

The Hydromorphometric Characteristics of the Arab River Basin in Lattakia - Syria Using GIS

Dr. Darin Bourjieh*

(Received 9 / 10 / 2022. Accepted 16 / 2 / 2023)

□ ABSTRACT □

The hydromorphometric characteristics was studied in the Arab river basin based on DEM (Digital Elevation Model), and using the GIS 10.5 program and by adopting its tools in the hydrological analysis /Spatial analyst / Hydrology/, with the aim of providing decision makers in the water field with the data necessary for an integrated water management. The study of the basin showed that it is one of the sinuous rivers, with a parallel drainage network, and compatible with alluvial and clay deposits with light slope. The Arab River basin occupies a triangular area of 56.99 km² and a meandering circumference of 41.45 km. The Arab River Basin is characterized by a low form factor, medium elongation, light slope, low relief index and ruggedness, and a coarse topographic texture, and accordingly the river is in its youthful stage. The length of the river drainage network was /94.43 km/ arranged in 5 orders according by Strahler, which consisted of /155/ streams with high frequency of streams, and with a strong and inverse correlation coefficient between the degree of the order and the number of its streams amounted to 95%, and the control of flows to the west at a rate of /24.5%/. Regressive erosion prevailed and the basin widened, in addition to an increase in surface run-off and a decrease in water infiltration with low drainage density and a high coefficient of infiltration.

Keywords: A hydromorphometric characteristics, the Arab river basin, DEM, GIS, spatial analysis, hydrology.

* Assistant Professor- Faculty of Sciences- Tishreen University- Latakia- Syria.

الخصائص الهيدرولوجية لمorphometric لحوض نهر العرب في اللاذقية - سورية باستخدام GIS

د. دارين برجية*

(تاريخ الإيداع 9 / 10 / 2022. قُبل للنشر في 16 / 2 / 2023)

□ ملخص □

تمت دراسة الخصائص الهيدرولوجية لمorphometric لحوض نهر العرب استناداً على (Digital Elevation Model) DEM وباستخدام برنامج GIS 10.5 وبعتماد أدواته في التحليل الهيدرولوجي /Spatial analyst / Hydrology/، بهدف تزويد متخذي القرار في المجال المائي بالبيانات اللازمة لإدارة مائية متكاملة. أوضحت دراسة الحوض أنه من الأنهار الملتوية، ذات شبكة تصريف متوازية، والمتوافقة مع التوضعات الغضارية واللحفية ذات الانحدار البسيط. يشغل حوض نهر العرب مساحة مثلثية الشكل /56.99 كم²/ وبمحيط متعرج /41.45 كم/. يتميز حوض نهر العرب بمعامل شكل منخفض واستطالة متوسطة وانحدار بسيط ومعدل تضرس وقيمة وعورة منخفضة وبنسج طبوغرافي خشن، وبناءً على ذلك فإن النهر في مرحلة الشباب. بلغ طول شبكة التصريف النهري /94.43 كم/ مرتبة في 5 رتب حسب Strahler، حيث تتألف من /155/ مجرى مائي وبتكرارية مجاري عالية، وبمعامل ارتباط عكسي وقوي بين درجة الرتبة وعدد مجاريها بلغ 95%، وبسيطرة جريانات نحو الغرب بنسبة /24.5%/. لوحظ سيادة الحت التراجعي واتساع الحوض، بالإضافة لتزايد الجريان السطحي وتناقص المتسرب المائي بكثافة تصريف منخفضة ومعامل تسريب مرتفع.

الكلمات المفتاحية: خواص مورفومترية، حوض نهر العرب، DEM، GIS، Spatial analysis، Hydrology.

* مدرس - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

يعتبر حوض نهر العرب من الأحواض النهرية المهمة في محافظة اللاذقية لكونه من الأنهار دائمة الجريان، بالإضافة لتركز النشاطات البشرية والزراعية والسياحية في هذه المنطقة، ونتيجة لتلك العوامل فقد أقيم عليه سدين (الجوزية، صادق). وفي ظل تلك المؤشرات كان من الأهمية دراسة الحوض مورفومترياً من خلال تحديد خواصه الشكلية ومن ثم تحديد نمط الشبكة النهرية واتجاه الجريان وغيرها من الخصائص المورفومترية للوصول إلى بناء قاعدة بيانات مورفومترية رقمية وذلك باستخدام برمجية GIS - لما يوفر ذلك من الوقت والجهد والكلفة المادية فيما لو تمت الحسابات المورفومترية يدوياً وبالطرائق التقليدية - والتي بدورها يمكن أن تستخدم في الإدارة المتكاملة للحوض لاحقاً.

بدأ الاهتمام بالدراسات الهيدرومورفومترية من قبل (Horton,1932، Strahler,1952، Miller، 1953، Schumm,1956) حيث ركزوا في دراساتهم على خصائص الشبكة المائية، لتتطور الدراسات لاحقاً لتشمل دراسة الخصائص التضاريسية للحوض، وهنا بدأ الاهتمام بدراسة الحوض النهري كوحدة أساسية متكاملة، حديثاً وبع التطور التكنولوجي الكبير تم الاعتماد على البرمجيات لتنفيذ هذه الدراسات وأبرزها برنامج GIS بهدف تحديد الخصائص الهيدرومورفومترية والتضاريسية والشكلية للحوض النهري، وقد توصل باحثون كثر (Backiyam et.al., 2019، Moid et.al., 2019، Hussein et.al., 2020، Al-Shamekh et.al., 2022) لاعتبار GIS أداة قوية ودقيقة وفعالة لمعالجة وتحليل البيانات المختلفة في الحوض للحصول على خصائص الحوض الهيدرومورفومترية.

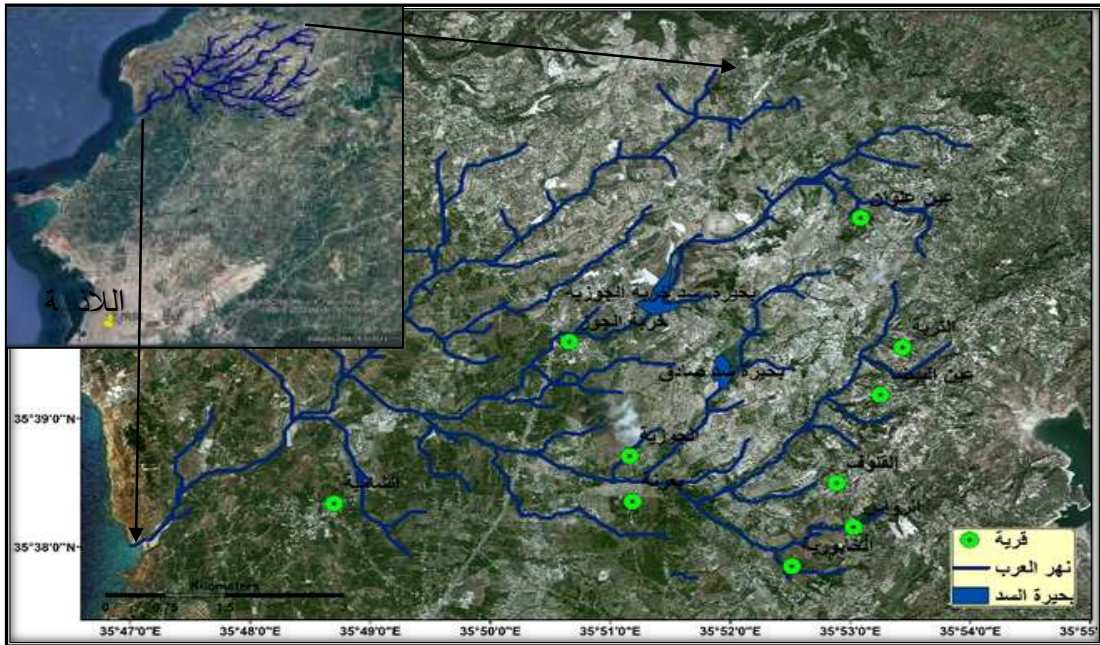
تهدف هذه الدراسة إلى تحديد حدود حوض نهر العرب، ودراسة خواصه المورفومترية المتضمنة خصائص الحوض الشكلية والمساحية والتضاريسية، وخصائص الشبكة النهرية باستخدام GIS.

