$$

حيث أن :

Tm (hr) : مدة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (الساعة)

Tb (hr) : زمن الأساس للسيل

ويتضح من خلال تطبيق المعادلة أن معدل الارتفاع التدريجي لتدفق السيل في حوض منطقة الدراسة قد بلغ (٥.٥٦) ساعة، وهي مدة متوسطة مما يدل على أن خطورة الجريان السيلي متوسطة ايضاً

٢-٨- حساب فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل.

وهي الفترة التي يتطلبها الحوض حتى يتم تصريف كامل مياهه من المنبع حتى المصب، اي هي مدة انخفاض منسوب السيل وعودة المياه إلى وضعها الطبيعي , وتحسب وفق من المعادلة الآتية[٢٥].

$$\mathbf{Td(hr)} = \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{3}}\ \mathbf{Tb}\ (\mathbf{hr})$$

حيث أن :

Td (hr) : مدة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل (الساعة)

Tb (hr) : زمن الأساس للسيل

يتضح من خلال تطبيق المعادلة أن المعدل العام لمدة الانخفاض التدريجي بلغت(١١.١٢) ساعة ويتبين من ذلك وجود علاقة طردية بين زمن التباطؤ وكل القيم الزمنية الاخرى حيث ترتفع بارتفاع زمن الاستجابة في الحوض.

الاستنتاجات :

١- يعد حوض وادي العضاضة من الأحواض الجافة والذي يعتمد في تغذيته على كمية الأمطار الساقطة وبلغت مساحته (٢٧)كم^{٢}.

٢- تبين ان الحوض يقترب من الشكل المستطيل فقد بلغت نسبته (٠.٤٥)، يشير هذا إلى عدم الانتظام في خطوط تقسيم المياه وانخفاض قيم التصريف المائي وبالتالي زيادة الضائعات المائية بسبب طول المجاري المائية.

٣- أن لمساحة الحوض تأثير مباشر وكبير على حجم الوارد المائي وخصائص الجريان السطحي, اذ بلغ حجم الجريان المائي السنوي (٠.٠٨١) مليار/م^{٣}, وهذه الكمية من الممكن الاستفادة منها في استثمارات عدة كالزراعة والصناعة.

التوصيات :

١- أنشاء محطة قياس للتصاريف المائية على حوض وادي العضاضة لمعرفة مقدار التصاريف السنوية للإستفادة من المياه المتجمعة.

٢- استثمار الأراضي الصالحة للزراعة بالقرب من الحوض واستخدام منظومات الري الحديثة لتقليل كميات المياه المستهلكة وتلافي تدهور التربة.

٣- حث المهتمين بهكذا دراسات سيما الهيدولوجية لمواجهة النقص في كمياه المياه السطحية مع ارتفاع معدلات الجفاف في العراق.

الهوامش والمصادر

١. عبد الله سالم المالكي ، أساسيات علم الأشكال الأرضية (الجيومورفولوجي)، دار الوضاح للنشر، ط١، ٢٠١٦، ص١٨٥.

٢. خلف حسين علي الدليمي، الأنهار (دراسة جيوهيدرومورفومترية تطبيقية)، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ، ط١،٢٠١٧,ص٨٣.

٣. محمود سعيد السلاوي ، هيدرولوجية المياه السطحية، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع، ليبيا، ١٩٩٩، ص٢٠٦.

٤. أسامة فالح عبد الحسن المكتوب، جيومورفولوجية حوض وادي الضباع غرب ناحية بصية واستثماراته باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة المثنى، ٢٠١٨، ص٧٩.

5. Schumm .S.A Evolution of Drainage system and slopes in Bad land at Perth Am boy, New Jersey ,Bulletin of the Geological Society of America, Vol, 67 ,1956, p. 612.

٦. عمار حسين محمد العبيدي، جيومورفولوجية حوض وادي كورده ره، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية، جامعة ديالى، ٢٠٠٥، ص٨٠.

