

بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الرميمين وسط غرب  
الأردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية  
(دراسة مقارنة)

Some Morphometrical Characteristics of the Upper Remmemen Basin  
central wast of Jourdan , Using The Conventional and GIS Methods  
(Comparative Study)

صالح محمد أبو عمر

صبري محمد حمدان

قسم الجغرافيا

قسم الجغرافيا

الجامعة الإسلامية

الجامعة الإسلامية

2010/10/17

تاريخ القبول

2010/6/2

تاريخ الاستلام

**الملخص:** تهدف هذه الدراسة الى ابراز اهمية دور برمجيات نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة من وسائل قياس العناصر النقطية والخطية والمساحية، وذلك لحساب العناصر والخصائص المورفومترية لشبكات التصريف النهري، وتم تطبيق ذلك على الجزء الاعلى من حوض الرميمين في الاردن، ومن ثم بناء قاعدة معلومات رقمية للحوض، ومقارنة ذلك بالبيانات المشتقة بالوسائل المتعارف عليها متمثلة بالخريطة الكنتورية والصور الجوية والعمل الميداني.

واظهرت الدراسة عدم وجود فروق في الخصائص المورفومترية المقاسة والمشتقة للحوض بكلا الاسلوبين، باستثناء عدد روافد المرتبة الاولى اذ ازداد العدد بالاسلوب الجديد 16 رافد، وهذا يرجع الى الحساسية العالية للبرمجيات، ويجب تأكيد ذلك بالعمل الميداني لمعاينة كل رافد علي الطبيعة .

**Abstract:** The aim of this study is to Highlight the Role of the Geographical Information System as a tool to measure the points, lines and area variables, In order to calculate the morpho metrical properties of the drainage system for the upper Remmemen Basin.

The GIS result was then compared with the data derived from the well known conventional mehods represented by contour maps, aerial photography and the field work. The study reveals no apparent differences of the morphometrical characteristic of the basin that derived by the two methods. The only exception that by the new method, the number of tributories increased by 16 tributaries by GIS compared with the

### مقدمة

تعتبر شبكات التصريف النهري الوسط الذي تتحرك به المياه في الاحواض النهرية، وتتأثر بخصائص التضاريس، وتعتبر انعكاسا طبيعيا لها في المراحل الحتية الاولى، لكنها سرعان ما تبدأ في تشكيل خصائص السطح ثانياً، اذ تعتبر شبكات التصريف انعكاسا حقيقيا للوضع الجيولوجي والمناخي والنباتي، لذلك تعتبر دراسة شبكات التصريف النهري من الدراسات الجيومورفولوجية الاولى في الاهتمام الجيومورفولوجي، اذ ترجع الى الاربعينيات من القرن الماضي .

منذ بداية الدراسات المورفومترية لشبكات التصريف النهري، تعددت طرق و وسائل البحث فيها لمواكبة الوسائل العلمية المتاحة، فاستخدمت الخرائط الكنتورية بمقاييس رسم مختلفة، إذ تنحصر في مقاييس الخرائط الطبوغرافية المتوفرة في كل بلد، والصور الجوية ذات المقاييس الكبيرة ( المتوفرة لكل حالة)، و حديثا بدا دخول نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية والمورفومترية .

وقد زاد الاهتمام بالدراسات المورفومترية لشبكات الأنهار بعد الدراسة الرائدة لهورتون في النصف الأول من القرن الماضي (Horton, 1945)، وتبع ذلك مجموعة من الباحثين أمثال Maxwell (1955)، و Schumm (1956)، و Strahler (1957)، و Shreve (1966)، و Morisawa (1959)، و Abrahams (1984)، وسلامة (1980)، و عاشور (1983) والتركماني (1988)، و بوروبه (2002). أظهرت تلك الدراسات أن الخصائص المورفومترية للأحواض النهرية هي نتاج العوامل الطبيعية المتمثلة في التكوين الصخري، والبنية الجيولوجية، والمناخ، والغطاء النبات. وظهرت حديثا دراسات استخدمت اسلوب نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية مثل بدوي (2001)، الغامدي (2004 و 2006)، Al Saud (2009) .

### أهداف الدراسة:

كثرت الدراسات التي تعرضت لدراسة الخصائص المورفومترية للأحواض النهرية

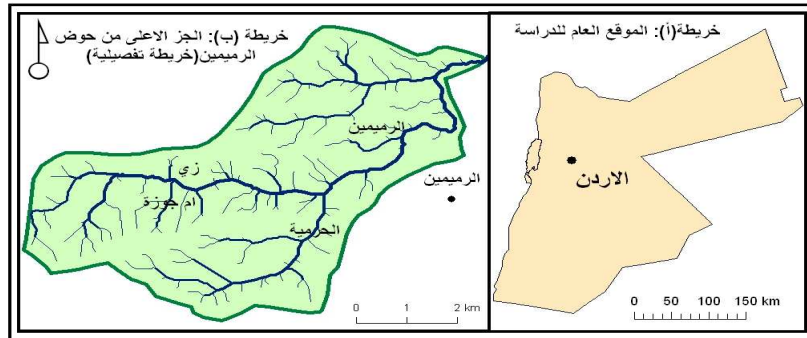
مختلفة المساحة، خاصة تلك الدراسات التي تدرس الحوض النهري كوحدة جيومورفولوجية، ويلاحظ ان كل هذه الدراسات تعرضت لدراسة حوض نهري واحد أو مجموعة أحواض نهريّة في بيئة جغرافية واحدة، وتعددت طرق ووسائل جمع المعلومات، إلي أن ظهرت برمجيات نظم المعلومات الجغرافية، ومن هنا برزت الاهداف الاساسية للبحث متمثلة في ما يلي :

1. إمكانية اشتقاق وبناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض وادي الريمين من خلال تقنية نظم المعلومات الجغرافية.

2. مقارنة الخصائص المورفومترية في منطقة الدراسة المشتقة بواسطة الاسلوب التقليدي ( خرائط كنتورية وصور جوية والعمل الميداني) واسلوب منظومة نظم المعلومات الجغرافية.

#### منطقة الدراسة:

اشتملت الدراسة علي الأجزاء العليا لحوض وادي الريمين في وسط غرب الأردن، برافديه الأساسيين وادي زي و وادي الحرمية، ويقع بين خطي طول  $42^{\circ} 20'$  و  $35^{\circ} 35'$  و  $12.3^{\circ} 48'$  شرقاً، ودائرتي عرض  $30.12^{\circ} 4'$  و  $51.35^{\circ} 7'$  شمالاً، ويتجه نظام التصريف من الغرب إلى الشرق ثم إلى الشمال. (شكل 1).



المصدر: الخريطة الكنتورية لحوض الريمين ١:٢٥٠٠٠

المصدر: shapfile من برنامج ArcGIS

شكل (١) : منطقة الدراسة

### جيولوجية المنطقة:

تشكل منطقة الدراسة الاجزاء العليا من حوض وادي الرميمين من الجهة الغربية، وهو جزء من الهضبة الجيرية الصوانية ذات التصريف الغوري في وسط غرب الأردن، وأهم الوحدات الصخرية التي تتكشف في المنطقة:

الوحدة الجيرية العقدية وتعود إلى السينوماني الأسفل (عابد، 1982)، وتنقسم إلى قسمين: الاول تكوين ناعور والثاني تكوين الفحيص (وحدة الحجر الجيري المارلي). ويتكون تكوين ناعور من تعاقب المارل والغضار مع الجير الدولوميتي الرمادي مع وجود بعض الصوان، ويتميز بصلابته، ويشكل أحياناً جرفاً حادة، ويظهر على السطح في مناطق كثيرة، والثاني تكوين الفحيص ويظهر على السطح في بعض الأماكن.

