

التحليل الهيدرومورفومتري للشبكة النهرية في حوض نهر العروس (رافد نهر الكبير الجنوبي) - محافظتي حمص - طرطوس

د. يوسف العلي*

ميرنا شدود**

(تاريخ الإيداع 2022/ 4/25. قَبْلَ للنشر في 2022/ 8/21)

□ ملخّص □

يعد الاستقراء الهيدرومورفومتري واستنباط الدلالات الجيومورفولوجية على مستوى الأحواض المائية الفرعية أحد أهم الاتجاهات الحديثة في الإدارة المستدامة لتلك الأحواض، وفي ضوء ذلك هدفت هذه الدراسة إلى التحليل الهيدرومورفومتري لخصائص الشبكة النهرية لاستنباط دلالاتها الجيومورفولوجية، بالاستناد إلى بيانات الاستشعار عن بعد وتراكبها مكانياً في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

أُجريت الدراسة في حوض نهر العروس أحد أبرز روافد الكبير الجنوبي، الواقع جنوب محافظة طرطوس وإلى الغرب من محافظة حمص، إذ بلغت المساحة التجميعية 149.13 كم² متضمنة خمس رتب نهرية بطول إجمالي 325.36 كم.

أظهرت المؤشرات الهيدرومورفومترية المطبقة في هذه الدراسة وجود مخاطر جيومورفولوجية محتملة متمثلةً بالفيضانات في المقام الأول يليها الانجراف المائي. إذ إنّ انخفاض نسبة التشعب وارتفاع كثافة التصريف بالإضافة لنسيج التصريف الناعم، فضلاً عن وجود نمط التصريف المتوازي متركزاً في الحوض الأعلى على وجه التحديد، جميعها تشير إلى وجود خطر جيومورفولوجي محتمل متباين الشدة تبعاً لتكامل المعايير الجغرافية الأخرى.

الكلمات المفتاحية: التحليل الهيدرومورفومتري، نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، حوض نهر العروس.

* أستاذ مساعد - قسم الجغرافية - كلية الآداب والعلوم الإنسانية في جامعة طرطوس، طرطوس، سورية.
** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الجغرافية - كلية الآداب والعلوم الإنسانية في جامعة طرطوس، طرطوس، سورية

Hydro morphometric analysis of the river network in the basin of the Arous River (southern tributary of the Kabir River) - Homs-Tartous governorates

Dr.Youssef ALali*
Mirna shaddoud**

(Received 25/4 /2022. Accepted 21/8/2022)

□ ABSTRACT □

Hydromorphic induction and geomorphological semantics at the sub-basin level are one of the most important recent trends in the sustainable management of those basins, In view of this, this study aimed at hydromorphic analysis of the characteristics of the river network to derive its geomorphological significance, based on remote sensing data and their spatially superimposed in the GIS environment.

The study was conducted in the basin of the Arous River, one of the most prominent tributaries of the southern Kabir, located south of Tartous governorate and west of Homs Governorate, with a total area of 149.13 km², including five river classes with a total length of 325.36 km.

The hydromorphic indicators applied in this study showed a potential geomorphological risk of flooding primarily followed by water soil erosion. Low bifurcation, high drainage density, soft drainage texture, and a parallel drainage pattern concentrated specifically in the upper basin all indicate a potential geomorphological risk of varying severity depending on the complementarity of other geographical criteria.

Keywords: hydro morphometric analysis, Geographic Information Systems (GIS), Arous river basin

* Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Arts and humanities, Tartus University, Tartous, Syria

** Postgraduate student (master) _ Department of Geography-Faculty of Arts and Humanities at Tartous University, Tartous, Syria

المقدمة

تعد إدارة الموارد المائية على مستوى الأحواض النهرية إحدى أهم أدوات التنمية المستدامة لتلك الأحواض باعتبارها منظومة مكانية متكاملة، وبالتالي فهي المرتكز الأساس في حفظ الموارد الطبيعية، والحد من المخاطر الجيومورفولوجية المحتملة كالفيضانات والانجراف المائي (Radwan *et al.*,2020). (Abdo,2020) حيث يشكل الحوض النهري منظومة مكانية طبيعية تحدد الفعاليات الهيدرولوجية وتؤثر على الآليات الجيومورفولوجية، كانعكاس مباشر للتكامل المكاني بين البنى التركيبية الجغرافية والخصائص المناخية بمرور الوقت (Al shaiakh,2017). إن التحليل الهيدرومورفومتري على مستوى الأحواض النهرية هو أداة للاستقراء المباشر للخصائص الهيدرولوجية والجيومورفولوجية. كما أنه يمثل منطلقاً أساسياً في تنظيم قاعدة معلومات هيدرولوجية خاصة خلال موسم الفيض النهري وذلك كتوصيف كمي لتطور أشكال السطح الطبوغرافي من خلال العمليات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية (Dare *et al.*,2013; Radwan *et al.*,2020).

ووفقاً لذلك، يُجرى التحليل الهيدرومورفومتري عن طريق قياس البارامترات الخطية والشكلية والتضريبية، التي تُمثل بالعلاقات الرياضية التجريبية بين كل من الخصائص الجغرافية الطبيعية والتباين المكاني في هذه الخصائص (Horton,1945; Ali *et al.*,2016).

وبناءً على ما سبق، يوجد نهجان لتحليل البارامترات الهيدرومورفومترية: الأول نهج تقليدي يعتمد الخرائط الطبوغرافية والحسابات اليدوية، والآخر حديث تقني من خلال تكامل بيانات الاستشعار عن بعد (RS) بالإضافة لتقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) (Kant *et al.*, 2015; Radwan *et al.*,2020). خلاصة القول، إن المخرجات الكارتوغرافية ونتائج التحليل الهيدرومورفومتري باستخدام التقنيات الحديثة، يمكن أن تشكل أداة فعالة لصانعي القرار في حصاد المياه وبالتالي الإدارة المتكاملة للموارد المائية بما يحقق التنمية المستدامة (Mahmood and Rahman,2019; Radwan *et al.*,2020; Abdo,2020).

أهمية الدراسة وأهدافها

تعد الخصائص الجغرافية الطبيعية للبنى الحوضية على مستوى المنظومات الهيدرولوجية عموماً، والأحواض المائية بشكل خاص العامل الأساسي المؤثر في زيادة حدة الخطر الجيومورفولوجي وزيادة إمكانية حدوثه. وتتمثل هذه الخصائص في الدرجة الأولى بالتراكيب الجيولوجية والظروف المناخية والانحدارات الطبوغرافية وخصائص التربة (عبدو،2020).

