التحليل المورفوميتري لوادي حوران باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

عماد طلفاح عبد الغني*
مركز تنمية حوض أعالي الفرات
جامعة الأنبار

مثنى خليل إبراهيم
كلية الزراعة، جامعة الأنبار، قسم التربة والموارد المائية

عصام محمد عبد الحميد
مركز تنمية حوض أعالي الفرات
جامعة الأنبار

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة للتعرف على إمكانية إنشاء قاعدة بيانات مكانية مورفوميترية لوادي حوران أكبر وديان الصحراء الغربية بالاستعانة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. تم استخدام نموذج الارتفاع الرقمي DEM (Digital Elevation Model) في قياس الصفات المورفوميترية سواء كانت المساحية أو الشكلية أو الهيدرولوجية واستخدم برنامج ArcGIS الإصدار 10.2 باعتبار هذه الصفات هي القاعدة المهمة لوضع خطط العمل المستقبلية فيما يخص أحواض الوديان والأنهار الرطبة والجافة مما يقل التكاليف والوقت والجهد لدراسة المناطق ذات المساحات الشاسعة. بلغت قيم المقطع الطولي، متوسط المحيط، نسبة الاستدارة، نسبة تماسك المحيط، معامل الاستطالة، معامل الشكل، نسبة الطول الى العرض، نسبة التضاريس، التضاريس النسبية، التكامل الهبسومتري، النسيج الحوضي، قيمة الوعورة، كثافة الصرف الطولية، كثافة الصرف العددية، ومعدل بقاء المجرى، في وادي حوران 2.562 م كم$^{-1}$، 1307 كم، 0.13، 2.77، 0.47، 0.13، 7.3، 2.32 م كم$^{-1}$، 0.64 م.كم$^{-1}$، 21.26 كم^{2} م$^{-1}$، 8 وديان كم$^{-1}$، 0.77، 0.92 كم كم$^{-2}$، 0.61، و1.08 كم^{2} كم$^{-1}$، على التوالي.

الكلمات المفتاحية: علم المورفوميتري، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد

A morphometric analysis of horan valley by using remote sensing and geographic information systems

E. T. Abdelghani
Upper Euphrates Basin Developing Center, Anbar Univ.

M. K. Ibrahim
College of Agriculture Anbar Univ.

I. M. Abdel Hameed
Upper Euphrates Basin Developing Center, Anbar Univ.

Abstract

This study was conducted to know the possibility of creating morphometric geo database for Horan valley which is the greatest valley in western desert by using remote sensing and geographic information systems. Digital Elevation Model (DEM) was used to measure the cadastral, morphological or hydrological morphometric properties using the ArcGIS V.10.2 program. These properties considered an important database to make the future planning for dry or wet valleys and rivers basins, which reduce time, expenses and efforts to study the wide area regions. The values of longitudinal section, average of circumference, circularity ratio, circumference compactness factor, elongation factor, form factor, length to width ratio, relief ratio, relative relief, hypsometric integration, basin tissue, the value of rugged, drainage longitudinal density, numerical drainage density, and the Constant of

* البحث مستل من أطروحة دكتوراه للباحث الأول.

Channel Maintenance, in the Horan valley are 2.562 m km^{-1}, 1307 km, 0.13, 2.77, 0.47, 0.13, 7.3, 2.32 m km^{-1}, 0.64 m km^{-1}, 21.26 km^2 m^{-1}, 8 valleys km^{-1}, 0.77, 0.92 km km- ^{2}, 0.61, and 1.08 km^2 km^{-1}, respectively.
Key words: Morphometric science, GIS, Remote sensing

المقدمة

وادي حوران أكبر وديان العراق يقع في محافظة الأنبار غرب العراق (شكل 1) يمتد لمسافة 485 كلم من الحدود العراقية–السعودية الى نهر الفرات قرب حديثة بين خطي طول 00′ 00″ 39° و00′ 00″ 43° شرقاً ودائرتي عرض '00 "00 32^0 و'00 "30 43^0 شمالاً. يبدأ وادي حوران من جبل عنيزة الذي يرتفع 940 متر فوق مستوى سطح البحر عند نقطة التقاء الحدود العراقية–السعودية–الأردنية في اقصى الجنوب الغربي من منطقة الهضبة الغربية العراقية مما يجعله أكبر أحواض وديان الهضبة والمصدر الرئيسي لتصريف المياه فيها (17). تطلق تسمية وادي حوران على منطقة جغرافية واسعة تشمل وادي حوران نفسه بالإضافة الى التلال المحيطة به والأودية الفرعية المتشعبة منه. تحيط بالوادي سفوح عالية بحافات حادة يبلغ ارتفاعها ما بين 150 الى 200 م، على الرغم من أن وادي حوران جاف وقاحل إلا إنه يحفل ببعض الواحات تسمى بالحسينيات تقع في القسم الشرقي منه. والوادي يوفر مراعي جيدة للرعاة البدو وماشيتهم. بالأصل كان وادي حوران نهراً جارياً ورافداً يصب في نهر الفرات ألا إنه جف بعد نهاية العصر الجليدي الأخير ويمكن مشاهدة أثار جريان المياه الى جدران الوادي، وهو حالياً جاف إلا إنه يفيض بماء السيول في موسم الأمطار[1].

ان المورفومتري هو علم قياس الخصائص الهندسية لسطح الأرض الناتجة عن نظام التعرية النهري(12)، وحدده بانه قياس الشكل اذ تعتمد الدراسات المورفوميترية على قياس المظاهر الأرضية ومعالجتها على وفق أسس التحليل الكمي عن طريق تطبيق المعادلات الرياضية والطرائق الإحصائية على البيانات المستقاة من الخرائط الطوبوغرافية والقياسات الحقلية والصور الجوية والمرئيات الفضائية وذلك لاستعمال نتائجها في تصنيف المظاهر الأرضية وتحديد العوامل والعمليات المسؤولة عن نشوئها وتطورها.

تعد دراسة الأحواض المائية من الدراسات التي تمتلك حيز مهم في البحوث والدراسات الجيومورفولوجية والمائية، لامتلاكها دلالات علمية يمكن الاعتماد عليها في مناطق تواجدها، لذا يعد حوض الصرف المائي نظام مورفولوجي تتحكم فيه وبخواصه الهندسية قوانين لها علاقات وظيفية متبادلة، يمكن تعيينها من خلال دراسة مجموعة من المتغيرات يتم قياسها من مصادر البيانات التي تتمثل بالخريطة الطوبوغرافية، أو الصور الجوية أو البيانات الفضائية (25). أكد (24) أن الاشتقاق الآلي باستخدام الحاسوب لأحواض ووديان الصرف من تحليلات نماذج الارتفاعات الرقمية أثبتت فاعلية كبيرة مقارنة بالطرق التقليدية اليدوية والتي تعتمد على استخدام الخرائط الطوبوغرافية. قسم (24) الكثافة التصريفية العددية وهي احدى الخواص المورفومترية الهيدرولوجية على ثلاثة أقسام وكالآتي: 3 – 4 كم كم$^{-2}$ منخفضة، 4 – 12 كم كم$^{-2}$ متوسطة، > 13 كم كم$^{-2}$ عالية

ذكر (3) تعبر كثافة الصرف ايضاً عن درجة انتشار شبكة المجاري النهرية وتفرعها في ضمن مساحة محدودة. وتكمن أهمية هذا القياس بكونه أحد العوامل المؤثرة في جريان المياه اثناء سقوط الامطار وله علاقة مباشرة بالأحوال المناخية وطبيعة تركيب الطبقات الصخرية المقاومة لعوامل التعرية وطبوغرافية الحوض. وعرف

