

فعالية نموذج الارتفاع الرقمي ونظم المعلومات الجغرافية في الاشتقاق المكاني للشبكة النهرية في حوض نهر البلوطة الفرعي (رافد نهر الحصين) - محافظة طرطوس

د. علي موسى*

عبد الرحمن هلال**

(تاريخ الإيداع ٢٢/١٢/٢٠٢٠. قُبِلَ للنشر في ١٨/٥/٢٠٢١)

□ ملخص □

إن التحديد الدقيق لمجري شبكة التصريف في الأحواض النهرية خطوة أساسية مهمة في إطار إدارتها المتكاملة. تعد بيانات الاستشعار عن بعد واحدة من أهم وأحدث البيانات التي يمكن الاستناد إليها في عملية الاشتقاق المكاني للشبكات النهرية. يهدف هذا البحث إلى اختبار فعالية نموذج الارتفاع الرقمي (بيانات الاستشعار عن بعد) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في الاشتقاق والاقطاع المكاني لمجري شبكة التصريف النهري في حوض نهر البلوطة الفرعي (رافد نهر الحصين).

أجريت عملية الاشتقاق المكاني في برمجية نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS 10.2.3، عبر سلسلة من الأوامر وهي: الملء المصفوفي، اتجاه الجريان، التجمع المائي، زيادة التحسس المكاني، وتحويل الملف الشبكي إلى خطي، واشتقاق الرتب النهرية للشبكة. أفضى تنفيذ تلك الأوامر إلى الاقطاع الدقيق للمجري النهرية وبالتالي إنتاج خريطة شبكة التصريف النهري في حوض الدراسة، ورصد بعض خصائصها الإحصائية المختلفة. وبالتالي، تمثل خريطة شبكة التصريف النهري الناتجة في حوض الدراسة مخرجاً مكانياً مهماً ومدخلاً موضوعياً في الدراسات ذات الصلة بإدارة حوض الدراسة في مختلف عمليات التنمية المائية والاقتصادية والزراعية، وإدارة الأخطار المائية بشكل رئيس.

الكلمات المفتاحية: نموذج الارتفاع الرقمي، نظم المعلومات الجغرافية، شبكة النهرية، حوض نهري، حوض البلوطة.

*أستاذ - قسم الجغرافية - كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.

**طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم الجغرافية - كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.

The effectiveness of the digital elevation model and geographic information systems in the spatial derivation of the river network in the sub-basin of the Balouta River (tributary of the Husayn River) – Tartous

Dr. Ali Mousa*
Abdulrahman Hillal**

(Received 22/12 /2020. Accepted 18/5/2021)

□ ABSTRACT □

The accurate determination of the drainage streams network in river basins is an important basic step in the framework of its integrated management. Remote sensing data is one of the most important and recent data that can be relied upon in the spatial extraction process of river networks. This research aims to assess the effectiveness of the digital elevation model (remote sensing data) by using geographic information systems in the spatial extraction of the river drainage network paths and channels in Al-Ballouta River sub-basin (tributary of the Husayn River).

The spatial extraction process was carried out in the ArcGIS 10.2.3 GIS software through a series of steps, namely: Fill, Flow Direction, Flow Accumulation, Con, Stream to Features, and Stream orders. The implementation of these steps led to accurate trimming of river courses and thus producing a map of the river drainage network in the study basin, and monitoring some of its different statistical characteristics. Consequently, the resulting map of the river drainage network in the study basin represents an important spatial output and an objective input for the studies related to the management of the study basin in the various hydrological, economic and agricultural development, and mainly hydrological hazards management.

Key words: Digital Elevation Model, Geographic Information Systems, Watershed, River Basin, Balouta Basin.

*Professor in Physical Geography (Applied Climatology) - Department of Geography - College of Arts and Humanities - Damascus University - Damascus - Syria.

**PhD student in Physical Geography (Applied Climatology) - Department of Geography - College of Arts and Humanities - Damascus University - Damascus - Syria.

المقدمة

يطلق مصطلح حوض التصريف Drainage Basin أو منطقة تجميع المطر Watershed Area على المساحة الداخلية من الحوض النهري، حيث تسيل كل المياه فوق سطح الأرض (جراء عاصفة مطرية) إلى النهر ضمن هذا الحوض، وتعد هذه المساحة بمثابة وحدة هيدرولوجية مستقلة ذات نظام مكاني مغلق (الشاعر، ١٩٩٥). تمثل شبكة التصريف النهري Drainage Streams جملة القنوات والمجاري والفروع والروافد بالإضافة إلى المجرى الرئيس (سلامة، ٢٠٠٤؛ عبد السلام، ١٩٧٩). تعد شبكة التصريف النهري أحد أهم العوامل التي تعمل على تطور مظاهر سطح الأرض في الأحواض النهرية تشكلاً وتطوراً عبر عمليات الحت والتعرية والإرساب (Schumn, 1954; Ozdemir & Bird, 2009; Curebal *et al.*, 2016). كما تعدّ عملية ترسيم معالم الشبكة النهرية واحدة من الإجراءات الحاسمة في إطار عمليات التنمية المكانية المائية والزراعية والصناعية والتجارية في الأحواض النهرية. تشكل البيانات الطبوغرافية عنصراً أساسياً في الدراسات المتعلقة بإدارة الموارد المائية في الأحواض النهرية، وتزداد كفاءة وفعالية هذه البيانات مع ازدياد دقتها المكانية، مما ينعكس انخفاضاً في كلفة الوقت والجهد والمال اللازم لإنجاز مثل هذه الدراسات (عبد الرحمن، ٢٠١٣). إن عملية اشتقاق واقتطاع الشبكة النهرية أمر مكلف للاحية الوقت والجهد والتكاليف باستخدام الطرق التقليدية (باستخدام الخرائط الطبوغرافية)، على عكس بيانات الاستشعار عن بعد عالية الدقة لاسيما نموذج الارتفاع الرقمي والذي مكن من اتمام عملية الاشتقاق والاقتطاع لقنوات ومجاري شبكة التصريف النهري بشكل أسرع وأقل جهداً (Hosseinzadeh 2011; Reddy *et al.*, 2018).

ظهر مصطلح نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model أول مرة في دراسة (Miller & La Flamme, 1958) وأطلقا عليه مصطلح النموذج الأرضي الرقمي DTM، وقد عرفاه أنه: تمثيل إحصائي بسيط لسطح الأرض باستخدام عدد كبير من النقاط المختارة والمعلومة الإحداثيات والارتفاع X, Y, Z، وبالتالي يعد نموذج الارتفاع الرقمي واحداً من طرق تمثيل طبوغرافية تضاريس سطح الأرض. يُعرف نموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model) أو اختصاراً (DEM) أنه: ملف رقمي يحتوي بيانات الارتفاع (المنسوب) لمنطقة جغرافية محددة، فهو نمذجة رقمية لتضاريس منطقة ما، من خلال مجموعة من النقاط، جرى تعيين مواقعها المستوية (الطول - العرض) وارتفاعها (سلوم وعبدو، ٢٠١٥). من أهم امكانياتها المكانية تحديد شبكات التصريف النهري واستخلاصها واشتقاقها في الأحواض النهرية (داود، ٢٠١٢). جرى في هذا البحث اختبار فعالية نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وكفاءته في اشتقاق الشبكة النهرية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (برنامج ARC GIS 9.3)، في حوض نهر البلوطة الفرعي (رافد نهر الحصين) - محافظة طرطوس.