طرائق البحث ومواده:

أنجزت الدراسة المورفومترية لنهر العرب باستخدام برمجية ARC GIS 10.5 انطلاقاً من خريطة DEM بدقة مكانية تبلغ 30m، ودقة شاقولية $\pm 16m$ [36] مأخوذ من الموقع ونظام الإحداثيات الجغرافي (Geographic coordinate system/ WGS 1984) حيث بالاعتماد على الطرائق الإحصائية وأدوات التحليل الإحصائي/ الهيدرولوجي Hydrology /Spatial analyst tools واشتقاق المعادلات المورفومترية تم تحديد حدود حوض نهر العرب. ومن ثم دراسة النهر وروافده وتحديد الرتب النهرية وغيرها من الخصائص المورفومترية.

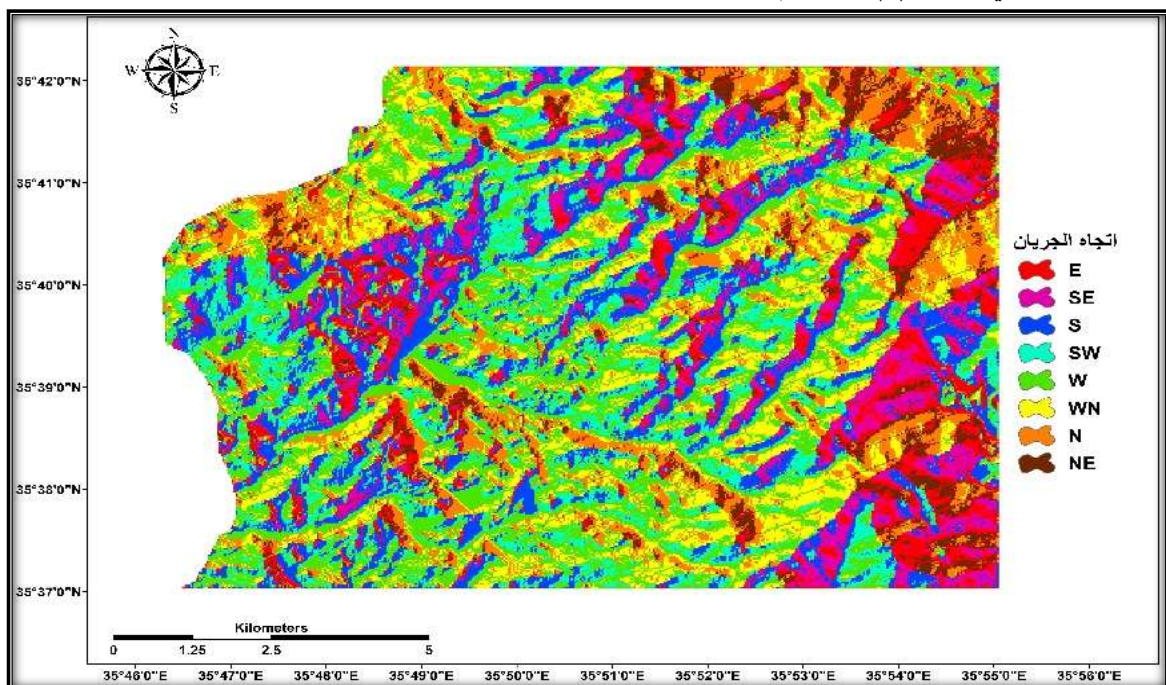
النتائج والمناقشة:**منطقة الدراسة:**

تبلغ مساحة حوض نهر العرب الواقع في شمال غرب اللاذقية - سورية (56.99 كم²)، وتبدأ منابع نهر العرب الرئيسي من جنوب شرق الحوض (سفوح قرى الخابورية، القلوف وعين البيضا) ليتجه نحو الشمال الغربي ومن ثم يغير مساره ليتجه نحو الجنوب الغربي حتى يبلغ مصبه في البحر الأبيض المتوسط في قرية الشامية. كما يرفده مجموعة من الروافد هي رافد الرمان/الشبطلية/ ورافد الخربة (أقيم عليه سد خربة الجوزية)، ورافد صادق (أقيم عليه سد صادق)، وهي تتبع من شمال الحوض لتتحرك باتجاه الجنوب وتلتقي بنهر العرب في منتصف الحوض تقريباً كما يوضح الشكل (1).



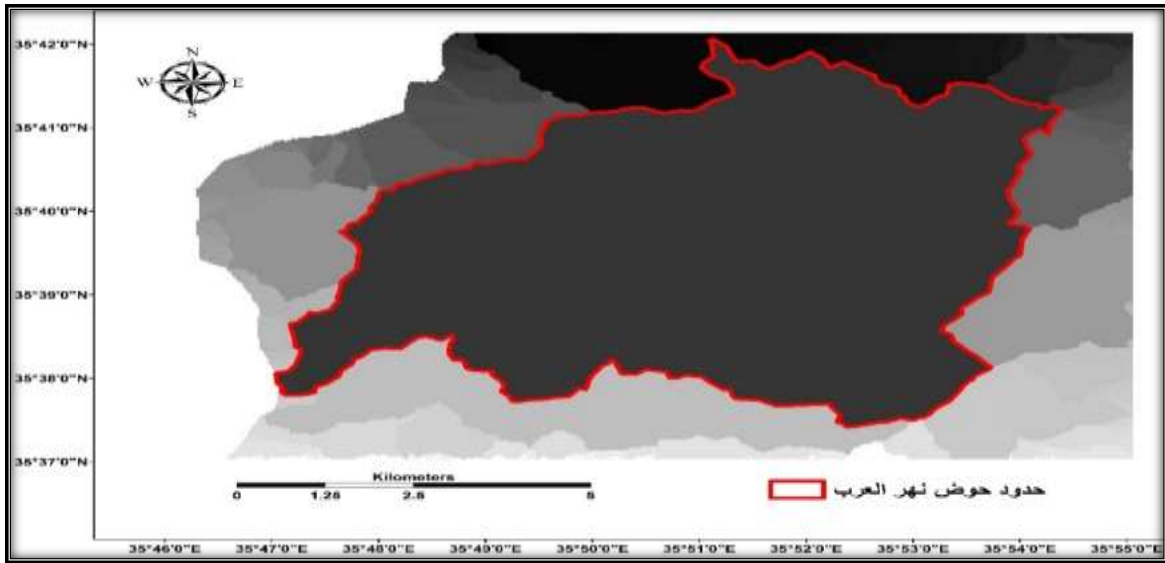
الشكل (1): موقع نهر العرب.

تم تحديد حدود حوض نهر العرب بالاعتماد على تحديد خط تقسيم المياه للأحواض النهرية في منطقة الدراسة، وذلك باستخدام برنامج GIS وتطبيق أدوات Tool Box (spatial analyst tools) من خلال معالجة خريطة DEM بدقة 30m. حيث تم إلغاء القيم الشاذة من خريطة DEM باستخدام أداة fill، ومن ثم تم تحديد جهات الجريان المختلفة المبينة في الشكل (2) باستخدام أداة Flow direction.



الشكل (2): اتجاهات الجريان.