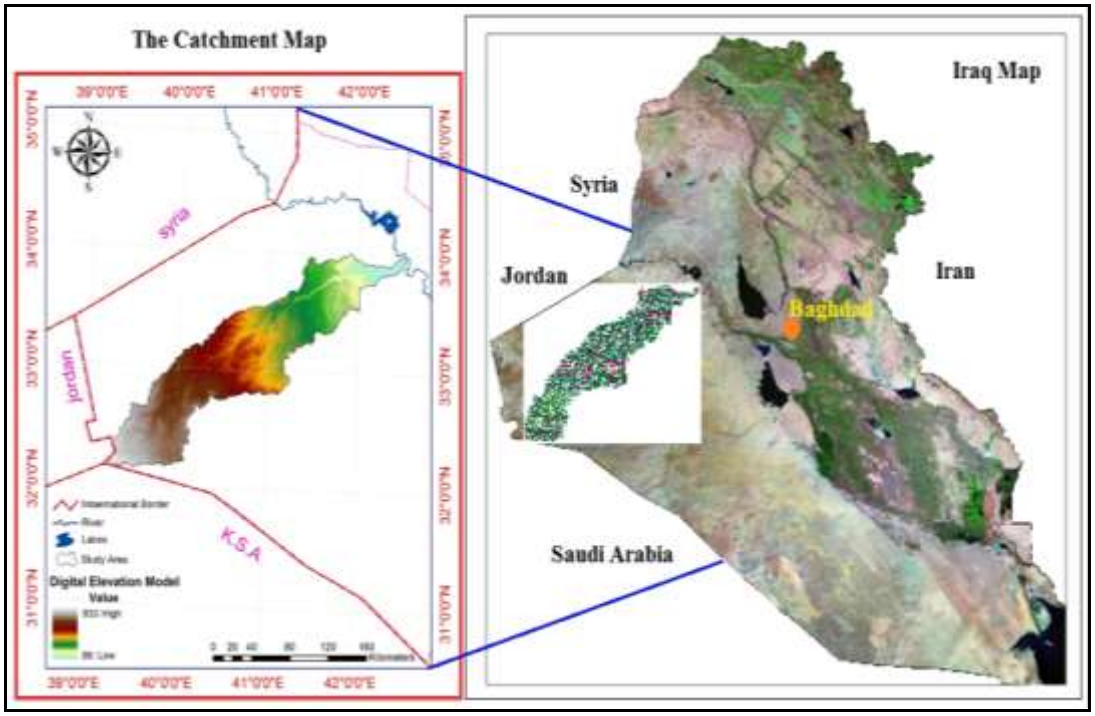
[1] Wikipedia. Wadi Horan - Al Hussayniyah (AN4) - Nature Iraq - pdf.io". *pdfooina.org*

(3) معدل بقاء المجرى المائي بانه متوسط الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة (كم) من مجاري شبكة الصرف. وهناك من قسم شكل المجرى النهري أو مجرى الوادي بحسب التعرج على ثلاثة أشكال (3).

1- إذا كانت النسبة اقل من (1.1) يكون النهر أو الوادي مستقيماً.
2- إذا كانت النسبة ما بين (1.1-1.5) يكون ملتوياً.
3- إذا كانت أكثر من (1.5) يكون النهر أو الوادي منعطفاً.

يقاس الانحدار العام للأحواض في أي منطقة على سطح الأرض من خلال الاستعانة بخطوط منحنيات التسوية او ما تسمى بالخطوط الكنتورية، والتي تدل على تضاريس الخريطة الطوبوغرافية، ويعتمد تطبيق معادلة الانحدار على معرفة كل من الفاصل الراسي الذي يمثل الفترة الكنتورية بين خط كنتوري وآخر والمسافة الأفقية، كما يمكن معرفة نسبة الانحدار ودرجة الانحدار من المعطيات المذكورة (17).

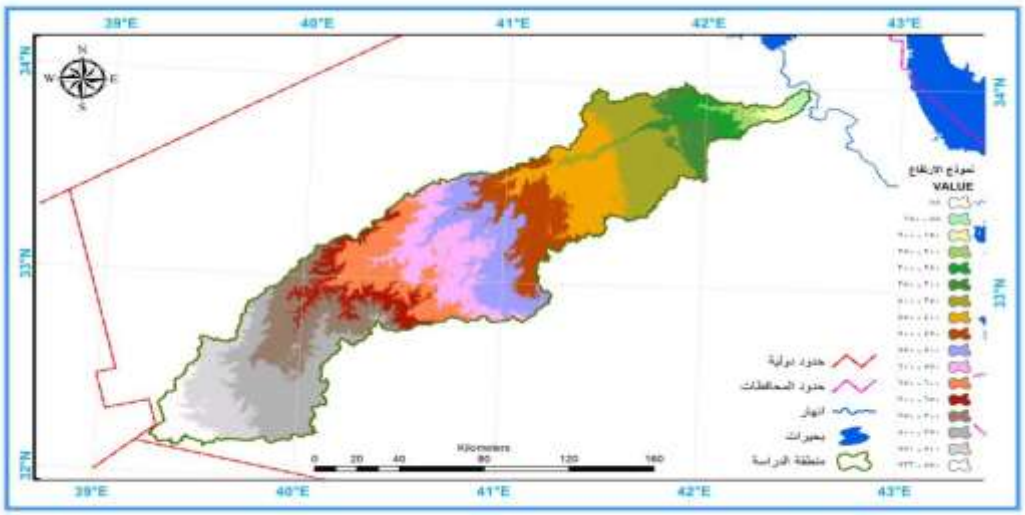
بين (14) أن الدراسة المورفومترية تعد إحدى الدراسات المهمة في دراسة الأحواض المائية. إذ يعد حوض التصريف المائي وحدة مساحية يتحدد فيها خصائص ومعطيات يمكن قياسها كمياً لغرض التحليل والتصنيف، وتعد دراسة الأحواض المائية من أهم الإنجازات التطبيقية لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد واستخلاص المعلومات التي تساعد في تفسير نمط الأشكال الأرضية والتصريف المائي وعلاقته بطوبوغرافية سطح الأرض من خلال استخدام وتحليل المعطيات للصور الفضائية والمرئيات الفضائية وخصائصها الرقمية ولاسيما نموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model) واختصاره DEM. تهدف هذه الدراسة إلى إنشاء قاعدة بيانات مورفوميترية لوادي حوران من خلال الربط بين بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية للاستفادة منها في البحوث المستقبلية المختلفة.



شكل 1 خريطة توضح منطقة الدراسة (وادي حوران)

المواد وطرائق العمل

عُملت قاعدة بيانات جغرافية Geo. Database، لإدخال وتخزين البيانات الخام Raw data فيها ضمن بيئة برنامج ArcGIS، وذلك عن طريق عمل ملفات شكل Shape files، وحزم بيانات العوارض Features data sets سواء كانت نقطية point أو خطية line أو مساحية polygon وفق نظام الإحداثيات العالمي المصحح UTM (Universal Coordinate Mercator)، وذلك بالاستعانة بنموذج الارتفاع الرقمي DEM للقمر ASTER GDEM بدقة وضوح مكاني 30 متراً من الموقع الإلكتروني لوكالة المسح الجيولوجي الأمريكية USGS (شكل 2)، لغرض إيجاد الخواص المورفومترية لوادي حوران باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS، الإصدار 10.2 وإنشاء قاعدة بيانات مورفومترية ضمن بيئة Arc Catalog، لغرض الرجوع إليها في الأبحاث المستقبلية، وتحديد المعادلات الخاصة بكل صفة مورفومترية باستخدام الامتداد Map Algebra في صندوق الأدوات spatial analyst toolbox.



شكل 2 نموذج الارتفاع الرقمي لوادي حوران[1]

الخصائص المساحية والشكلية

طول الحوض والمقاطع الطولية: حُدد باستخدام الامتداد Arc hydro، في صندوق الأدوات toolbox لبرنامج ArcGIS10.2، ويمثل طول الحوض أحد المتغيرات المورفومترية المهمة التي ترتبط بالكثير من الخصائص الأخرى الخاصة بحوض الصرف ويتحدد بخط يمتد فيما بين نقطة المصب النهري وحتى اعلى نقطة ضمن منطقة تقسيم المياه بأعالي النهر (3). استخدم برنامج ArcGIS V10.2 لرسم المقطع الطولي. وتم قياسه بالمعادلة التالية (2):

المقطع الطولي = الفاصل الرأسي م / طول الوادي كم..... 1

رُسم عرض الحوض والمقاطع العرضية ومحيط الحوض باستخدام برنامج ArcGIS V10.2.