الوحدة الجيرية الاكنودية وترجع إلى السينوماني الأعلى (Bender, 1974)، وتنقسم إلى تكوين الحمر وتكوين شعيب. ويتكون وتكوين الحمر من تعاقب طبقات الجير والجير الدولوميتي مع المارل، ويحتوي على طبقات من الصوان (خضير، 1988)، ويظهر على شكل شريط ضيق في سفوح وادي الحرمة. يعلوه تكوين شعيب: الذي يعود إلى التوروني (عابد، 1982) ويتكون من تعاقب مارل وطباشير يتخلله طبقات من الجير العقدية.

الوحدة الجيرية الكتلية: وهي عبارة عن طبقات متتالية من الجير الكتلي الصلب رقيق التتابع مع بعض عقيدات وطبقات من الصوان (عابد، 1982)، وتعود إلى التوروني، وتظهر في أجزاء قليلة جداً من أعالي وادي الحرمة.

### المناخ :

يتبع حوض الرميمين مناخ البحر المتوسط الجبلي شبه الجاف، وتتباين معدلات الأمطار السنوية في الحوض، فيقل معدل سقوط الأمطار كلما اتجهنا ناحية الشرق، فبينما سجل المعدل السنوي 491.7 ملم في محطة أم جوزه تتناقص إلى 377.6 ملم في محطة الرميمين الواقعة إلى الشرق من أم جوزه، وتتركز الأمطار في شهور الشتاء، إذ يسقط 85% منها في شهور كانون الأول وكانون الثاني وشباط وآذار. ونظراً لعدم وجود محطة في الحوض لقياس درجات الحرارة، أخذت قراءات محطة البقعة الأقرب للحوض من جهة الشرق وتمتاز درجات الحرارة باعتدالها وتتراوح معدلاتها الشهرية ما بين 6 م

### التربة:

تنتشر تربة البحر المتوسط الحمراء والليثوسول المنشقة من الصخور الجيرية والمارلية والطينية (Moorman, 1959)، ويختلف سمك التربة من مكان لآخر حسب طبيعة درجة الانحدار والموقع، ولوحظ علاقة عكسية بين درجة الانحدار وسمك التربة، باستثناء المناطق التي توجد بها الغابات، ويزداد سمك التربة على المدرجات الجبلية، ونتيجة لقلة الغطاء النباتي العشبي تنقر التربة إلى الأفق A والمواد العضوية (أبو سمور، 1987). تنتشر التربة الفيضية الحديثة في قيعان الأودية مثل وادي زي، لذلك ترتفع فيها نسبة الطين، ويصل عمقها أحياناً إلى 3 م، وتنتشر بها بعض الكتل الصخرية الصغيرة المتساقطة والمنقولة لها من المنحدرات شديدة الانحدار.

### الغطاء النباتي:

تغطي سطح الحوض في مناطق متفرقة شجيرات مختلفة مثل الصنوبر الحلبي في المناطق التي يزيد ارتفاعاتها عن 850م فوق منسوب سطح البحر، بينما تنتشر أشجار البلوط في المناطق المحصورة بين 790 إلى 850م، وتغطي الشجيرات المختلفة أجزاء متفرقة من الحوض، ويتعرض الغطاء النباتي في الحوض إلى عمليات الإزالة لإحلال الزراعة محل الغطاء الشجري (أبو سمور، 1987). وتنتشر الحشائش في مناطق قليلة في الحوض ولا يزيد اطوالها عن 25سم، ولا تشكل نطاق متصل بل بقع متناثرة أو تحت الشجيرات الحرجية.

### طريقة الدراسة:

اعتمدت الدراسة على خريطة كنتورية بمقياس رسم 1: 25000 من خرائط حوض الزرقاء (حيث ان حوض الرميمين جزءاً منه) بفاصل كنتوري 5 و 10 متر. وخريطة جيولوجية مقياس 1 : 25000 (لوحات عمان، علان، السلط، العالوك). ولتحديد شبكة المجاري النهرية استخدم اسلوبين، وهما :

### اولا : طريقة تحديد الشبكة النهرية بالطرق التقليدية :

تم تحديد شبكة الروافد النهرية على الخرائط الطبوغرافية مباشرة كما هي موضحة

بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الرميمين

عليها بواسطة الخط الأزرق، إذ تعتبر الخرائط ذات مقياس 1:25000 من أدق الخرائط المستخدمة في الدراسات المورفومترية (عاشور، 1983)، رغم أنها قد لا توضح بعض روافد المرتبة الأولى، لذلك أشارت دراسات مختلفة إلى أخذ الحيلة والحذر عند التعامل معها (Cotton, 1964 ; Eyles, 1966)، ثم استخدمت طريقة تعرجات خطوط الكنتور لتتبع الروافد غير المحددة بالخط الأزرق، وتعتمد على تتبع خطوط الروافد النهرية من خلال انحناءات خطوط الكنتور حتى تصبح خفيفة النقوس (Smart, 1972 ; Butzer, 1976). واستخدم جهاز استيريوسكوب لتتبع الروافد الغير واضحة بالأسلوبين السابقين، ثم تم التأكد من صحة توقيع الروافد النهرية من خلال العمل الميداني، وتوقيع أي رافد لم يسبق تعيينه، وبذلك تم تحديد ورسم شبكة الروافد النهرية النهائية في الحوض. استخدمت عجلة القياس لقياس الأطوال، وبلانيمتر بلاكوم لقياس المساحات على الخرائط، وفي الحالتين كان يتم القياس ثلاث مرات، ويعتمد المتوسط، إلا إذا كان الفرق بين القياسات كبير فيتم قياس مرة رابعة.

#### ثانيا: منظومة نظم المعلومات الجغرافية:

مرحلة بناء قاعدة بيانات لمنطقة الدراسة بواسطة برمجيات نظم المعلومات الجغرافية:

##### المرحلة الأولى: إدخال الخريطة الطبوغرافية إلى الماسح (Scanner):

تم تحويل الخريطة الطبوغرافية الورقية إلى نظام الراستر (Raster)، وذلك من خلال برنامج Photoshop بدقة تمييزية 600 نقطة لكل انش من أجل أن تظهر خطوط الكنتور بأحسن حالاتها عند تكبير الصورة، وتم اختيار حالة المسح Black and White، وتخزينها على شكل Format Tiff حيث تعتبر من الصيغ التي يتعامل معها برنامج Arc GIS (عودة، 2005).

##### المرحلة الثانية: إدخال المعلومات:

وتعد مرحلة إدخال المعلومات مرحلة في غاية الأهمية، وتعتبر أصعب المراحل، كما إنها تستهلك كما تدل الدراسات على 80% من الوقت والجهد والتكاليف. وقد تم ادخال المعلومات كالتالي:

1- من خلال برنامج ArcMap الملحق ببرنامج ArcGIS9.3 تم عمل إضافة صورة الخريطة، ومن خلال أداة Georeferencing التي يتيحها برنامج Arc GIS تم عمل تصحيح إحداثي للخريطة من خلال اختيار أربع نقاط لمعرفة الإحداثيات على صورة الخريطة، ومن ثم كتابة قيم الإحداثيات الحقيقية، ثم استخدم أمر التصحيح Rectify ، حيث أصبحت الإحداثيات الموجودة على صور الخريطة الطبوغرافية مطابقة للإحداثيات على الطبيعة.

