

فعالية استخدام نموذج الارتفاع الرقمي في التحليل المورفومتري للشبكة النهرية في حوض المنطار

الدكتورة جولييت سلوم*

حازم عبود**

(تاريخ الإيداع 28 / 5 / 2015. قبل للنشر في 17 / 8 / 2015)

□ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى إبراز نموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model)، كأداة متقدمة، في بناء قاعدة بيانات جغرافية ذات خصائص مورفومترية في حوض المنطار، ومفاضلتها من حيث طريقة العمل والوقت المستغرق والنتائج، مع استخدام الطريقة التقليدية (الخريطة الطبوغرافية)، وصولاً إلى التحليل المورفومتري للشبكة النهرية في الحوض. أهم النتائج التي توصل إليها البحث، إثبات فعالية نموذج الارتفاع الرقمي، بالمقارنة مع استخدام الطريقة التقليدية. تبين ذلك من خلال، طريقة العمل المرنة والسريعة، ودقة نتائج المعاملات المستخدمة. فضلاً عن نتائج التحليل المورفومتري للشبكة النهرية في الحوض المدرس، التي بينت خشونة تقطيع مجاري الشبكة النهرية لسطح الحوض، والتأثير الكبير لقلة انحدار سطح الحوض ونفوذية الطبقة السطحية على مختلف الخصائص المورفومترية، بالتضافر مع عدم تأثر مجاري هذه الشبكة بمنظومة الحوض الصدمية.

الكلمات المفتاحية: نموذج الارتفاع الرقمي، الخريطة الطبوغرافية، حوض المنطار.

* أستاذ مساعد - قسم الجغرافية - كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية
** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الجغرافية - كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

The Effectiveness of Using Digital Elevation Model in Morphometric Analysis of The Network River Al-Mentar Basin

Dr. Julliat Saloum^{*}
Hazem Abdou^{**}

(Received 28 / 5 / 2015. Accepted 17 / 8 / 2015)

□ ABSTRACT □

This research aims to highlight the Digital Elevation Model, an advanced tool, in the building of morphometric variables geographic database at Al-Mentar basin, and compare them in terms of work and time spent and the results the way, with the use of the traditional way (Topographic Map), right down to morphometric analysis network in the river basin.

The most important results of the research are, proving the effectiveness of a digital elevation model, compared with the use of the traditional method. Showing through, flexible and rapid way of working, and accurate results rules used. As well as the results of morphometric analysis of the network of river in the basin studied, which showed roughness chopping streams river network to the surface of the basin, and the large impact of the lack of the surface of the basin slope and the permeability of the surface layer at various morphometric characteristics, combined with non-affected streams this network by the system basin flows.

Keywords: Digital Elevation Model, topographic map, Al-Mentar Basin

^{*} Associate Professor, Department Of Geography, Faculty Arts And Humanities, Tishreen University, Lattakia, Syria (Mohmmadfarha@Yahoo.Com).

^{**} Postgraduate Student, Department Of Geography, Faculty Arts And Humanities, Tishreen University, Lattakia, Syria (Hazemabdo1990@Yahoo.Com).

مقدمة:

تعد الدراسة المورفومترية واحدة من الانجازات التطبيقية الهامة في ميدان الدراسات الجيومورفولوجية، كونها تهدف إلى التحليل الكمي للأحواض النهرية، وبالتالي إلقاء الضوء على هيدرولوجيتها. فضلاً عن إيجاد العلاقة المكانية الرابطة بين شبكة التصريف النهرية من جهة، والخصائص الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية و الحيوية من جهة أخرى. حيث يرجع هذا النوع من الدراسات إلى الاربعينيات من القرن الماضي علي يد (Horton، 1945).

يشتمل **الحوض النهري (River Basin)** على جميع المناطق والمنحدرات التي يضمها خط **تقسيم المياه*** (Water divide) الفاصل بين حوض وآخر مجاور له (عبد السلام، 2001). أما **شبكة التصريف النهري (Drainage Network)** هي مجموعة المجاري والروافد التي تصب في مجرى واحد هو المجرى الرئيسي (سلامة، 2004)، فهي خصائص مجموع روافد أودية الحوض النهري التي تكوّن منظومة شبكة تصريفه. **فخصائص المورفومترية** هي خصائص جيومورفولوجية كمية (Geomorphology Quantitative) بمفهومها العام، وهي أساليب تحليلية تتناول ظاهرات سطح الأرض معتمدة في أساسها على البيانات المأخوذة من الخريطة الطبوغرافية (الكنترية) والصور الجوية والمرئيات الفضائية إلى جانب الدراسات الحقلية (محسوب وضاحي، 2006).

منذ بداية الدراسات المورفومترية لشبكات التصريف النهري، تعددت وسائل البحث فيها لمواكبة الصيرورة العلمية المتاحة، فاستخدمت الخرائط الطبوغرافية بمقاييس رسم مختلفة، وحديثاً برز دور نظم المعلومات الجغرافية كأداة متقدمة **(Tool)** في **الأبحاث الجغرافية**، كونها توفر أساليب دقيقة في تحليل البيانات المكانية وربطها بالبيانات الوصفية، الأمر الذي يساعد في تحليل الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف في الأحواض النهرية بطرق آلية متطورة، وبناء قاعدة بيانات جغرافية ذات خصائص مورفومترية؛ معتمدة على مصادر بيانات متقدمة ممثلة في **نموذج الارتفاعات الرقمية (Digital Elevation Model)**، وبالتالي إجراء التحليلات المكانية المتقدمة.

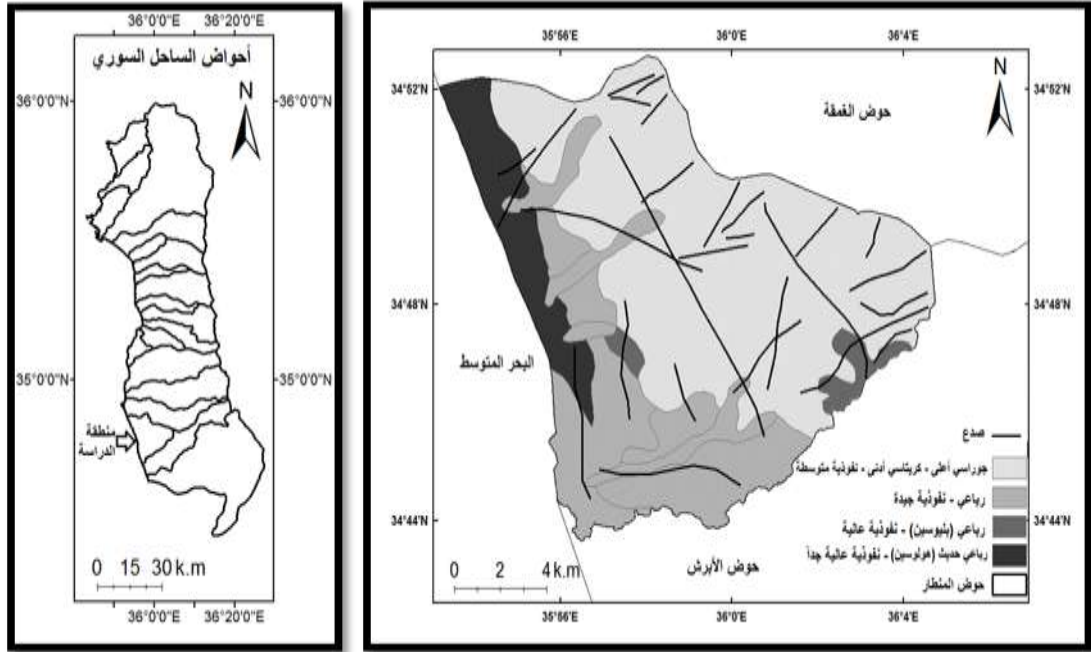
يبد أن نموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model) من البيانات الدقيقة والشاملة، ذات الوضوح المكاني العالي، التي تعطي مساحاً شاملاً لسطح الأرض، وهذا يعطي بدوره دقة في القياس، وبالتالي دقة في النتائج التي يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ القرار حول أي مشروع تنموي. يُعرف نموذج الارتفاع الرقمي أو اختصاراً (DEM) على أنه ملف رقمي يحتوي على بيانات الارتفاع (المنسوب) لمنطقة جغرافية محددة، فهو نمذجة رقمية لتضاريس منطقة ما، من خلال مجموعة من النقاط، تم تعيين مواقعها المستوية (الطول - العرض) وارتفاعها. من مهامها المكانية تحديد أحواض التصريف واستخلاص شبكاتها المائية وتقديم تحليلات جيومورفولوجية متكاملة لها (داود، 2012).