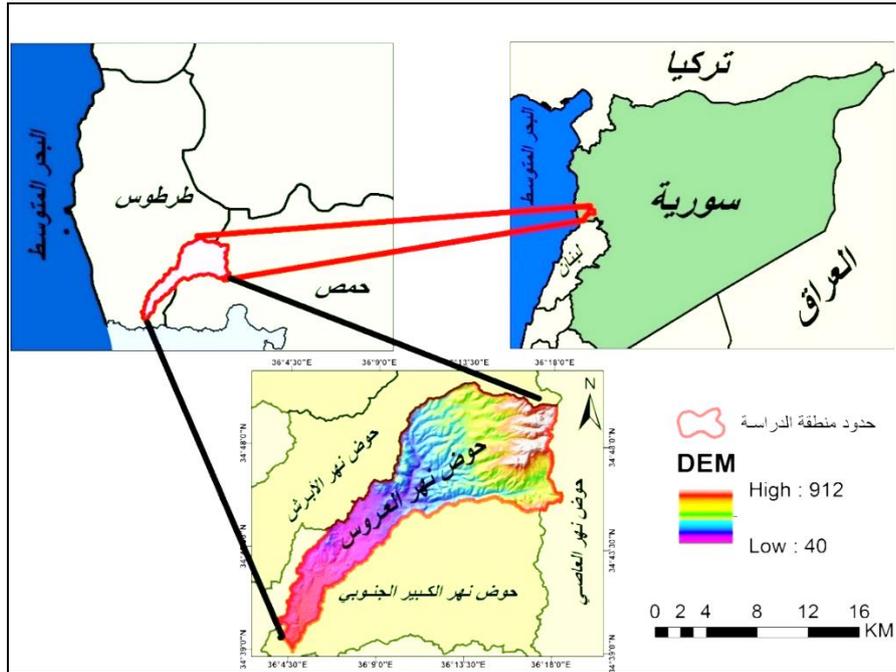
تأتي أهمية البحث مما يمثله التحليل المكاني للخصائص الهيدرومورفومترية واستقراء دلالتها الجيومورفولوجية من دور حاسم في تحديد قابلية الوحدات الجغرافية الطبيعية لحدوث المخاطر الجيومورفولوجية المحتملة، وبالتالي يمثل هذا النمط من التحاليل حجر الأساس لدراسات مستقبلية تسهم في ترتيب أولويات الإدارة الهيدرولوجية للحوض المدروس وحفظ المياه والتربة على مستوى الأحواض الفرعية. **تهدف الدراسة إلى:**

- 1- تحديد البارامترات الهيدرومورفومترية واستقراء دلالاتها وتقييمها مكانياً على مستوى منظومة حوض نهر العروس الهيدرولوجية.
- 2- تحديد المخاطر الجيومورفولوجية الأكثر احتمالاً تبعاً لتكامل قيم البارامترات الهيدرومورفومترية والخصائص الجغرافية الطبيعية.

طرائق البحث وأدواته

• منطقة الدراسة

يمثل حوض نهر العروس أحد الوحدات الجغرافية الطبيعية التابعة للمنظومة الهيدرولوجية الساحلية الغربية، والذي يشكل بدوره جزءاً من حوض نهر الكبير الجنوبي، المتوضع في الحيز الجنوبي الغربي في الإقليم الساحلي السوري. يتحدد جغرافياً بحوض نهر الكبير الجنوبي في الجنوب والجنوب الشرقي وحوض نهر الأبرش في الشمال والشمال الغربي؛ أما من الشرق والشمال الشرقي فحوض نهر العاصي، كما يوضح (الشكل 1)؛ أما فلكياً فيمتد الحوض بين دائرتي عرض "34° 38' 49" و"34° 50' 53" شمال خط الاستواء، وبين خطي طول "36° 03' 53" و"36° 18' 18" شرق غرينتش. يمتد حوض نهر العروس على وحدة مساحية تقدر بـ 149.13 كم²، تتوزع على محافظتين إداريتين محافظة طرطوس بنسبة 63.15%، ومحافظة حمص بنسبة 36.85%.



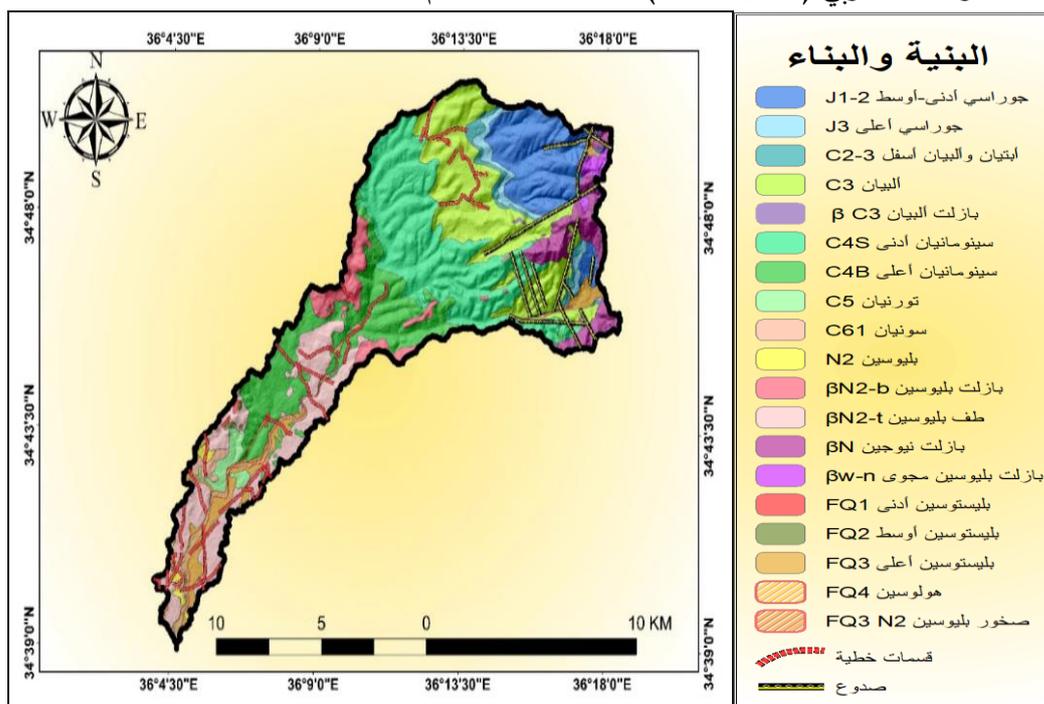
الشكل (1): موقع منطقة الدراسة الجغرافي والفلكي

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي

ترسم الشبكة النهرية بدءاً من أقصى الشمال الشرقي بالقرب من قرى الناصرة ومرميتا والمشتاية وجديدة حزور وبيت أصلان، لتتحد باتجاه الغرب والجنوب الغربي آخذة نمط تصريف متوازي قاطعة التشكيلات الجيولوجية التناثية الكريستالية والجوراسية، ثم تلتقي بالقرب من قرية المتراس لتتابع سيرها باتجاه الجنوب الغربي حتى تصل نقطة تركيز الحوض عند قرية الحسنة، وأبرز الروافد: العطشان، المشتى، عين السلاط، إسماعيل، العجوز، الحرش، والمتراس أكبر

روافد نهر العروس؛ وبالتالي تشكل منطقة الدراسة وحدة مكانية جيوهيدرولوجية متكاملة تعكس مجمل الخصائص الجغرافية الطبيعية.