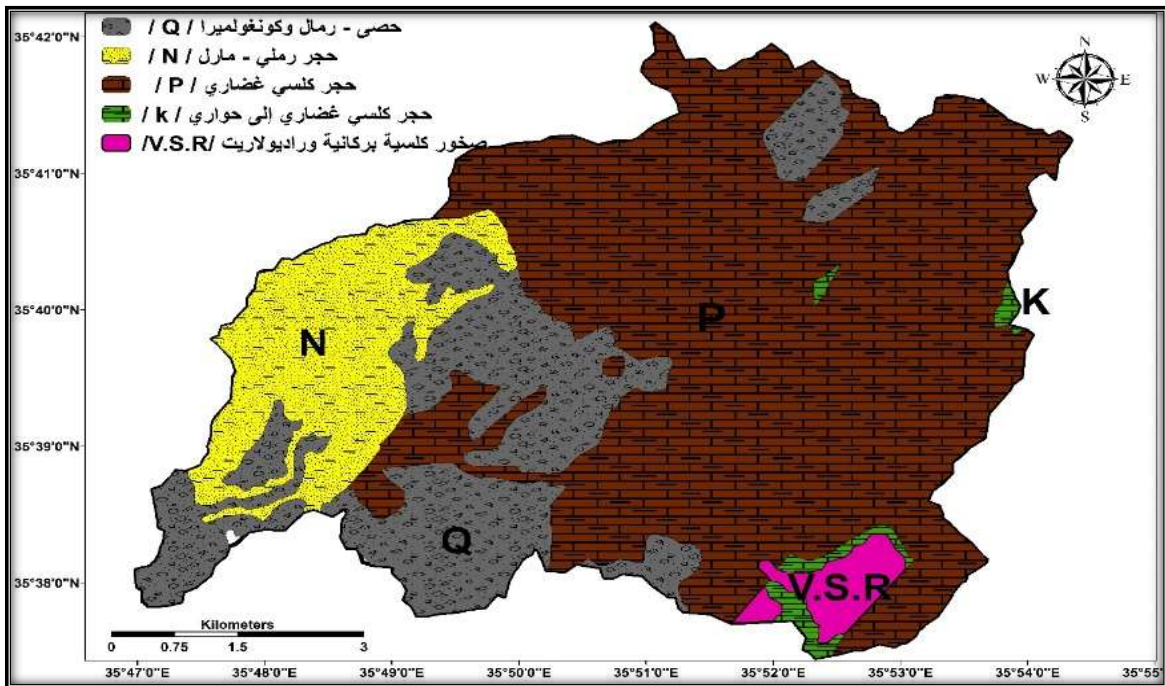
ويهدف الحصول على خط تقسيم المياه الخاص بحوض نهر العرب تم تطبيق الأداة Basin وذلك لتحديد حدود الحوض والمبين في الشكل (3).



الشكل (3): حدود حوض نهر العرب.

جيولوجية منطقة الدراسة:

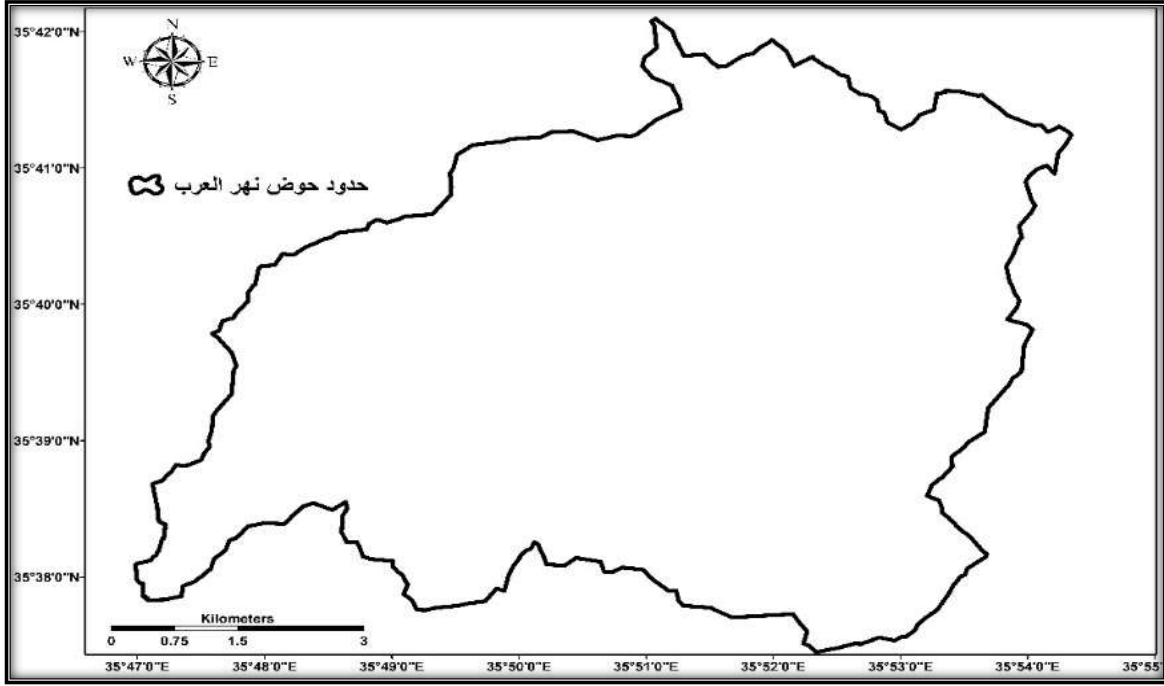
تتكشف في منطقة البحث توضعات الحجر الكلسي الغضاري إلى الحواري الكريتاسية، والحجر الرملي والمارل الباليوجيني، بالإضافة إلى الحصى والرمال والكونغوميرا العائدة إلى الرباعي، كما تتكشف في جنوب شرق الحوض توضعات رسوبية بركانية ورايولاريت [2] والموضحة في الشكل (4).



الشكل (4). جيولوجية حوض نهر العرب.

الدراسة الشكلية للحوض:

يشغل الحوض مساحة محسوبة باستخدام أداة calculate area، حيث قدرت مساحة الحوض بـ ($A=56.99\text{km}^2$) ولذلك يصنف هذا الحوض ضمن الأحواض متوسطة المساحة [34]. كما بلغ محيط الحوض قيمة محسوبة باستخدام أداة calculate perimeter قيمة قدرها ($P=41.45\text{ km}$) ويلاحظ من الشكل (5) بأن محيط الحوض يمثل خطأ متعرجاً.



الشكل (5): محيط حوض نهر العرب.

وبالاعتماد على طريقة schumm [30] تم حساب طول الحوض من خلال رسم الخط المستقيم من مصب النهر ليصل لأبعد نقطة في خط تقسيم المياه باتجاه المنبع، وبلغت تقريباً ($L=12.59\text{ km}$)، أما لحساب عرض الحوض فقد تم تطبيق المعادلة كالتالي: $B=A/L$ [30] فبلغ عرض الحوض ($B=4.4\text{ km}$).

معامل شكل الحوض Form factor: F : يشير إلى مدى انتظام عرض الحوض المائي على طول امتداده من منطقة المنبع حتى المصب. تم حسابه باستخدام المعادلة التالية: $F=A/L^2$ [20]، حيث بلغت قيمته ($F=0.34$)، يلاحظ أن قيمة معامل الشكل منخفضة، وبالتالي شكل الحوض أقرب إلى الشكل المثلثي، حيث قاعدته في المنبع ورأسه في المصب وهذا ما أظهره الشكل (5). تدل القيمة المنخفضة لمعامل الشكل على عدم تناسب وانتظام الشكل العام لأجزائه، وعلى صغر مساحة الحوض بالنسبة لطوله، مما يجعل الحوض يقترب من شكل المثلث، وبناء على تلك المعطيات ستحتاج الأمطار إلى وقت طويل لتصل المصب، وستزداد أعداد المجاري في أعلى الحوض مما يسمح لمجري المياه أن تتفرع، وعندما تصل إلى المنبع ستكون مشتتة وضعيفة مما يقلل من قمة الفيضان عند المصب، وهذا ما يسمح بتغذية الخزان الجوفي مع وجود انحدار بسيط يقلل من سرعة الجريان وزيادة إمكانية تسرب المياه السطحية إلى الجوفية [19].