تم في هذا البحث إثبات فعالية نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) كأداة متقدمة في التحليل المورفومتري للشبكة النهرية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (برنامج **ARC GIS 9.3***)، ومفاضلتها من حيث أسلوب العمل والوقت المستغرق ونتائج قاعدة البيانات المستنتجة. كان **حوض المنطار** حيزاً مكانياً لتطبيق هذا البحث، فهو جزء من منظومة حوض الساحل السوري، الواقع غربي الجمهورية العربية السورية شكل (1). أما جيولوجياً، تغطي القسم الأكبر من سطح الحوض التكوينات الثنائية، وتحديداً جوراسي أعلى-كرباسي أسفل، مؤلفة من حجر كلسي ودولوميت ومارل

*المنطقة الجبلية المرتفعة التي تنصرف على جوانبها المياه في اتجاهين مختلفين أو أكثر.

*برنامج متخصص في نظم وقواعد المعلومات الجغرافية والإخراج النهائي بكفاءة عالية، حيث يعد من أهم البرامج و الأكثر استخداماً في العالم.

في الحوضين العلوي والأوسط منه. أما في الحوض السفلي تنتشر التكوينات الرباعية الهلوسينية الحديثة، مؤلفة من حجرملبيحري والرسوبات الرملية الريحية.



شكل (1): منطقة الدراسة (المصدر: رقع طرطوس وصافيتا والحמידية الجيولوجية 50000/1)

أهمية البحث وأهدافه:

تتبنق أهمية هذا البحث من ضرورة إبراز إمكانية استخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) كأداة تحليل عالية التقنية في البحث الجغرافي، بالوصول إلى نمذجة آلية تحاكي الواقع الطبيعي على سطح الأرض في الحوض النهري المدروس، بالاعتماد الكلي على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM). وبالتالي تسليط الضوء على أهمية هذه الوسيلة في أحد أهم فروع الجغرافية الطبيعية، ألا وهو علم الجيومورفولوجية التطبيقية، بالانتقال من الوصف والتحليل التقليدي المعتمد على الخرائط الطبوغرافية (الكنتورية) الورقية، إلى التصميم والتحليل والإخراج الآلي لهذه الخصائص عبر معالجة هذا النموذج، بشكل يحقق المخرجات الكارتوغرافية والبيانية والكمية الأدق، مواكبة لعصر المعلومات والتقنيات الحديثة.

تبعاً لما سبق فإن هدف البحث يتحدد بما يلي:

1. المقارنة من حيث أسلوب العمل والوقت المستغرق والنتائج، بين استخدام نموذج الارتفاع الرقمي من جهة، واستخدام الخريطة الطبوغرافية من جهة أخرى.

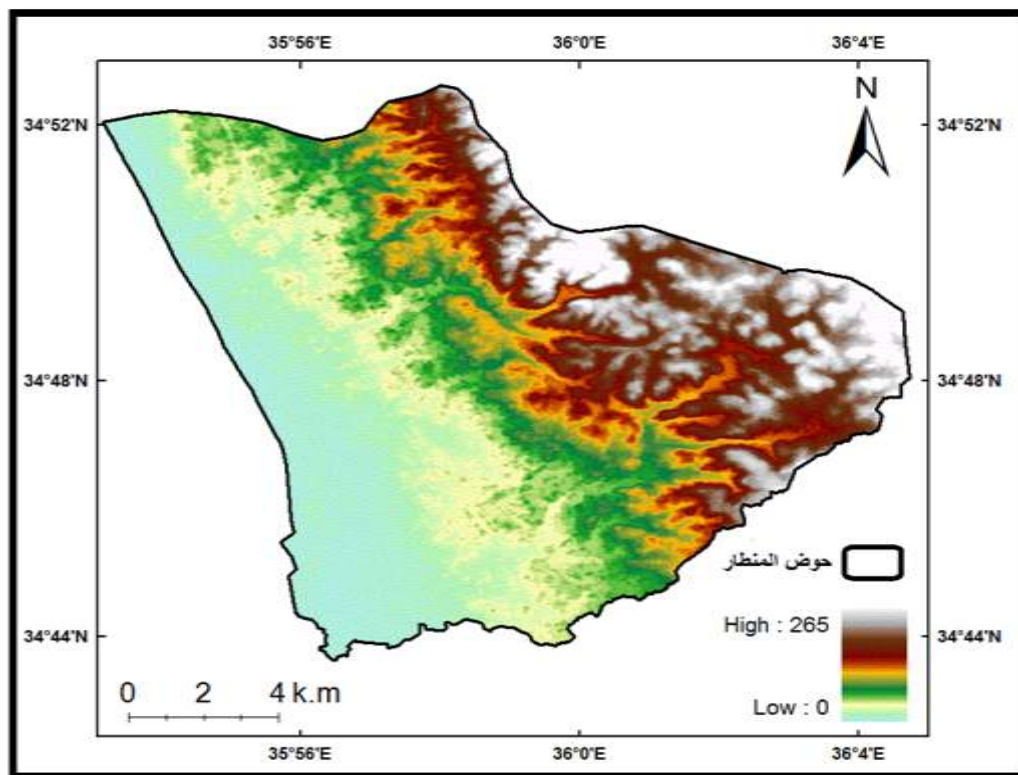
2. توظيف نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في بناء قاعدة بيانات جغرافية ذات متغيرات مورفومترية في الحوض المدروس، عبر تطبيق عدد من المؤشرات المورفومترية، وتحليل نتائجها مكانياً.

طرائق البحث ومواده:

أولاً: العمل في بيئة نظم المعلومات الجغرافية:

تمّ الحصول على نموذج الارتفاع الرقمي الصادر عن وكالة ناسا الأمريكية - القمر الصناعي آستر (Aster) بدقة مكانية بلغت (30 م) - وتمثلت بالبيانات (ASTGTM2_N34E036_dem.tif - ASTGTM2_N34E035_dem.tif)، ومن ثمّ عملية دمجها لكي تتطابق وتغطي كامل أرض الحوض. 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 لهذه الإحداثيات، عبر التعامل مع المستوى الثالث لنظم المعلومات الجغرافية، وهو ما يعرف ببرنامج صندوق ادوات التحليل المكاني (Arc Toolbox - Data Management Tools). بهدف إجراء القياسات المترية بشكل صحيح ودقيق*.