جيولوجياً كشفت عملية تحليل الرقع الجيولوجية المتضمنة للحوض المدروس (حلبا، صافيتا، الحصن) هيمنة التوضعات الثنائية الجيولوجية بنسبة 69.66%، كما توضح الخريطة (الشكل 2)، وتحديداً أوار الجوراسي التي تقسم إلى صخور الجوراسي الأوسط - الأدنى J1-2 وهي صخور كلسية (دولوميتية) مع وجود عقد صوانية، تشكل معظم القمم الجبلية جبل المحسن 780م، وصخور الجوراسي الأعلى J3 التي تتوضع في الحوض الأعلى أقصى الشمال الشرقي، كما تتكشف على شكل حجر كلسي متطبق في وادي الحمداية، وتليها تشكيلات الكريتاسي التي تبدأ بتوضعات الكريتاسي الأدنى المقسمة إلى طبقي الأبتيان والألبان الأوسط C2+3 التي تتكشف في أقصى الشمال الشرقي بشكل شريط شاقولي مكونة من مارل مُدلمت ودلوميت وطبقات بازلتية، كما وتتكشف على شكل نطاق مكاني ضيق نسبياً محيط بالتكوينات الجوراسية شرقاً، يليها طبق الألبان C3 (تشكيلة عين البيضا - البلاطة) في أقصى الشمال الشرقي من الحوض الأعلى متوضعاً أعلى الجوراسي الأدنى والأوسط متداخلاً مع بازلت النيوجين، مكوناً من دولوميت وحجر كلسي مُدلمت وعقد صوانية في الجزء العلوي تتداخل مع البازلت بسماكة 170-250م، كما يظهر في أقصى الشمال والشمال الغربي (تشكيلة بلاطة) بسماكة 180-220م.



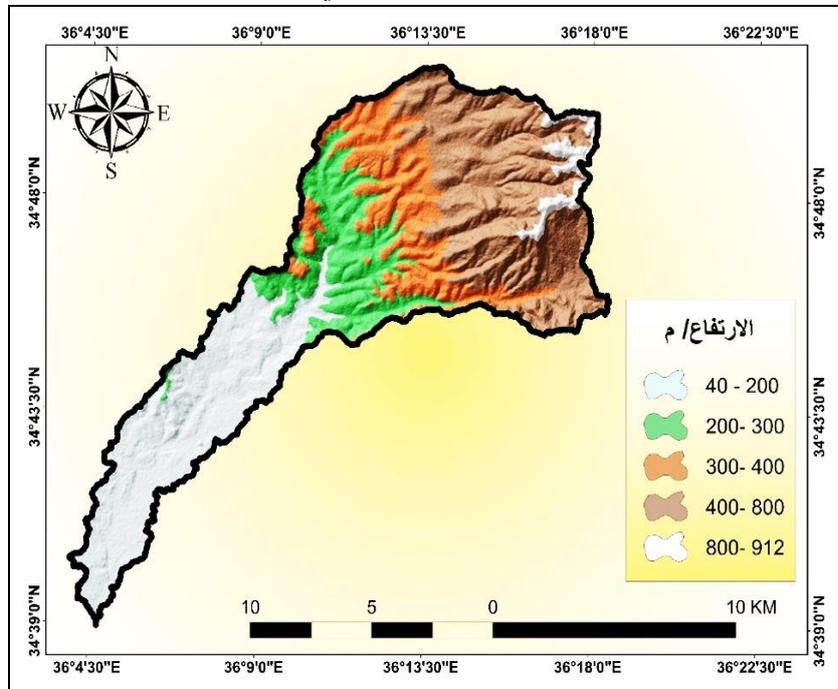
الشكل (2): خريطة جيولوجية توضح بنية وبناء منطقة الدراسة

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على الرقع الجيولوجية (حلبا، صافيتا، الحصن)

أما توضعات الكريتاسي الأعلى فتشمل توضعات السينومانيان الأدنى C₄S (تشكيلة صلفنة) التي تتكشف في الحوض الأوسط، حيث تشغل أكبر مساحة 31.27 كم²، تتكون من تناوب حجر كلسي سميك التطبق وحجر كلسي ومارل ومارل دولوميتي مع وجود عقد صوانية (تورين)، كما تظهر في الحوض الأعلى أقصى الشرق بسماكة تتراوح من 170 - 220م، إضافة إلى توضعات السينومانيان الأعلى C₄B (تشكيلة

الحنفية) التي تُلاحظ في الحوض الأوسط مؤلفة من تناوب حجر كلسي سميك التطبق وحجر كلسي مارلي مع وجود عقد صوانية (ظهر المتراس)، كما تُلاحظ في الحوض الأدنى في الجزء الغربي، وأخيراً **طابق التورنيان C5** يظهر على شكل رقعة صغيرة بالقرب من قرية تل الترمس، و**طابق سونيان - سانتونيان C6₁** يظهر في الحوض الأدنى وهو حجر كلسي حواري أفابيتي. أما **التوضعات الثلاثة النيوجينية الرسوبية والبازلتية (بليوسين، نيوجين)** فتستحوذ نسبة 24.11%، يتكشف **طابق البليوسين N2** في الحوض الأدنى بالقرب من المصب مؤلف من سيليت بحري غضاري وحجر رملي وكونغلوميرا، مع وجود طف وصبات بازلتية ورمل وسلت وكونغلوميرا **βN2-b** في الحوض الأوسط، ويعلوها بازلت مع لافا بازلتية وطف **βN2-t** في الحوض الأدنى والأوسط، أما **طابق النيوجين N** فيتكشف بازلت النيوجين **βN** على شكل تداخلات من الكونغلوميرا والسلت بسماكة تتراوح من 25-700 م؛ تلاحظ أعلى قمة جبل الناصرة، وأيضاً بازلت نيوجين **المجوى βW-N** فقط في أقصى الشمال الشرقي وهي عبارة عن صبات عديدة من البازلت المجوة مع تداخلات كونغلوميرا وتراكيب بركانية اندفاعية. وأخيراً **التشكيلات الرباعية (بلايستوسين، هولوسين)** بنسبة 6.23%، تتمثل بالمصاطب النهرية وتقسّم إلى أربع طوابق بليستوسين أدنى **FQ1**، بليستوسين أوسط **FQ2**، بليستوسين أعلى **FQ3**، مركزة في الحوض الأدنى والأوسط مكونة من طبقات من الحصى والجلاميد، أما **طابق الأحداث الهليوسين FQ4** فيتكون من سيلت بحري ناعم على شكل مخاريط تجميعية ومراوح فيضية، تنتشر على شكل شريط موازٍ لمجر النهر الرئيس عند قرى المتراس، تل الترمس، والقنيطرة.

تكتونياً شهدت البنى الصخرية (الليثولوجية) مزيداً من التخلخ والتداخل موزعة على شكل مجموعة من الصدوع والقسمات الخطية. يُلاحظ في أقصى الشمال والشمال الشرقي من منطقة الدراسة كما توضح الخريطة (2)؛ لقرىها من الفالق السوري الذي يقطع الغاب شرقاً، متمثلة بمجموعة صدوع مؤكدة وغير مؤكدة، أما القسمات الخطية فتتوزع في الحوض الأوسط والأدنى على امتداد الأودية كوادي إسماعيل والتحتاني والشحرور.