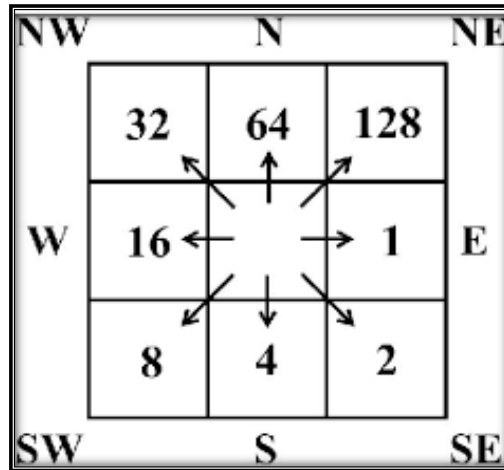
استطالة الحوض Basin elongation: E : تحسب من خلال قسمة قطر دائرة مساوية لمساحة الحوض على أقصى طول للحوض، وتتراوح هذه النسبة (1-0)، فكلما ابتعد معامل الاستطالة عن 1 واقترب من 0 يقترب شكل الحوض من المستطيل، والعكس صحيح وذلك وفق المعادلة التالية: $E=2[A/\pi]^{0.5}/L$ [30]، بلغت قيمة استطالة

حوض نهر العرب ($E=0.66$) ويلاحظ بأن قيمته تقترب من القيمة 1 وتبتعد عن 0 وبالتالي الحوض شكله يبتعد عن المستطيل. وقد أكد الرواشدة في بحثه على أن قيمة هذه النسبة باقترابها من 1 تدل بأن الحوض قليل الانحدار، ومحدود التضرس. وأن قيمة معامل الاستطالة المتوسطة يدل على أن النهر في مرحلة الشباب، وأن هناك استمرارية في عمليات الحت والتعرية [8].

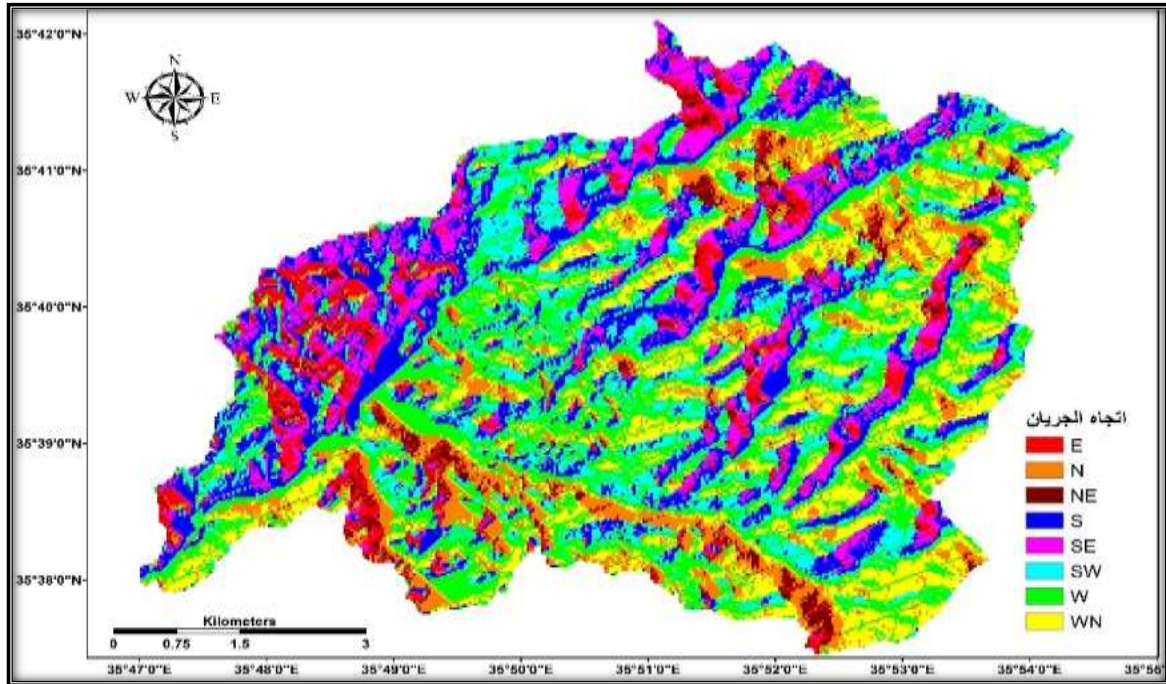
نسبة الاستدارة Rc: Circularity ratio: يتم حسابها من قسمة مساحة الحوض على مساحة دائرة لها نفس محيط الحوض. وذلك وفق المعادلة المورفومترية التالية: $Rc=4\pi A/P^2$ [22]، حيث بلغت قيمة ($Rc=0.42$) ويلاحظ بأن قيمتها تبتعد عن 1 لذلك يبتعد الحوض عن الشكل الدائري وباقترابه من القيمة صفر فهو غير منتظم الأجزاء مع تعرج في خط تقسيم المياه ، وهذا ما اتفق مع ما توصلت له الباحثة زريقات [36]. بالتالي تشير قيم الخصائص الشكلية للحوض بأنه يتمتع بشكل مثلي، ذو محيط متعرج، وبعدم التناسق العام لأجزائه.

الخصائص المورفومترية للشبكة المائية:

تحديد اتجاهات الجريان السطحي Flow direction: تم تحديد اتجاهات جريان المياه السطحية ضمن حوض نهر العرب باستخدام أداة flow direction، وتفسير القيم العددية لاتجاه الجريان المحسوب وفق الشكل (6) تم تحديد اتجاهات الجريانات في الحوض وتبين سيطرة الجريانات وفق اتجاه الغرب بالدرجة الأولى بنسبة 24.5%، ثم باتجاه الجنوب في أقصى غرب الحوض بنسبة 16.6% والموضحة في الشكل (7) والجدول (1).



الشكل (6): كود الاتجاهات وفق ESRI [26].



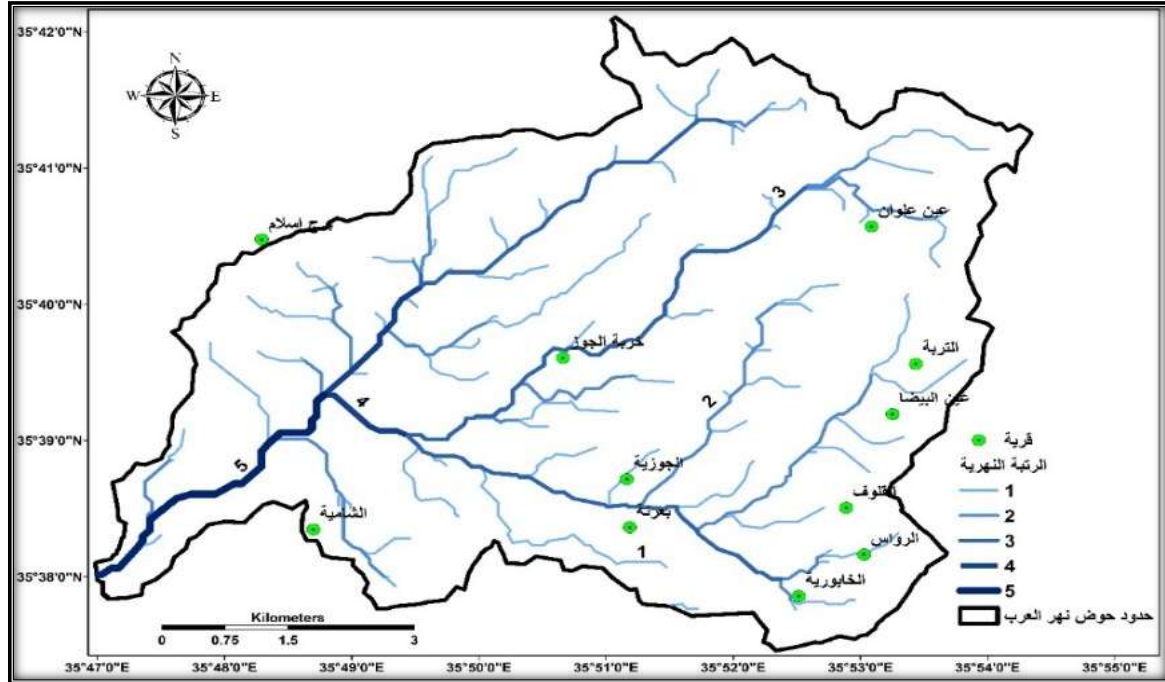
الشكل (7). يبين اتجاهات جريان المياه من كل خلية للخلية المجاورة.