من ثمّ عملية معالجة القيم الشاذة في المرئية عبر (Arc Toolbox - Spatial Analyst Tools - Hydrology - Fill). حيث يقوم هذا الامر بملء الانخفاضات أو الارتفاعات الشاذة غير المتوقعة في بيانات مرئية الارتفاعات الرقمية كما في شكل (2). ومن خلال هذه الطبقة يمكن استنباط مجموعة من المخرجات الكارثوغرافية والبيانية، أبرزها رسم شبكة التصريف النهري في الحوض المدروس، ومن ثمّ تطبيق المؤشرات المورفومترية الخاصة بتحليل خصائص شبكة التصريف النهري فيه.



شكل (2): نموذج الارتفاع الرقمي المصحح لحوض المنطار

*كانت الإصدارات القديمة من ARC GIS (مثل الإصدار 9.1 و 9.2) تسمح بإجراء القياسات حتى وإن كانت الطبقة بالإحداثيات الجغرافية، ولكن ومن الإصدار 9.3 تم إلغاء هذه الإمكانية.

ثانياً: العمل بالطريقة التقليدية:


تم رسم شبكة الروافد النهرية على الخرائط الطبوغرافية مباشرة (خرائط طرطوس و صافيتا والحמידية الطبوغرافية مقياس 50000/1) كما هي ملونة بالأزرق المرسوم عليها ، ومن ثم استخدام طريقة تعرجات خطوط التسوية لتتبع الروافد غير الملونة بالأزرق، حيث تصبح خفيفة التقوس (Smart، 1972)، ونقلها إلى ورقة مليمتريّة باستخدام ورق الزبدة. تلا ذلك رسم حدود الحوض (خط تقسيم المياه).

لحساب الظاهرات المساحية، استخدمت طريقة احصاء عدد المربعات المليمترية الكاملة وغير الكاملة، ومن ثم جدائها بمساحة المربع الواحد، و التحويل إلى كم² بحسب مقياس الرسم*. بينما **لحساب الظاهرات الخطية** استخدمت طريقة المقسم (الفرجار) ذي السنّين، بطول فتحة 0.5 سم، وإحصاء عدد مرات نقل المقسم و جدائها بطول الفتحة، والتحويل إلى كم بحسب مقياس الرسم**. وفي الحالتين تم القياس ثلاث مرات، ويعتمد المتوسط، وإلا إذا كان الفرق بين القياسات كبير فتمّ القياس مرة رابعة.

ثالثاً: المعاملات المورفومترية المستخدمة:

تشمل هذه المعاملات الصيغ المورفومترية، التي سيتم شرحها وتوضيحها فيما يلي، وتطبيقها وتحليل نتائجها لاحقاً في فقرة النتائج والمناقشة.

1. تحديد أبعاد حوض شبكة التصريف Basin Geometry

وهي من الخصائص الهندسية للحوض (Basin Geometry)، والتي تشمل المسافات والمساحات المتعلقة بطوله (Basin Length) وعرضه (WidthBasin) ومساحته*** (Basin Area) ومحيطه (BasinPerimeter)، وتعد هذه القياسات متغيرات أساسية لاستخلاص المعادلات الرياضية المورفومترية الأخرى. تتيح نظم المعلومات الجغرافية قياساً آلياً لهذه الأبعاد، باستخدام عملية أوامر (Attributes - Calculate Geometry) بالنسبة لحساب المساحة (كم²) والمحيط الحوض (كم). أما لحساب طول وعرض الحوض تم استخدام الأداة (Measure ) وذلك من خلال قراءة نتيجته، واختيار الوحدة (كم).

2. رسم شبكة التصريف و تحديد رتب مجاريها Stream Order

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 منتج مع فرعين من الرتبة الثانية وهكذا في بقية الرتب. يحمل النهر الرئيسي 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 لسهولتها ومرونتها أثناء عملية التصنيف عند رسم شبكة التصريف النهرية.

* يوجد أيضاً طرائق أخرى مثل طريقة الحذف والإضافة، وطريقة الشرائح المتوازية، وجهاز البلاينيتر.

** يوجد أيضاً طرائق أخرى مثل طريقة الخيط الرفيع، وحواف الورق، وعجلة القياس.

*** تعد المساحة الحوضية من أهم الخصائص التي تشير إلى كميات الأمطار التي يستحوذ عليها حوض التصريف، وكذلك كمية التصريف وحجم الرواسب.

3. عدد المجاري حسب الرتب Stream Numbers

تتظم نظم المعلومات الجغرافية بيانات الطبقة في جداول مفهرسة ومصنفة فيما يتعلق في الرتب وعدد المجاري وأطوالها في كل رتبة، فإن ذلك يسهل عملية الاستعلام عن أعدادها وأطوالها Stream Order Length في كل رتبة، باستخدام عملية أوامر (Attributes - Selection - Statistics - Frequency)، بالإضافة لبعض القيم الاحصائية لكل رتبة مثل عدد الروافد في رتبة معينة، أقصر وأطول رافد في تلك الرتبة، مجموع أطوال روافدها، كذلك متوسط أطوالها، والانحراف المعياري لمجموع أطوال روافد الرتبة، مما يمكن من عملية إجراء بقية المعادلات المورفومترية.

4. نسبة التشعب Bifurcation Ratio :

يقصد بهذه النسبة العلاقة بين عدد المجاري في رتبة ما إلى عدد المجاري في الرتبة التي تليها. وتستخرج نسبة التشعب وفق المعادلة التالية (Horton, 1932) :

$$P = \frac{N_1}{N_2}$$

حيث P : نسبة التشعب.

N_1 : عدد المجاري في الرتبة 1.

N_2 : عدد المجاري في الرتبة 2.

تتراوح قيمة متوسط نسبة التشعب بين (3 - 5) وفق (Strahler, 1975). تتأثر نسبة التشعب بالبنية والتركيب الجيولوجي والظروف المناخية، فإذا كانت قيمة هذه النسبة واطنة فهذا يعكس قلة نفوذ الطبقة السطحية والعكس صحيح. في حين إذا اقتربت نسبة التشعب بين مجاري الرتب فهذا دليل على تشابه الحوض مناخياً وبنوياً (أبو العينين، 1995).

5. كثافة التصريف Drainage Density

تشير كثافة التصريف إلى الطول الإجمالي لجميع المجاري المائية خلال وحدة المساحة، وتعد بمثابة دليل على درجة تطور شبكة المجاري التصريف في الحوض (الشاعر، 1995). وهذاتأهمية كبيرة من الناحيتين المورفولوجية والهيدرولوجية، حيث تتأثر بالعوامل الجيولوجية وانحدار السطح الطبوغرافي والغطاء النباتي وكذلك شدة التساقط المطري (جبوري، 1988). وتعطى بالمعادلة التالية (Horton، 1932):

$$D = \frac{L}{A}$$

حيث L : المجموع الكلي لطول المجاري المائية (كم).

A : مساحة الحوض (كم²).