2-عملية الترقيم On screen digitizing: على الرغم من وجود ملحق في برنامج ArcGIS وهو Arc scan الذي يعمل على رسم الخرائط بصورة آلية وتحويلها من نظام Raster إلى نظام Vector بصورة أكثر دقة وسرعة، وقد تم تحويل الظواهر الموجودة على الخريطة إلى صورة رقمية من خلال إعادة رسمها على الشاشة، وإضافة قيم الارتفاع لكل خط كنتور "Z". ( كبارة، 1998)، وذلك بعد فتح برنامج Arc catalog الملحق ببرنامج Arc GIS 9.3 وتم إنشاء قاعدة بيانات من نوع Geodatabase تحتوي على ملفات مختلفة من نوع Feature Class لمنطقة الدراسة شكل (2) على النحو التالي :

- محيط الحوض Polyline
- مساحة الحوض Polygon
- خطوط الكنتور Polyline
- نقاط ( x,y,z ) Points

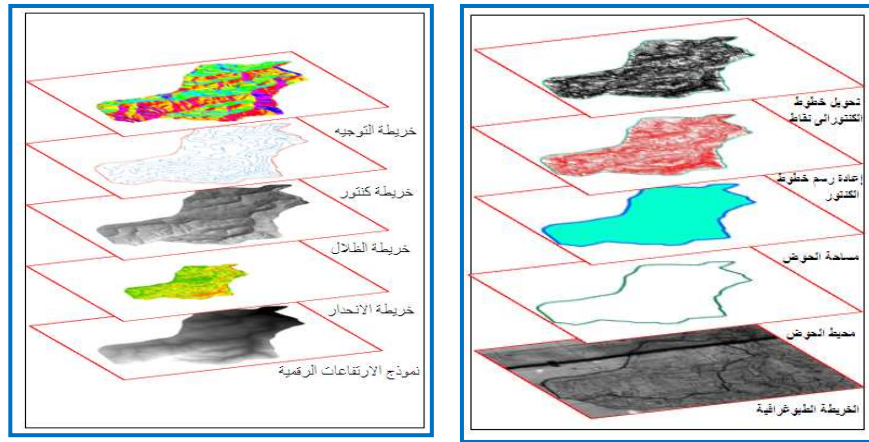
3- بعد انتهاء المراحل السابقة أصبح لدينا قاعدة بيانات جغرافية لمنطقة الدراسة ، وبناء على ذلك يمكن عمل كثير من عمليات التحليل المكاني من خلال Spatial Analyst وتمثيل ثلاثي الأبعاد من خلال الملحق Arc Scene ويتم ذلك كالآتي:

- تم تحويل كل خطوط الكنتور من خلال الأداة التي يتيحها البرنامج - ArcTool box Data management Tools إلى Vertices وينتج عن ذلك أن كل نقطة داخل الحوض أصبحت تحمل قيم ( X,Y,Z).
- إنشاء نموذج الارتفاع الرقمي DEM- Digital Elevation Models والذي يعتبر حجر الأساس الذي يبنى فوقه تحليل السطوح الطبوغرافية، وتقوم فكرة السطوح

بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الرميمين

الطبوغرافية في إنشاء صورة نقطية تمثل ارتفاعات سطح الأرض، ثم تنفيذ سلسلة من الخوارزميات بغرض اشتقاق المعلومات الطبوغرافية من هذه الصورة النقطية (محمد، 2008) وقد تم اشتقاق نموذج الارتفاعات الرقمية من خلال الاداء المتاحة في Spatial Analyst-Interpolation من خلال البيانات المحولة رقميا من الخريطة الطبوغرافية، حيث يمكن اشتقاق عدد من الخصائص الهامة (ESRI, 2004) شكل (3) مثل:

- الانحدار Slope
- التوجيه Aspect
- الظلال Hill shade
- خطوط كنتور Contour



شكل(3): اشتقاق بعض

شكل (2): مراحل عمل قاعدة البيانات

الخصائص من DEM

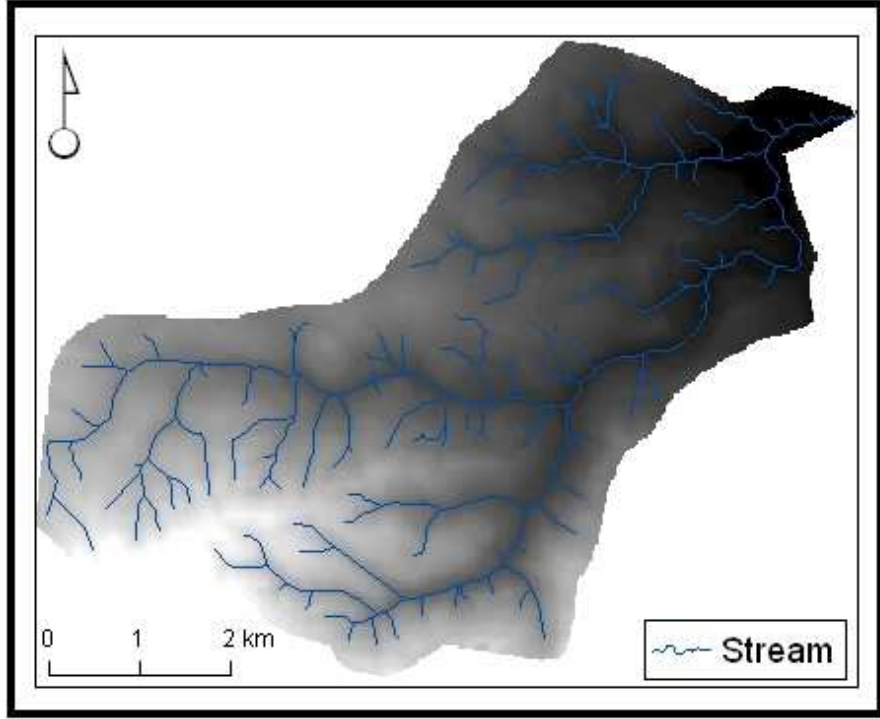
من

نموذج الارتفاعات الرقمية الارتفاعات الرقمية Digital Elevation Models للحوض، وذلك بطريقة آلية تلقائية باستخدام أدوات التحليل المكاني الذي يتيحها برنامج Arc GIS 9.3 من خلال الأداة Arc -hydrology Analyst Spatial، Tool box

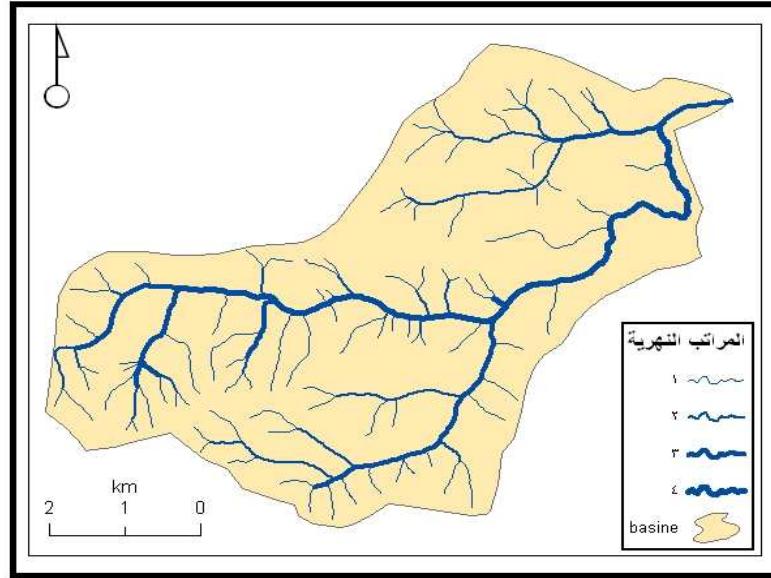
حيث تم اشتقاق شبكة التصريف النهري (شكل 4)، والمراتب النهريّة (شكل 5)،



وبعض الخصائص الأخرى مثل درجات الانحدار في الحوض (شكل 6) واتجاه الخلايا نحو الشمس (شكل 7) والتضاريس بشكل مجسم (شكل 8) وخطوط الكنتور لكل 50م (شكل 9).