الشكل (3): خريطة الخصائص الطبوغرافية في منطقة الدراسة

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)

تضريسيًا يبلغ ارتفاع أعلى نقطة ضمن منطقة الدراسة 912م في جبل الناصرة الواقع أقصى الشمال الشرقي، أما أدنى نقطة فتتمثل بالسريير النهري الواقع بالقرب من قرية الحسنة عند ارتفاع 40 م، إذًا يبلغ المدى الطبوغرافي في حوض نهر العروس 872 م. أما قيم الانحدار فتتراوح بين 0-47 درجة بمساحات متباينة بدءاً من الأراضي المستوية حتى الجرفية. كما تُلاحظ ثلاثة قطاعات جيومورفولوجية وفقاً لمراحل تغير وتطور البنى التضريسية، إذ يتكون الحيز الجغرافي الأول من منطقة السهل الفيضي أقل من 100م، تليها منطقة الهضاب 100-400م، أما القطاع الأخير فيشكل التضاريس الوعرة أو المرتفعات الجبلية 400-912م (حليمة، 2001).

مناخياً ينتمي مناخ حوض نهر العروس إلى نموذج " المناخ المتوسطي"، يتميز بفصلين أساسين صيف حار جاف، وشتاء بارد ماطر ورطب، مع اعتداليين انتقاليين ربيعي وخريفي، ولرصد مناخ منطقة الدراسة جرى اعتماد بيانات الدورة المناخية (1990-2020) لأكثر من محطة داخل الحوض أو بالقرب من خط دُراه، نظراً للمساحة الكبيرة من جهة والتباين التضريسي من جهة أخرى، وعليه بلغ المعدل السنوي للهطل 900ملم: (محطة كرتو) 789ملم، (محطة الصفصافة) 913 ملم، (محطة صافيتا) 1036 ملم، (محطة قلعة الحصن) 893 ملم، (محطة الناصرة) 784 ملم، (محطة بيت أصلان) 987 ملم، أما المعدل الشهري لدرجة الحرارة 18.63°، أحر الأشهر هو آب 26.7° والأبرد كانون الثاني 9.92°، كما سُجلت أعلى قيمة للرطوبة النسبية في شهر تموز 70.26% باختلاف طفيف عن شهر آب 69.9%، أما متوسط سرعة الرياح بلغ ذروته خلال فصل الشتاء، وتحديداً في شهر كانون الثاني (4.9م/ثا)، في حين سُجلت أدنى قيمة في شهر تشرين الأول (1.8م/ثا)، مع الإشارة إلى أن المعدل السنوي لسرعة الرياح في منطقة الدراسة بلغ (2.93م/ثا).

• البيانات الرقمية

إنّ التحليل الهيدرومورفومتري هو توصيف رياضي لسطح الأرض يعكس تكوينها الطبيعي مفسراً العلاقات المكانية المتبادلة بين الأنظمة الجيولوجية والمناخية والهيدرولوجية. وفقاً لذلك تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وبدقة مكانية خلوية (12.5*12.5) والتي تم الحصول عليها من الموقع الإلكتروني <https://www.alaska.edu/sardata/plasar/>، ثم تصحيحها مكانياً وجغرافياً بما يتناسب مع إحداثيات الجمهورية العربية السورية عن طريق تغيير نظم الإحداثيات في برنامج Arc GIS من Geographic Coordinate System وإلى Project Coordinate System، لتحديد الحدود الجغرافية المكانية عن طريق أدوات التحليل المكاني الهيدرولوجي Spatial Analyst tool، بدءاً من تصحيح وملء الخلايا المفقودة عن طريق الأداة (Fill) ثم تحديد اتجاه التدفق (Flow direction)، تليها تحديد التدفقات التراكمية النهرية (Flow accumulation)، وعلى اعتبار أنّ حوض نهر العروس حوض فرعي وجب تحديد نقطة تركيز أساسية (Shapefile-Point)، والتي تمثل أحد النقاط الخلوية التي تتجمع فيها التدفقات التراكمية. وعلى أساس هذين المعيارين (DEM، نقطة التركيز)، تم اشتقاق حوض نهر العروس وتحويله من صيغة خلوية (Raster) لصيغة مساحية (Vector-Polygon). أما الشبكة النهرية فتم اشتقاقها بطريقة مماثلة على مستوى الحوض المدروس وفقاً لأداة (Map Algebra) ومن ثم تصنيفها وفقاً لـ (Strahler, 1957) لخمس رتب وتحويلها من صيغة خلوية (Raster) إلى صيغة خطية (Vector-Line).

• البارامترات الهيدرومورفومترية

أجريت القياسات الهيدرومورفومترية بناءً على البيانات الرقمية والمخرج المكاني الكارتوغرافي الذي تم الحصول عليه في بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS، والتي تنقسم بدورها إلى الهندسية والخطية، وتتمثل برتب الروافد، عددها، طولها، تكرارها، نسبة التشعب، كثافة التصريف، نسيج التصريف، وقد تم تحديدها لاستقراء دلالاتها بواسطة معادلات رياضية كما يوضح الجدول (1). تم إجراء التحليل الهيدرومورفومتري للشبكة النهرية في حوض نهر العروس وفق ثلاث خطوات أساسية المحددة بالأبعاد الهندسية والبارامترات الخطية وأنماط التصريف، لاستقراء التأثير المتبادل بين الخصائص الجغرافية الليثولوجية والمناخية والطبوغرافية للحوض، وتحديد المخاطر الجيومورفولوجية المحتملة.

جدول (1): البارامترات الهيدرومورفومترية

الرقم	البارامتر	المعادلة/ الرمز	المرجع
1	المساحة	A	(Gregory and Walling, 1973)
2	المحيط	P	
3	الطول	L_b	(Schumm, 1956)
4	العرض	W_b	
5	الرتب النهرية	S_u	(Horton, 1945; Strahler, 1957)
6	عدد الرتب النهرية	$N_u = N_1 + N_2 + \dots + N_u$	(Horton, 1945)
7	طول الروافد النهرية	$L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_u$	(Horton, 1945)
8	متوسط طول الروافد النهرية	$L_{sm} = L_u / N_u$	(Strahler, 1964)
9	تكرار الروافد	$F_s = \sum Nu / A$	(Horton, 1945)
10	نسبة التشعب	$R_b = N_u / N_u + 1$	(Schumm, 1956; Strahler, 1964)
11	متوسط نسبة التشعب	$R_{bm} = \sum Rb / nRb$	(Strahler, 1964)
12	كثافة التصريف	$D_d = \sum Lu / A$	(Horton, 1945)
13	نسيج التصريف	$D_t = N_u / p$	(Horton, 1945)

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على المراجع ذات الصلة

النتائج والمناقشة

❖ تحديد الأبعاد الهندسية

■ مساحة/ محيط الحوض

تمثل مساحة الحوض (A) مؤشراً رقمياً للحيز المكاني المحدد بخط الذرا المتضمن جميع الأودية النهرية التي ترفد المجرى الرئيس حتى نقطة المصب، وبعبارة أخرى هي انعكاس مباشر للقوة الهيدرولوجية في الاستحواذ المكاني، وبالتالي تجسيد المرحلة الجيومورفولوجية وزيادة عمليات الأسر النهرية (عبدو، 2020). جرى حساب مساحة الحوض في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وقد بلغت 149.13 كم² وهي مساحة كبيرة مقارنة بمنظومة الأحواض الهيدرولوجية الساحلية. تُلاحظ هذه الزيادة بشكل كبير في منطقة المنابع متدرجة في الانخفاض باتجاه المصب؛ نظراً لتباين التكوين الجيولوجي الثنائي الجوراسي والكريتاسي سميك التطبيق والثلاثي البليوسيني والنيوجيني بتدخلات بازلتية وصوانية، المقاومة لعملية الحت خاصة في الحوض الأعلى والأوسط.