واستناداً الى تصنيف (Strahler، 1957) فإن قيمة كثافة التصريف التي أقل من (5) هي كثافة خشنة (منخفضة)، وبين (5-13.7) متوسطة، وبين (13.7-155.3) ناعمة (عالية)، وأكثر من (155.3) فوق ناعمة.

6. ثابت بقاء المجرى النهري Constant of Channel Maintenance

يعد (Schumm، 1965) أول من قدم هذا المؤشر وذلك للتعبير عن مقدار المساحة اللازمة لإمداد مجاري الشبكة بالمياه. زياد تقيمه هذا المؤشر يدل على كبر مساحة الحوض عن حساباً بطول المجاريه، أي يدل هذا المؤشر على المساحة المتبقية من مساحة الحوض لامتداد الشبكة المائية في المستقبل. ويعطى بالمعادلة:

$$M = \frac{A}{L}$$

حيث : M : ثابت بقاء المجرى النهري.

A : مساحة الحوض (كم²).

L : مجموع أطوال مجاري شبكة التصريف (كم).

7. نسيج الحوض Basin Texture

يشير هذا المؤشر الى مدى تقارب أو تباعد المجاري النهرية في الحوض، حيث يتأثر ذلك بمجموعة من العوامل، لعل أهمها المناخ والتكوين الصخري وطبيعة الغطاء النباتي السائد. فإذا كانت قيمته أقل من (4) فنسيج الحوض يتسم بالخشونة، وبين (4 - 10) فنسيجه متوسط، وإذا زاد عن (10) فنسيجه ناعم (عاشور، 1983).
عموماً فإن السطح الوعر شديد الانحدار ذي الصخور الكتيمة الضعيفة أمام عمليات الحت كالمارل والغضار، تعطي نسيجاً ناعماً في ظل مناخ مطير، في حين تعطي الصخور القاسية المقاومة لعمليات الحت المائي ذات المسامية المرتفعة كالصخور الكلسية، سطوحاً قليلة التقطع أي ذات نسيج طبوغرافي خشن. كذلك الأمر في حال سادت صخور سطحية نفوذة، كالحجر الرملي أو الرسوبات الرباعية. كما تؤدي كثافة النباتات أو انعدامها دوراً حاسماً في تحديد درجة تقطع السطح؛ ففي المناطق ذات السطح الأجرد أو العاري من النباتات أو المعرض لقطع الغابات بمعدلات جائرة، يكون النسيج الطبوغرافي ناعماً لشدة فعالية عمليات الحتال مائي عليه، في حين يكون النسيج الطبوغرافي خشناً فوق السطوح ذات الكثافات العالية للنبات (سلوم، 2012). ويعطى بالمعادلة التالية (Smith، 1950):

$$B_t = \frac{N}{P_b}$$

حيث B_t : نسيج الحوض.

N : أطول خط كنتور في الحوض.

P_b : محيط الحوض .

قام (Morisawa، 1968) بالربط ما بين نسيج الحوض وكثافة التصريف والخصائص الصخرية والنباتية

السائدة فيه جدول (1).

الجدول (1): تصنيف (Morisawa) لنسج الأحواض

نوع النسيج	عدد المجاري في 1 كم ²	الخصائص الصخرية والنباتية
خشن	أقل من 8	نفاذية عالية، وجود غطاء نباتي
متوسط	8-20	نفاذية عالية، تساقط أمطار، وجود غطاء نباتي
ناعم	20-200	صخور صماء، أمطار غزيرة، قلة نبات
ناعم جداً	أكثر من 200	صخور صماء، زخات مطر، انعدام وجود غطاء نباتي

8. زمن التركيز Concentration Time

يمثل زمن التركيز ذلك الزمن الذي تحتاجه المياه الهائلة فوق أبعد المواقع في الحوض النهري كي تصل فيه بواسطة الجريان السطحي الى نقطة التركيز*. يعد زمن التركيز من الخصائص المورفومترية الهامة، حيث ينظر الى العواصف المطرية التي تفوق ديمومتها زمن التركيز على أنها وحدها القادرة على تشكيل الجريان السطحي داخل الحوض محدثاً سيولاً وفيضاناً مدمراً (الشاعر، 1995). يحدد زمن التركيز عن طريق معادلة (Giandotii)، حيث طبقت هذه المعادلة في حوض (Po) في شمال إيطاليا، ولكنها صححت لكي تتناسب مع دول حوض المتوسط كافة. وتعطى بالعلاقة التالية (عنان، 2006):

$$C_t = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H} - H_{min}}$$

حيث: C_t : زمن التركيز (سا).

A : مساحة الحوض (كم²).

L_p : طول المجرى الرئيسي (كم).

H : متوسط الارتفاع (م).

H_{min} : أدنى ارتفاع (م).

9. سرعة الجريان :

بعد التوصل الى زمن التركيز يمكن حساب سرعة الجريان من خلال تقسيم طول المجرى الرئيسي (م) على زمن التركيز (ثا). وفق العلاقة التالية:

$$V_c = \frac{L_p}{3.6 C_t}$$

حيث: V_c : سرعة الجريان م/ثا.

L_p : طول المجرى الرئيسي (م).

C_t : زمن التركيز (ثا).

3.6: رقم ثابت.

رابعاً: الدراسات السابقة:

لا توجد أي دراسة مورفومترية عن حوض المنطار، إلا أن هناك دراسات جغرافية هيدرولوجية -أكاديمية الطابع تناولت منطقة الساحل السوري، وهي:

دراسة حليلة (2001): بعنوان (إقليم الساحل السوري، دراسة في جغرافية المياه)، التي تعرّض فيها

لخصائص الساحل السوري الطبيعية، مع التركيز على بعض الأحواض الكبيرة، كحوض نهر الكبير الشمالي، وفصل الجوانب الجيولوجية والهيدرولوجية لأحواض الإقليم، مع تحديد بعض الخصائص المورفومترية للشبكات النهرية، مثل كثافة الشبكة المائية في بعض المناطق، وربطها بطبيعة الصخور السائدة. حيث اعتمدت هذه الدراسة، على مختلف الخرائط الطبوغرافية، التي تغطي حوض الساحل السوري، كأداة بحث.

* هي النقطة الذي تلتقي فيه وتتجمع كل المياه السطحية وفوق السطحية الجارية في الحوض، ومن ثم تخرج خارج حدود الحوض خلال المجرى النهري باسم نقطة التركيز (الشاعر، 1995).

دراسة غزوان سلوم (2012): بعنوان (حوض وادي قنديل، دراسة مورفومترية) ، حيث هدفت هذه الدراسة إلى تحديد البنية الطبيعية لحوض وادي قنديل، واستخدام المعادلات الرياضية في دراسة الشبكة النهرية، وخصائص الحوض الشكلية. أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة، هي ربط نتائج المعادلات الرياضية ببنية الحوض الطبيعية. اعتمدت هذه الدراسة على خريطتي اللادقية و كسب الطوبوغرافيتين كأداة بحث.

النتائج والمناقشة:

1. تحديد أبعاد حوض شبكة التصريف Basin Geometry

وتحليل أرقام الجدول التالي، الذي يبين أبعاد حوض المنطار، يلاحظ بأن حوض المنطار من الأحواض صغيرة المساحة، ويرجع ذلك لطبيعة صخوره السطحية ذات التركيب الصخري عالي المسامية والنفوذية، مما حدّ من قدرة الأودية على إطالة مجاريها وزيادة أطوالها. وبما أن هناك علاقة طردية ما بين المساحة وحجم التصريف، ينبغي أن يكون حوض المنطار ذي كثافة تصريف منخفضة.