قيست نسبة تماسك المساحة (نسبة الاستدارة) بالمعادلة الأتية (15) :

[1] **USGS Website : https://www.usgs.gov/**

نسبة الاستدارة = مساحة الحوض/مساحة دائرة محيطها يساوي محيط الحوض نفسه..... 2

حسبت نسبة تماسك المحيط من المعادلة 3 التي وردت في (5):

نسبة تماسك المحيط = 1/(نسبة تماسك المساحة)½..... 3

قيس معامل الاستطالة بالمعادلة التالية (3):

معدل الاستطالة = 1.28 × (مساحة الحوض كم^2)$^{1/2}$ / طول الحوض (كم)..... 4

قيس معامل شكل الحوض بالمعادلة الأتية (7):

معامل شكل الحوض = مساحة الحوض كم^2/ مربع طول الحوض (كم) 5

قيست نسبة الطول إلى العرض بالمعادلة الأتية (4):

نسبة الطول إلى العرض = طول الحوض (كم)/عرض الحوض (كم) 8

الخصائص التضاريسية لحوض وادي حوران، وفيه قيست نسبة التضاريس بالمعادلة الأتية (32):

نسبة التضاريس = الفرق بين أعلى وأدنى منسوب في الحوض م /طول الحوض كم 9

قيست التضاريس النسبية بالمعادلة الآتية (1):

التضاريس النسبية = الفرق بين أعلى وأدنى منسوب في الحوض م / محيط الحوض كم... 10

قيس التكامل الهبسومتري بالمعادلة الآتية (1):

التكامل الهبسومتري = مساحة الحوض (كم^2)/ تضاريس الحوض (م) 11

قيس النسيج الحوضي بالمعادلة التالية (28):

النسيج الحوضي = أعداد أودية الحوض / محيط الحوض 12

قيمة الوعورة: قيست بالمعادلة الآتية (26):

قيمة الوعورة = (كثافة الصرف الطولية (كم كم$^{-2}$)x تضاريس الحوض (م))/ طول محيط الحوض (كم)..... 13

خصائص شبكة الصرف المائي، وفيها تم تحديد الشبكة المائية بالاستعانة بالخريطة الطوبوغرافية المشتقة من برنامج ArcGIS لان إنجازها ميدانيا يحتاج الى وقت وجهد كبيرين بالإضافة الى صعوبة التعامل مع المجاري الصغيرة وتغير أوضاع الجريان المائي سواء المؤقت، أو الفصلي، أو الدائمي (17). أُعتمد في استخراج المراتب النهرية على مرئية ثلاثية الأبعاد DEM ذات دقة مكانية 30 متر (شكل 2)، والتي اعتمدت من قبل كثير من الباحثين في هذا المجال (2). رسمت الشبكة النهرية باستخدام برنامج ArcGIS V10.2 وفق طريقة (30). والتي تتلخص في ان المسيلات المائية، والجداول الصغيرة التي لا تصب فيها مسيلات تنتمي الى المرتبة الأولى، وعند التقاء المجرى المائي من المرتبة الأولى مع مجرى آخر من المرتبة نفسها فإنهما يشكلان مجرى مائي من المرتبة الثانية، وعند التقاء وديان المرتبة الثانية فإنهما يشكلان مجرى مائي المرتبة الثالثة، وهكذا حتى تصل إلى المصب الرئيسي (29). أما كثافة الصرف وتنقسم الى كثافة صرف طولية، وعددية، إذ

قدرت كثافة الصرف الطولية والتي هي نسبة أطوال المجاري في الحوض لكامل مساحة التغذية بوحدات كم كم$^{-2}$، وقيست بالمعادلة الآتية (4):

الكثافة التصريفية الطولية كم كم$^{-2}$ = مجموع أطوال الأودية كم/مساحة الحوض كم^2 14

أما كثافة الصرف العددية (التكرار النهري)، فقد قيست بالمعادلة الآتية (9):

الكثافة التصريفية العددية = مجموع عدد الأودية الثانوية للحوض/ مساحة الحوض كم^2 15

أما معدل بقاء المجرى فقد قيس باستخدام المعادلة التالية (3):

معدل بقاء المجرى = مساحة الحوض (كم^2) / مجموع أطوال المجاري المائية (كم)..... 16

وفيما يخص نسبة التشعب فقد حسبت بالمعادلة الآتية (3):

نسبة التشعب = (عدد مجاري مرتبةٍ ما/عدد مجاري الرتبة اللاحقة) 17

حسب معدل التشعب النهري من خلال المعادلة التالية (3):

معدل التشعب النهري = عدد المجاري من رتبة معينة / عدد المجاري من الرتبة الثانية 18

قيست شدة التصريف بالمعادلة الآتية (9):

شدة التصريف = الكثافة التصريفية الطولية / الكثافة التصريفية العددية 19

أما معامل الانعطاف فقد حسب من المعادلة الأتية (3):

معامل الانعطاف = طول المجرى الحقيقي (كم) / طول المجرى المثالي (كم) 20

تم تحليل الانحدار العام للمنطقة قيد الدراسة بالاعتماد على الخريطة الكنتورية والتي تغطي عموم منطقة الدراسة، ثم حسب كل من المعدل والنسبة المئوية ودرجة زاوية الانحدار (15)، وحسب المعادلات الآتية:

معدل الانحدار = الفاصل الرأسي م / المسافة الأفقية م 21

نسبة الانحدار = (الفاصل الرأسي م / المسافة الأفقية م) x 100 22

زاوية الانحدار=معكوس ظل الزاوية = $\tan^{-1}\theta$ 23

النتائج والمناقشة

الخصائص المورفوميترية لحوض وادي حوران

الخصائص المساحية والشكلية

طول الحوض والمقاطع الطولية

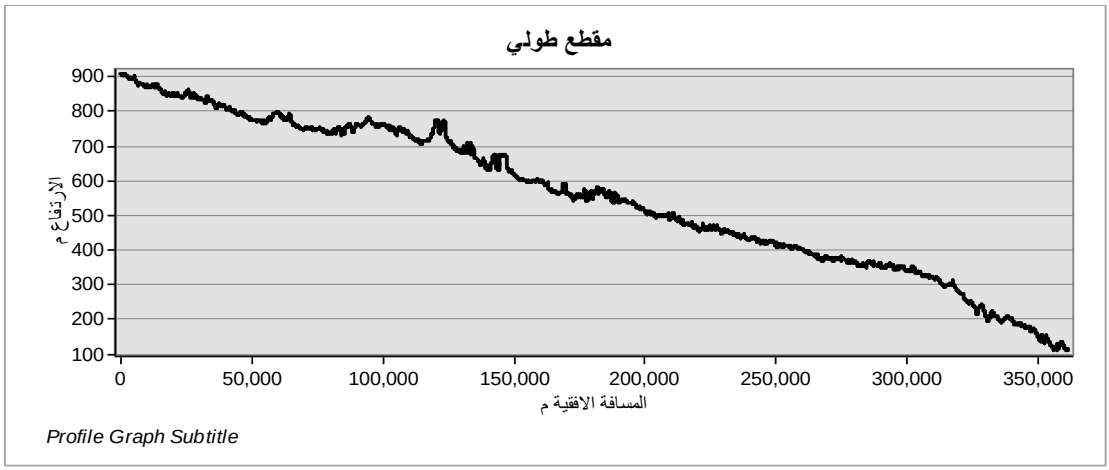
بلغ معدل طول الحوض لوادي حوران ولجميع المراتب النهرية 364 كم (جدول 1) وتجدر الإشارة الى ان الأحواض التي يقل طولها تقع في مناطق شديدة التضرس وذات درجات انحدار كبيرة أما الأحواض التي يزداد معدل طولها فهي ذات علاقة عكسية أي قليلة الانحدار والتضرس. وبلغ المقطع الطولي في وادي حوران 2.562 م كم$^{-1}$. المقطع الطولي يعرف بانه القوس الذي يحدد بدقة انحدار المجرى النهري على طول امتداده

من المنبع إلى المصب، وهو الفرق بين أعلى منسوب عند منبع الوادي وأوطأ منسوب عند مصبه، إذ يختلف الشكل الذي يتخذه المقطع الطولي من حوض إلى آخر، وذلك بسبب تأثير عامل المناخ والحركات التكتونية للمنطقة فضلاً عن نوعية الصخور الموجودة فيها، إذ تبين المقاطع الطولية للحوض المراحل التي تحدث على المجرى أو التي مر بها الحوض، فالمقاطع التي تتخذ الشكل المقعر تمثل مرحلة الشباب أما المقاطع الطولية المحدبة فإنها تمثل مرحلة الشيخوخة ، وكلما ازدادت استقامة المقطع الطولي كلما عكس ذلك تطوراً في المرحلة التي يمر بها الحوض.

ان نوع الصخور والحركات البنائية ومناخ المنطقة تؤثر على شكل القطاع الطولي، لاسيما نشاط النحت والارساب الجيومورفولوجي للمياه الجارية، ويزداد انحدار القطاع في المناطق ذات الصخور اللينة. فالمقطع الطولي الذي يمتاز بالاستقامة والاستواء يمثل مرحلة متطورة من الدورة الجيومورفولوجية (الشيخوخة) والمقطع المقعر الشكل يمثل الأنهار في مرحلة الشباب. ويبين الشكل 3 المقطع الطولي لوادي حوران من نقطة المنبع إلى المصب.