أما **المحيط (P)** وهو الخط المحدد لأعلى النقاط على امتداد المساحة الكلية المشرفة على الرتب الأولى من الشبكة الهيدرولوجية. فيعكس بشكل عام مدى انتظام أو عشوائية البعد الجغرافي للوحدة الهيدرولوجية. جرى حساب المحيط في بيئة نظم المعلومات الجغرافية إذ قدر بـ 87.17 كم متناسباً مع المساحة الكبيرة. يتأثر محيط الحوض بتطور روافد الرتبة الأدنى ونشوء الروافد الموسمية عقب الشدات المطرية العالية وبالتالي زيادة عمليات الأسر النهري. يُلاحظ زيادة تعرج خط تقسيم المياه (المحيط)، والذي يفسر النشاط المورفوديناميكي على سفوح منحدرات السايح، الناصرة، العروس المحسن، وبالتالي زيادة شدة خطر الجريان السطحي المحتمل.

■ طول / عرض الحوض الأقصى

يُعرف **طول الحوض (L_b)** أنه الخط المستقيم الذي يرقم بين نقطة التركيز (المصب) وأبعد نقطة على محيط الحوض وفقاً لـ (shcum,1965) شريط مواز للمجرى الرئيس، يعكس طول الحوض التناسب الطردي بين المساحة ونشاط الشبكة الهيدرولوجية عقب الزخات المطرية الشديدة. بلغ طول الحوض نحو 28.59 كم، تشير زيادة طول الحوض إلى التباين الليثولوجي للتكوينات الجيولوجية وتأثرها بالصودع والقسمات الخطية، وبالتالي تعاضم الجريان السطحي على حساب نفاذية الطبقات وتفرغ الحمولة خلال زمن تركيز أقل، نتيجة غلبة الحت الرأسي على حساب التراجعي.

أما **عرض الحوض الأقصى (W_b)** فهو البعد المكاني بين أبعد ارتفاعين متناظرين من خط الذراع، ممثلاً بذلك الضابط الأساس الديناميكي لحركة المياه في الحوض (Schumm,1956). يُلاحظ تناقص عرض الحوض بشكل متدرج وصولاً لأخفض نقاط الحوض بتباين كبير عن منطقة المنابع، وقد قدر العرض الأعظمي بـ 13.26 كم، وهذا مؤشر على تلقي الجزء الأعلى من الحوض كمية أعلى من الوارد الجوي مقارنة بالأجزاء الدنيا والوسطى بسبب التباين الطبوغرافي الشديد، كما يظهر في الخريطة (الشكل 3). كما يشير التباين الكبير عن الطول لتأخر نسبي في وصول المياه للمجرى الرئيس، مما يسبب وصولها على شكل دفعات كبرى (علاجي، 2010؛ عبدو، 2020)، مسببة في بعض الأحيان الفيضانات الخاطفة خاصة في المواضع ذات البنية الليثولوجية الصلبة المتمثلة بالسينومانيان الأدنى والألبان، وفي المواضع التي ترتفع فيها كمية الهطل وشدته خاصة على سفوح منحدرات الأجزاء الشمالية الشرقية.

❖ استقرار البارامترات الخطية

■ الرتب النهريّة/ عددها

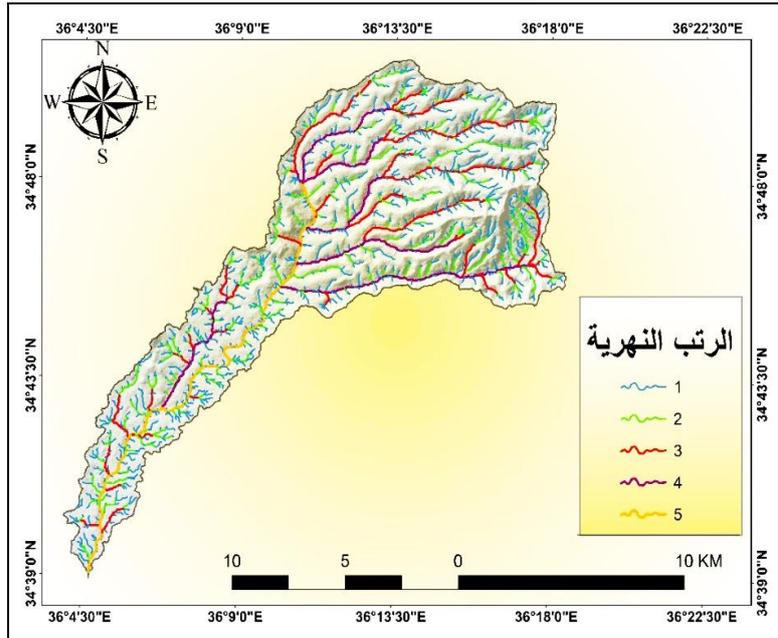
تُعرف **الرتب النهريّة (S_u)** أنها التتابع الهرمي لعدد الروافد الهيدرولوجية على مستوى المنظومات الطبيعية. يعد المؤشر الأولي للفعاليات الهيدرولوجية، إذ يعكس عدد وطول المجاري المائية وجود علاقة طردية بين سرعة التدفق النهري عقب كل شدة مطرية. (Alqahtani and Qaddah 2019; Youssef et al., 2011) ووفقاً للدراسات المرجعية ذات الصلة تم اعتماد طريقة (Strahler,1957) في تحديد الرتب في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لبتساطها ومرونتها ووضوحها.

ووفقاً لهذه الطريقة تُعطى الرتب الأولى لأصغر مجاري لا تصب فيها أي روافد ثانوية، والرتبة التالية عند التقاء رافدين من الرتبة الأدنى، والرتبة الثالثة عند التقاء رافدين من الرتبة الثانية، وهكذا حتى نصل المجرى الرئيس الذي يأخذ الرتبة الأعلى، وعليه قسمت الشبكة النهريّة لخمس رتب أما عددها (N_u) فتم تحديده في بيئة

نظم المعلومات الجغرافية بـ 430، 195، 110، 53، 1 على الترتيب على مستوى كل رتبة. كما توضح الخريطة (الشكل 4). إذ تستحوذ الرتبة الأولى على أكبر نسبة 54.5% أما بقية الرتب فتشكل نسبة 24.71%، 13.94%، 6.72%، 0.13% على الترتيب؛ تُلاحظ زيادة عدد مجاري الرتبة الأولى في الأجزاء العليا كانعكاس مباشر للتباين الجيولوجي والطبوغرافي من جهة، وارتفاع معدل الهطل من جهة أخرى مما يسبب تشكل عدد كبير من الروافد الموسمية المؤقتة (النواشغ).