الجدول (2): أبعاد حوض المنطار

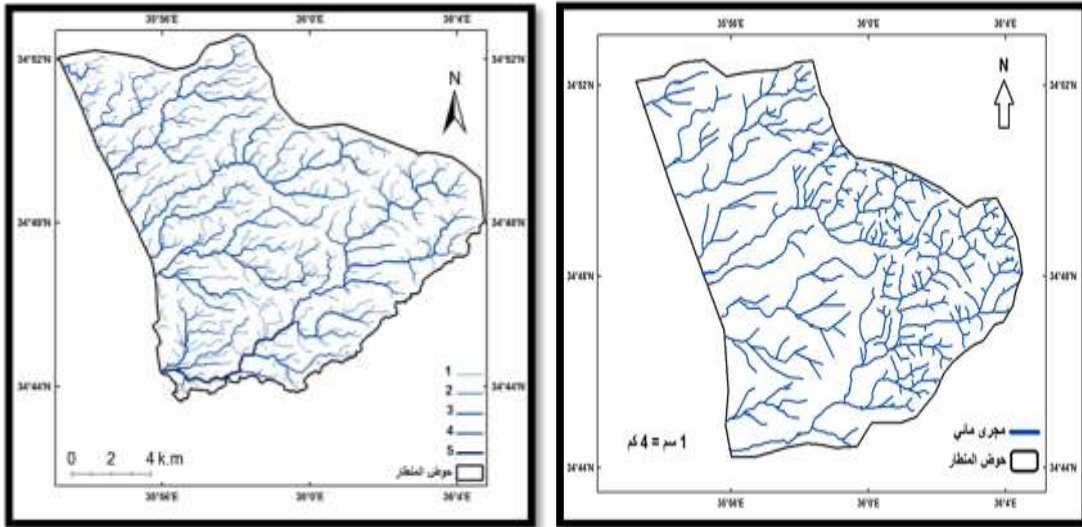
المحيط (كم)	العرض (كم)	الطول (كم)	المساحة (كم ²)	الوقت المستغرق* (دقيقة)	الأداة
58.45	13.28	12.88	159	7	نموذج الارتفاع الرقمي
51.12	12.14	11.54	145	44	الخريطة الطبوغرافية

2. رسم شبكة التصريف و تحديد رتب مجاريها Stream Order

يظهر الشكل كل من الشكلين (3) و (4) الشكل الشجري لشبكة التصريف النهرية. حيث ينتشر هذا النموذج المورفولوجي لشبكة التصريف في الأحواض النهرية ذات المقاومة المتساوية لعملية النحت والتعرية. يشمل هذا النموذج التفرعات والأكواع النهرية باتجاهات مختلفة، بحيث تصل المياه في جميع أجزاء الحوض بالتساوي من المنبع إلى المصب.

الجدير بالملاحظة هو امتلاك مجاري الرتبة الجامسة لوادٍ نهري واحد في جنوب الحوض، تصرف مياهها عبره إلى مستوى أساس الحوض، بينما تستحوذ مجاري الرتبة الرابعة على أربعة أودية نهريّة في وسط وشمال الحوض بشكل منفرد. وبالتالي عدم اعتماد الحوض على مجاري الرتبة الخامسة فقط لصرف مياهه، ومشاركة مجاري الرتبة الرابعة بذلك. فضلاً عن انقسام الحوض إلى 13 حوض جزئي (حوضات)، وبالتالي 13 مجرى مائي، تمثل منظومة التصريف النهري فيه.

*لمقارنة الوقت في كل مرحلة، تم الاعتماد على ساعة رقمية، وتشغيلها من الساعة 00.00 وحتى نهاية المرحلة.



شكل (3): شبكة التصريف النهري وفق نموذج الارتفاع الرقمي شكل (4): شبكة التصريف النهري وفق الخريطة الطبوغرافية والأرقام (1-2-3-4-5) تبين رتب المجاري النهريّة.

3. عدد المجاري حسب الرتب Stream Numbers

يوجد 5 رتب نهريّة لشبكة تصريف حوض منطقة الدراسة كما يوضح الجدول (3)، تستأثر الرتبين الأولى والثانية بنسبة 75% من إجمالي عدد المجاري، ولا يمكن تفسير ذلك إلا من خلال تضرس الحوض في مناطقها، مما يفضي إلى غزارتها وكثافتها مقارنةً مع الرتب الثالثة والرابعة والخامسة. وإنّ دلّ ذلك على شيء فإنه يدل على فعالية الحت التراجعي* (Backward Erosion) في الحوض، مما يؤدي الى زيادة المساحة الحوضية باتجاه خط تقسيم المياه.

الجدول (3): الخصائص الإحصائية لعدد المجاري النهريّة في كل رتبة

الخريطة الطبوغرافية		نموذج الارتفاع الرقمي		الأداة
العدد	%	العدد	%	الرتبة
522	43.79	1895	52.40	الأولى
404	33.89	922	25.49	الثانية
221	18.54	506	13.99	الثالثة
45	3.77	244	6.747	الرابعة
-	-	49	1.35	الخامسة
1192	100	3616	100	المجموع
93		13		الوقت (دقيقة)

* أو ما يعرف بالحت الصاعد باتجاه خط تقسيم المياه.

4. مجموع أطوال المجاري في كل رتبة Stream Order Length

الجدول (4): الخصائص الإحصائية لأطوال الرتب النهرية

الخريطة الطوبوغرافية		نموذج الارتفاع الرقمي						الأداة
الطول (كم)	%	الانحراف المعياري	أطول الروافد في الرتبة (كم)	أقصر الروافد في الرتبة(كم)	متوسط الطول في الرتبة (كم)	%	الطول (كم)	الرتبة
151.7	51.79	0.13	1.48	0.01	0.1	51.57	211.7	الأولى
86.1	29.39	0.13	0.77	0.01	0.11	25.18	103.4	الثانية
41.7	14.23	0.13	0.9	0.01	0.11	13.66	56.1	الثالثة
13.4	4.57	0.15	1.11	0.01	0.13	7.74	31.8	الرابعة
-	-	0.14	0.63	0.01	0.15	1.82	7.5	الخامسة
292.9	100	0.68	4.89	0.05	0.6	100	410.5	المجموع
72				8				الوقت (دقيقة)

يوضح الجدول (4)، أن هناك اختلاف في مجموع أطوال المجاري بين رتبة وأخرى، حيث تستحوذ الرتبة الأولى بأكثر من 50% من مجموع أطوال مجاري شبكة التصريف، ويعمل ذلك بارتباط الرتبة الأولى بتشكيل المجاري ونموها نتيجة الحث النهرية، الذي يبلغ ذروته في عالية الحوض. فضلاً عن العلاقة العكسية بين عدد الرتب النهرية وأطوال مجاريها، حيث كلما كان عدد الرتبة النهرية أقل كلما كان مجموع أطوال المجاري (للرتبة النهرية الواحدة) أكبر. فضلاً عن أن مجاري الرتبة الأولى هي أكبر المجاري طولاً بصورة مجتمعة وأكثرها عدداً، وهذا مؤشر على زيادة قابلية تعرية التربة على سفوح الحوض بالنسبة لمجاري هذه الرتبة كونها الأقصر بصورة منفردة (Chorley، 1985).