أهمية البحث وأهدافه

تأتي أهمية هذه الدراسة من أهمية الترسيم والترقيم الدقيق لشبكة مجاري الشبكة النهرية في نظام الحوض النهري، والتي تعد مرحلة أساسية مهمة في إطار إدارة الأحواض النهرية سواء على المستوى المناخي أو الجيومورفولوجي أو الهيدرولوجي أو الهيدرولوجيولوجي. كما أن عملية تشييد المنشآت المائية سواء سدود أو سدّات تستند بشكل رئيس على التحديد الدقيق لمجاري الشبكة النهرية، وبالتالي تأمين الركيزة الأساسية لأغراض التنمية الاقتصادية بشكل عام والزراعية بشكل خاص.

وبالتالي فإن هدف البحث الحالي، يتبلور باختبار كفاءة نموذج الارتفاع الرقمي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية وجودتها في عملية اقتطاع الشبكة النهرية في حوض نهر البلوطة، الذي يشكل واحداً من أهم روافد نهر الحصين، كما يسعى هذا البحث إلى تبيان المراحل والخطوات العملية لآلية الاشتقاق المكاني لتلك الشبكة.

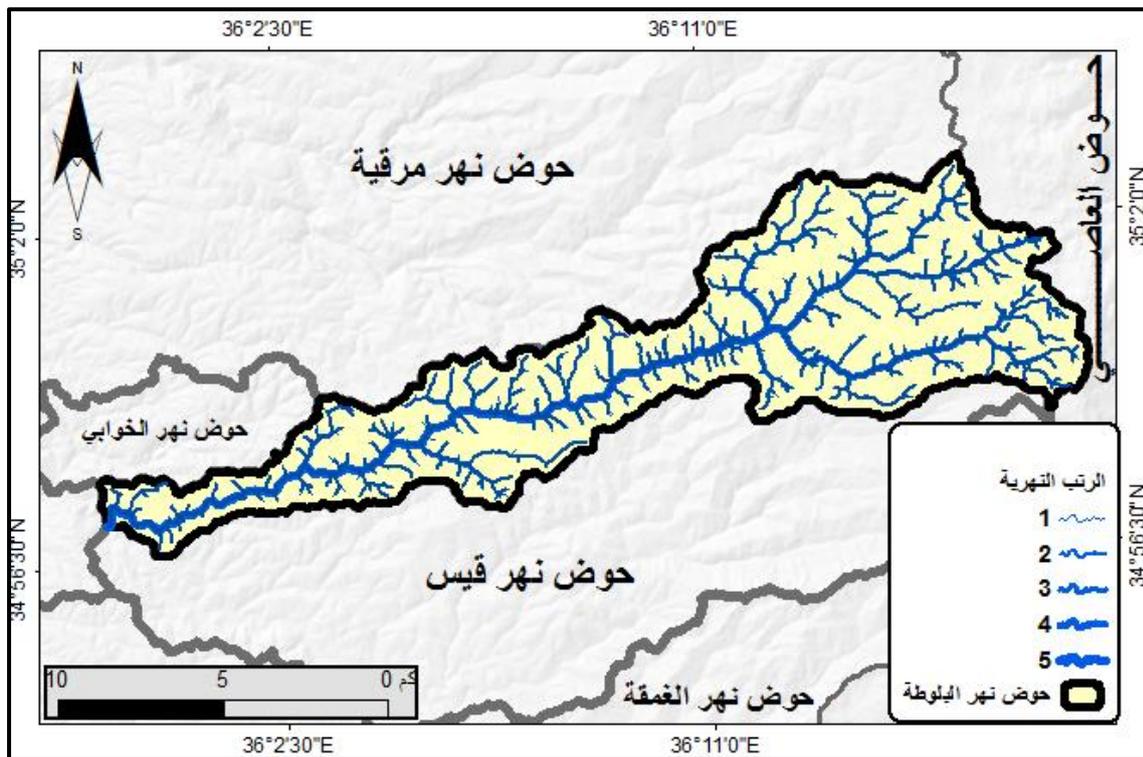
مواد البحث وطرائقه

• منطقة الدراسة

يقع حوض نهر البوطة بين دائرتي عرض ٣٤.٥٩ و ٣٥.٥٠ شمالي دائرة الاستواء، وخطي طول ٣٥.٥١ و ٣٦.١١ شرقي خط غرينتش. أما جغرافياً، فيحده شمالاً خط تقسيم المياه مع حوض نهر مرقية، بينما يحده الحوض من الجنوب والغرب روافد حوض نهر الحصين الأخرى (حوض رافد قيس والخوابي على التوالي)، ومن الشرق فيحده الحوض حوض نهر العاصي.

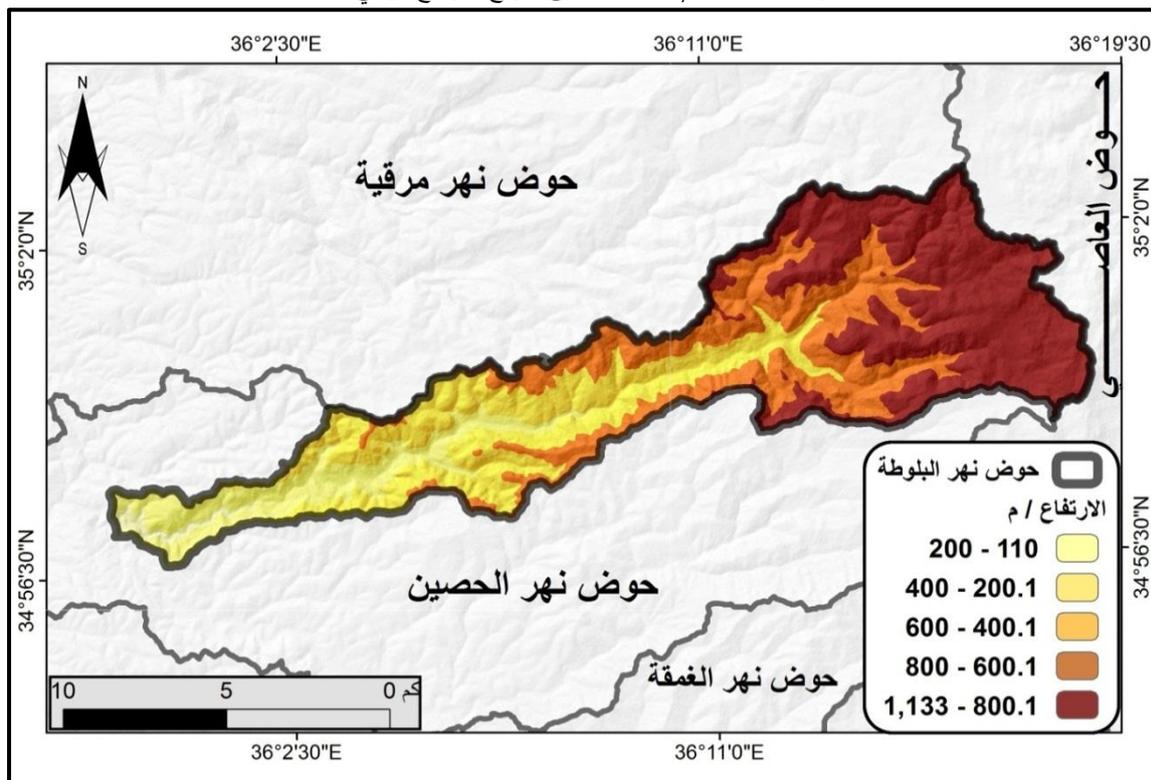
يعد رافد البلوطة ثاني أكبر روافد نهر الحصين، بعد رافد قيس، حيث تصل مساحته إلى ١١٦ كم^٢ أي بنسبة ٣٦% من إجمالي مساحة حوض نهر الحصين الذي تصل مساحته إلى ٣٣١ كم^٢. يعد هذا الحوض من أكثر الأحواض الفرعية تضرساً الذي تتباين أراضيه ارتفاعاً. تبلغ أقل نقطة ارتفاع عند نقطة تركيزه غرباً بارتفاع ١١٠ م عند قرية بيت ديبية، وأعلى نقطة ارتفاع طبوغرافي تصل إلى ١١٣٣ م في قمة جبل الشيخ زينون في أقصى شرق حوض الدراسة، حيث يبلغ المدى الطبوغرافي ١٠٢٣ م فوق مستوى سطح البحر (الخريطة ٢). ينتمي مناخ حوض نهر البلوطة إلى النمط المناخي المتوسطي الجبلي، المميز لمناطق غرب القارات على العروض ذاتها التي يقع فيها البحر المتوسط، والذي يمتاز بصيف معتدل جاف نسبياً وشتاء بارد غزير الهطل، مع وجود فصلين انتقاليين متقلبين.