عرض الحوض والمقاطع العرضية

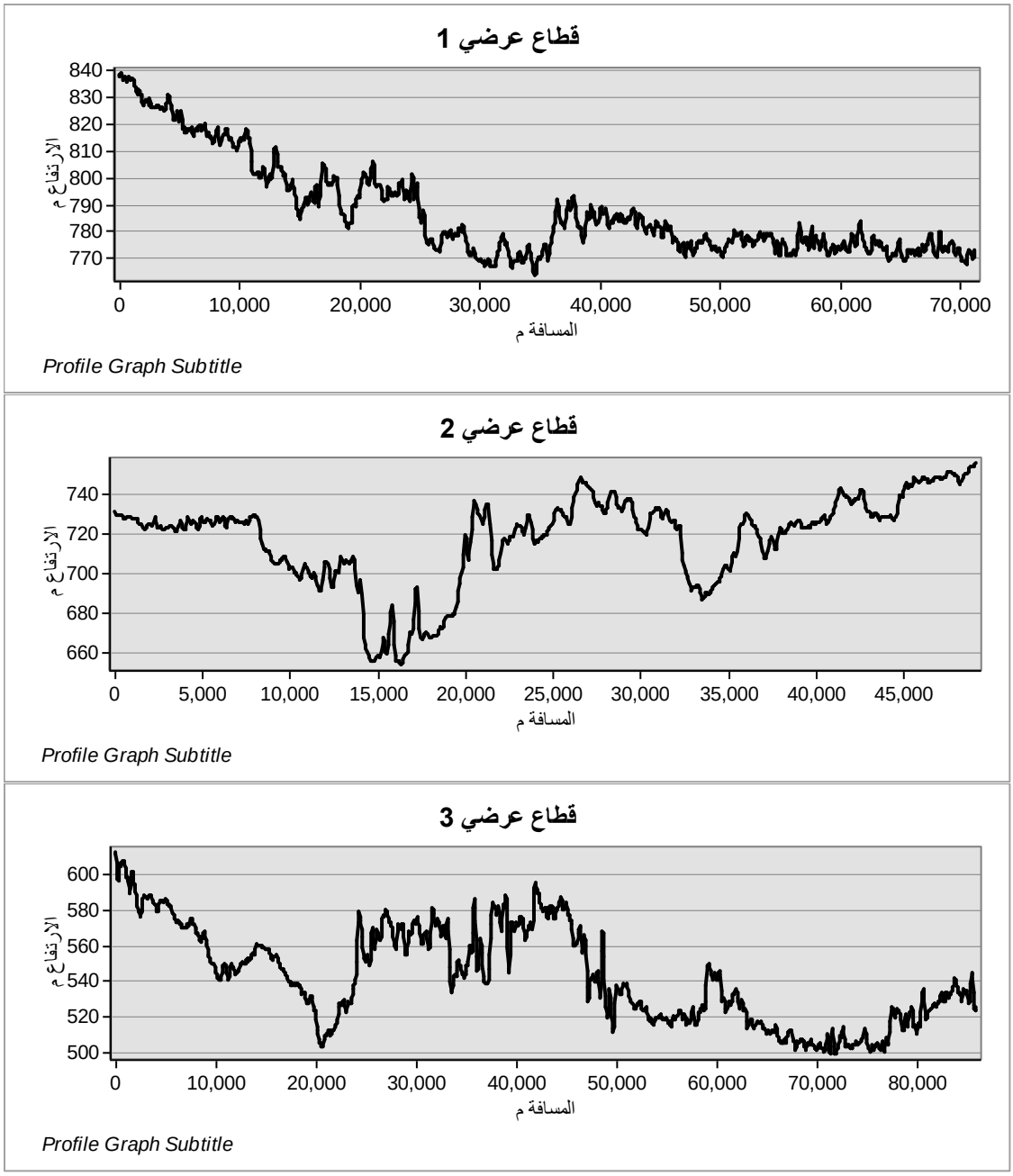
بلغ متوسط العرض 49.3 كم وتعود هذه القيمة العالية الى اختلاف مراحل تطور الوادي والتي ترتبط أيضاً بنظام ونوع الصخور وربما وجود الانكسارات والشقوق والفواصل ووجود الصخور الجيرية الخشنة.



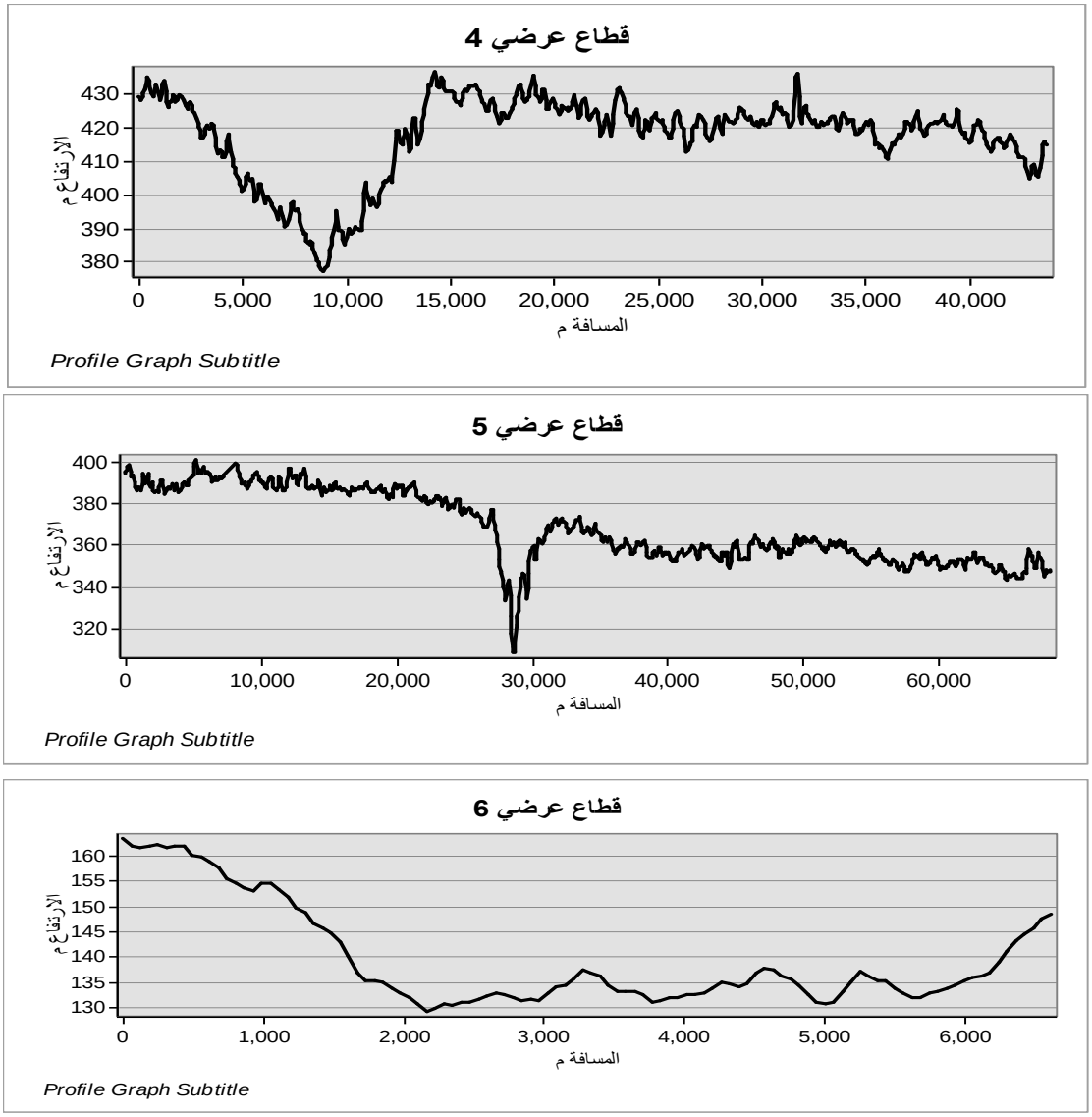
شكل 3 المقطع الطولي لوادي حوران

يعرف عرض الحوض بانه المسافة المستقيمة العرضية ما بين ابعد نقطتين على محيط الحوض، وبسبب اختلاف شكل حوض وادي حوران فلا يمكن الاعتماد على بعد واحد لقياس عرض الحوض لكثرة تعرج محيطه. تتبين أهمية المقاطع العرضية للأودية لكونها تعكس الخصائص الإنحدارية لجوانب الوديان وعلاقتها بتنوع العمليات الجيومورفولوجية من تجوية، وانزلاقات أرضية، وتساقط صخري، وانجراف التربة التي لها علاقة في زيادة الرواسب التي ينقلها الوادي (2). ومن ملاحظة أشكال المقاطع العرضية (الشكل 4 أ و ب) يظهر تباين في درجة استجابة المكاشف الصخرية لعمليات التعرية المائية، إذ أن عموم القطاعات العليا تتكون من عنصر علوي محدب، يحتوي في أسفله على عنصر مقعر، ومنحدر قاعدي مستوٍ، يظهر في القطاعات التي تمثل وسط ومصب الوديان، ويستمر بالجريان حتى يصل إلى المصب. ومما تقدم يمكن استنتاج أن أغلب