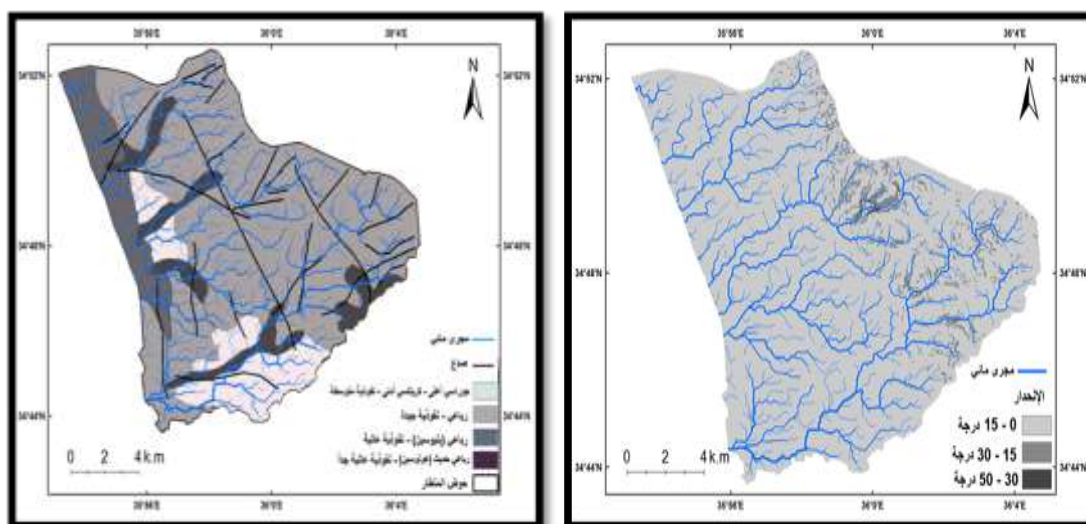
5. نسبة التشعب Bifurcation Ratio

يبين الجدول (5)، تتراوح نسبة التشعب للرتب الأربع الأولى بين 2.05 - 2.7 وفق نموذج الارتفاع الرقمي، بينما تتراوح هذه النسبة في الرتب الثلاث الأولى بين 1.29 - 1.82 وفق الخريطة الطبوغرافية، ومرد ذلك إلى التجانس في الظروف المكانية من حيث الانحدار والتضرس والنفوذية المتوسطة. بينما يلاحظ الارتفاع المفاجئ في نسبة التشعب بالنسبة للرتبة الخامسة وفق نموذج الارتفاع الرقمي والرابعة وفق الخريطة الطبوغرافية الى حوالي 5 ، يُعَلَّل ويُفسر ذلك بالظروف المكانية في مناطق عبور مجاري هذه الرتبة، فهي مناطق ذات تكوينات رباعية مفككة نفوذة لا تسمح بتشكيل مجاري كثيرة، وكونها منطقة سهلية ومنبسطة، مما أفضى الى تقليل نسبة التشعب في هذه الرتبة، وهو مؤشر على زيادة خطر السيول جراء عاصفة مطرية غزيرة. أما فيما يخص متوسط نسبة التشعب لكامل الحوض قد بلغت 2.73 وفق نموذج الارتفاع الرقمي، و 2.67 وفق الخريطة الطبوغرافية، وهي نسبة منخفضة، وبالتالي خشونة تقطع الحوض بفعل مجاريه من جهة، و قلة تطور شبكة تصريفه من جهة أخرى.

الجدول (5): نسبة التشعب¹

الخريطة الطبوغرافية		نموذج الارتفاع الرقمي		الأداة
نسبة التشعب	العدد	نسبة التشعب	العدد	الرتبة
-	522	-	1895	الأولى
1.29	404	2.05	922	الثانية
1.82	221	1.82	506	الثالثة
4.9	45	2.7	244	الرابعة
-	-	4.97	49	الخامسة
-	1192	-	3616	المجموع
2.67	-	2.73	-	المتوسط

واستكمالاً لما سبق، كان من الأهمية بمكان استنباط طبقة تبين المطابقة المكانية بين رتب شبكة التصريف ونفوذية الطبقة السطحية وصدوعها من جهة، ومع انحدار سطح الحوض من جهة أخرى شكل (5) و (6).



شكل(6): المطابقة المكانية بين رتب شبكة التصريف وانحدار الطبقة السطحية في حوض المنظار

شكل(5): المطابقة المكانية بين رتب شبكة التصريف ونفوذية الطبقة السطحية في حوض المنظار .

يلاحظ زيادة النفوذية مع زيادة عدد الرتبة شكل (5)، وإن دل ذلك على شيء فهو مؤشر على قلة كمية المواد الصلبة المنقولة في بطون الأودية وصولاً الى مستوى أساس الحوض، نتيجة لعدة عوامل، لعل أكثرها تأثيراً هو قلة انحدار الحوض، وبالتالي أثره الضعيف على الجريان عبر شبكة التصريف النهري عموماً من جهة شكل (6)، وقصر طول فترة الهطل في الحوض أو ما يعرف **بالشدة المطرية (Intensity rain)**، حيث لا تزيد هذه الفترة عن عدة أيام سنوياً (أكثر من 25مم)، على الرغم من عدوانيتها من جهة أخرى جدول (6). مما يفضي حتماً على إطالة زمن

¹لم تتم مقارنة الوقت لأن الأمر قد بات، وحتى نهاية النتائج والمناقشة، عبارة عن تطبيق معادلات رياضية فحسب.

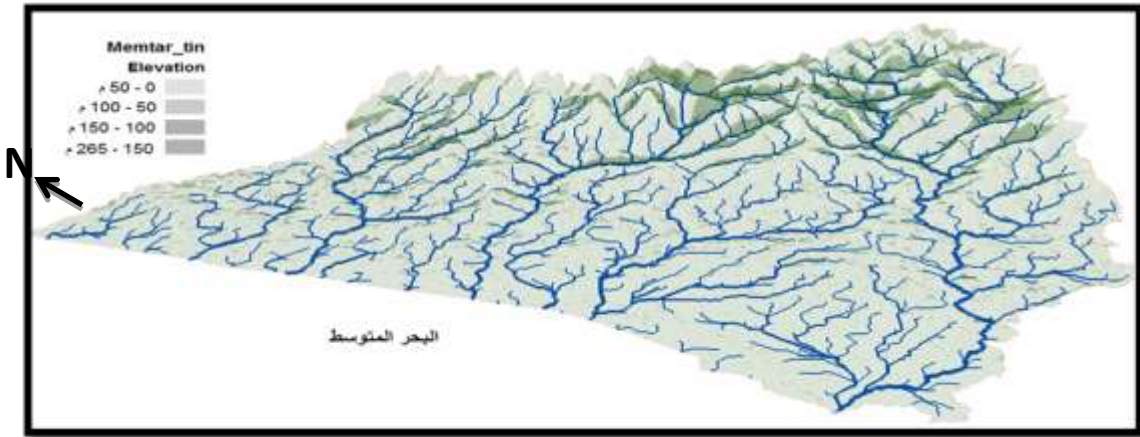
التركيز في الحوض. فضلاً عن ذلك يشير عدم التأثر المكاني بين شبكة التصريف النهرية وبنية وبناء الحوض، إلى ثخانة الرسوبات في الحوض من جهة، و إلى وجود الغضار الكتيم من جهة أخرى.