7. Horton. R. 1945, erosional development of streams and their drainage basins, Geol, Soc , Amer, Bull, vol, lvi, pp 275 – 370.

٨. حنان عبد الكريم عمران، حسين كريم حمد الساعدي، مورفومترية حوض وادي الكروي (شرقي محافظة واسط)، مجلة جامعة بابل للعلوم الإنسانية، المجلد٢٨، العدد٢، ٢٠٢٠، ص٩٦.

٩. حسن سيد أحمد ابو العينين ، حوض وادي الدبا (في دولة الامارات المتحدة، جغرافيته الطبيعية وأثرها في التنمية الزراعية)، جامعة الكويت، ١٩٩٠، ص٨٤-٨٥

١٠. جودة حسنين جودة، وسائل التحليل الجيومورفولوجي،ط١، ١٩٩١، ص٣٣.

١١. محمد مجدي تراب، التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي القصيب بالنطاق الشرقيمن جنوب شبه جزيرة سيناء، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد٣٠، الجزء الثاني، ١٩٩٧، ص٢٧٢.

١٢. خلف حسين علي الدليمي، مصدر سابق ,ص٨٧.

١٣. أسامة فالح عبد الحسن المكتوب، مصدر سابق، ص٩٤.
١٤. حسن أبو سمور، حامد الخطيب، جغرافية الموارد المائية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ط١، ١٩٩٩، ص٢٧.
١٥. أسامة فالح عبد الحسن المكتوب، مصدر سابق، ص٩٦.
١٦. خلف حسين علي الدليمي ، مصدر سابق، ص٩٧.
١٧. علياء عبد الله عبد الحسيناوي، هيدرولوجية سيول الأمطار لحوض وادي أبو حضير في هضبة العراق الجنوبية دراسة في تنمية الموارد المائية، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة ذي قار، ٢٠٢٢، ص١٢٨.
١٨. محمد سعيد البارودي، تقدير حجم السيول ومخاطرها عند المجرى الأدنى لوادي عرين جنوب شرق مدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية سلسلة بحوث جغرافية، العدد٤٨، القاهرة، ٢٠١٢، ص٥٣.
١٩. علياء عبد الله عبد الحسيناوي، مصدر سابق، ص١٣١.
٢٠. كاظم موسى محمد الحسن، هيدرولوجية وديان الهضبة الغربية في العراق، المؤتمر الجغرافي الأول عن التصحر وأثره على التنمية الاقليمية في محافظة الأنبار، الرمادي، ١٩٩٣، ص٦.
٢١. إسحق صالح العكام، جميلة فاخر محمد، تقدير مخاطر الجريان السطحي لستة أحواض في الهضبة الغربية، مجلة كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، المجلد ٢٧، ٢٠١٦، ص ١٥٣٩-١٥٤٠.

22. Raghunath, H.M.R. ,Hydrology , Principles analysis design, revised second edition, New age international It'd. Purplish،, 2006 . P.150.

٢٣. عبد الرحمن وجاك ماريديني، علم حركة المياه (الهيدرولوجيا)، منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة الحديثة، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعي، ٢٠٠٣، ص٤١٣.
٢٤. علياء عبد الله عبد الحسيناوي، مصدر سابق، ص١٣٨.