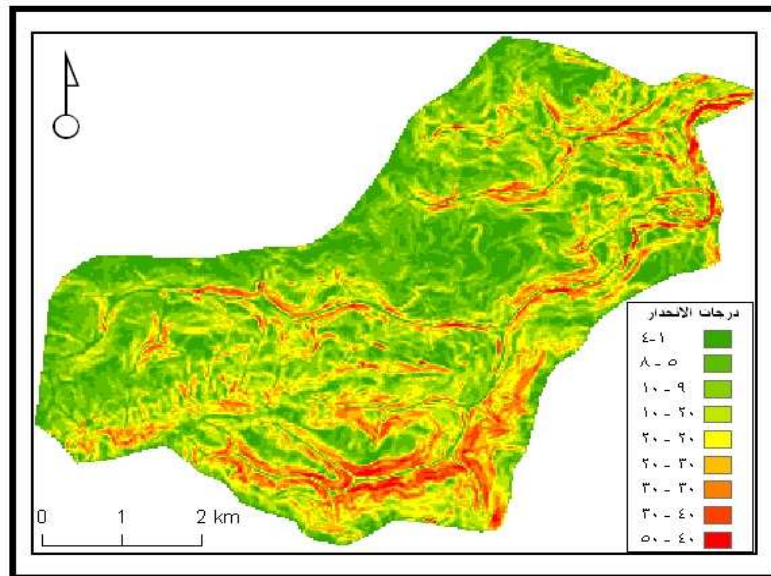


شكل رقم (4): استخلاص الشبكة النهرية من DEM



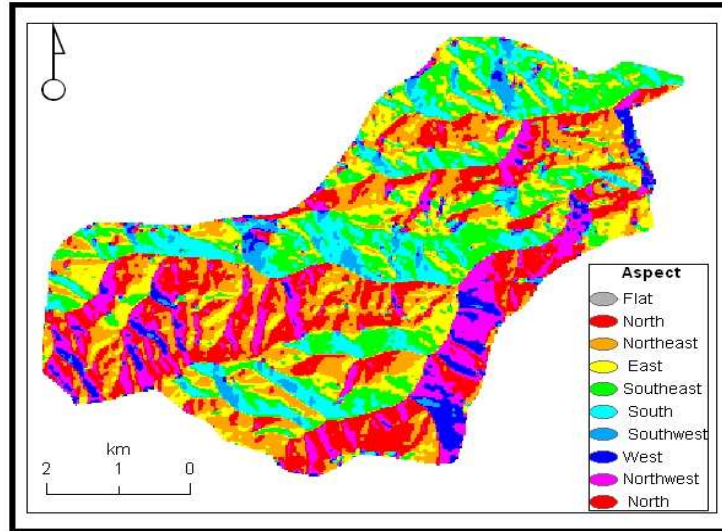
المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج ArcGIS

شكل (٥): المراتب النهرية

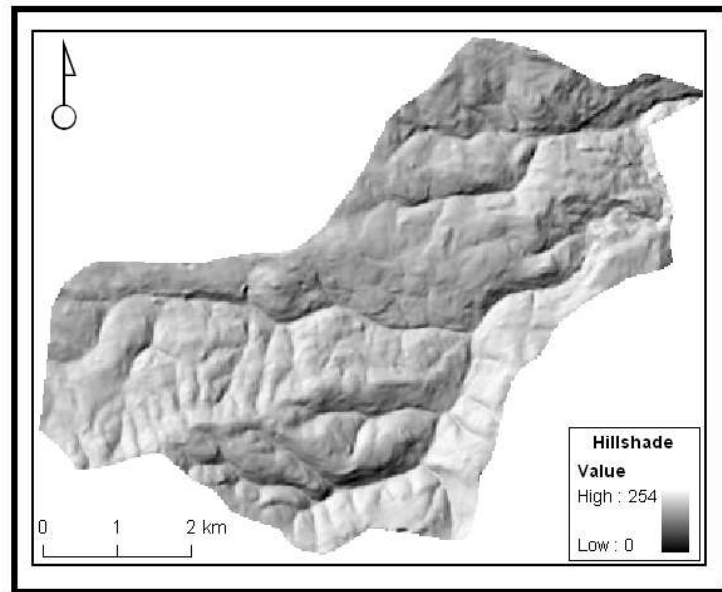


المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج ArcGIS

شكل (٦): درجات الانحدار في الحوض

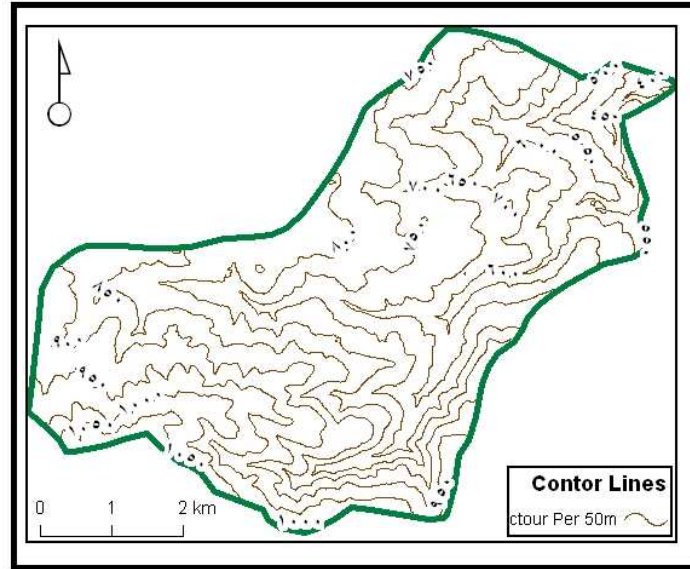


المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج ArcGIS  
شكل(٧): اتجاه الخلايا نحو الشمس



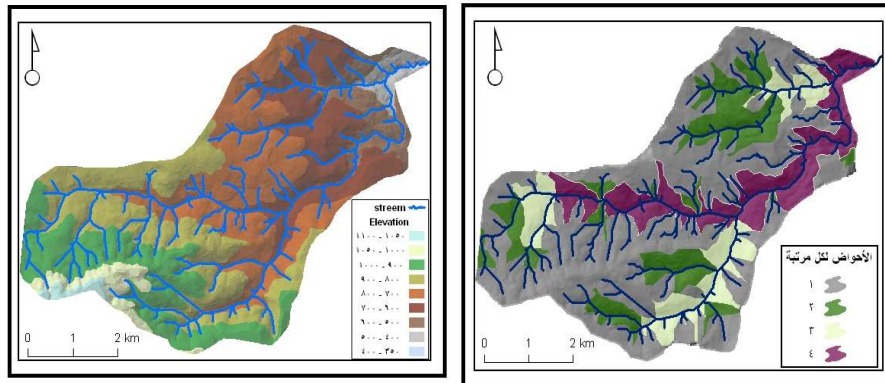
المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج ArcGIS  
شكل(٨): التضاريس بشكل مجسم

بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الرميمين



المصدر: الخريطة الكنتورية لحوض وادي الرميمين ١:٢٥٠٠٠ وتم اعادة انتاجها باستخدام برنامج ArcGIS  
شكل (٩) خطوط الكنتور لكل ٥٠ متر

5- تم تطبيق المعادلات المورفومترية من خلال قاعدة البيانات الجغرافية التي تم بنائها وعمل استعلام لها Building Query بصورة آلية من خلال خيارات Select by (Select by attribute – location). بالإضافة إلى عمل Summarize لبعض الحقول في قاعدة البيانات المورفومترية والهيدرولوجية .



المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج ArcGIS  
خريطة (١٠): الارتفاعات في الحوض

المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج ArcGIS  
شكل (١١): الأحواض المائية لكل مرتبة

6- إظهار البيانات المكانية على شكل ثلاثي الأبعاد بحيث يمكن تكبيرها وتصغيرها وتحريكها وإمالتها وكذلك الطيران الافتراضي فوقها (الدليمي، 2006)، ويعتبر برنامج Arc Scene من أهم ملحقات برنامج Arc GIS 9.3 الذي من خلاله يمكن تمثيل البيانات المكانية بالاستعانة بالأداة 3D Analyst حيث يتم تمثيل عنصر البعد الثالث من خلال نموذج خاص يعرف بشبكة المثلثات غير المنتظمة أو ألتن Triangulated Irregular Network Data Model (TIN) شكل (10 ، 11) (عودة، 2005) . وذلك للحصول على أحسن صورة للإدراك البصري للخرائط والذي يمكن من خلالها أيضاً إنشاء مقاطع تضاريسية لمنطقة الدراسة.

7- رسم عدة خرائط لمنطقة الدراسة، مع إمكانية تغيير مقياس الرسم وذلك عن طريق الوظائف الكارتوجرافية، وتحويل شكل البيانات من نظام Raster إلى نظام Vector والعكس، بالإضافة إلى تغيير مسقط الخريطة وعمل الكثير من عناصر الخريطة الأساسية بإشكال وصيغ مختلفة.

### المؤشرات المورفومترية

تتقسم المؤشرات المورفومترية التي تم قياسها واشتقاقها إلى مجموعتين:

- المجموعة الأولى وتشمل العناصر التي قيست، وعينت مباشرة وهى: المساحة، أطوال الروافد، عدد الأنهار في كل مرتبة نهريّة، محيط وأطوال الأحواض، منسوب منطقة المصب وأعلى نقطة في الحوض ورتبة الرافد.
- المجموعة الثانية فتشمل المؤشرات التالية :

#### أولاً: خصائص الشبكة النهريّة

وهذه الخصائص تشمل :

$$1- \text{الكثافة التصريفية (كم}^2 \text{) = } \frac{\text{الطول الإجمالي لشبكة الروافد النهريّة (كم)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2 \text{)}}$$

$$2- \text{التكرار النهري (روافد/كم}^2 \text{) = } \frac{\text{عدد الروافد في الحوض}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2 \text{)}}$$

$$3- \text{نسبة التقطع} =$$

$$4- \text{معدل أو نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد الروافد في مرتبة ما}}{\text{عدد الروافد في المرتبة التي تعلوها}}$$

### ثانياً: الخصائص الشكلية

تشمل الخصائص الشكلية المؤشرات التالية :

$$1- \text{الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}{\text{مساحة دائرة محيطها يساوي محيط الحوض}}$$

$$2- \text{الاستطالة} = \frac{\text{قطر دائرة مساحتها تكافئ مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}{\text{مربع طول الحوض (كم)}} =$$

$$3- \text{معامل الشكل} = \frac{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}{\text{مربع طول الحوض (كم)}} =$$

$$4- \text{معدل أطوال الأنهار} = \frac{\text{متوسط أطوال الروافد في مرتبة ما (كم)}}{\text{متوسط أطوال الروافد في المرتبة التي تعلوها}}$$

### ثالثاً: الخصائص التضاريسية

تشمل الخصائص التضاريسية المؤشرات التالية :

$$1- \text{معدل انحدار الروافد} = \frac{\text{فرق المنسوب بين نقطة المصب والمنبع (متر)}}{\text{طول الرافد (متر)}} =$$

$$2- \text{نسبة التضرس (م/كم)} = \frac{\text{التضرس م (الفرق بين منسوبي أعلى وأخفض نقطتي الحوض)}}{\text{الارتفاع النسبي}}$$

$$3- \text{درجة الوعورة} = \frac{\text{الكثافة التصريفية} \times \text{فرق الارتفاع}}{\text{محيط الحوض (كم)}} =$$

### المنحنى الهيسومتري

يعتمد المنحنى الهيسومتري في حساباته علي العلاقة بين النسب المساحية المحصورة في ارتفاعات مختلفة (Strahler, 1957) .

$$\text{المعامل الهيسومتري} = \frac{\text{الارتفاع النسبي}}$$

### المساحة النسبية

يتم ذلك من خلال الخطوات التالية :

1. حساب نسبة ارتفاع كل خط كنتور فوق مستوى القاعدة للحوض إلى أقصى ارتفاع في الحوض ويمثل ذلك على الإحداثي الراسي.
2. قياس مساحة الحوض النهري كله ثم تقاس المساحات المحصورة بين كل خطي كنتور .
3. حساب نسبة المساحة بين أي خط كنتور والخط الذي يعلوه إلى المساحة الكلية للحوض ويمثل على الإحداثي الأفقي .
4. توقيع النسب السابقة على الشكل البياني المكون من محورين أفقي ورأسي.
5. توصيل النقاط وتقاس المساحة ادني واعلي المنحى لمعرفة مقدار ما تم نحته وما هو متبقي.

### الخصائص المورفومترية لمنطقة الدراسة:

تعتبر الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف النهري نتاج مباشر وغير مباشر لجميع العوامل الطبيعية، والبشرية، متمثلة في الخصائص الجيولوجية، والاحوال المناخية والنباتية والتربة وتأثير الانسان، بالاضافة الى تأثير الخصائص المورفومترية نفسها، اذ انها تؤثر على خصائص الجريان المائي خلال الشبكة. بناءً على العناصر المساحية والخطية والنقطية التي تم قياسها مباشرة بواسطة منظومتي القياس، فقد تم حساب بعض الخصائص المورفومترية، اذ تعتمد في حسابها على مجموعة العناصر التي تم قياسها. ويمكن استخلاص النتائج كما يلي :

### المراتب النهرية، وعدد الروافد، ومعدل التشعب:

بناءً على تصنيف ستراهلر (Strahler 1957) في بيان الرتب والمعدل عن هورتون ارتفع عدد الرتب الى اربعة رتب، اذ ان الطريقة ترى ان أي رافد لا يرفده روافد نهريه اخرى يعتبر من الدرجة الاولى، وان الالتقاء رافدين من المرتبة الاولى يكونان رافد من المرتبة الثانية، وهكذا في باقي الرتب الاعلى، وان دخول رافد من مرتبة اقل على رافد من مرتبة اعلى لا يؤثر على ترتيب المرتبة الاعلى.

يتضح من الجدول (1) عدم وجود فوارق في عدد الروافد النهرية في المراتب العليا

بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الرميمين

النتيجة عن استخدام الاسلوبين، بينما ارتفع الفرق في عدد روافد المرتبة الاولى، اذ زاد عدد الروافد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية الى 16 رافد، بالرغم من الدراسة الميدانية المكثفة واستخدم فيها تحليل الخريطة الكنتورية وتحليل الصور الجوية والعمل الحقل، الا ان هذه المنظومة (برامج نظم المعلومات الجغرافية) جاءت بروافد جديدة، وهنا يمكن تفسير ذلك بان برمجيات نظم المعلومات الجغرافية ذات حساسية كبيرة، وتستطيع احتساب كل تقعر عباره عن رافد، لذلك يجب الاعتماد علي العمل الميداني وذلك للتأكد من وجود هذه الروافد.