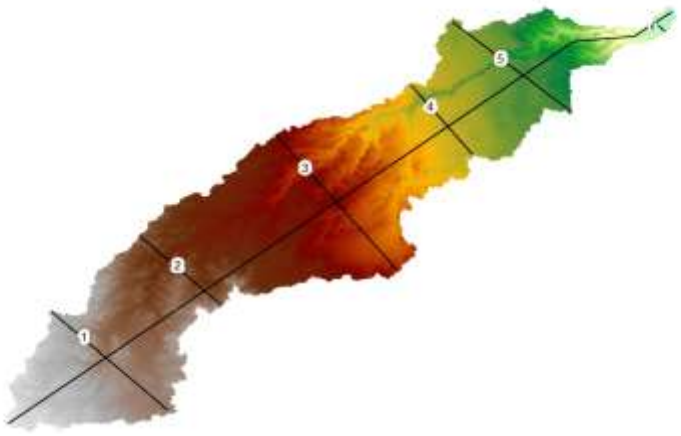
الوديان أثرت فيها عملية التعرية المائية ولكن بنسب متفاوتة بحسب طبيعة التركيب الصخري وطبيعة صخورها المكشوفة ومساحتها، والمرحلة الحتية التي وصلت أليها. ويوضح الشكل 5 ترتيب القطاعات الطولية والعرضية لوادي حوران.



شكل 4 أ القطاعات العرضية لوادي حوران



شكل 4 ب القطاعات العرضية لوادي حوران



شكل 5 ترتيب القطاعات العرضية على المقطع الطولي لوادي حوران

محيط الحوض

كانت قيمة متوسط محيط وادي حوران 1307 كم (جدول 1)، ويتضح من هذه القيمة مدى اتساع حوض وادي حوران وانتشاره. وهو يمثل خط تقسيم المياه بين الحوض وما يجاوره من أحواض أخرى، ويستعمل هذا المعامل لتوضيح مدى انتشار الحوض واتساعه، إذ كلما زاد طول محيط الحوض ازداد انتشاره وتوسيعه وازداد تطوره الجيومورفولوجي (3).

نسبة تماسك المساحة (نسبة الاستدارة)

بلغت هذه النسبة في وادي حوران 0.13 وهذا يعني عدم انتظام خطوط تقسيم المياه بالحوض مما له تأثير في إطالة المجاري المائية كما يعني أن الحوض يبتعد عن الشكل الدائري ويقترب من الشكل المستطيل أي أنه يمر بمراحل تطويرية أي مرحلة الشباب في الدورة الجيومرفولوجية (3 و11). هذه النسبة تشير الى مدى اقتراب أو ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري، وتنحصر قيمتها بين الصفر والواحد، فالقيم المرتفعة القريبة من الواحد تشير عادةً الى وجود أحواض مائية مستديرة الشكل، أما القيم المنخفضة القريبة من الصفر فتشير إلى ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري، إذ يدل الشكل المستطيل على قلة خطر حدوث الفيضان، أما الشكل الدائري يجعل خطر الفيضانات أكبر من الأشكال المستطيلة لسرعة وصول موجة الفيضان (7 و4).

نسبة تماسك المحيط

بلغت نسبة تماسك المحيط لحوض وادي حوران 2.77 وهذا يدل على اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل وابتعادها عن الشكل الدائري (11). هذه النسبة تستخدم لمعرفة وتأكيد اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري، فكلما كانت النسبة قريبة من الواحد الصحيح كان الشكل قريبا من الشكل الدائري والعكس صحيح، وغالبا ما تكون النتائج أكبر من الواحد الصحيح (19). ويشير هذا المعامل إلى مدى تجانس وتناسق شكل محيط حوض التصريف مع مساحتها ومدى تعرج خطوط تقسيم المياه ويشير أيضاً إلى مدى تقدم أحواض الصرف في دوراتها الحتية (3).

معامل الاستطالة

بلغت قيمته في حوض وادي حوران 0.47 وبهذا فان الحوض يقترب من الاستطالة إذ تكون طبيعة الصرف في الحوض قليلة ويعزى ذلك الى زيادة طول المجاري على حساب عرضها وذلك لعدم انتظام حدود أحواضها وقلة دلالة خطر الفيضان لتأخر وصول الموجات المائية الى المجرى الرئيس، ومن ثم فقدانها لكميات كبيرة من المياه خلال الجريان الطويل، ويعود سبب تأثر حوض وادي حوران بالتراكيب الخطية بصورة أكثر من غيرها وجعلها تأخذ الشكل الطولي (2 و3). وهذا المعيار هو مؤشر لمدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض من الشكل المستطيل إذ تكون نسبته بين (صفر–1) وكلما اقترب هذا المعدل من الصفر يدل على اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل وبعكسه يبتعد من الشكل المستطيل.

معامل شكل الحوض

بلغت قيمة معامل الشكل لحوض وادي حوران 1.35 مما يدل على اقتراب شكل الحوض من شكل المثلث (جدول 1) نتيجة تغير عرض الأحواض المائية من المنبع الى المصب بسبب زيادة احد أبعاد الحوض

على البعد الآخر وهذا يؤثر في نظام الصرف فاذا كان رأس المثلث يمثل منطقة المنبع وقاعدته تمثل منطقة المصب فيكون التصريف المائي قد يبلغ ذروته بعد سقوط الأمطار مباشرة، وهذا يعني ان ارتفاع دلالة خطر الفيضان (الانغمار) فيها بسبب وصول الموجة المائية بعد سقوط الأمطار مباشرة، كما أن المدة الزمنية اللازمة لوصول موجة الفيضان للمجرى الرئيس قصيرة جداً (2 و11). ان معامل شكل حوض الوادي يشير الى مدى تناسق العلاقة بين طول الحوض وعرضه بالنسبة لمساحة الحوض ويستدل منه على تناسق أجزاء الحوض تدل قيمة المعامل المنخفضة إلى اقتراب شكل الحوض من المثلث، وتكمن أهمية هذا المعامل في معرفة سرعة وصول موجات الفيضان إلى الذروة. بمعنى أن خط تقسيم المياه يكون غير منتظم الشكل مع مجرى الوادي مما يؤدي إلى عدم وصول المياه بنفس الفترة الزمنية.

تبرز أهمية دراسة معامل شكل الحوض في معرفة القيمة الهيدرولوجية لشكل الحوض المثلث، إذ أنه يتخذ حالتين ،تمثل الحالة الأولى عندما تكون قاعدة المثلث في منطقة المصب، ففي هذه الحالة تزداد حالة خطر الفيضان، أما الحالة الثانية فهي أن تكون فيها منطقة المصب تمثل رأس المثلث ومنطقة بداية الجريان (المنبع) هي القاعدة، مما يقلل من سرعة وصول موجات المياه والسيول نتيجةً لاتساع مساحة الأحواض في القاعدة وقلة المساحة عند رأس المثلث، كما إن اقتراب شكل الحوض إلى الشكل الورقي (شبيه بالورقة النباتية) يشير إلى أن أحد أبعاد الحوض سوف يزداد على حساب البعد الآخر كما جاء في (31) إذ تشير نتائج معامل شكل الحوض المنخفضة الى اقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث، أما النتائج المرتفعة فتشير الى ابتعاده عن الشكل المثلث وهذا يعني أن خطر زيادة سرعة وصول الموجات وحدوث الفيضان ستكون قليلة (4 و10). ويمكن تعريفه بانه النسبة بين مربع طول الحوض إلى مساحة الحوض، وكلما زادت القيمة عن 1 فان شكل الحوض يقترب من الدائري ويكون التصريف فيه عالياً (9).

نسبة الطول الى العرض

بلغت النسبة لحوض وادي حوران إلى 7.3 وهذا يعود إلى الطول الكبير لمجرى الوادي البالغ 364 كم (جدول 1) مقارنة بالعرض البالغ 49.3 كم كما يدل على تعرج خطوط تقسيم المياه في الوادي (2 و3). هذه النسبة توضح مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل المستطيل أو الدائري، فكلما ارتفعت قيمته كلما اقترب من الشكل المستطيل وبالعكس.