25. Thornthwate. C.W. climate of North America a carding to a new classification, the geographical review Vol.21, 1931.

Footnotes and References

1. Abdullah Salem Al-Maliki, *Essentials of Geomorphology (Geomorphology)*, Dar Al-Wadha for Publishing, 1st edition, 2016, p. 185.
2. Khalaf Hussein Ali Al-Dulaimi, *Rivers (A Geohydromorphometric Applied Study)*, Dar Safa for Publishing and Distribution, Amman, 1st edition, 2017, p. 83.
3. Mahmoud Saeed Al-Salawi, *Hydrology of Surface Water*, Al-Dar Al-Jamahiriya for Publishing and Distribution, Libya, 1999, p. 206.
4. Osama Faleh Abdul Hassan Al-Maktoub, *Geomorphology of the Wadi Al-Dhiba Basin West of Basiya Subdistrict and its Investments Using GIS*, Master's Thesis (Unpublished), College of Education for Humanities, Al-Muthanna University, 2018, p. 79.
5. Schumm, S.A. *Evolution of Drainage System and Slopes in Badland at Perth Amboy, New Jersey*, Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 67, 1956, p. 612.
6. Ammar Hussein Mohammad Al-Obaidi, *Geomorphology of the Wadi Korda Rha Basin*, Master's Thesis (Unpublished), College of Education, University of Diyala, 2005, p. 80.
7. Horton, R. *Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins*, Geological Society of America Bulletin, Vol. LVI, pp. 275–370, 1945.
8. Hanan Abdul Karim Omran, Hussein Karim Hamad Al-Saadi, *Morphometry of the Wadi Al-Kurwi Basin (East of Wasit Governorate)*, Journal of Humanities, University of Babel, Vol. 28, Issue 2, 2020, p. 96.
9. Hassan Sayed Ahmed Abu Al-Ainain, *The Wadi Al-Daba Basin (In the United Arab Emirates, Its Natural Geography and its Impact on Agricultural Development)*, Kuwait University, 1990, p. 84-85.
10. Joudah Hasnain Joudah, *Methods of Geomorphological Analysis*, 1st edition, 1991, p. 33.
11. Mohamed Magdy Trab, *Geomorphological Development of Wadi Al-Qusayb Basin in the Eastern Region of Southern Sinai Peninsula*, Arab Geographical Journal, Egyptian Geographical Society, Issue 30, Part II, 1997, p. 272.
12. Khalaf Hussein Ali Al-Dulaimi, *Op. Cit.*, p. 87.
13. Osama Faleh Abdul Hassan Al-Maktoub, *Op. Cit.*, p. 94.

14. Hassan Abu Samour, Hamed Al-Khatib, *Geography of Water Resources*, Dar Safa for Publishing and Distribution, Amman, 1st edition, 1999, p. 27.
15. Osama Faleh Abdul Hassan Al-Maktoub, *Op. Cit.*, p. 96.
16. Khalaf Hussein Ali Al-Dulaimi, *Op. Cit.*, p. 97.
17. Aliaa Abdul Allah Abdul Husseinawi, *Hydrology of Rain Floods in the Wadi Abu Hadir Basin on the Southern Iraq Plateau, A Study in Water Resources Development*, PhD Thesis (Unpublished), Faculty of Arts, University of Dhi Qar, 2022, p. 128.
18. Mohammad Saeed Al-Baroudi, *Estimation of Flood Volumes and Risks at the Lower Reach of Wadi Arin Southeast of Makkah Using GIS*, Egyptian Geographical Society, Series of Geographical Researches, Issue 48, Cairo, 2012, p. 53.
19. Aliaa Abdul Allah Abdul Husseinawi, *Op. Cit.*, p. 131.
20. Kazem Mousa Mohammad Al-Hassan, *Hydrology of the Western Plateau Wadis in Iraq*, First Geographical Conference on Desertification and its Impact on Regional Development in Al-Anbar Governorate, Ramadi, 1993, p. 6.
21. Issac Saleh Al-Akkam, Jamila Fakher Mohammad, *Estimation of Surface Runoff Risks for Six Basins in the Western Plateau*, Journal of the College of Education for Girls, University of Baghdad, Vol. 27, 2016, pp. 1539-1540.
22. Raghunath, H.M.R., *Hydrology, Principles, Analysis, Design*, Revised 2nd edition, New Age International Publishers, 2006, p. 150.
23. Abdul Rahman and Jack Mardini, *Hydrology (Hydrology Science)*, Aleppo University Publications, Modern Engineering College, University Books and Printing Administration, 2003, p. 413.
24. Aliaa Abdul Allah Abdul Husseinawi, *Op. Cit.*, p. 138.
25. Thornthwaite, C.W., *Climate of North America According to a New Classification*, The Geographical Review, Vol. 21, 1931.