تسير شبكة تصريف الحوض غرباً متعمقةً بين التشكيلات الثنائية الجوراسية والكريتاسية عبر أودية ضيقة وذات جروف عالية يصل ارتفاعها إلى ٤٠٠ م في بعض المواقع كمنطقة الديرون. يشار إلى انجاس مياه هذا الرافد من شبكة من الينابيع الموجودة على السفوح الجنوبية الغربية لمنطقة وادي العيون في أقصى شمال شرق حوض الدراسة. كما تغطي أراضي الحوض المجموعات النباتية البرية من السنديانات بشكل خاص. تلتقي مياه هذا الرافد مع رافد قيس في محيط قرية بملكة.



خريطة ١: الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة

المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.



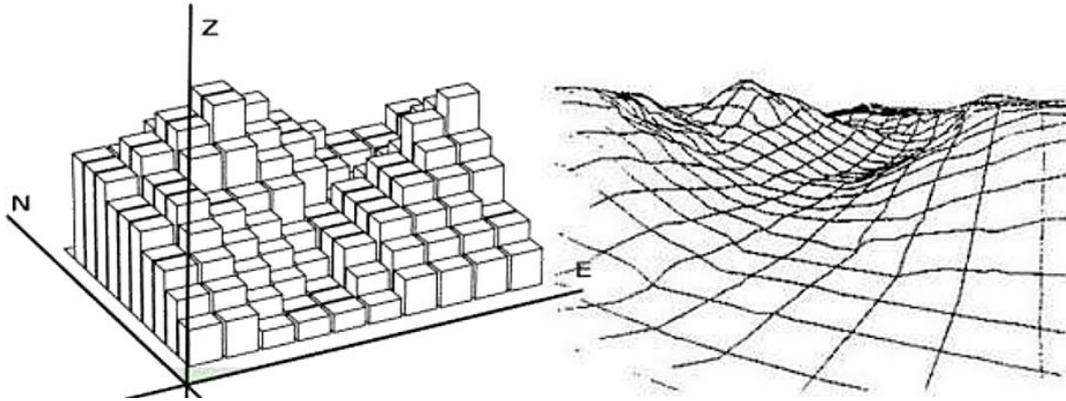
خريطة ٢: الارتفاع الطبوغرافي في منطقة الدراسة

المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبيانات مديرية الموارد المائية في محافظة

طرطوس.

• البيانات الرقمية

ملف بيانات ذو تمثيل رقمي للبيانات بالاعتماد على الصيغة الخلوية أو المصفوفية^{*} Raster فكل خلية فيها يحتوي قيمة رقمية تمثل متوسط ارتفاع سطح الأرض الطبوغرافي (الشكل ١). في هذه الدراسة، استُخدم نموذج الارتفاع الرقمي تمييز 12.5 م، حيث تعد دقة هذا النموذج التضريسي الرقمي الراديومتري (ALOS PALSAR Radiometrically Terrain Corrected –RTC– DEM with 12.5–m resolution)، الدقة المكانية الكبرى في الوقت الحالي، الصادرة عن وكالة ناسا الأمريكية (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu>)، ومن ثم عملية اقتطاع كامل منطقة البحث منه. تلا ذلك تغيير إحداثيات المرئية من نظم الإحداثيات الجغرافية (Geographic Coordinate System) إلى نظم الإحداثيات المترية (Projected Coordinate System) بما يناسب موقع الجمهورية العربية السورية بالنسبة إلى تلك الإحداثيات، بهدف إجراء مراحل الاشتقاق المكاني بشكل صحيح ودقيق.



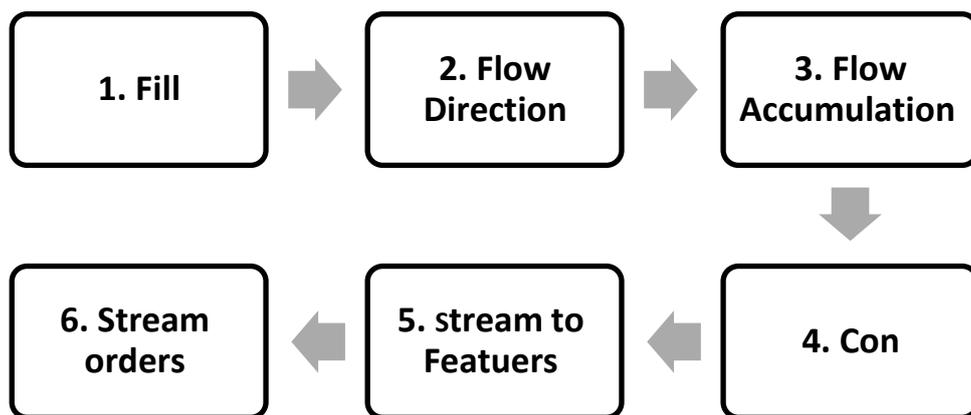
شكل ١: الشبكة المصفوفية راستر Raster

المصدر: (Masoud, 2011).

• مراحل عملية الاشتقاق المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

تتطوي عملية الاشتقاق المكاني لشبكة نهري محدثة في حوض نهر البلوطة على جملة من المراحل، والتي تتم في بيئة نظم المعلومات الجغرافية بعد تزويده ببيانات الارتفاع الرقمي المتحصل عليها. تمت الاستعانة في هذه المرحلة ببرمجية ArcGIS 10.2.3 في سلسلة من أوامر وعمليات التحليل المكاني الهيدرولوجي في شريط أدوات التحليل الهيدرولوجي - ArcToolbox-Spatial Analyst Tools - Hydrology. يبين الشكل ٢ التتابع في العمليات والأوامر للوصول إلى مرحلة إنتاج خريطة الشبكة النهرية في حوض نهر البلوطة تباعاً.

^{*} هي بيانات الصور النقطية، تتكون من شبكات من الأعمدة والصغوف يتقاطع كل صف مع كل عمود في مساحة مربعة يطلق عليها ال pixel أو خلية، هذه المساحة المربعة تناظر مساحة من سطح الأرض، كل بكسل في الصورة النقطية له قيمة عددية تمثل المتغير موضوع الدراسة.