جدول(1): اتجاهات جريان المياه السطحية من كل خلية للخلية المجاورة.

الكود	اتجاه الجريان	عدد الخلايا	نسبة عدد الخلايا %	المساحة كم ²
1	E	4369	6.34	3.64
2	SE	6424	9.33	5.24
4	S	11467	16.65	9.58
8	SW	8971	13.02	7.24
16	W	16849	24.46	14.1
32	WN	11292	16.39	9.23
64	N	7156	10.39	5.93
128	NE	2351	3.41	1.88
المجموع		68879	100	56.9

تحديد الرتب النهريّة U: Stream order: تتمثل بمجموعة من روافد الأودية التي تشكل باجتماعها حوض تصريف النهر [16]، والتي تعكس نظام شبكة التصريف. تم تصنيف المجاري المائية في حوض نهر العرب بشكل رتب حسب سترالر strahler حيث تبدأ بروافد صغيرة وكثيرة ليس لها فروع تمثل الرتبة الأولى، وعند التقاء مجريين من الرتبة الأولى يتكون مجرى من الرتبة الثانية وهكذا. ولا تتكون رتبة جديدة إلا عندما يتصل مجريان من نفس الرتبة [15, 31]. وبناءً عليه تم رسم الشبكة الهيدرولوجية (شبكة التصريف النهري) لنهر العرب، حيث تتشكل شبكة التصريف النهري من خلال العلاقة بين المجاري المائية مع روافدها ومقدار زوايا الالتقاء فيما بينها [1, 25]، تنتمي شبكة التصريف في حوض نهر العرب إلى التصريف النهري المتوازي الريشي، بسبب كونها مجاري نهريّة طويلة ومتوازية

ومتفقة في جريانها بتواجدها ضمن مقعرات طويلة ذات منحدرات شديدة الميل ومتوازية مع محدبات طويلة، وتفصل بينها مسافات متوازية تبلغ وسطياً (1.5 كم). والعامل الإضافي الذي ساهم في تشكل الشبكة المتوازية هو العامل الليتولوجي حيث تتوافق هذه الشبكة مع التوضعات الغضارية ذات الانحدار فوق المتوسط بالإضافة إلى التوضعات اللحية التي تملأ الوديان ذات الانحدار المتوسط في الحوض التابع للسهل الساحلي [12]، ومن ثم تم تصنيف الرتب النهرية حسب سيزرلر إلى 5/ رتب باستخدام أداة stream order والمبينة في الشكل (8).



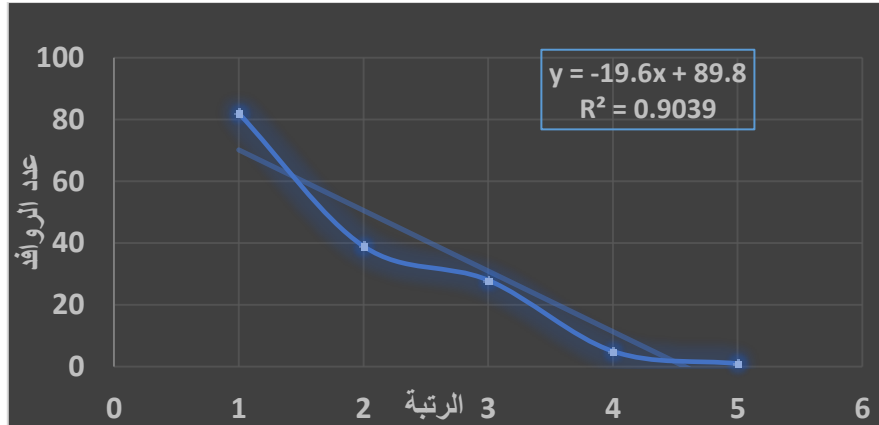
الشكل (8): الرتب النهرية لنهر العرب.

الجدول (2). عدد المجاري النهرية وأطوالها في حوض نهر العرب.

الرتبة	عدد المجاري	طول المجاري / km	نسبة طول مجاري الرتبة	أقصر المجاري	أطول المجاري
1	82	48.7	51.57	0.04	3.26
2	39	21.7	22.98	0.04	1.68
3	28	16.8	17.79	0.04	1.4
4	5	3.12	3.3	0.29	1.18
5	1	4.11	4.35	4.11	4.11
المجموع	155	94.43			

يلاحظ من الشكل (9) والجدول (2) بلغ طول المجاري ($L_s=94.43$ km)، حيث تتناقص أعداد المجاري مع تزايد درجة الرتب حيث بلغت درجة الارتباط بينهما 95% بعلاقة عكسية قوية [9]، وبمعامل تحديد $R^2=0.90$ أي يساهم عدد المجاري بزيادة طول المجاري المائبة بنسبة 90%، وهذا ما يتفق مع قانون هورتون المتعلق بعدد المجاري [29]. يلاحظ زيادة عدد المجاري من الرتبة الأولى حيث بلغ عددها 82 مجرى وبطول إجمالي بلغ 48.7 كم حيث شكلت نسبة 51.57% من الطول الإجمالي للمجاري، وعدد مجاري الرتبة الثانية بلغ 39 مجرى وبطول إجمالي 21.7 كم

وشكلت نسبة 22.98% من الطول الإجمالي للمجري، وبذلك تكون مجاري الرتبين الأولى والثانية قد احتلتا 74.55% من الطول الإجمالي للمجري، وهذا بدوره يدل على سيادة الحت من النمط التراجعي في مناطق المنابع، وكنتيجة لذلك سوف يتسع الحوض [9].



الشكل (9): العلاقة بين عدد المجاري المائية وطولها.

نسبة التشعب Rb: Bifurcation ratio: تحسب من خلال تقدير النسبة بين عدد المجاري لرتبة معينة وعدد المجاري التابعة لرتبة أعلى منها مباشرة. وتحسب وفق العلاقة: $Rb = N/(N+1)$ [30]، تباينت قيمها في الحوض حيث بلغت قيم منخفضة جداً في المجاري من الرتبة الرابعة والثالثة المتوضعة في منطقة التجميع العليا للحوض وهذا ما ينعكس على انخفاض خطر السيول بعد هطول الأمطار بكثافة، بينما في المجاري ذات المرتبة الثانية والأولى حيث ترتفع نسبة التشعب لتصل حتى 5.6 في روافد الرتبة الثانية، وبالتالي ستتعاكس على زيادة خطر السيول بعد الهطول المطري الكثيف، كما تتفق هذه القيمة المرتفعة مع طبيعة الصخر المكونة من صخور كلسية غضارية ولحيات ذات مقاومة ضعيفة للحت المائي النهري. كما يلاحظ تقارب قيمة نسبة التشعب فيهما وهذا ما يتفق مع وجود تجانس تقريباً في التركيب الليتولوجي [9]، كما بلغت القيمة المتوسطة لنسبة التشعب في حوض نهر العرب 3.5 كما يتضح من الجدول (3).