■ طول الروافد النهرية / متوسط طولها

يمثل طول الروافد النهرية في المنظومة الهيدرولوجية مجموع أطوال لروافد غي كل الرتب بدءاً من الرتبة الأدنى حتى المجرى الرئيس في وحدة الحوض الجغرافية، قُدر الطول الإجمالي 325.36 كم وفقاً لطريقة (Horton, 1945) متدرجة عكسياً مع زيادة الرتبة وهي على الترتيب 151.03، 81.16، 50.08، 21.64، 21.45 كم. إن طول الروافد انعكاس مباشر للتركيب الليثولوجي للسرير النهرية، بعبارة أخرى كلما كانت تشكيلات الأسرة قليلة النفاذية تشكل عدد كبير من المجاري قصيرة الطول والعكس صحيح (Sethupathi et al., 2011). وهذا ما يفسر كثرة عدد روافد الرتبة الأولى القصيرة الطول خاصة في الحوض الأعلى والأجزاء العليا من الحوض الأوسط حيث التكوينات قليلة النفاذية المتمثلة بتكوينات الألبان والسينومانيان الأدنى المتداخلة مع تكوين النيوجين والتي تشغل 57.44 كم² أي بنسبة 38.51% من مجمل التكوين الجيولوجي.



الشكل (4): خريطة تبين الرتب النهرية في منطقة الدراسة

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)

أما متوسط طول المجاري (L_{sm}) وفقاً لـ (Horton, 1945)، إنه مجموع الطول الكلي للمجاري على عددها على مستوى الرتبة النهرية، وهذا يعكس العلاقة المباشرة بين الشبكة الهيدرولوجية والسطح الطبوغرافي؛ وهي على الترتيب 0.35، 0.41، 0.45، 0.4، 0.31 كم؛ وفقاً لـ (Strahler, 1964) متوسط طول الرتبة أكبر من الرتبة الأدنى وأقل من الرتبة التالية، يُلاحظ ذلك في الرتبة الثانية أما الرتب الثلاث الأخيرة العكس تماماً يعزى هذا الشذوذ لتباين التضرس الكبير في الحوض، إذ يوجد تناسب طردي بين التباين الطبوغرافي وزيادة متوسط الطول وحجم كثافة التصريف.

■ تكرار الروافد

يُعرف تكرار الروافد (F_s) أنه عدد الروافد النهرية في وحدة المساحة ويتأثر تأثيراً مباشراً بالضوابط الجغرافية المناخية وعلى وجه التحديد الهطل، وأيضاً الشروط الجغرافية الطبوغرافية كالانحدارات الشديدة وما ينجم عنها من تبعات مكانية على المؤثرات الجيولوجية للحيز المدروس (Carlston, 1963). وبالتالي يوجد علاقة طردية بين تكرار المجاري وكثافة التصريف، بلغت قيمة تكرار المجاري 5.29، وهي قيمة عالية نسبياً تشير إلى توليد ذروة تدفق كبيرة مع زيادة نسبة الحمولة الترسيبية وبالتالي زيادة احتمالية حدوث الفيضان (Horton, 1932)؛ نظراً لارتفاع معدل الهطل السنوي (900 ملم) والانحدارات الشديدة لاسيما في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية، إذ تزيد درجة الانحدار عن 45 بالقرب من قرى المشتاية مرميتا والناصر، وبالتالي تشكل مزيد من الروافد الموسمية وتكرارها في وحدة المساحة.

■ نسبة التشعب / متوسط نسبة التشعب

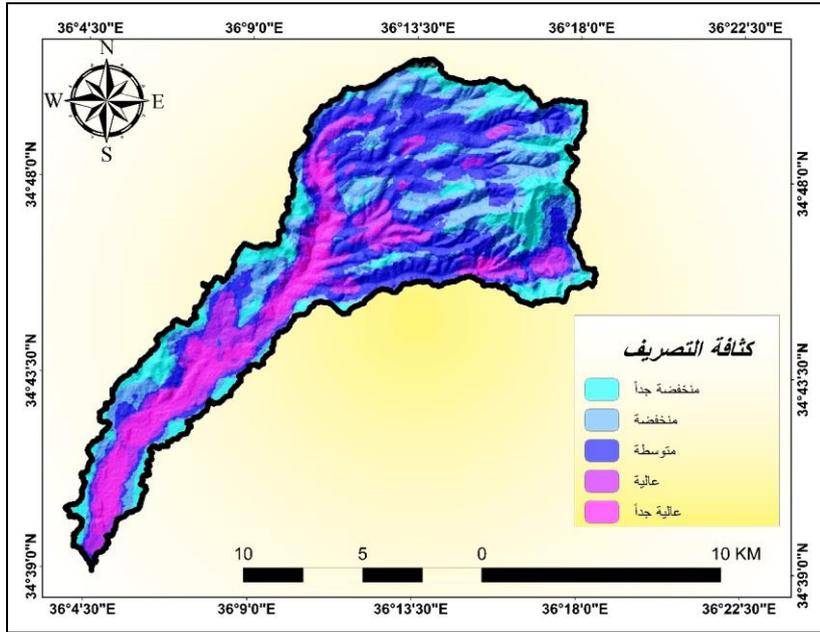
إن مؤشر نسبة التشعب (R_b) مؤشر لقطع التضاريس وفقاً لـ (Horton, 1945) بينما ارتأى Strahler (1964) أنه انعكاس مباشر لصلابة التراكيب الجيولوجية والظروف المناخية (Geena and Ballukraya, 2011)، وعليه تُعرف نسبة التشعب أنها النسبة بين عدد الروافد في الرتبة إلى عدد الروافد في الرتبة التالية. تتراوح القيم الطبيعية لنسب التشعب بين (3-5) وفقاً لـ Strahler ضمن هذا النطاق أو أقل منه يكون التأثير الجيولوجي على نمط التصريف لا يذكر، أما في حال زيادة متوسط نسبة التشعب عن هذه القيم فيدل ذلك أن التركيب الجيولوجي هو المتحكم الأساس في نمط التصريف، تراوحت نسبة التشعب في حوض نهر العروس (2.2، 1.77، 2.07) على الترتيب، وهي نسبة منخفضة تدل على أن تضاريس الحوض وبنيته ذات أثر غير مباشر على نمط التصريف، وبالتالي زيادة خطر الفيضان المحتمل؛ إذ توجد علاقة عكسية بين نسبة التشعب وخطر الفيضان، نظراً لتجمع المياه في عدد محدود وقليل من المجاري؛ الأمر الذي يولد جريان سطحي سريع، مما يتيح الفرصة لحدوث الومضات الفيضية أو ما يعرف بالفيضان الخاطفة *Flash Flood*. أما متوسط نسبة التشعب (R_{bm}) فيُعرف أنه المتوسط الحسابي لنسب التشعب، أي القيمة الوسطية لنسبة التشعب في الحوض فُدرت بـ (2.013)، وعموماً هي نسبة منخفضة تشير إلى احتمالية حدوث خطر فيضان على مستوى الأحواض الفرعية خاصة في الأجزاء التي ترتفع فيها كثافة التصريف.