جدول 1 الخصائص المساحية والشكلية لحوض وادي حوران

الصفة	القيمة	الصفة	القيمة
نسبة الطول الى العرض	7.3	محيط الحوض/كم	1307
معامل شكل الحوض	1.35	مساحة الحوض/ كم^2	17966
نسبة الاستطالة	0.47	معدل طول الحوض (كم)	364
نسبة تماسك المحيط (معامل الاندماج)	2.77	معدل عرض الحوض (كم)	49.3
		نسبة الاستدارة (تماسك المساحة)	0.13

الخصائص التضاريسية لحوض وادي حوران

نسبة التضاريس

بلغت قيمة هذا المعامل في وادي حوران 2.32 م كم$^{-1}$ (جدول 2) ويعود انخفاض هذه القيمة الى طبيعة الصخور القليلة المقاومة لعمليات التعرية المائية. تمثل نسبة التضاريس قياساً مهماً في معرفة طبوغرافية المنطقة وكذلك في معرفة كمية الرواسب المنقولة، إذ تزداد كمية الرواسب مع ارتفاع نسبة التضرس مما ينتج عنها أشكال جيومورفولوجية كالمراوح الغرينية، والتي غالبا ما تتكون عند المناطق المنخفضة وخاصة في منطقة المصب في الأودية نتيجةً لتجمع الرواسب الطينية فيها (22).تعد هذه النسبة من أهم خصائص الحوض التضاريسية وتمثل مقدار الفرق بين أعلى نقطة وأخفض نقطة في الحوض الى طول الحوض ، ان هذه النسبة تكون عالية في المناطق المرتفعة وتقل كلما أصبحت الأراضي منبسطة (32).

التضاريس النسبية

وبلغت قيمته في حوض وادي حوران 0.64 م.كم$^{-1}$ ويظهر من هذه القيمة ان الصخور تكون مقاومة لعملية التعرية والحت مما يؤثر على كمية المياه السطحية في الحوض ومن ثم سرعتها وبالتالي على قدرة المياه على التعرية المائية ومن ثم نوعية الأشكال الأرضية في الحوض (3). تمثل التضاريس النسبية العلاقة بين التضرس النسبي ومقدار محيط الحوض، وتوجد علاقة ارتباط سالبة بين التضاريس النسبية ودرجة مقاومة الصخور لعمليات التعرية عند تشابه الأحوال المناخية. ان العلاقة ما بين قيمة التضرس النسبي وطول محيط الحوض طردية إذ كلما كان الفارق كبيرا بين منسوب أعلى نقطة وأوطأ نقطة في الحوض ترتفع قيمة التضاريس النسبية (1 و22).

التكامل الهبسومتري

بلغت قيمته في حوض وادي حوران 21.26 كم^2 م$^{-1}$ وهذا يدل على زيادة مساحة الحوض يقابلها انخفاض في تضاريس الحوض وهذا له أهمية إيجابية في زيادة طول وأعداد الشبكة النهرية خاصة في المراتب الدنيا التي تصل أعدادها الى المئات مؤدية الى زيادة كثافة الصرف مما يؤدي الى تسوية اغلب أجزاء الحوض بسبب زيادة نشاط وفعالية التعرية المائية (3 و11). يهتم التكامل الهبسومتري بالمرحلة الحتية التي وصل أليها الحوض أو أي جزء من أجزائه و صاغه (23) وطوره (30) وترتبط قيم التكامل الهبسومتري مع كل من المساحة الحوضية وقيم تضرس الحوض حيث تتناسب تناسباً طردياً مع المساحة الحوضية وعكسياً مع قيم تضرس الحوض، حيث تدل القيم المرتفعة على أن هذه المجاري المائية بلغت مراحل متقدمة من دورتها الحتية من خلال زيادة مساحتها الحوضية أما القيم المنخفضة فتدل على حداثة عمر هذه الأحواض وصغر مساحتها الحوضية وتتراوح قيم التكامل الهبسومتري بين 0–100، إذ إن القيم المنخفضة تشير إلى حداثة العمر الزمني وصغر مساحتها الحوضية (1). يمكن معرفة مرحلة عمر الأحواض المائية بالاعتماد على مساحة الحوض وتضاريسه، وتحديد وصول الدورة الحتية في أي حوض، إذ تدل الزيادة في قيمة هذا المعامل إلى زيادة المساحة على التضاريس (1 و7). بمعنى أن التعرية المائية كبيرة شملت مساحة واسعة من الحوض.

النسيج الحوضي

يقع النسيج الحوضي لوادي حوران ضمن النسيج المتوسط البالغ 8 وديان كم$^{-1}$ (جدول 2) حيث اعتبرت مراتب التصريف الكثيرة بمثابة أودية داخلية. وهذا يدل على انخفاض تقطع تضاريس الحوض بسبب سيادة الظواهر الخطية والشقوق والفواصل التي تعمل على قلة عدد الأودية وتحديد مساراتها (3). يستخدم النسيج الحوضي لمعرفة مدى تضرس سطح الأرض وتقطعها ومعرفة مدى كثافة الصرف وهو يعتمد على عدد الوديان في الكيلومتر المربع الواحد، فيكون نسيج خشن إذا كان عدد الأودية 4 ومتوسط 4–10 وناعم أكثر من 10. ان النسيج الحوضي مقياس لكثافة الصرف النهري وشدة تقطع سطح الأرض بالوديان والقنوات المائية بسبب التعرية من دون الأخذ بالاعتبار أطوال الوديان.

قيمة الوعورة

بلغت قيمة الوعورة لحوض وادي حوران 0.77 إذ يعني انخفاض هذه القيمة قلة التضرس وسيادة المظاهر الطولية للتعرية المائية (التعرية الصفائحية) وقلة نقل الرواسب من المنابع العليا للأحواض إلى أسفل المنحدرات والعكس صحيح إذ تعني زيادة هذه القيمة شدة التضرس وسيادة التعرية المائية ونقل الرواسب (3). قيمة الوعورة تقيس علاقات التضاريس بالخصائص المورفومترية للحوض ومحيطه والتضاريس مثل قيمة الوعورة التي تعبر عن العلاقة بين تضاريس الحوض وكثافة شبكة الصرف الطولية وتتجلى أهمية هذه القيمة من خلال إظهارها العلاقة بين تضرس سطح الأرض في الحوض المائي وأطوال الشبكة التصريفية، حيث تبين ان قيمة الوعورة تزداد بزيادة الكثافة التصريفية للحوض من جهة، ومع زيادة التضرس الحوضي من جهة أخرى (26)، وهو مقياس لمدى تضرس الحوض ومن ثم انحدار المجرى المائي فيه اعتماداً على كثافة الصرف الطولية للحوض.

جدول 2 الخصائص التضاريسية لحوض وادي حوران

قيمة الوعورة	النسيج الحوضي وادي كم$^{-1}$	التكامل الهيسومتري، كم^{2}م$^{-1}$	التضاريس النسبية م كم$^{-1}$	نسبة التضرس م كم$^{-1}$	محيط الحوض كم	طول الحوض كم	أعلى ارتفاع م	أدنى ارتفاع م
0.77	8	21.26	0.64	2.32	1307	364	933	88

خصائص شبكة الصرف المائي

المراتب النهرية

يظهر الجدول والشكل 6 ان حوض وادي حوران يتألف من ثمان مراتب نهرية بلغ مجموع أطوالها 16546 كم فيما بلغ مجموع معدل أطوالها 358 كم وكانت أعلى قيمة لأعداد الرتب 8367 للمرتبة الأولى وأقل قيمة 1 للمرتبة الثامنة فيما بلغت قيم أعداد الرتب الثانية والثالثة والرابعة والخامسة والسادسة والسابعة 2106، 397، 144، 13، 4 و2 على التوالي. يستفاد من دراسة المراتب النهرية معرفة حجم التصريف المائي، وتقدير سرعة الجريان فضلاً عن معرفة التطور الجيومورفولوجي، إذ كلما زاد عدد المراتب النهرية كلما دل ذلك على التطور الجيومورفولوجي للحوض. تتأثر أعداد الوديان والمسيلات المائية بعوامل منها التراكيب الجيولوجية الخطية وانحدار المنطقة والتربة. مما ينعكس جيومورفولوجياً على الوديان، إذ أن كثرة المسيلات والجداول المائية