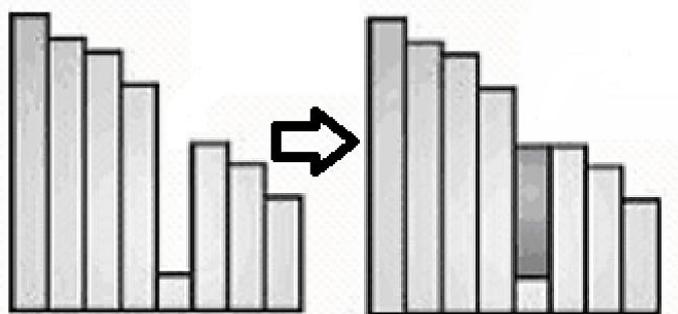


شكل ٢: سلسلة الأوامر للوصول الى مرحلة انتاج خريطة الشبكة النهرية في حوض نهر البلوطة
النتائج والمناقشة

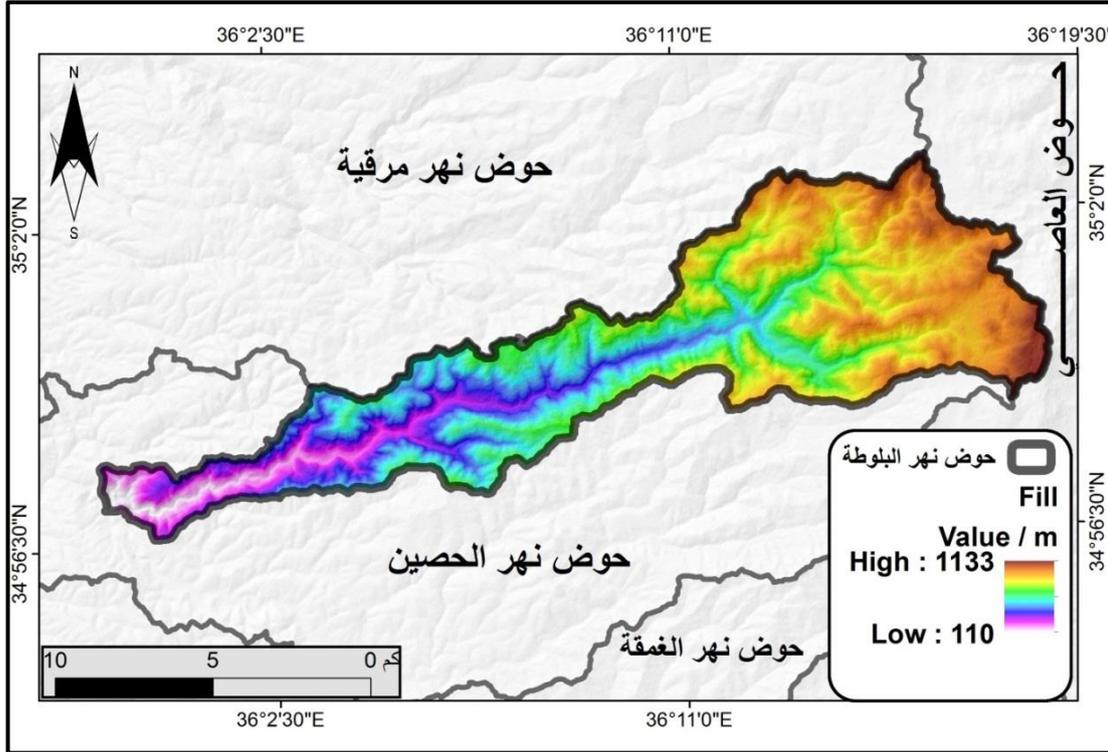
١. أمر الملء المصفوفي Fill

يعد الأمر Fill أو أمر الملء المصفوفي من أولى خطوات الحصول على ملف نموذج ارتفاع رقمي خالي من الخلايا الشاذة. بمعنى آخر، يُجري الأمر Fill تعديلاً إيجابياً وتحسيناً إضافياً لخلايا نموذج الارتفاع يستهدف ملء الخلايا الشاذة غير المتوقعة في بيانات ملف الارتفاع الرقمي. تحدد الخلايا الشاذة بتلك الخلايا التي تمتلك قيم ارتفاع عالية أو منخفضة بشكل مفاجئ بالنسبة إلى الخلايا المجاورة (الشكل ٣). تظهر الخريطة ٣ ملف الارتفاع الرقمي المحسّن بعد إزالة الخلايا الشاذة منه، وبالتالي إمكانية الانتقال الى التالية في عملية الاشتقاق. حيث جرى انتاج الخريطة ٣ عبر تنفيذ الأمر Fill وفق التسلسل البرمجي الآتي:

Arcgis10.2 > arc toolbox > hydrology > Fill



شكل ٣: عملية الملء المصفوفي



خريطة ٣: ملف الارتفاع الرقمي المحسن بعد إزالة الخلايا الشاذة منه في منطقة الدراسة

المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

٢. أمر اتجاه الجريان Flow Direction

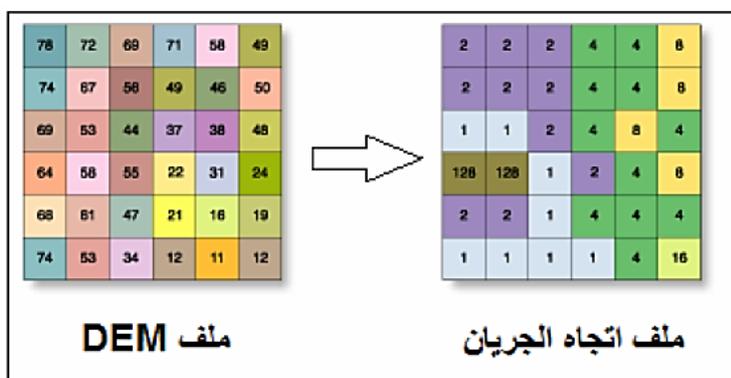
تسمح عملية مقارنة ارتفاع كل خلية مع خلية مجاورة لها في التنبؤ المكاني للجريان المائي وتحديد مساره المفترض (Masoud, 2011). وتشير طريقة اتجاه الجريان الى المسار المائي للشبكة النهرية بين خلية وأخرى مجاورة لها، مما يفضي الى قيم ارتفاع كل خلية بالنسبة إلى الخلايا المحيطة بها. ينتج عن تنفيذ هذا الامر ملف خلوي شبكي مصفوفي جديد، تحمل كل خلية قيمة اتجاه الجريان، والتي هي رقم من ثمانية أرقام وكل رقم يدل على الاتجاه (الجدول ١ والشكل ٤):

Arcgis10.2 > Arc toolbox > hydrology > Flow Direction

الجدول ١: يوضح تفسير كل رقم خلية بشكل نظري

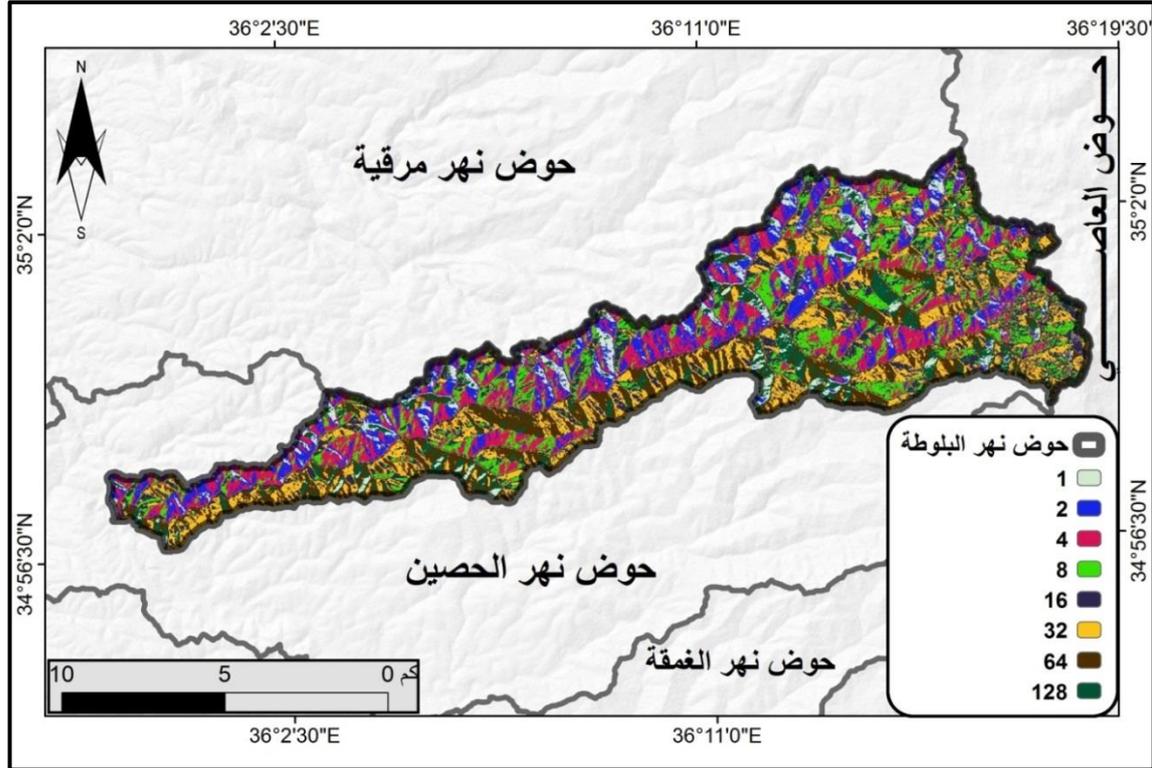
الشرح	القيمة
يمثل اتجاه الشرق	١
يمثل اتجاه الجنوب الشرقي	٢
يمثل اتجاه الجنوب	٤
يمثل اتجاه الجنوب الغربي	٨
يمثل اتجاه الغرب	١٦
يمثل اتجاه الشمال الغربي	٣٢
يمثل اتجاه الشمال	٦٤
يمثل اتجاه الشمال الشرقي	١٢٨