الجدول (3): نسبة التشعب في حوض نهر العرب.

الرتبة	1	2	3	4	كل الرتب
نسبة التشعب	5	5.6	1.4	2.1	3.5

كثافة التصريف Dd: Drainage density: تعتبر من المؤشرات المهمة جداً لمعرفة تطور الجريان السطحي [14]، يحدد من خلال قسمة مجموع أطوال المجاري Ls على المساحة الكلية للحوض A. وفق المعادلة التالية $Dd = Ls/A$ [19]، وبلغت كثافة التصريف في الحوض $Dd = 1.7 \text{ km/km}^2$ أي أن كل 1 كم² تمتلك 1.7 كم من المجاري المائية وتعتبر كثافة منخفضة [27] وحسب تصنيف smith لكثافة التصريف ينتمي الحوض إلى النمط الخشن جداً [21]، دلت قيمتها المنخفضة على أن الحوض قليل التأثير بعوامل التعرية، وبالتالي قلة تقطعه أي نسيجه الطبوغرافي خشن. كما تدل على انحداره البسيط [18].

تكرار المجاري: Stream frequency: Fs: يعبر عنه بقسمة عدد المجاري الكلي في الحوض على مساحته وفق المعادلة التالية: $Fs = N/S$ [21]. بلغت قيمته (2.72 مجرى/كم²) وهي قيمة عالية [17, 13].

معامل التسريب Infiltration number I_f : ترتبط قيمه بشكل مباشر بكثافة التصريف وتكرار المجاري وفق العلاقة الرياضية التالية: $I_f = D_d * F_s$ ، وبلغت قيمته 4.624 وهي قيمة مرتفعة تشير إلى زيادة الجريان السطحي وانخفاض في التسريب المائي [3, 21] أي أن حجم المياه السطحية أكبر من حجم المياه المتسربة وهذا ما يتفق مع كون نهر العرب نهر دائم الجريان.

معامل التعرج النهري (الانعطاف) Sinuosity index :S يعد مؤشراً مهماً يفيد لتقدير المرحلة الحثية التي وصلها الحوض، وتحديد مدى قدرته على الإزاحة والحركة الجانبية مما يؤثر على استعمالات الأراضي. وتكمن أهميته في تحديد مدى انعطاف المجرى مما ينعكس على وجود المياه في المجرى وتحديد كميتها [10, 32, 36]. يحسب بقسمة طول المجرى النهري الفعلي L_r على طول المجرى النهري L_b وفق المعادلة المورفومترية التالية: [35] $S = L_r / L_b$ بلغت قيمته $S = 1.08$ يلاحظ أن قيمة المعامل تتراوح بين (1.05 – 1.3) وبالتالي يدل على تصنيفه ضمن المجاري الملتوية حسب تصنيف Brice [21, 28]، وأن شكل القناة متجانسة مع طول المجرى ويعود السبب لتجانس التركيب الليتولوجي تقريباً في الحوض. وبذلك تنخفض احتمالات التبخر والرشح وحسب schamm المجاري بين انتقالية حتى منتظمة [30, 35].

الخصائص التضاريسية:

يرتبط تضرس الحوض بمناخ المنطقة وجيولوجيتها، بالإضافة إلى ليتولوجية التوضعات الصخرية وإلى استجابة الحوض لعمليات التعرية النشطة في الحوض النهري [21].

بالاعتماد على DEM تم استخلاص الخصائص التضاريسية لحوض نهر العرب وفق المعاملات التالية:

* **الارتفاع الأقصى** maximum elevation: يمثل أعلى قيمة منسوب على خط تقسيم المياه [5]، وتبلغ $Max = 270m$.

* **الارتفاع الأدنى** minimum elevation: يمثل أدنى منسوب على خط تقسيم المياه وهي تمثل نقطة المصب [5]، وتبلغ $Min = 0m$.

* **نقطة المنبع** F.P: fountainhead: هو أعلى نقطة في حوض النهر بشرط ألا تتقاطع مع خط تقسيم المياه ويجب أن تكون قيمتها أقل من قيمة نقطة أقصى ارتفاع على خط تقسيم المياه [5]، وتبلغ $F.P = 229m$.

* **نقطة المصب** E.P: Estuary: وتمثل أدنى نقطة ارتفاع على خط تقسيم المياه [5]، $E.P = 0m$.

* **المسافة الأفقية** Horizontal equivalent: تقدر بالمتر، وتمثل المسافة المستقيمة الفاصلة بين نقطتي المنبع والمصب [5]، $H = F.P - E.P = 229m$.

* **التضرس الكلي/ التضاريس القسوى للحوض** Maximum B Relief: تكمن أهميته باعتباره معامل أساسي يؤثر في مدى فعالية عمليات التعرية ونشاطها، وتحديد أثرها في تشكيل سطح الأرض، كما يعد مؤشراً لتأثير ليتولوجية الصخور وخصائصها البنيوية [7] ويحسب من المعادلة التالية:

$$H = H_{max} - H_{min} = 270m$$

* **نسبة التضرس** Rn Reliefratio: تفيد دراستها في تقدير مدى تضرس الأحواض النهرية، لارتباطه الوثيق بالعمليات الجيومورفولوجية السائدة في هذه الأحواض. وتحسب من العلاقة: $Rn = H/L$ حيث H : التضرس الكلي، L : طول الحوض [10] وقد بلغت قيمة نسبة التضرس ($Rn = 21.45$).

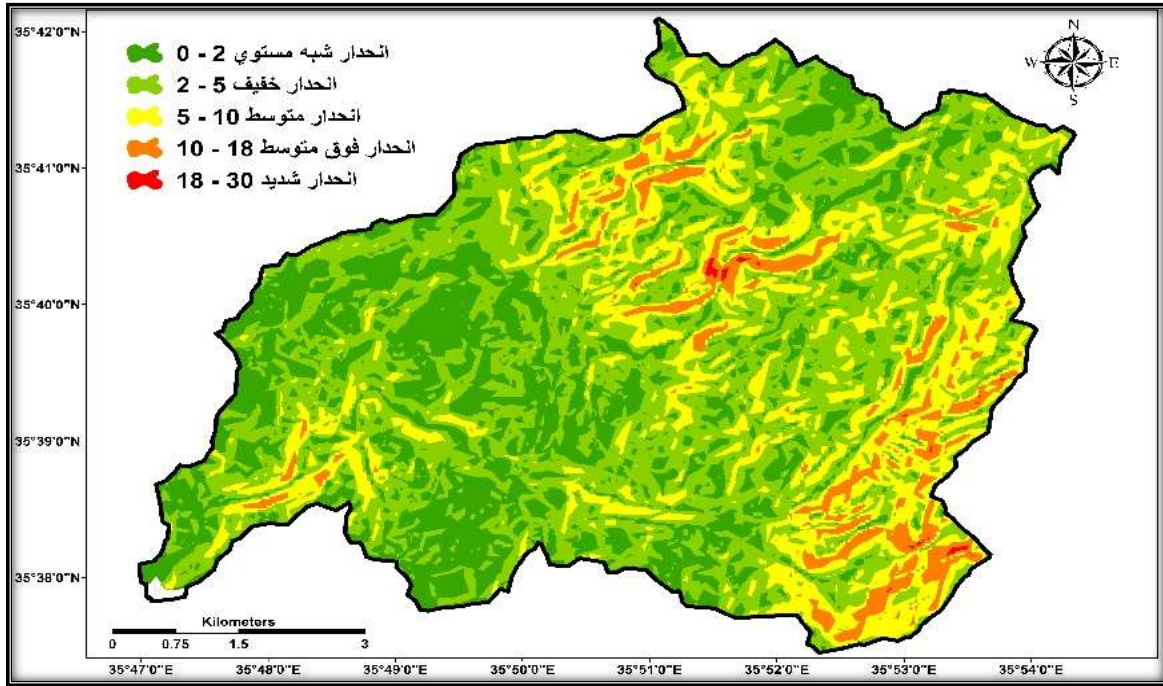
* **معامل التضرس Ri: Relief index**: يرتبط مباشرة بالعمليات الجيومورفولوجية، حيث تزداد نسبته في الأحواض الصغيرة المساحة، والعكس صحيح. كما يلعب المناخ ونوعية الصخور ومدى استجابتها لعمليات الحت والتعرية دوراً أساسياً في تحديد قيمته [10]. تقدر قيمته بقسمة مساحة الحوض على طوله وفق المعادلة التالية: $Ri=A/L$ [30] حيث بلغت قيمته في حوض نهر العرب: $Ri=4.53km$ ، وهي قيمة منخفضة وبالتالي هذا يتفق مع كونه ينتمي إلى الأحواض متوسطة الحجم. كما أنها تشير إلى صغر مساحة الحوض بالنسبة لارتفاعه حيث بلغت قيمة صغيرة تقريبا 0.21، كما تتوافق مع انحدار بسيط في الحوض.