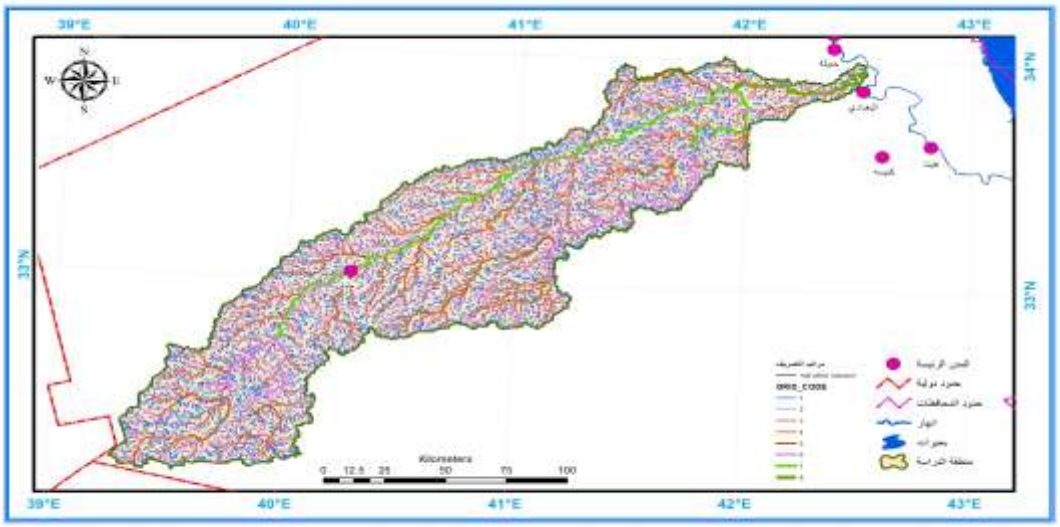
تزيد من احتمالية زيادة التصريف المائي، مما ينعكس على عمليات التعرية المائية والإرساب للوادي مما يؤدي إلى تشكيل مظاهر أرضية مختلفة، ولمعرفة حجم التصريف المائي، وتقدير سرعة الجريان وإمكانية التنبؤ بمخاطر الفيضان وكذلك معرفة مدى التطور الجيومورفولوجي للوادي، وبناءاً عليه كلما زاد عدد وديان المراتب النهرية كلما تشير ذلك إلى التطور الجيومورفولوجي للوديان (2 و11).

جدول 3 الرتب النهرية لحوض وادي حوران

مراتب التصريف	عدد	مجموع الأطوال كم	معدل الطول كم	مراتب التصريف	عدد	مجموع الأطوال كم	معدل الطول كم
1	8367	8226	0.983	5	13	433	33.336
2	2106	4260	2.023	6	4	240	60.076
3	397	2073	5.223	7	2	341	170.410
4	144	890	6.185	8	1	80	80
				المجموع	11034	16546	358.236

كثافة الصرف

تعبر عن العلاقة بين مجموع أطوال الأودية في الحوض ومساحته، (13)، وترتبط كثافة الصرف بعوامل عدة منها طبيعة التكوين الصخري التي تنعكس على تسرب المياه إلى داخل هذه الطبقات الصخرية فضلاً عن الغطاء النباتي، إذ يعد المناخ وشكل السطح مسؤولان عن الكثافة الصرفية وبنسبة 97 % (18)، وتنقسم كثافة الصرف إلى نوعين هما كثافة الصرف الطولية ونعني بها نسبة أطوال المجاري في الحوض على مساحة الحوض، ولمعرفة الكثافة الطولية الدور الكبير في عمليات الحت والترسيب ، فكلما زادت أطوال المجاري زادت سرعة الجريان وكثافة الصرف العددية (التكرار النهري) والتي نعني بها نسبة عدد الأودية الموجودة ضمن ذلك الحوض على مساحة الحوض (21) ، وتعتبر الكثافة التصريفية بنوعيها ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجيومورفولوجية حيث ان المجاري المائية بمختلف رتبها تعمل على زيادة مساحة الحوض من خلال عملية التعرية التي تنشط وتزداد فعاليته مع زيادة أعداد هذه الرتب،



شكل 6 شبكة التصريف النهري والمراتب النهرية لحوض وادي حوران

ولاسيما الرتب الدنيا التي تمتاز بزيادة عددها وتفوقها على باقي الرتب الأخرى، وإنها المرحلة الأولى لتطور المجاري الرئيسية، وهذه بدورها ترتبط بالعوامل المناخية والخصائص الصخرية التي تلعب دورا كبيرا في تطور مجاري الأودية (1)، وتنقسم الى نوعين هما كثافة الصرف الطولية والعددية.

بلغت كثافة الصرف الطولية لحوض وادي حوران 0.92 كم كم$^{-2}$ إذ ان المجاري المائية بمختلف رتبها تعمل على زيادة المساحة الحوضية عن طريق التعرية الذي يؤدي الى تغير خطوط تقسيم المياه والتي تزداد فعاليته مع زيادة أعدادها. تعبر كثافة الصرف العددية عن كثافة عدد المجاري المائية في وحدة مساحية واحدة وهي النسبة بين عدد المجاري بجميع رتبها الى المساحة الكلية للحوض المائي. بلغت قيمته لحوض وادي حوران 0.61 ويرجع انخفاض معدل التكرار الى ارتفاع مسامية التربة وغيض الماء والتي تزيد معدل تسرب مياه الأمطار الساقطة مما يقلل من الجريان السطحي وتطور المجاري إضافة إلى تأثير النبات الطبيعي والفواصل والانكسارات.

معدل بقاء المجرى

بلغ معدل بقاء المجرى لحوض وادي حوران 1.08 كم^{2} كم$^{-1}$ (جدول 4) وهي نسبة منخفضة ويعود السبب إلى التراكيب الخطية وطبيعة الصخور الهشة وقلة الغطاء النباتي، ممَا أدى إلى تنشيط عملية التعرية المائية ومن ثم اتساع مجاري الأحواض واتساع حوض تغذيتها ومن ثم قلة معدل بقاء المجرى لتقارب الوديان بعضها مع بعض (11).

نسبة التشعب

وهذه النسبة تبين عدد القنوات المائية في المرتبة النهرية وبين عدد القنوات في المرتبة التي تأتي بعدها مباشرةً (22). تعتبر نسبة التشعب من الخصائص المائية المهمة كونها أحد العوامل المتحكمة بمعدل التصريف المائي للأنهار (جدول 4) وكلما قلت نسبة التشعب ارتفعت مؤشرات ودلالات حدوث الفيضان بسبب زيادة حجم الموجات المائية بعد العاصفة المطرية. والاختلاف في نسب التشعب يعكس اختلافاً في مقاومة الصخور للتعرية وتباين نفاذيتها وسعة الرشح فيها والوضع التضاريسي (12).

معدل التشعب النهري

يشير معدل التشعب الى معدل فعالية المجاري المائية في تكوين مجاري مائية ذات رتبة أعلى. وبلغ 0.23 في حوض وادي حوران (جدول 4) ويشير هذا المعدل إلى تغير في الحوض نتيجة لعمليات النحت النهري (3).

شدة التصريف

بلغت قيمته لحوض وادي حوران 1.50 (جدول 4) وهي قيمة منخفضة بسبب قلة كثافة الصرف نتيجة قلة أعداد الوديان نسبة إلى المساحة الكبيرة للوادي. شدة الصرف ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجيومورفولوجية، حيث تعكس سرعة انتقال الموجات التصريفية من جميع أجزاء الحوض المختلفة باتجاه القناة الرئيسية، والذي يساهم في ارتفاع مناسيب المياه والوصول الى قمة التصريف (9).