المصدر: (داود، ٢٠١٢).



شكل ٤: ملف اتجاه الجريان بشكل نظري

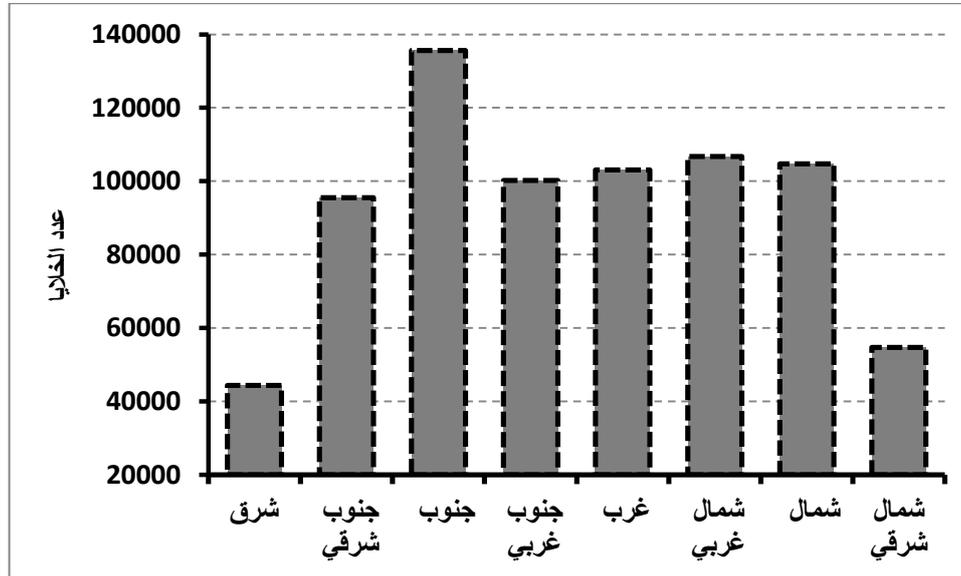
تظهر الخريطة ٤ التوزيع المكاني لخلايا اتجاه الجريان السطحي وفق ٨ اتجاهات رئيسية، بينما يوضح الشكل البياني ١ التوزيع البياني لخلايا اتجاه الجريان وفق ذات الاتجاهات. حيث يمكن الإشارة الى أن اتجاه الجريان يكون بشكل رئيس جهة الجنوب (١٣٥٦٥١ خلية) متبوعاً بالاتجاه الشمال الغربي والشمالي (١٠٦٦٩٥ خلية و ١٠٤٧٣٥ خلية، على الترتيب)، بينما كان اتجاه الجريان السطحي في أقل قيمة جهة الشرق (٤٤٣٧٠ خلية). يمكن تفسير التباين في اتجاه الجريان السطحي بالخصائص المورفولوجية للمنحدرات في منطقة الدراسة، فاتجاه الجريان السطحي ما هو إلا انعكاس للمنحدر وشدة انحداره وجهة جانبه بشكل رئيس.



خريطة ٤: التوزيع المكاني لخلايا اتجاه الجريان السطحي في منطقة الدراسة

المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

الشكل البياني ١: التوزيع البياني لخلايا اتجاه الجريان السطحي في منطقة الدراسة



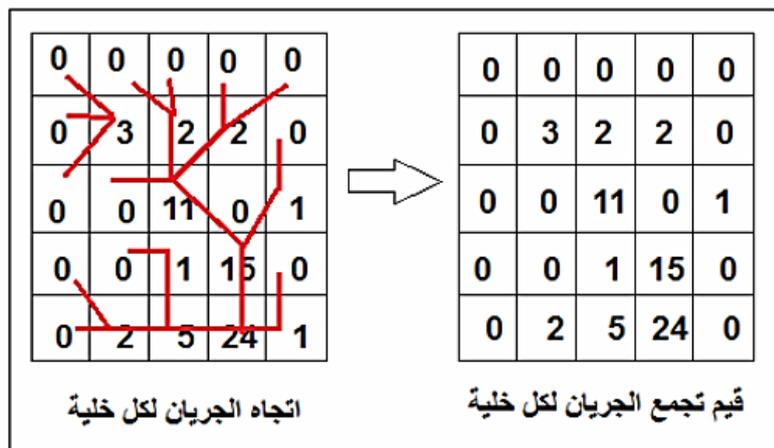
المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

٣. أمر تجمع الجريان Flow Accumulation

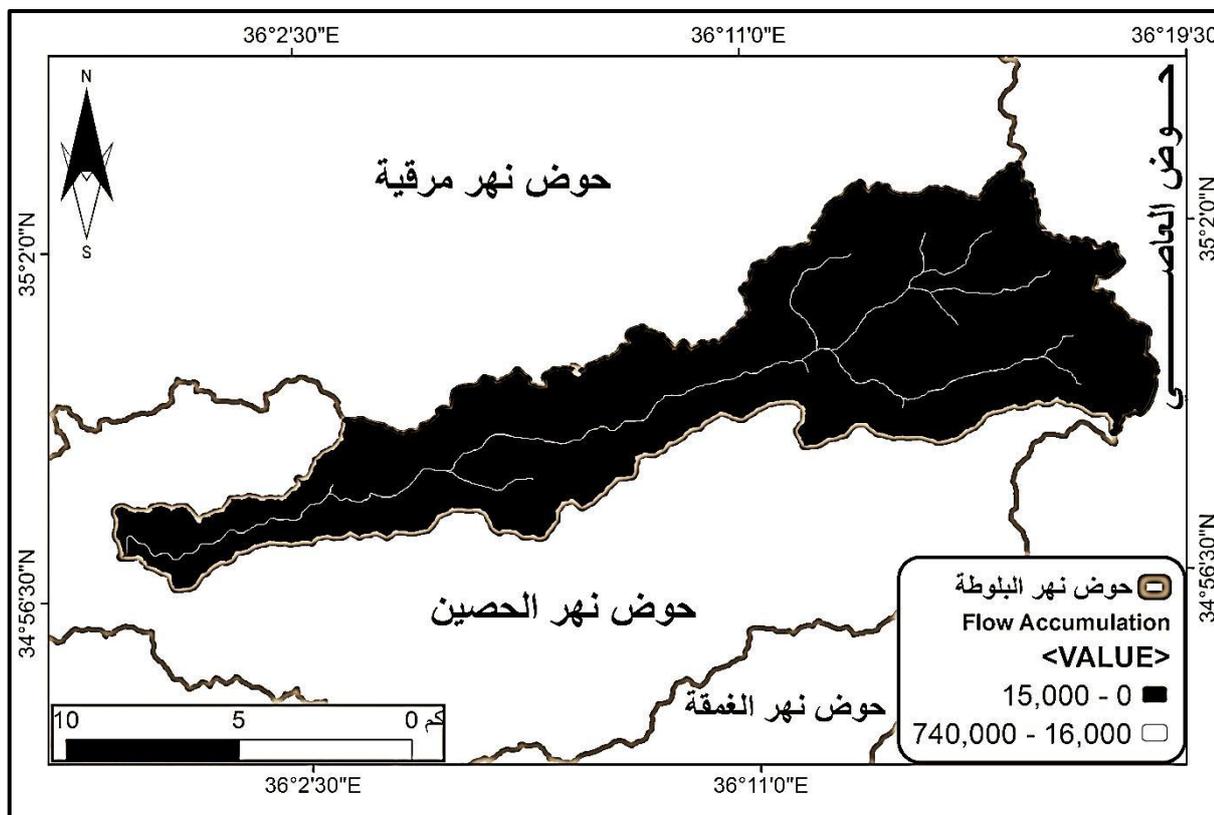
يمكن أمر تجمع الجريان Flow Accumulation من تقدير عدد الخلايا التي سيصب فيها الجريان السطحي المفترض على انحدار كل خلية بالنسبة إلى الخلايا المحيطة به، انطلاقاً من ناتج ومخرج ملف اتجاه