الجدول (6): متوسط عدد أيام الشدات المطرية السنوية

طرطوس*			المحطة
50	25	10	كمية الهطل (مم)
2	12.2	31	المدة(يوم)

6. كثافة التصريف Drainage Density

بلغت كثافة تصريف حوض المنطار 2.6 كم²/كم²، مما يعني أنّ كل 1 كم² من مساحة الحوض تمتلك نظرياً 2.6 كم من المجاري المائية لتصريف مياهها وحمولتها وفق نموذج الارتفاع الرقمي، بينما بلغت 2 كم²/كم² أي أن كل 1 كم² من مساحة الحوض تمتلك نظرياً 2 كم وفق الخريطة الطبوغرافية. تعزى كثافة التصريف المنخفضة هذه إلى النفوذية الكبيرة التي تتسم بها التكوينات السطحية وصلابتها، فضلاً عن السطح لطيف الانحدار، وخاصة وأنّ أغلب مورفولوجيا الحوض هي مورفولوجيا سهلية تعمل على تثبيط عملية تشكل المجاري النهرية، كما يظهره شكل (7).



شكل (7): الارتفاع ثلاثي الأبعاد لحوض المنطار المستنبطة من نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام Arc scene 9.3*

7. ثابت بقاء المجرى النهرية Constant of Channel Maintenance

يدل معامل ثابت بقاء المجرى الناتج في الجدول التالي، على أنه لم يتبقّ من مساحة الحوض سوى نسبة قليلة لامتداد الشبكة المائية في المستقبل بمعدل 0.38 كم² لكل مجرى بطول 1 كم وفق نموذج الارتفاع الرقمي، بينما 0.5 كم² لكل مجرى بطول 1 كم وفق الخريطة الطبوغرافية. تدل هذه القيمة المنخفضة على ضيق مساحة الحوض عموماً بالنسبة لطوال مجاري شبكة تصريفه.

* تم الاعتماد على نتائج رصد محطة طرطوس، نتيجة لخلو حوض المنطار من أي محطة ميترولوجية، حيث تبعد عنه 10 كم شماله. * أحد ملحقات البرنامج المستخدم، يعمل على التعامل مع سطح الأرض بشكل ثلاثي الأبعاد بكفاءة عالية، عبر تغذيته بنموذج الارتفاع الرقمي.

الجدول (7): ثابت بقاء المجرى النهري في حوض المنطار

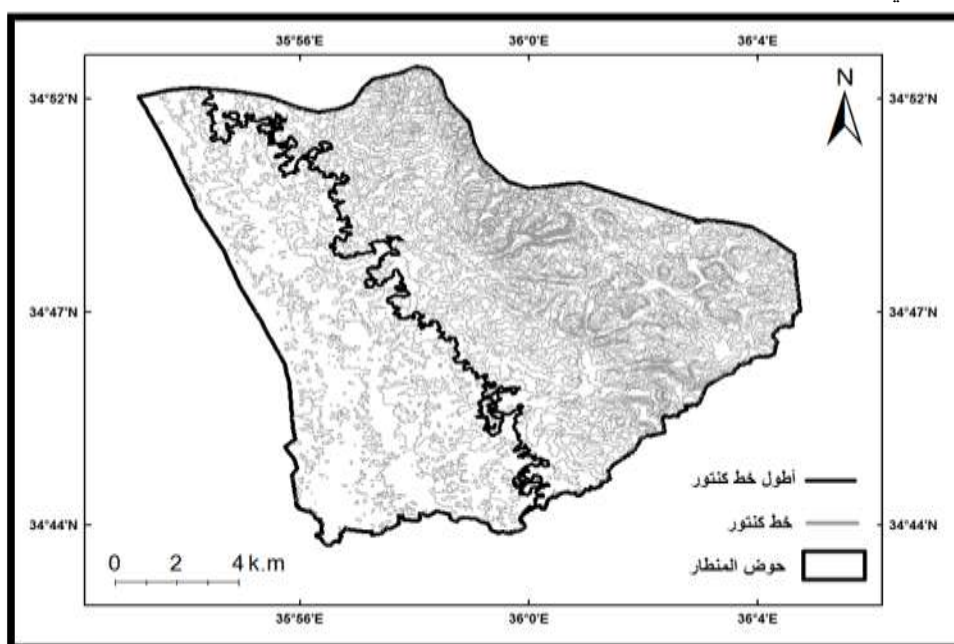
الأداة	نموذج الارتفاع الرقمي	الخريطة الطبوغرافية
ثابت بقاء المجرى النهري	0.38	0.5

8. نسيج الحوض Basin Texture

فُيِّل تطبيق مؤشر نسيج الحوض تم استنباط طبقة تساوي الارتفاعات (طبقة كنتورية) للحوض المدروس من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)*، من خلال صندوق أدوات التحليل المكاني (Arc Toolbox – Spatial Analyst) بفواصل كنتوري 10 م**، بهدف معرفة أطول خط كنتور في الحوض، كمؤشر على أكبر عدد من المجاري النهرية العابرة له. ومن خلال شكل (6) يمكن تحديد خط الكنتور الأطول في الحوض المدروس، والذي بلغ طوله 66.72 كم.

$$B_t = \frac{N}{P_b} = \frac{79.35}{62.44} = 1.27$$

تعكس نتيجة تطبيق القانون السابق قلة تقطع (خشونة) حوض المنطار بفعل شبكة تصريفه بحسب تصنيف (Morisawa) لنسج الأحواض، بسبب النفوذ العالية لصخره السطحية من جهة، ووفرة الغطاء النباتي - وهو غطاء نباتي صُنعي بأغلبه - فيه من جهة أخرى.



شكل (8): الخريطة الكنتورية في حوض المنطار

*لم يتم اللجوء إلى الخريطة الطبوغرافية لتحديد أطول خط كنتور لأن الفاصل الكنتوري فيها 50 م، وهو لا يتناسب وقلة التباينات التضريسية في الحوض.

**تم اختيار هذا لفواصل الكنتوري الصغير نتيجة قلة المدى الطبوغرافي في الحوض المدروس.

9. زمن التركيز Concentration Time

تستغرق المياه الجارية عبر شبكة التصريف زمناً طويلاً، حتى تصل إلى نقطة تركيز الحوض على الرغم من قصر طوله جدول (8). يُفسر ذلك بقلة انحدار سطح الحوض، والنفوذية الكبيرة للتكوينات السطحية مما يمنحها فرصة أكبر للتسرب، وبالتالي إتاحة فرصة أكبر لتغذية المياه الجوفية.

الجدول (8): زمن التركيز في حوض المنطار

الأداة	نموذج الارتفاع الرقمي	الخريطة الطبوغرافية
زمن التركيز (ساعة)	8.7	8.2
زمن التركيز (ثانية)	29220	28920

10. سرعة الجريان السطحي Surface run off speed

وهي سرعة قليلة كما يظهر الجدول التالي، تعكس الانتشار الكبير المساحة شبه المستوية على امتداد مساحة الحوض، فيعمل ذلك على تثبيط عملية صرف المياه إلى البحر. وإن دل ذلك على شيء فهو مؤشر على انخفاض كفاءة شبكة التصريف في صرف المياه، مما يفضي إلى سيادة الترسيب بفعل طاقة (سرعة) المياه القليلة على نقل المحمولات الصلبة.