جدول 4 خصائص شبكة التصريف المائية لحوض وادي حوران

الرتب	أعداد المجاري	نسبة التشعب	عدد المجاري في رتبتين متتاليتين	العمود 3×4	الرتب	أعداد المجاري	نسبة التشعب	عدد المجاري في رتبتين متتاليتين	العمود 8×9
1	8367	3.97	10473	41578	5	13	3.25	17	55.25
2	2106	5.30	2503	13266	6	4	4	6	24
3	397	2.75	541	1488	7	2	2	3	6
4	144	11.07	157	1738	8	1	0	0	0
معدل التشعب	معامل الانعطاف	معدل بقاء المجرى كم^2 كم$^{-1}$	كثافة الصرف الطولية	كثافة الصرف العددية	المجموع	11034	32.34	13700	58155
0.23	1.34	1.08	0.92	0.61	نسبة الانحدار = 0.23%				
					شدة التصريف = 1.50				

معامل الانعطاف

هي نسبة الطول الحقيقي الى المثالي للمجرى المائي، كان طول المجرى الحقيقي لوادي حوران 480.5 كم فيما كان الطول المثالي 357 كم. بلغت قيمة معامل الانعطاف في وادي حوران 1.34 (جدول 4) وهذا يدل على ان الوادي ملتوي، ويعود السبب في ذلك إلى اختراق هذه الوديان مناطق صخرية تكثر فيها الانكسارات والشقوق مما يعطي وديان هذه الأحواض شكلا أقرب إلى الاستقامة. ويقصد بالطول الحقيقي للمجرى بأنه المسافة التي يقطعها النهر على اليابسة، أما الطول المثالي فهو أقصر طريق يسلكه المجرى بين المنبع والمصب ويكون عادة الطول الحقيقي أكبر من الطول المثالي. وتتبين أهمية هذا العامل من ناحية تأثيره في سرعة الجريان وانسياب المجرى، ومدى ارتباط درجة الالتواء مع معدل التصريف المائي وكميات التبخر والتسرب المائي من النهر أو الوادي، التي تزداد مع ازدياد الانعطاف.

الانحدار العام للحوض

بلغ معدل الانحدار العام لحوض وادي حوران 0.0023 م م$^{-1}$ أي ان نسبة الانحدار بلغت 0.23 % من اتجاه الجنوب الغربي عند الحدود السعودية الى الشمال الشرقي عند مدينة حديثة حسب نموذج الارتفاع الرقمي (شكل 3) بزاوية انحدار 0.38 درجة وكان اعلى ارتفاع 933 م عند المنبع وأدنى ارتفاع بلغ 88 م عند نقطة المصب قرب نهر الفرات (جدول 4).

من الدراسة نستنتج ان استخدام الاستشعار عن بعد ودمجه مع نظم المعلومات الجغرافية وسيلة ناجحة لدراسة الوديان ذات أحواض الصرف الكبيرة من خلال التوصل الى معرفة خصائصها المورفومترية لوضع الخطط التنموية المستقبلية. ان ضعف درجة مقاومة الصخور للتعرية بنوعيها ساهم في زيادة مساحة حوض وادي حوران. كما ان زيادة طول وادي حوران ترافق مع قلة انحدار الوادي ودرجة تضرسه. لوحظ أيضاً من الدراسة ان المقطع الطولي لوادي حوران يعكس مرحلة الدورة الجيومورفولوجية للوادي، والتي بينت ان الوادي متأثر بالتعرية المائية بدرجات غير متساوية وينعكس ذلك على شكل المقطع العرضي له.

ظهر اتساع وانتشار حوض وادي حوران كما انه يمر بمرحلة الشباب من الدورة الجيومورفولوجية. كذلك تبين استطالة حوض وادي حوران وابتعاده من الشكل المستدير مع زيادة أطوال المجاري المائية بسبب تأثر

الوادي بالتراكيب الخطية للتعرية. كما ان زيادة الفرق بين منسوب أدنى وأعلى نقطة في حوض الوادي ينعكس طرديا على التضاريس النسبية للوادي. التراكيب الخطية وطبيعة الصخور الهشة وقلة الغطاء النباتي، أدت إلى تنشيط عملية التعرية المائية ومن ثم اتساع مجاري الأحواض واتساع حوض تغذيتها. أظهرت دراسة شكل الوادي، التواء حوض وادي حوران وانحداره باتجاه الشمال الشرقي.

المصادر

1- أبو العينين، حسن سيد أحمد، 1990. حوض وادي دبا في دولة الإمارات العربية المتحدة، الجغرافية الطبيعية وأثرها في التنمية الزراعية. جامعة الكويت.

2- الألوسي، زهير نورز ياسين،2011. التحليل الجيوبيدوهيدرومورفومتري للمنطقة المحصورة بين سد حديثة ووادي حوران دراسة تطبيقية في البادية الشمالية غرب العراق. أطروحة دكتوراه. كلية التربية للعلوم الإنسانية.

3- البيواني، احمد علي حسن، 1999. حوض وادي العجيج في العراق واستخدامات أشكاله الأرضية، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد.

4- الجبوري، محمد حسن علي حميد، 2013. تقدير حجم التعرية في حوضي جوكة سور–ماوكان دراسة جيومورفولوجية تطبيقية. رسالة ماجستير. كلية الآداب. قسم الجغرافية. جامعة بغداد.

5- الخزامي، محمد عزيز، 2004. نظم المعلومات الجغرافية، أسس وتطبيقات للجغرافيين. منشأة المعارف. الإسكندرية_ الطبعة الثالثة.

6- العذاري، احمد عبد الستار جابر، 2005. هيدروجيومورفولوجية منطقة الوديان غرب الفرات شمال الهضبة الغربية العراقية، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة بغداد، ص147.

7- العزي، احمد محمد صالح، 2006. التقييم الجيومورفولوجي واليات التغيير الهندسية لشكل حوضي طوزجاي ووادي شيخ محسن–نهر العظيم، أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد.

8- العنانزة، علي، 2006. محاضرات في مقرر الجيومورفولوجيا، جامعة البحرين، كلية الآداب، ص56، (الانترنيت: www.gis club.com).

9- المحسن، اسباهية يونس، 2004. إمكانية الحصاد المائي في حوض وادي مخمور. مجلة التربية والعلوم، كلية العلوم – جامعة الموصل، 11 (4): 221–230.

10- المحلاوي، حسام ناجي مخلف حمادي. 2015. رصد وتقييم حالة تدهور أراضي حوض وادي الرتكة غرب العراق باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. رسالة ماجستير. جامعة الأنبار. كلية الزراعة.

11- باتريك، مكولا، 1986. الأفكار الحديثة في الجيومورفولوجيا، الكتاب السادس، ترجمة د. وفيق الخشاب وعبد العزيز الحديثي، جامعة بغداد .

12- بدر، هدى هاشم، 2012. التحليل المورفومتري الكمي لحوض وادي المر وتقييم نوعية المياه الجارية فيه. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، 28 (1): 39–52.

13- تراب، محمد مجدي،1997. التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي قصيب، المجلة الجغرافية العربية المصرية، دار الطباعة، القاهرة، 2 (2):259–304.

14- راضي، عادل صباح الدين، 1986. مقاييس الرسم وتطبيقاتها العملية. الدار العربية للكتاب. طرابلس – ليبيا.

15- سلامة، حسن رمضان، 1980، التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن، مجلة دراسات العلوم الإنسانية، الجامعة الأردنية، (7)، (1)، بيروت.

16- شاكر، سحر نافع،2001 . وادي حوران دراسة جيومورفولوجية، جامعة بغداد، كلية الآداب، أطروحة دكتوراه.

17- +شريف، أزاد جلال، 2000. هيدرومورفومترية حوض نهر الخابور. مجلة الجمعية الجغرافية العراقية. العدد 43، مجلد 2، ص183، بغداد.

18- طه، صهيب حسن خضر، 2005. بناء أنموذج جغرافي للجريان المائي السطحي في الجزء الشمالي من منطقة الجزيرة–العراق. أطروحة دكتوراه. كلية التربية.

19- محسن، ماجد حميد، 2007. الأشكال الأرضية في حوض وادي المالح. رسالة ماجستير غير منشورة. كلية التربية – الجامعة المستنصرية.

20- علي، خلف حسين، 2001. الجيومورفولوجيا التطبيقية، علم أشكال الأرض التطبيقي. الأهلية للنشر والتوزيع. الطبعة الأولى. عمان–الأردن.

21- محسوب، محمد صبري، 2001. جيومورفولوجية الأشكال الأرضية. دار الفكر العربي، القاهرة.

22- مصطفى، أحمد أحمد، 1998. الخرائط الكنتورية تفسيرها وقطاعاتها. دار المعرفة الجامعية. جامعة الإسكندرية، الطبعة الثانية.

23- Horton, R. E., 1945. Erosional development of streams, and their drainage basins, Bulletin of Geological Society of America, Vol.56,

24- Strahlar, A. N., 1975. Physical Geography, John Wiley and Sons, Inc. 4th, Edition, London.

25- Strahlar, A. N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of Erosional topography. Bulletion of the Geological Society of America, Vol.63,

26- Strahler, A. N., 1957. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. Trans. Amer. Geoph. Union. Vol. 38, pp: 913- 920.

27- Varshneg. R. S., 1977. Enginering Hydrology. Roorkree.u.p. India. P:590.

28- Verstaphen, H. T. H., 1983. Applied Geomorphology (geomorphological surrevs for environmental development). Chapter (4). Elsevier. New York.pp.57-83.