بلغ معدل التشعب 4.9، وهذا يدل على تجانس الحوض في خصائصه الطبيعية اذ ان مساحته الاجمالية 33.7 كم، واختلف معدل التشعب بين المرتبة الاولى والثانية، وذلك بسبب اختلاف عدد روافد المرتبة الاولى.

**جدول (1): عدد الروافد و معدل التشعب للمراتب النهرية في منطقة الدراسة**

معدل التشعب			عدد الروافد			المتغير
نسبة الفرق	برنامج GIS	الطريقة التقليدية	نسبة الفرق	برنامج GIS	الطريقة التقليدية	المرتبة النهرية
			16.3-	114	98	الأولى
15.8-	4.75	4.1				
			0	24	24	الثانية
0	6	6				
			0	4	4	الثالثة
0	4	4				
				1	1	الرابعة
3.6	4.9	4.7				المعدل العام

#### اطوال الروافد:

تباينت اطوال الروافد النهرية في المراتب المختلفة، وتزايدت اطوال الوراقد مع تزايد المراتب النهرية، ولوحظ تركيز الاطوال في المرتبتين الاولى والثانية في الفئات الصغيرة، بمعنى ان الالتواء كان موجب، وقد شكلت اطوال روافد المرتبة الاولى 53.5% من



اجمالي اطول روافد الحوض كله، وحوالي 86% من اطوال روافد المرتبة الاولى كانت اقل من 0.6 كم الحوض كله. بينما سجلت 66% من اطوال روافد المرتبة الثانية معدل اقل من 0.6 كم، وتباينت الاطوال من -0.125 الى 2.94 كم. وبلغ معدل نسبة اطول الروافد بين المراتب المختلفة 3.35.

تباين الفرق في متوسط اطوال الروافد ليصل الي 13% لصالح الاسلوب التقليدي، وبينما زاد في المرتبتين الثانية والثالثة لصالح الاسلوب الثاني (GIS)، ولم يظهر فرق في قياس طول الرافد الاساسي الذي يشكل المرتبة الرابعة (جدول رقم 2). ويفسر ذلك بزيادة عدد الروافد الصغيرة للمرتبة الاولى في الاسلوب الثاني مما ادي الي قلة متوسط اطوالها وانعكس ذلك علي زيادة اطوال المرتبة الثانية والثالثة.

### مساحة الاحواض النهرية:

تعرف مساحة الحوض النهرى بانها المساحة التي بها الجريان السطحي له مخرج سطحي واحد وقيست في هذه الدراسة علي المستوى الافقي. وقد اختلفت مساحة الاحواض النهرية فيما بينها بشكل عام، وكذلك على مستوى كل مرتبة نهريّة، وقد تزايدت المساحات تقليدياً بزيادة المرتبة النهرية، فعلى مستوى المراتب سجلت 84% من الاحواض النهرية مساحة اقل من 0.2 كم<sup>2</sup> في المرتبة الاولى، انخفضت في المرتبة الثانية الى 80% من الاحواض سجلت مساحة اقل من كليو مترمربع واحد، بمعنى ان الالتواء كان موجب، وشكلت مساحة احواض المرتبة الاولى حولي نصف مساحة الحوض كله (46%). لم تظهر الدراسة أي اختلافات تذكر في متوسط المساحات المستخرجة من كلا الاسلوبين (جدول رقم 2).

جدول (2): اطوال الروافد والمساحة الحوضية في حوض الدراسة

المرتبة النهرية	المتغير	المساحة (كم <sup>2</sup> )			أطوال الروافد (م)	
		الطريقة التقليدية	برنامج GIS	نسبة الفرق	الطريقة التقليدية	برنامج GIS
الأولى	س-	0.136	0.136	0	423	368
ع		0.097	0.084		267	262
الثانية	س-	0.709	0.722	-1.8	685	748
					-9.22	

بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الرميمين

	726	627		0.623	0.651	ع	
-10.32	1973	1788	14.1	4.6	5.358	س-	الثالثة
	1195	1195		2.706	3.13	ع	
-0.9	10601	10510	1.4-	33.706	33.25	ق ح	الرابعة

س- المتوسط الحسابي ، ع الانحراف المعياري، ق ح قيم حقيقية

### الكثافة النهرية ( التصريفية):

تعبر الكثافة النهرية عن العلاقة النسبية بين مجموع اطوال الروافد النهرية في اى حوض ومساحته، تتناقص معدل الكثافة التصريفية مع زيادة المرتبة النهرية من 3 كم/كم<sup>2</sup> الى 2.3 كم/كم<sup>2</sup> . وتركز حوالي 71% و 62% من احواض المرتبتين الاولى والثانية في قيم اقل من المتوسط ( 3 كم /كم<sup>2</sup>) على التوالي، بمعنى ان التواء التكرارات موجب ( جدول 3). انعكس الاختلاف في عدد الروافد في المرتبة الاولى بين الاسلوبين علي جميع الخصائص التي تعتمد في حسابها علي عدد واطوال ومساحة احواض المرتبة الاولى ، لذلك نجد الاختلاف يزيد في المرتبة الاولى بينما يتناقص في المراتب الاعلى ( الثانية والثالثة والرابعة).

### التكرار النهرى:

يعبر التكرار النهرى عن العلاقة النسبية بين عدد الروافد النهرية والمساحة ، وكلما زاد الرقم دل على شدة تمزق الحوض بالروافد، وقد ارتفع معدل التكرار النهرى في المرتبة الاولى الى 13.6 رافد/كم<sup>2</sup>، وهذا يدل على خشونة النسيج لاحواض المرتبة الاولى، وتركز حوالي 83% من التكرار النهرى في الفئات الدنيا (اقل من المتوسط الحسابي)، وهذا واضح من ارتفاع معدل الانحراف المعياري 26.37، وكذلك في المرتبة الثانية كان التواء التكرارات موجب، بمعنى تركيز معظم القيم في الفئات الدنيا، فحوالي 66% من الاحواض كان التكرار النهرى اقل من المتوسط ( 8.6 رافد/كم<sup>2</sup> ) ( جدول رقم 3 ). وتتكرر نفس الملاحظة بان الاختلاف يقل كلما ارتفعت المرتبة النهرية، ورجع ذلك الي زيادة عدد روافد الاولى في برنامج GIS 16% عن عدد الروافد المشتقة بالاسلوب الاول الطريقة التقليدية.

### نسبة التقطع:

وهي العلاقة بين عدد المجاري النهرية بجميع رتبها و محيط الحوض. وقد تزايدت نسبة التقطع في الحوض مع تزايد المرتبة النهرية، وتركزت معظم التكرارات في القيم الدنيا إذ سجل 80% من احواض المرتبة الاولى معدل اقل من 0.8 ، وهذا يدل على ان الحوض ما زال في مرحلة مبكرة من العمل الحثي ، لم يظهر فرق يذكر بين الطريقتين في المرتبتين الثانية والرابعة ، بينما تزايد الفرق بين الطريقتين في المرتبة الثالثة وربما يرجع ذلك الي احتواء المرتبة الثالثة علي روافد المرتبة الاولى التي ارتفع عدد الروافد النهرية بها حسب برنامج GIS الي 16 رافد زيادة عن الطريقة التقليدية إذ ان معظمها يرفد المرتبة الثالثة في منطقة الدراسة ( جدول 3).