* **قيمة وعورة التضاريس NR: Ruggedness value**: تم حسابها من جداء التضاريس القصى بكثافة التصريف وفق المعادلة التالية: $NR=H.Dd$ حيث بلغت قيمتها: $NR=0.459$ وهي قيمة منخفضة وبالتالي النهر في مرحلة الشباب. [31]، وما زال يقوم بدورته الحثية، ومع الوقت ستزداد أطوال مجاريه المائية على حساب مساحة حوضه [10]، وبالتالي يزداد حجم الجريان المائي السطحي [24]، وبذلك ترتبط قيمة الوعورة ارتباطاً إيجابياً وقوياً مع تضرس الحوض وكثافة التصريف وهذا ما يتفق مع نتائج الباحث Hussein [21].

* **معدل النسيج الحوضي**: يتم بالاعتماد عليه تقدير طبيعة تضرس سطح الحوض ومدى تقطعه وكثافة التصريف فيه، فكلما ازدادت أعداد الأودية واقتربت من بعضها تزداد درجة تقطع الحوض وترتفع معدلات الحت فيها، وتقدر قيمتها وفق المعادلة التالية [7]: $\text{معدل النسيج الحوضي} = \text{عدد الأودية من المرتبة الأولى} / \text{محيط الحوض}$. بلغت قيمة معدل النسيج الحوضي لحوض نهر العرب (1.98)، وبالتالي يعد نسيجاً خشناً لأن قيمته أقل من 4 [7]: وهذا ما اتفق مع دلالة قيمة كثافة التصريف، ويعود ذلك إلى طبيعة المكونات الصخرية الضعيفة المقاومة للعمليات الحثية المائية المتمثلة بالصخور الكلسية الغضارية والرملية والكونغولوميراتية [25]، وبالتالي سترتفع نسبة الرشح [11].

* **النسيج التصريفي Drainage texture**: يلعب المناخ، الأمطار، الغطاء النباتي، نوع الصخور والتربة، سعة الرشح والتضاريس بالإضافة إلى مرحلة التطور النهري دوراً أساسياً في قيمة النسيج التصريفي [23]. تم حساب قيمته من المعادلة التالية: $Dt= N/P$ والتي تتمثل بعدد المجاري المائية الكلي في الحوض مقسوماً على محيطه. حيث بلغت قيمته $Dt=3.74$ وهي قيمة منخفضة ودلالاتها تفيد بأن الحوض ينتمي إلى النمط الخشن حسب تصنيف smith [3]، [21]، وهذا ما يشير أيضاً إلى وجود استجابة هيدرولوجية سريعة لحدوث الأمطار [21].

* **الانحدار Slope**: يمثل الانحدار العلاقة بين الخصائص الجيولوجية والارتفاع وعلاقتها بمساحة الحوض [36]، ويعبر عنه بالدرجة أو النسبة المئوية أو التضرس النسبي. يعتبر الانحدار محصلة لمجمل التغيرات البيئية الحالية والسابقة وذلك من خلال تحقيقه للتوازن الديناميكي حين تسلك العمليات الجيومورفولوجية نمطاً متوقعاً يميل إلى الاستقرار والتكرار [33]، [4]. تم رسم خريطة الانحدار لحوض نهر العرب باستخدام أدوات التحليل المكاني في برنامج GIS (analyst tools/ surface/ slope Spatial) بالاعتماد على خريطة DEM، وعبر عن الانحدار بالدرجة، حيث تراوحت قيمه في الحوض (0-30 درجة) والموضحة في الشكل (10) والجدول (4).



الشكل (10): درجات الانحدار في حوض نهر العرب.

جدول (4): تصنيف درجات الانحدار في حوض نهر العرب.

المساحة %	المساحة (Km ²)	درجة الانحدار (درجة مئوية)	تصنيف درجة الانحدار
27.6	15.7	0 - 2	انحدار شبه مستوي
45.3	25.8	2 - 5	انحدار خفيف
21.5	12.2	5 - 10	انحدار متوسط
5.5	3.11	10 - 18	انحدار فوق متوسط
0.12	0.04	18 - 30	انحدار شديد

ينتمي أكثر من 94% من مساحة حوض النهر إلى الانحدار الخفيف والتي بلغت قيم الانحدار فيها $10 >$ وبالتالي هي أقل نشاطاً لعوامل التعرية، وصالحة للنشاطات البشرية [6]. انعكست القيم المنخفضة لمعظم مناطق حوض نهر العرب ($10 >$) على استتالة الحوض المنخفضة، واقترب شكله من مثلث قاعدته باتجاه المصب، كما يتفق مع انخفاض نسبة التشعب وسطياً 3.5، ومع قيمة معامل الوعورة المنخفض (0.21).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. يعتبر نهر العرب من الأنهار الدائمة الملتوية، ذو شبكة تصريف متوازية، وهو نهر بمرحلة الشباب.
2. يتمتع حوض نهر العرب بالشكل المثالي وبمعدل تضرس ووعورة منخفضين، ونسيج طبوغرافي خشن بميول منخفضة.
3. يبلغ طول المجاري المائية /94.43 كم/ مرتبة في 5 رتب نهريّة، حيث تتألف من /155 مجرى مائي/.
4. لوحظ سيادة الحت التراجعي، واستمرار اتساع الحوض.

التوصيات:

1. استكمال الدراسات المورفومترية وعلاقتها بهيدرولوجية نهر الهرب.
2. دراسة العلاقة المتبادلة بين الحوض الهيدرولوجي والحوض الهيدروجيولوجي في حوض نهر العرب.
3. وضع قاعدة البيانات الرقمية لحوض نهر العرب للاستفادة منها إدارة الموارد المائية المستدامة ودعم متخذي القرار.