Arcgis10.2 > arc toolbox > hydrology > Flow Accumulation

الجريان (اسعد، ٢٠١٣). بالإضافة الى ذلك، يمكن هذا الامر من تحدي نمط تدفق الكتل المائية وبالتالي نمط جريان الشبكة النهرية ككل (الشكل ٤).



الشكل ٥: الجريان المتجمع وشبكة المسيلات المائية ونمطها المكاني

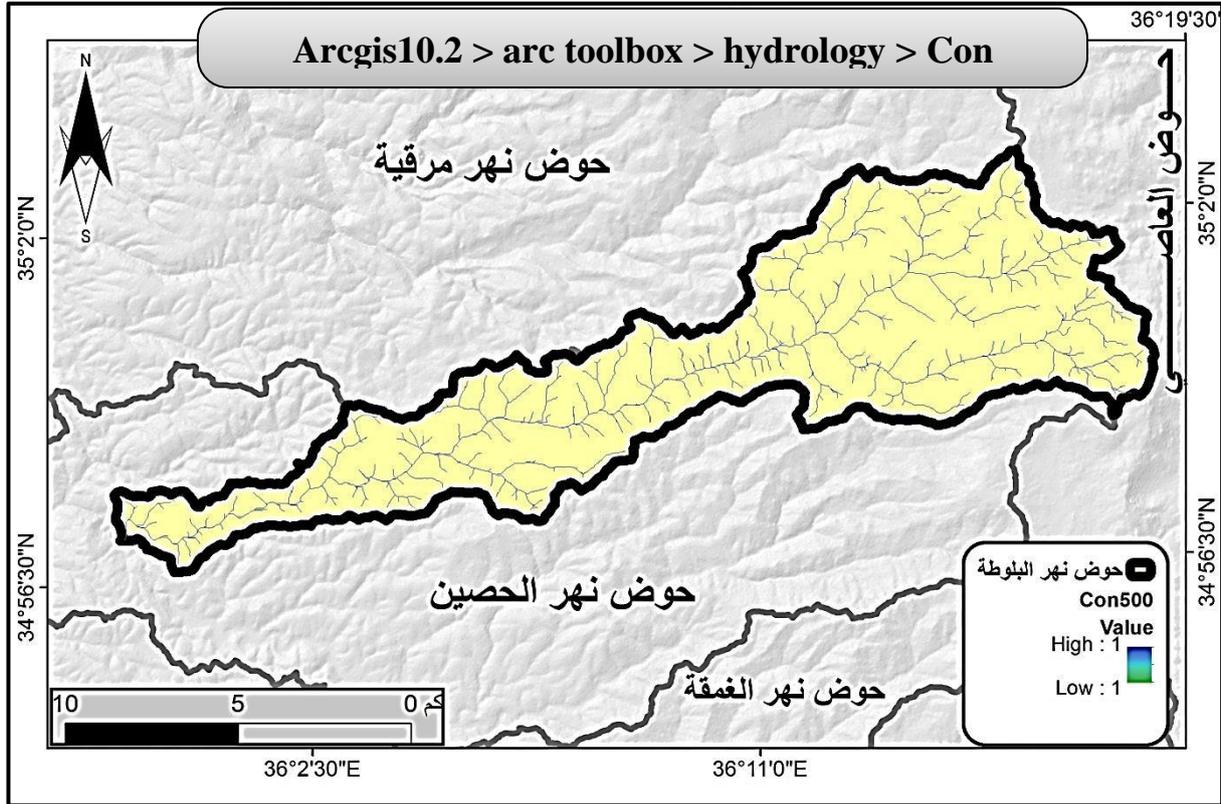


خريطة ٥: التوزيع المكاني لخلايا تجمع الجريان السطحي في منطقة الدراسة المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

تظهر الخريطة ٥ التوزيع المكاني لخلايا تجمع الجريان السطحي وفق تصنيفين هيدرو-جيومورفولوجيين رئيسيين، الأول وهو خلايا التجمع المائي المشتت غير المُركَّز (الجريان السطحي المؤقت) والتي تشكل في معظمها منحدرات منطقة الدراسة ذات التجمع المائي المؤقت عقب زخات الهطل المطري، وخلايا التجمع المائي المُركَّز (الجريان السطحي الأكثر تركّزاً عقب الزخات). كما تشير الخريطة ٥ إلى تنفيذ الأمر التجمع المائي قد سمح بالتأويل البصري وبداية ظهور للشبكة النهرية في حوض لدراسة.

٤. أمر زيادة التحسس المكاني Con

يؤدي أمر زيادة التحسس المكاني Con دوراً مهماً في زيادة الدقة المكانية والوضوح الشبكي لمسارات الشبكة النهرية المشتقة من الخطوة السابقة (أمر تجمع الجريان Flow Accumulation). كما أن هذا الأمر يفضي إلى التحكم في كثافة شبكة التصريف النهري المشتقة بما يتناسب مع أهداف الدراسات المكانية المختلفة لاسيما الهيدرولوجية. وبالتالي مع تنفيذ هذا الأمر تبدأ الشبكة النهرية بالتبلور والوضوح على هيئة ملف شبكي مصفوفي. يمكن تنفيذ الأمر Con من خلال التسلسل البرمجي الآتي:



خريطة ٦: التوزيع المكاني لخلايا شبكة الجريان السطحي بعد زيادة تحسسها (دقتها) في منطقة الدراسة

المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

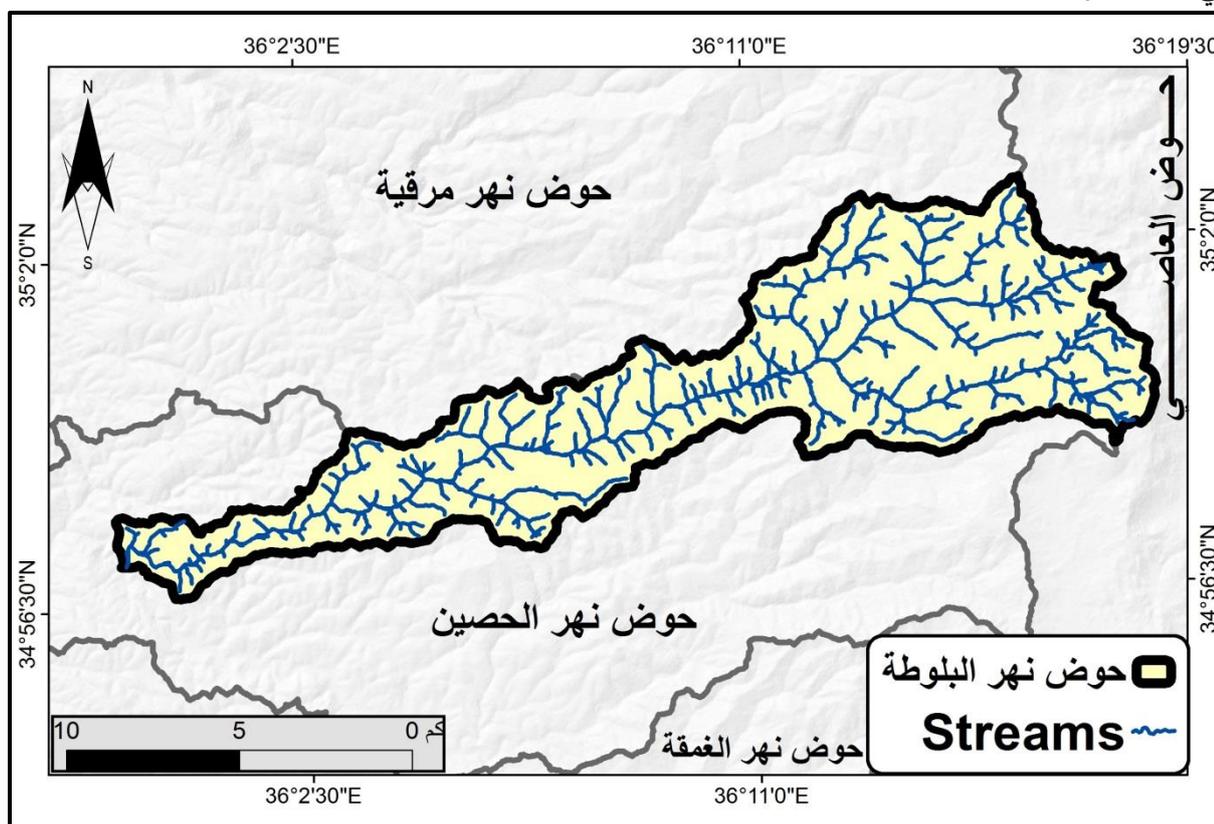
تظهر الخريطة ٦ التوزيع المكاني لخلايا شبكة الجريان السطحي بعد زيادة تحسسها، أي جرى من خلال هذا الأمر تحسين دقة تحديد خلايا التجمع المائي، مما سمح بإنتاج وبلورة شبكة قنوات ومسارات شبكة التصريف المائي في حوض الدراسة.

٥. أمر تحويل الملف الشبكي الى ملف خطي Streams to Features

يفضي هذا الامر الى تحويل شبكة التصريف الناتجة من الصيغة الخلوية المصفوفية Streams الى الشبكة الخطية الشعاعية Features ، وبالتالي امكانية اجراء القياسات الكمية المتعلقة بالخصائص الإحصائية لمجري تلك الشبكة لاسيما أطوال المجاري وعددها.

Arcgis10.2 > arc toolbox > hydrology > Streams to Features

توضح الخريطة ٧ التوزيع المكاني للشبكة النهرية في حوض نهر البلوطة، حيث جرى من خلال هذا الامر تحويل الملف الشبكي-الخلوي الى ملف شعاعي خطي يمكن اخضاعه لعملية القياس المتري كما يشير الجدول (٢). بلغ عدد المجاري النهرية في شبكة التصريف الحوضي في منطقة الدراسة ٧٠٧ من المجاري المائية، بطول وصل الى ٢٤٤ كم. إن تلك الأرقام السابقة الخاصة بأعداد المجاري وأطولها ما هي الى نتاج وانعكاس للتكامل الجغرافي بين العوامل الجغرافية الطبيعية من بنية وبناء وتضاريس وطبوغرافية ومناخ وخصائص حيوية تربية ونباتية برية وزراعية في منطقة الدراسة.



خريطة ٧: التوزيع المكاني للشبكة النهرية في حوض نهر البلوطة
المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

الجدول ٢: خصائص الشبكة النهرية الكمية

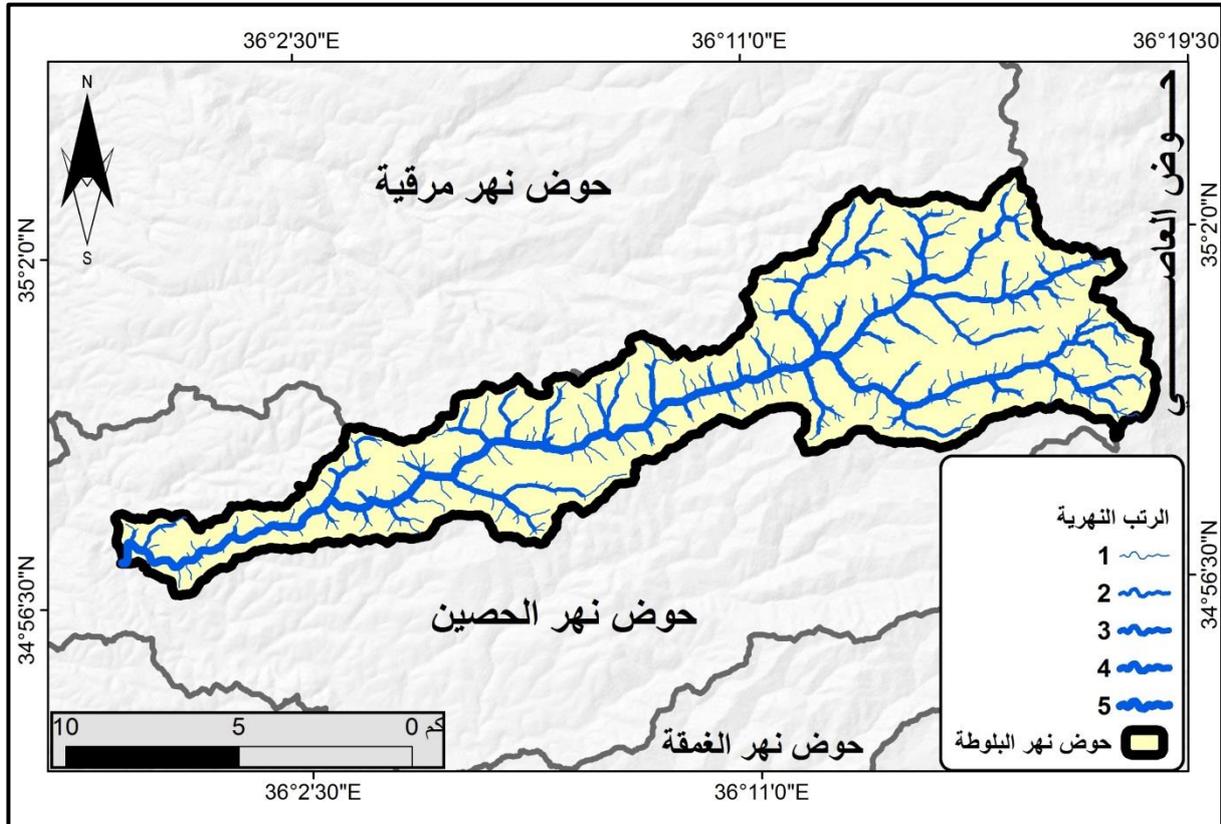
الانحراف المعياري	أطول المجاري (كم)	أقصر المجاري (كم)	متوسط الطول (كم)	الطول (كم)	عدد المجاري
٠.٢٤	١.٥٣	٠.٠١٨	٠.٣٤١	٢٤٤	٧٠٧

المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

٦. أمر اشتقاق الرتب النهرية Stream Order

يسمح هذا الامر بعملية التوصل الى مخرج أكثر دقة للشبكة النهرية يبين رتب مجاري الشبكة النهرية، بالإضافة الى اجراء القياسات الكمية ذات الصلة لاسيما عدد الرتب، وعدد المجاري وأطولها في كل رتبة. يُقصد بالرتب النهرية التدرج الرقمي لمجموعة الروافد والمسيلات المائية التي يتكون منها حوض معين، والتي تشكل شبكة التصريف المائي. تمتلك الأنهار الأولية الرتبة الأولى، أما الرتبة الثانية فتتكون من تجمع فرعين من الرتبة الأولى، وتتكون الرتبة الثالثة من تجمع فرعين من الرتبة الثانية، وهكذا في بقية الرتب. يحمل النهر الرئيس أعلى الرتب قيمة، ويمكنه الاستلام من جميع الرتب الأقل بصورة مباشرة (Strhler, 1957). تعد طريقة (Strhler) من أهم الطرق المعتمدة في نظم المعلومات الجغرافية، وذلك لسهولة مرونتها في أثناء عملية التصنيف عند رسم شبكة التصريف النهرية.

Arcgis10.2 > arc toolbox > hydrology > Stream Order



المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

توضح الخريطة ٨ التوزيع المكاني للشبكة النهرية وفقاً لرتبتها في حوض نهر البلوطة، حيث جرى من خلال هذا الأمر تحويل الملف الشبكي-الخلوي الناتج في الأمر تحويل الملف الشبكي-الخلوي الى ملف خطي-شعاعي Streams to Features الى ملف شعاعي خطي يمثل ترتيب وهيكل شبكة التصريف النهري وفقاً لرتبتها (طريقة Strhler)، يمكن اخضاعه لعملية القياس المتري من جهة، ورصد الخصائص الإحصائية المميزة لكل رتبة نهريّة، كما يشير الجدول (٤) من جهة أخرى. حيث يوضح الجدول (٤)، أن هناك اختلافاً في مجموع أطوال المجاري بين رتبة وأخرى، حيث تستحوذ الرتبة الأولى على أكثر من ٥٥% من مجموع أطوال مجاري شبكة التصريف، ويعل ذلك بارتباط الرتبة الأولى بتشكيل المجاري ونموها نتيجة الحث النهري، الذي يبلغ ذروته في أعالي منحدرات منطقة الدراسة.

الجدول (٤): الخصائص الإحصائية لأطوال الترتب النهرية

الرتبة	عدد المجاري	عدد المجاري %	الطول (كم)	الطول %	متوسط الطول في الرتبة (كم)	أقصر الروافد في الرتبة (كم)	أطول الروافد في الرتبة (كم)	الانحراف المعياري
الأولى	٤٠٧	57.57	١١٨.٣	48.48	٠.٣	٠.٠١٨	١.٥٣	٠.٢٣
الثانية	١٦٨	23.76	٥٨.٤٦	23.96	٠.٣٤	٠.٠١٢	١.٣	٠.٢٨
الثالثة	٨٩	12.59	٢٩.٤٤	12.07	٠.٣٣	٠.٠٢٥	١.٠٩	٠.٢١
الرابعة	٤٢	5.94	١٢.٧٣	5.22	٠.٣	٠.٠٣٧	٠.٨٣	٠.٢٢
الخامسة	١	0.14	٢٤.٩	10.20	-	-	-	-
المجموع	٧٠٧	١٠٠	٢٤٤	١٠٠	-	-	-	-

المصدر: اعداد الباحث/ة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

الاستنتاجات والمقترحات:

أهم الاستنتاجات التي توصل إليها البحث تُلخّص فيما يأتي:

١. قدمت هذه الدراسة منصة وبيئة مكانية مهمة قوامها التكامل بين نموذج الارتفاع الرقمي من جهة ونظم المعلومات الجغرافية، أسهمت في الإنتاج الدقيق والسريع وغير المكلف لشبكة تصريف النهري في حوض نهر البلوطة.
٢. تمثل خريطة شبكة التصريف النهري الناتجة في حوض الدراسة مخرجاً مكانياً مهماً ومدخلاً موضوعياً في الدراسات ذات الصلة بإدارة حوض الدراسة في مختلف عمليات التنمية المائية والاقتصادية والزراعية، وإدارة الأخطار المائية بشكل رئيس.
٣. إن الخطوات المطبقة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية قد أبرزت مرونة العمل في إنتاج شبكة قنوات التصريف الحوضي في منطقة الدراسة.
٤. بلغ عدد مجاري شبكة التصريف ٧٠٧ مجاري، بطول وصل الى ٢٤٤ كم، كما تتضدت هذه المجاري وفق رتب نهريّة بلغ عددها ٥.

توجز التوصيات فيما يلي:

تبني التكامل ما بين نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ذات الوضوح المكاني الكبير والدقة العالية من جهة، ونظم المعلومات الجغرافية من جهة أخرى، كركيزة أساسية في عملية الاقتطاع المكاني الدقيق والموضوعي للشبكات النهرية وتوظيفها في البحوث الجغرافية بشكل عام، لما لها من نتائج دقيقة وما توفره من جهد ووقت وتكاليف، بالمقارنة مع الطرق التقليدية.

المراجع:

١. داوود، جمعة. *اسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية*، دار وفاء، السعودية، ٢٠١٢، ص ٢١٨.
٢. سلامة، حسن. *أصول الجيومورفولوجية*، دار المسيرة، ٢٠٠٤، ١٩٩.
٣. سلوم، جولييت وعبدو، حازم. فعالية استخدام نموذج الارتفاع الرقمي في التحليل المورفومتري للشبكة النهرية في حوض المنطار، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية، المجلد (٣٧)، العدد (٤)، ٢٠١٥، ص ٤٢١-٤٣٩.
٤. الشاعر، جهاد. *علم المياه*، جامعة دمشق، ١٩٩٥، ١٨٩.
٥. عبد السلام، عادل. *أشكال الأرض*، جامعة دمشق، ١٩٧٩، ١٧٤.
6. Curebal, I., Efe, R., Ozdemir, H., Soykan, A., & Sönmez, S. (2016). *GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey)*. Geocarto International, 31(4), 355-366.
7. Hosseinzadeh, S. R. (2011). Drainage Network Analysis, *Comparis of DigitalElevation Model (DEM) from ASTER with HighResolution Satellite Image and Areal Photographs*. International Journal of Environmental Science and Development, 2(3), 194.
8. Masoud, A. A. (2011). *Runoff modeling of the wadi systems for estimating flash flood and groundwater recharge potential in Southern Sinai, Egypt*. Arabian journal of Geosciences, 4(5-6), 785-801.
9. Miller, C. L., & La Flamme, R. A. (1958). *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. The Digital Terrain Model-Theory and Application, 24, 433-442.

10. Ozdemir, H., & Bird, D. (2009). *Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods*. Environmental geology, 56(7), 1405–1415.

11. Reddy, G. O., Kumar, N., Sahu, N., & Singh, S. K. (2018). *Evaluation of automatic drainage extraction thresholds using ASTER GDEM and Cartosat-1 DEM: A case study from basaltic terrain of Central India*. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 21(1), 95–104.

12. Schumn SA (1956) *Evaluation of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey*. Bull Geol Soc Am 67:597–646

13. Strahler AN (1957) *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. Trans. Amer. Geophys. Union. 38:913–920