■ كثافة التصريف / نسيج التصريف

تعرف كثافة التصريف (D_h) أنها التقارب في البعد المكاني بين الروافد، بعبارة أخرى تمثل الطول الإجمالي للروافد النهرية في وحدة المساحة (Horton, 1945)، وهي حصيلة مكانية للمعايير الجغرافية الجيومورفولوجية والمناخية (Sahue et al., 2017). بلغت قيم كثافة التصريف في الحوض المدروس 2.18 كم²/كم؛ وهي قيمة مرتفعة نسبياً مقارنة بمساحة الحوض النهري، تشير القيم العالية لكثافة التصريف إلى وجود تضرس شديد وقلة نفاذية وتغطية نباتية مبعثرة مما يفضي لزيادة خطر الانجراف المائي المحتمل؛ وهو بذلك مؤشر لنسيج تصريفي ناعم والعكس صحيح (Strahler, 1964). ويُمكن أن يُعزى ارتفاع قيم كثافة التصريف في حوض نهر العروس إلى التضرس الشديد للحوض بدرجات متفاوتة (40-912م)، وإلى التراكيب الليثولوجية الثلاثية والرباعية قليلة النفاذية.

أما **نسيج التصريف (D_t)** فيُعرف أنه المجموع الكلي لعدد الرتب على محيط الحوض، إذ يعكس التباعد النسبي للروافد النهرية (Horton, 1945)؛ هناك ارتباط وثيق بين كثافة التصريف والنسيج؛ كلما ازدادت كثافة التصريف كان النسيج ناعماً، والعكس صحيح وفقاً لتصنيف (Smith, 1950) الذي اعتمد خمس فئات مبوبة كالاتي (أقل من 2) خشن جداً، (2-4) خشن، (4-6) معتدل، (6-8) ناعم، (أكثر من 8) ناعم جداً.

تعكس قيم نسيج التصريف التنافس المكاني لعدة معايير جغرافية طبيعية كالبنية الليثولوجية والتضرس الجيومورفولوجي والشدات المطرية ونوع التغطية الأرضية (Pallarad et al, 2009)؛ بلغت قيمة نسيج التصريف (9.05)، وهي قيمة مرتفعة تدل على زيادة خطر الفيضان المحتمل خاصة خلال موسم الهطل المطري الذي يصل معدلته السنوي (900 ملم)، وبشدات متفاوتة تبعاً لدرجات الانحدار العالية والتضاريس الشديدة.



الشكل (5): خريطة توضح كثافة التصريف في منطقة الدراسة
المصدر من إعداد الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي

تصنيف أنماط التصريف

يُعرف نمط التصريف (**Drainage Pattern**) أنه النتيجة النهائية لتكامل جملة المعايير الجغرافية المؤثرة والتي تتحدد بدرجة الانحدار، التباين البنوي والبنائي، الظروف المناخية، والمرحلة الجيومورفولوجية للحوض. أما أنماط التصريف الملحوظة في الحوض (أبو العينين، 1990؛ ياس، 2009؛ محمود، 2015) فهي كما توضحها الخريطة (الشكل 6):

■ النمط الشجري (**Dendritic Patten**)

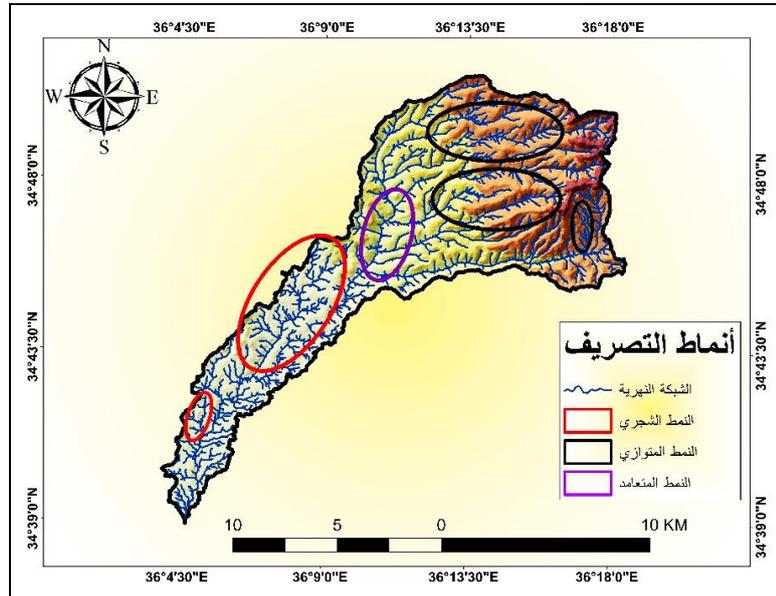
يتوضع النمط الشجري ضمن المناطق ذات الصخور المتجانسة التركيب وذات درجة الانحدار المنخفضة، فضلاً عن أثر الشدة المطرية في تباين كثافة التنوع. تلتقي روافد هذا النمط مع بعضها في صورة زوايا حاده، يُلاحظ هذا النمط في حوض نهر العجوز أحد روافد نهر العروس، نظراً للتجانس الصخري وترسبات الدور الرباعي التي تمتاز بضعف الصلابة والسماكة.

■ النمط المتوازي (**Parallel Pattern**)

يتحدد نمط التصريف المتوازي بجريان الشبكة المائية بشكل متوازٍ، كانعكاس مباشر للانحدار الشديد على السفوح الجبلية والبنية الليثولوجية الصلبة القليلة النفاذية. يزداد هذا النمط بتأثير الشقوق والفواصل ذات الامتدادات الطولية كما يوجد في المناطق المتجانسة صخرياً في حال ميل الطبقات. والجدير ذكره، أن هذا النمط مسبب أساس في تدفق المياه إلى المجرى الرئيس بسرعة عالية عقب العواصف المطرية وبالتالي زيادة احتمالية حدوث الفيضانات. يتركز هذا النمط على نطاق ضيق في الشمال والشمال الشرقي وفي الأجزاء العليا من الحوض بالقرب من جبل الناصرة وجبل العروس؛ وبالتالي تُعطي تفسيراً مباشراً للنشاط التكتوني من جهة والسيطرة البنيوية المصدعة من جهة أخرى.

■ النمط المتعامد (Rectangular Pattern)

يمثل هذا النمط انتقال المجاري المائية بين طبقات متباينة التركيب الليثولوجي إحداها صلبة والأخرى أقل بشكل متوازٍ، إذ يتغير اتجاه المجرى عند وجود ضعف صخري ويكون الجريان عمودياً ولا يطول مسارها، يظهر بصورة واضحة في الجانب الشرقي من مجرى النهر الرئيس قرب قرية المتراس.