References:

- [1]- Abdul-Rahman.H, Imran.E. Wadi Biara Basin in northern Iraq (Morphometric Study). Annals of the faculty of arts Ain Shams university. Vol.48, 2020, pp.364-382.
- [2]- Ajamian.J, Khatun.A. Explanatory note for Latakia patch scale 1:50 000. Printed by the Directorate of Geological Survey and Studies in Damascus, rights for General Corporation for Geology and Mineral Resources, 1999.
- [3]- Aldharab.H, Ali.S, ghareb.j. Analysis of basin geometry in ataq region, part of Shabwah Yemen: using remote sensing and geographic information system techniques. Bulletin of Pure and Applied Sciences. ISSN 0970 4639, ISSN 2320 3234, DOI 10.5958/2320-3234.2019.00001.5, Vol.38 F (Geology), No.1, 2019, pp.1-15.
- [4]- AL-DOLAIFY.H. Applied Geomorphology. Al-Ahlieh, Amman, 2001.
- [5]- AL-DOLAIFY.H. Applied Geomorphology. Al-Safa, Amman, 2012.
- [6]- AL-DOLAIFY.H. Rivers, an applied geohydromorphometric study. Al- Al-Safa, Amman, 2017.
- [7]- Al-khalidi.KH, Mahmood.Z. Morphometric of Alwand Basin in the Northeastern of Diyala province. Journal of Diyala, University of Diyala, Collage of Science, No.67, 2015, pp.497-519.
- [8]- AL-Rwashdeh.Sh, AL-Rwashdeh.T, Taran.A. Morphometric and hydrological characteristics of Wadi Hasa Basin Using GIS & DEM. An-Najah university journal of research (humanities). Vol.31, No.6, 2017. pp.965-996.
- [9]- Al-Sababha.N, Zyton.M. Statistical relations analysis between morphometric variables of semi-arid basins (Wadi Al-Arab basin -Case Study). Journal of the Faculty of Arts, Cairo University. Vol.78, No.3, 2018, pp.211-252.
- [10]- Al-Shamekh.N, Al-Mabrokh.A. Study of the Morphometric and hydrological Characteristics of the Wadi-Al-Athal basin using Gis & DEM. Alqurtas journal. No.17, 2022, pp.229-250.
- [11]- Arunachalam.S, Sakthivel.R. Morphometric analysis for hard rock terrain of upper ponnaiyar watershed, Tamilnadu - a GIS approach. International journal of research studies in science, engineering and technology. ISSN 2349-4751, ISSN 2349-476X. Vol.1, No.9, 2014, pp. 205-209.
- [12]- Awaj.H, Fattoh.S. The formal classification of the types of water drainage of valley streams using remote sensing technology for the Mizdah region in northwestern Libya. Journal of the College of Education. No.6, 2016, pp. 290-306.
- [13]- Basavarajappa.T, Pushpavathi.N, Manjunatha.C. Morphometric analysis on precambrian rocks in part of Cauvery basin, Chamarajanagar district, Karnataka, India, using geomatics technique. International journal of civil engineering and technology (IJCIET). ISSN 0976 – 6308 ,ISSN 0976 – 6316.Vol.6, No.1, 2015, pp. 97-112.

- [14]- Bera.A, Mukhopadhyay.B, Das.D. Morphometric analysis of Adula river basin in Maharashtra, India using GIS and remote sensing techniques. *Geo-spatial Data in Natural Resources*. 2018, pp.13-35.
- [15]- Burqan.M, Ghodieh.A. Wadis Network Analysis and Determining Optimal Dams Sites in the Western Slopes of Hebron Plateau Using GIS Techniques. *Studies, humanities and social sciences*. Vol.64, No.1, 2019, pp.181-196.
- [16]- Cohw,V. Handbook of applied hydrology, Mc Graw, Hill, New Yourk, 1984, pp.165-167.
- [17]- Devne,M, Mundhe,N, Kamble,A, Dhawale,G. Morphometric analysis of Kolavadi sub-watershed in Bhor Tahsil using GIS techniques. *Journal of geographical studies*. Vol.3, No.1, 2019, pp.1-10.
- [18]- Gharde.D, Kothari.M, Singh.K, Mittal.K. Geomorphometri analysis and prioritization of sub catchments of Savitri basin in Konkan region of Maharashtra, India using GIS technique. *International journal of civil engineering (IJCE)*. ISSN 2278-9987; ISSN 2278-9995, Vol.4, No.2, 2015, pp.1-18.
- [19]- Horton.E. Drainage basin characteristics, *Transactions. American geophysical union*. Vol.13, No.1. 1932. pp.350-361.
- [20]- Horton, E. Erosional development of stream and their drainage: hydrophysical to quantitative morphology. *Geological society of America Bulletin*. Vol.56, No.3. 1945. pp.275-370.
- [21]- Hussein,S,Al-Jeishy,F. Morphometric characteristics of wadi Al'Aqrabi basin using remote sensing and geographic information system (GIS) techniques. *Educational & social science journal*. ISSN:2148-2218. Vol.7, No.10, 2020, PP.1-28.
- [22]- Miller,V.C. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch mountain area, Virginia and Tennessee. Columbia university, department of geology, technical report, No.3, contract N6 ONR271-300, Network, Handbook of applied hydrology, 1953, pp 39-76.
- [23]- Moid,M,Abhilash,M,Lakshmi,T,Rao,P. Remote sensing and GIS based morphometric analysis for three sub-watersheds of Manair river basin in Telangana, India. *Journal of spatial hydrology*. Vol.15, No.2,2019. Pp.1-16.
- [24]- Musa.R, Abo-Hamad.A. Morphometric analysis of river drainage basins using multivariate statistics and systems geographic information, Amman Zarqa Basin as a case study. *International journal of environment & water*. ISSN 2052-3408. Vol.5, No.1, 2016, pp.1-13.
- [25]- Omran.H, Al-Saadi.H. The Morphometry of Wadi Karawi Basin (East of Wasit Governorate). *Journal of university of Babylon for humanities*. Vol. 28, No. 2, 2020. Pp.88-105.
- [26]- Park,D, Nikhil,N, Lee,S. Landslide and debris flow susceptibility zonation using TRIGRS for the 2011 Seoul landslide event. *Natural hazards and earth system sciences*. Doi:10.1594/nhess-13, 2013, pp.2833-2849.
- [27]- Salom.G. Qandil Valley Basin (morphometric study). *Damascus university journal*. Vol.28, No.1, 2012, pp.373-438.
- [28]- Sapkale,J, Kadam,Y, Jadhav,I, Kamble,S. River in planform and variation in sinuosity index: A study of Dhamni river, Kolhapur (Maharashtra), India. *International journal of scientific & engineering research*. ISSN 2229-5518, vol7, No.2, 2016, pp.863-867.
- [29]- Savita.R, Satishkumar.U, Mittal.H, Singh.P, Yadav.K, Mathur.S. Analysis of hydrological inferences through morphometric analysis: A remote sensing-GIS based of Kankanala reservoir subwatershed. *International journal of science and research*. ISSN 2250-0057, ISSN 2321-0087. Vol.7, No.6, 2017, pp.373-388.

- [30]- Schumm,S.A. Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy.New Jercey. Geological society of America Bulletin. 67(5), 1956, pp.597-646.
- [31]- Strahler,A.N. Hypsometric analysis of erosional topography. Bulletin of geological society of America. 1952, pp.117-42.
- [32]- Umrikar.B, Dhanve.S, Dagde.G, Gawai.R. Quantitative geomorphological analysis for characterization of selected watersheds in western Maharashtra, India. International Journal of Remote Sensing & Geoscience (IJRSG). ISSN No: 2319-3484. Vol.2, No.2, 2013, pp.8-15.
- [33]- Vishal,K. Ingle,K. Mishra,A. Sarangi,K. Singh,V. Seghal.K. Hydrologic behavior of Tapi river catchment using morphometric analysis. Journal of applied and natural science. Vol. 6, No.2,2014, pp.442-450.
- [34]- VISHNU,B. Watershed analysis-throgh FOSS tools, Balaleela publications, Pala-686574, ISBN:978-81-925176-0-5, 2013.
- [35]- WILSON,E. Engineering hydrology. 4th edition, EIBS/Macmillan, 1990.
- [36]- Zreqat.D, Alhusban.Y. Morphometric Characteristics of the Zarqa River Basin in Jordan, Using GIS and DEM. Studies, humanities and social sciences. Vol.42, No.1, 2015, pp.1280-1294.
- [37]<http://www5.kingcounty.gov/sdc/raster/elevation/ShuttleRadarTopographyMissionSpatialMetadata.htm>