**جدول (3): الكثافة النهرية والتكرار النهرى ونسبة التقطع في منطقة الدراسة**

المرتبة النهرية	الكثافة النهرية			التكرار النهرى			نسبة التقطع		
	الطريقة التقليدية	برنامج GIS	نسبة الفرق	الطريقة التقليدية	برنامج GIS	نسبة الفرق	الطريقة التقليدية	برنامج GIS	نسبة الفرق
الأولى	س-	3.72	3.04	18.3	11.45	13.6	*	*	
	ع	1.9	2.3		8.62	26.37			
الثانية	س-	2.85	2.89	-1.4	8.23	8.66	-5.2	1.226	1.233
	ع	0.96	0.75		5.42	5.42		0.354	0.494
الثالثة	س-	2.21	2.40	-8.6	4.25	4.34	-2.1	2.098	1.8
	ع	0.52	0.075		1.29	0.52		0.479	0.708
الرابعة	ق ح	2.26	2.32	-2.7	3.79	3.79	0	4.582	4.24
									7.5

س- المتوسط الحسابي ، ع الانحراف المعياري ، ق ح قيم حقيقية

\* قيم لم تحسب

### شكل احواض التصريف:

تعكس اشكال الاحواض النهرية في معظم الاحيان خصائص تكوينها الجيولوجي في مرحلة مبكرة، وعوامل اخرى في مرحلة متأخرة، ويؤثر الشكل الذي يأخذه الحوض على خصائص تصريف المياه، ومن ثم العمل الحثي، وظهرت نتائج التحليل ميل احواض

بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الرميمين

الدراسة في المراتب الاربعة نحو الاستطالة، اذ بلغ معدل العام حوالي 63%، وهذا مؤشر واضح على ان الحوض اجمالاً في مرحلة حثية مبكرة، بينما انخفض معدل الاستدارة الى 55%، بالنسبة لمعامل الشكل انخفض كثيرا الى معدل 31% وفي ذلك ابتعاد اشكال الاحواض عن شكل مثلث، وربما يفسر ذلك بشكل عام الى مرور المنطقة ككل الان في مرحلة شبه جافة مما ادى الى تحنط العمل الجيومورفولوجي النهري ( جدول رقم 4).  
وتباين الفرق بين الاسلوبين في حساب المؤشرات الثلاثة فسجل أعلى فرق في المرتبة الثالثة وذلك لصالح الطريقة التقليدية ، بينما قل الي معدل 3% في المرتبة الرابعة. وربما يمكن اعطاء تفسير لذلك ان زيادة عدد روافد المرتبة الاولى ب 16% لصالح برنامج GIS عن الطريقة التقليدية ادي الي زيادة مراتب بعض الروافد ودخولها الي روافد أعلى مما اثر علي نتيجة المؤشرات في المرتبتين الثانية والثالثة.

**جدول (4): الاستدارة والاستطالة وشكل الاحواض النهرية في منطقة الدراسة**

المتغير	الاستدارة			الاستطالة			الشكل	
	المرتبة النهرية	الطريقة التقليدية	برنامج GIS	نسبة الفرق	الطريقة التقليدية	برنامج GIS	نسبة الفرق	المرتبة النهرية
الأولى	س-	*	*		0.598	0.616	3.0-	0.298
	ع				0.109	0.127		0.109
الثانية	س-	0.67	0.58	13.4	0.677	0.660	2.5	0.37
	ع	0.12	0.09		0.122	0.081		0.13
الثالثة	س-	0.68	0.50	26.5	0.69	0.60	13.0	0.38
	ع	0.11	0.09		0.05	0.08		0.055
الرابعة	ق ح	0.55	0.57	3.6-	0.65	0.64	1.5	0.33
								0.32
								3.0

س- المتوسط الحسابي ، ع الانحراف المعياري ، ق ح قيم حقيقية

\* قيم لم تحسب

#### تضرس الحوض:

تم حساب معدل انحدار الروافد النهرية ونسبة التضرس (وهي النسبة بين أعلى واخفض نقطة في الحوض الى طول الحوض) ودرجة الوعورة (وهي العلاقة التي تجمع

بين الكثافة النهرية وفرق الارتفاع ومحيط الحوض) ، حيث انخفض معدل الانحدار للروافد مع تقدم المرتبة النهرية، اذ بلغ المتوسط الحسابي لدرجة انحدار روافد المرتبة الثانية 8.479°، وقد ارتفع الفرق في المرتبة الثانية بين الطريقتين الى 12% لصالح برنامج GIS في حساب درجة الانحدار ويمكن ارجاع ذلك الي رفع بعض روافد المرتبة الاولى الى الثانية بسبب زيادة روافد المرتبة الاولى في برنامج GIS الامر الذي الى ارتفاع معدل درجات الانحدار بها.

ارتفع معدل نسبة التضرس في المرتبة الثانية الى 155.7 م/كم، وانخفض المعدل مع ارتفاع المرتبة النهرية، وسجل اعلى معدل فرق بين الطريقتين 7.7% في نسبة التضرس لصالح برنامج GIS في المرتبة الثالثة ويعتبر فرق مقبول ولا يوجد تفسير لذلك الفرق.

ارتفع معدل الفرق الى 13% في درجة الوعورة لصالح الطريقة التقليدية في المرتبة الثالثة، ويفسر ذلك بزيادة روافد من المرتبة الاولى التي ترفد المرتبة الثالثة مباشرة اذ اثر ذلك على الكثافة النهرية في المرتبة الثالثة التي تعد احد العناصر الاساسية في حساب درجة الوعورة.

بينما جاء الفرق بسيط جدا في حساب المؤشرات الثلاثة للمرتبة الرابعة بين الطريقتين ويمكن تفسير ذلك الي قلة تاثير روافد المرتبة الاولى التي ظهرت في برنامج GIS.

جدول (5): درجة الانحدار ونسبة التضرس ودرجة الوعورة في حوض الدراسة

المرتبة النهرية	المتغير	درجة الانحدار			نسبة التضرس			ودرجة الوعورة		
		الطريقة التقليدية	برنامج GIS	نسبة الفرق	الطريقة التقليدية	برنامج GIS	نسبة الفرق	الطريقة التقليدية	برنامج GIS	نسبة الفرق
الأولى	س-	11.39	*		*	*		*	*	
	ع	4.79								
الثانية	س-	7.564	8.479	12.1	150.5	155.7	3.5	175.9	164.4	6.5
	ع	2.954	4.363		55.7	41.6		98	0.08	
الثالثة	س-	3.945	3.893	1.31	87.9	94.7	7.75	75.1	85	13.2

بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الرميمين

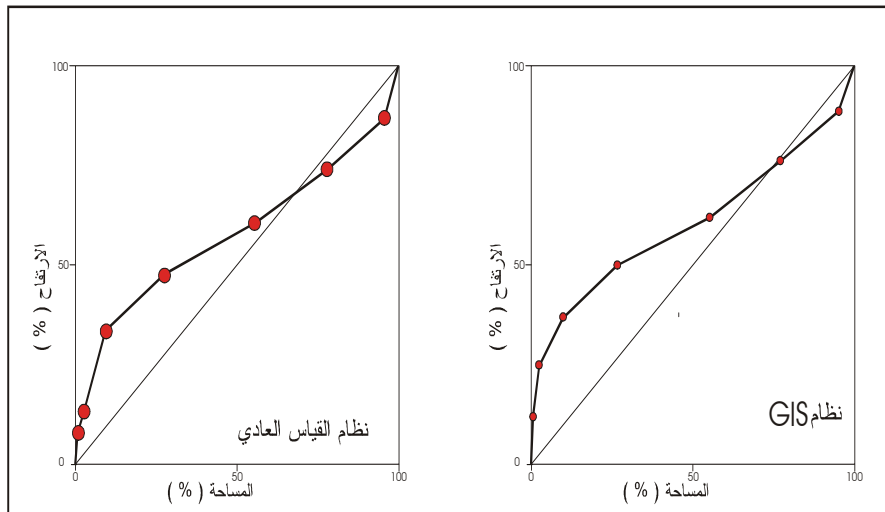
	19	27		19.9	17.2		0.897	1.559	ع	
الرابعة	ق ح	2.536	2.485	2.01	76.2	76.74	0.75	64.7	66.5	2.8

س- المتوسط الحسابي ، ع الانحراف المعياري، ق ح قيم حقيقية

\* قيم لم تحسب

### المنحنى الهيسومتري:

يوضح الشكل (12) المنحنى الهيسومتري مرسوم بناء على معلومات مشتقة بواسطة القياسات التقليدية، والقياسات بواسطة نظم المعلومات الجغرافية، ولم يظهر اختلاف جوهري بينهما.