الشكل (6): خريطة تظهر أنماط التصريف في منطقة الدراسة

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي

الاستنتاجات والمقترحات

أهم الاستنتاجات

- يُعزى اختلاف عدد الروافد النهرية وطولها إلى التباين الشديد في طبوغرافية الحوض في الدرجة الأولى، وبنية التراكيب الجيولوجية والظروف المناخية من جهة أخرى.
- تُشير قيم البارامترات الهيدرومورفومترية المستحصل عليها إلى إمكانية حدوث خطر الفيضان في الجزأين الأعلى والأوسط من الحوض.
- يمثل نمط التصريف المتوازي في الجزء الشمالي الشرقي من الحوض انعكاساً مباشراً لصلابة التكوينات الجيولوجية وقلة نفاذيتها، وبالتالي زيادة حدة خطر الفيضان المحتمل.

التوصيات

- يمكن الاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية في القياسات الهيدرومورفومترية؛ نظراً لدقتها وسرعة الإنجاز على مستوى منظومة الساحل الهيدرومورفومترية.
- التركيز في الدراسات اللاحقة على تقييم الأحواض الفرعية لتعطي نتائج أكثر دقة بعيداً عن التعميم، وبالتالي تحديد الوحدات الجغرافية الأكثر قابلية للأخطار المحتملة.
- إبعاد المنشآت العمرانية والزراعية عن المواضع الأكثر عرضة لخطر الفيضان والانجراف المائي.
- تحديد أنماط استعمالات الأراضي في الحوض بما يتناسب مع مواضع المناطق المعرضة للانجراف المائي.

المراجع

- أبو العينين، حسن سيد احمد (1990)، *حوض وادي دبا في دولة الإمارات العربية المتحدة، جغرافيته الطبيعية وأثره في التنمية الزراعية، مطبعة جامعة الكويت، 228 ص.*
- حليلة، عبد الكريم، (2001): إقليم الساحل السوري- دراسة جغرافية المياه، أطروحة دكتوراه، قسم الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة دمشق، 178 ص.
- عبدو، حازم (2018)، *ترتيب أولويات الصيانة الهيدرومورفومترية المسندة على البارامترات الجيوهيدرومورفومترية في حوض نهر قيس (محافظة طرطوس)، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية، المجلد (2)، العدد (2): ص 39-59.*
- عبدو، حازم (2020)، *تحليل الخصائص المورفومترية الهندسية والشكلية في حوض نهر الصغير الفرعي (رافد نهر الأبرش) - محافظة طرطوس، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية، المجلد (4)، العدد (8): ص 9-24.*
- علاجي، أمينة (2010)، *تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرومورفومترية في حوض وادي يلملم، رسالة ماجستير، جامعة أم القرى، المملكة العربية السعودية، 184 ص.*
- محمود، زيد عبد (2015)، *مورفومترية حوض نهر الوند شمال شرق محافظة ديالى دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، مجلة ديالى، العدد (67)، ص 497-519*
- المذكرة الإيضاحية لرقعة الحصن الجيولوجية، (1983)، وزارة النفط والثروة المعدنية، مديرية الجيولوجية، اللاذقية، سورية.
- المذكرة الإيضاحية لرقعة حلبا الجيولوجية، (1980)، وزارة النفط والثروة المعدنية، مديرية الجيولوجية، اللاذقية، سورية.

- المذكرة الإيضاحية لرقعتي طرطوس صافيتا الجيولوجية، (1980)، وزارة النفط والثروة المعدنية، مديرية الجيولوجية، اللاذقية، سورية.
- ياس، نبراس عباس (2009)، هايدرومورفومترية حوض نهر ديالى في العراق باستخدام تقنية GIS ، مجلة الاستاذ، العدد 99، ص 311-372
- Abdo, H.G. (2020). *Evolving a total-evaluation map of flash flood hazard for hydro-prioritization based on geohydromorphometric parameters and GIS-RS manner in Al-Hussain river basin*, Tartous, Syria. Nat. Hazards 104(1), 681–703.
- Ali SA, Alhamed M, Ali U (2016) Morphometric analysis of Abdan Basin, Almahfd Basement Rock, Yemen: using remote sensing and GIS. Int J Adv Remote Sens GIS, pp 1605–1617
- Alqahtani F, Qaddah AA (2019) *GIS digital mapping of food hazard in Jeddah-Makkah region from morphometric analysis*. Arab J Geosci 12(6):199
- Carlston CW (1963) Drainage density and streamflow. US Govt. Print, Off
- Dar RA, Chandra R, Romshoo SA (2013) Morphotectonic and lithostratigraphic analysis of intermontane Karewa basin of Kashmir Himalayas, India. J Mt Sci 10(1):731–741
- Farhan Y, Al-Shaikh N (2017) Quantitative Regionalization of W. Mujib-Wala sub-watersheds (Southern Jordan) using GIS and multivariate statistical techniques. Applied morphometry and watershed management using RS. GIS Multivariate Stat (Case Studie)
- Geena, G.B. & Ballukraya, P.N., (2011) *Morphometric analysis of Korattalaiyar Rive basin, Tamil Nadu, India: A GIS approach*, International Journal of Geomatics and Geosciences, 2 (2) :383-391.
- Gregory KJ, Walling DE (1973) *Drainage basin form and process: a geomorphological approach*. Edward Arnold, London, p 456
- Horton RE (1932) *Drainage basin characteristics*. Am Geophys Union Trans 13:348–352
- Horton, R.E. (1945) *Erosional development of streams and their drainage density: hydrophysical approach to quantitative geomorphology*. Geol. soc. Amer. Bull., v.56(3), pp.275-370.
- Kant S, Meshram S, Dohare R, Singh S (2015) Morphometric analysis of Sonar sub-basin using SRTM data and geographical information system (GIS) Afr J Ag
- Mahmood S, Rahman AU (2019) Flash food susceptibility modelling using geomorphometric approach in the Ushairy Basin, eastern Hindu Kush. J Earth Syst Sci 128(4):97
- Pallard B, Castellarin A, Montanari A (2009) A look at the links between drainage density and flood statistics. Hydrol Earth Syst Sci 13(7):1019–1029
- Radwan, F., Alazba,A. & Massad,A.(2020), Analyzing the geomorphometric characteristics of semiarid urban watersheds based on a integrated GIS- based approach.Modling Earth systems and Environment,pp0-20

- Sahu N, Reddy GO, Kumar N, Nagaraju MSS, Srivastava R, Singh SK (2017) Morphometric analysis in basaltic Terrain of Central India using GIS techniques: a case study. *Appl Water Sci* 7(5):2493–2499
- Schumm SA (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geol Soc Am Bull* 67(5):597–646
- Smith K.G. (1950) Standards for grading texture of erosional topography. *Amer Jour. Sci.*, v.248, pp.655–668
- Strahler AN (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans Am Geophys Union* 38:913–920
- Strahler AN (1964) Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow VT (ed) *Handbook of applied hydrology*. McGraw Hill Book Company, New York
- Youssef AM, Pradhan B, Hassan AM (2011) Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environ Sci* 62(3):611–623