الجدول (9): سرعة الجريان السطحي في حوض المنطار

الأداة	نموذج الارتفاع الرقمي	الخريطة الطبوغرافية
سرعة الجريان السطحي	0.17	0.18

11. قاعدة البيانات الجغرافية ذات المتغيرات المورفومترية المستنتجة:

أخيراً، تم التوصل إلى قاعدة البيانات جغرافية ذات خصائص مورفومترية في حوض المنطار، بعد معالجة نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، عبر بيئة نظم المعلومات الجغرافية، والمقارنة بنتائج المعالجة بالطريقة التقليدية (الخريطة الطبوغرافية)، كما يظهره الجدول (10).

الجدول (10): قاعدة بيانات جغرافية ذات خصائص مورفومترية في حوض المنطار

المتغيرات	القياسات	نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)	الخرائط الطبوغرافية	الفرق
أبعاد الحوض	المساحة (كم ²)	159	145	14
	الطول (كم)	12.88	11.54	1.34
	العرض (كم)	13.28	12.14	1.14
	المحيط (كم)	85.45	51.12	7.33
الخصائص المورفومترية	عدد المجاري (مجرى)	3616	1192	2424
	طول المجاري (كم)	410.5	292.9	117.6
	عدد الرتب (رتبة)	5	4	1
	متوسط نسبة التشعب	2.73	2.67	0.06
	كثافة التصريف	2.6	2	0.06
	ثابتبقاء المجرى النهري	0.38	0.5	0.12
	نسيج الحوض	1.27	-	-
	زمن التركيز (ثانية)	29.220	28.920	300
	سرعة الجريان (م/ثا)	0.17	0.18	0.01

الاستنتاجات والتوصيات:

أهم الاستنتاجات التي توصل إليها البحث تُلخّص فيما يلي:

- 1 إثبات فعالية نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) كأحد أهم وسائل البحث الجغرافي، كبديل ناجح وفعال عن الخرائط الطبوغرافية.
- 2 إمكانية الوصول إلى بناء قاعدة بيانات جغرافية ذات متغيرات مورفومترية جدول (تحلل شبكة التصريف النهري في حوض المنطار، وذلك من خلال تغذيتها بالبيانات اللازمة لعملية التحليل المورفومتري اعتماداً على مصادر بيانات حديثة متمثلة في نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).
- 3 تميزت طريقة العمل في معالجة نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) عبر بيئة نظم المعلومات الجغرافية، بالمرونة والسلاسة وقلة التكاليف، مع طريقة العمل على الخريطة الطبوغرافية، التي اتسمت بالجهد والتكلفة وتكرار القياس بهدف دقته وموضوعية نتائجه.
- 4 بلغ الوقت المستغرق لإتمام معالجة نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ما مجموعه 28 دقيقة، بينما بلغ ذلك الوقت في العمل على الخريطة الطبوغرافية ما مجموعه 3.48 ساعة، بفارق 3.20 ساعة لصالح معالجة نموذج الارتفاع الرقمي (DEM).
- 5 ظهرت الحساسية العالية لنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في رصده لتضاريس سطح الأرض، من خلال الفرق في نتائج القياسات بينه وبين نتائج قياسات الخريطة الطبوغرافية، عدد المجاري وطولها بخاصة.

6 تبين بالتحليل المورفومتري للشبكة النهرية في حوض المنطار النقاط التالية:

- تعمل الشبكة النهرية على زيادة المساحة الحوضية، وبالتالي التقدم في دورته الجيومورفولوجية.
- انقسام الحوض إلى 13 حوض جزئي (حوضات)، تمثل منظومة التصريف النهري فيه.
- يمنح شكل الحوض المثلي (قاعدته ساحل البحر) إمكانية نمو الرتب النهرية في وسطه وسافلته أكثر من عاليته الضيقة، وما يؤكد ذلك نتيجة معامل ثابت بقاء المجرى النهري.
- خشونة تقطيع مجاري الشبكة النهرية لسطح الحوض.
- التأثير الكبير لقلّة انحدار الحوض من جهة، ونفوذية الطبقة السطحية من جهة أخرى، على مختلف الخصائص المورفومترية للشبكة النهرية.

- عدم تأثر مجاري هذه الشبكة بمنظومة الحوض الصدعية.

توجز التوصيات فيما يلي:

تبنى نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، ذات الوضوح المكاني الكبير والدقة العالية، كركيزة أساسية في عملية التحليل المورفومتري للشبكات النهرية بشكل خاص، والبحوث الجغرافية بشكل عام، لمالها من نتائج دقيقة وماتوفره من جهد ووقت وتكاليف.

المراجع :

- 1 أبو العينين، حسن سيد احمد. أصول الجيومورفولوجية، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية، 1995، 770.
- 2 الجبوري، ناير حبيب عبدالله. هيدرولوجية وgeomorphology نهر ديالى، أطروحة دكتوراه، قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة بغداد، 1991، 23.
- 3 داود، محمد. أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية، جامعة أم القرى، المملكة العربية السعودية، 2012، 112.
- 4 الدوعان، محمود بن إبراهيم. الأودية الداخلة إلى منطقة الحرم بالمدينة المنورة، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، العدد 38، 1990.
- 5 تتلامه، حسن رمضان. أصول الجيومورفولوجية، دار المسيرة، عمان الأردن، 2004، 185.
- 6 سلوم، غزوان. حوض وادي القنديل (دراسة مورفومترية)، مجلة جامعة دمشق، المجلد 28، العدد الأول، 2012، 46.
- 7 الشاعر، جهاد. علم المياه، جامعة دمشق، 1995، 189.
- 8 عاشور، محمود. التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي مصادر البيانات وطرائق القياس، المجلة الجغرافية العربية، العدد 15، القاهرة، 1983، 125.
- 9 عبد السلام، عادل. أشكال الأرض، جامعة دمشق، 1979، 174.
- 10 - عناب، رضا، تقدير خطر التعرية في حوض تيمقاد و أثرها على سد كدية مداور، رسالة ماجستير، كلية علوم الأرض، جامعة باتنة، الجزائر، 2006، 53.
- 11 محسوب، محمد صبري؛ ضاحي، أحمد فوزي. الدراسة الميدانية والتجارب العملية في الجيومورفولوجية، الاسراء للطباعة، القاهرة، 2006، 243.

12- CHORLEY, R.J ؛Schumm, S .A ؛Sugden , D .E .Geomorphology. Methuen, London, 1984, 319.

13- HORTON, R.E. *Drainage basin characteristics*. *TrasnsAmerGeophys. Union* 13, 1932, 350-361.

14- MORISAWA. M. E. *Measurement of drainage basin outline form*, *jour geol*, 1968, 160.

15- SCHUMM. S. A, Lichty. R. W, *Time, Spase and Causality in Geomorphology*, *Amer. Jour. Of Science*, 1965, 607.

16- SMART, J.S., *Quantitative characteristics of channel network structure*, *WRR.*, 8(6): 1487-,1972, 96.

17- SMITH, K, G; *Standard for Grading Textures of ErosionaTepography-* *Am. Jour SCI*. 1950. vol. 248.

18- STRAHLER, A. N. , *Quantitative Analysis Of Watershed Geomorphology*, *Am. Geophys .Union . Trans . Vol . 36 , No . 6 , 1957*, 913-920.