شكل (1) : المنحنى الهيسومتري لبحوض الجزء الاعلى من الرميمين

نخلص الى القول باهمية الاسلوب الجديد ( GIS ) في الدراسة المورفومترية لكن بشرط ان يتم التأكد من روافد المرتبة الاولى بواسطة العمل الميداني لكل رافد علي حده، خاصة اذا ما كانت مساحة المنطقة اقل من 200 كم<sup>2</sup>، اذ يتوفر في الاسلوب الجديد اختصار للوقت والجهد والتكاليف اذا ما اجاد الباحث استخدام البرمجيات الخاصة بالعمل المورفومتري.

### نتائج الدراسة:

1. استطاع البحث ان يلبي الهدف من الدراسة بنجاح اذ تم بناء قاعدة بيانات للمتغيرات المورفومترية للجزء الاعلى من حوض وادي الرميمين اعتمادا على نموذج الارتفاعات الرقمية .
2. تم تصميم وانشاء خريطة مورفومترية اعتمادا على نموذج الارتفاعات الرقمية ومن خلال الامكانيات التي يتيحها النظام .
3. دراسة الخصائص المورفومترية بشكل جيد وسريع بواسطة برنامج نظم المعلومات الجغرافية مقارنة بالطرق التقليدية .
4. لم تظهر اختلافات تذكر في القياسات الطولية والمساحية والنقطية، ففي مجال المساحة بلغ الفرق في القياس للمساحة الاجمالية للحوض حوالي 1.35 %، كذلك ظهر فرق بسيط في قياس اطوال الروفد اذ بلغ الاختلاف حوالي 0.86 %، ازداد فرق معدل انحدار الروافد الى 2 %.

### التوصيات:

- بناءً علي النتائج التي توصلت اليها الدراسة، يمكن وضع التوصيات الاتية:
1. يمكن الاعتماد علي برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لاهواض التصريف النهري ، فهي توفر الوقت والجهد بشكل جيد خاصة اذا ما تم الاعتماد على خرائط طبوغرافية بشكل رقمي.
  2. يجب التاكيد علي العمل الميداني وبالذات علي روافد المرتبة الاولى، لانها قد تكون مصدر تشويش في تحليل البيانات نظرا للحساسية العالية عند برمجيات نظم المعلومات الجغرافية.

## المراجع

### أولاً: المراجع العربية:

- أبو العينين، حسن سيد (2000): أصول الجيومورفولوجيا، دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، ط 12، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية .
- أبو سمور، حسن (1987): الطبقات النباتية المكونة للمجموعات النباتية في حوض وادي زي، دراسات، العلوم، ع 2 : 15-37.
- التركمانى، جودة فتحي (1988): تطبيق الطرق الكمية للكشف عن بعض خصائص الأودية في منطقة شرق شبه جزيرة سيناء، المجلة الجغرافية العربية، ع 20: 101-135.
- التوم، صبري محمد (1990): حوض وادي الرميمين "دراسة جيومورفولوجية"، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان.
- التوم، صبري محمد (2004): مورفولوجية المنحدرات في الجزء الأعلى من حوض الرميمين وحوض تكالا دراسة في الجيومورفولوجية المناخية، مجلة الجامعة الإسلامية - غزة، م 12 ، ع 2: 59-87.
- التوم، صبري محمد (2010): التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض وادي الرميمين وحوض نهر تكالا ( دراسة مقارنة في الجيومورفولوجيا المناخية )، العدد 20 ، مجلة العلوم الانسانية، جامعة البحرين.
- الدليمي، خلف حسين على (2006): نظم المعلومات الجغرافية أسس وتطبيقات، ط1، للنشر والتوزيع، دار صفاء.
- الدويكات، قاسم محمد (2000): أنظمة المعلومات الجغرافية، ط1، المكتبة الوطنية، عمان.
- ألغامدي، سعد أبو رأس (2004): استخلاص شبكة التصريف السطحي للمياه باستعمال المعالجة الآلية لبيانات صور الأقمار الصناعية: دراسة على منطقة جبال نعمان ، مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية، 16(2): 285-323.
- ألغامدي، سعد أبو رأس (2006): توظيف نظم المعلومات الجغرافية في استخراج بعض القياسات المورفومترية من نماذج الارتفاعات الرقمية - دراسة حالة وادي ذرى في المملكة العربية السعودية، رسائل جغرافية، ع 317، الجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت.
- بدوي، ابراهيم محمد على ( 2001): استخدام الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية في الدراسة الكمية لخواص تصريف جنوب شرق سيناء، مجلة كلية الآداب ، جامعة الإسكندرية 2001م.



- بوروي، محمد فضيل (2002): الخصائص الجيومورفولوجية لحوض وادي عركان ووادي غيروف رافد وادي بيش بالمملكة العربية السعودية، بحوث جغرافية، ع 53، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض .
- جودة، جودة حسنين (1998): الجيومورفولوجيا علم الأشكال الأرضية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- خضير، كمال محمد (1988): جيولوجية عمان، شقير وعكشة للطباعة والنشر، عمان.
- سلامه، حسن رمضان (1980): التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن، دراسات، 7 (1): 97-132.
- سلامه، حسن رمضان (2004): أصول الجيومورفولوجيا، دار الميسرة، الأردن.
- شاوور، أمال (1982): التعبير الكمي لدورة التعرية عند ديفز مع التطبيق على بعض الاودية في مصر، المجلة الجغرافية العربية، 14: 39-55.
- عابد، عبد القادر (1982): جيولوجية الأردن، مكتبة النهضة الإسلامية، عمان.
- عاشور، محمود محمد (1983): التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي (مصادر البيانات وطرق القياس)، المجلة الجغرافية العربية، ع 15: 101-24 .
- على، محمد عبد الجواد محمد (2001): نظم المعلومات الجغرافية، ط1، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.
- عودة، سميج احمد محمد (2005): أساسيات نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها في رؤية جغرافية ط1، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان .
- كبارة، فوزي سعيد عبدالله (1998): نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها الحضرية والبيئية. دار الفكر العربي، بيروت.
- محسوب، محمد صبري (1998): جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة.
- محمود، سمير سامي (2005): جيومورفولوجية وادي دجلة، المجلة الجغرافية العربية، ع 45: 341 - 391.
- محمد، وسام الدين (2008): أساسيات نظم المعلومات الجغرافية، نسخة الكترونية .

#### ثانيا: المراجع الأجنبية:

- Abrahams, A. D., (1984): Channel networks a geomorphological perspective, WRR. 20:161-168.
- Al Saud, M ., (2009): Morphometric Analysis of Wadi Aurnah Drainage

- System, Western Arabian Peninsula, The Open Hydrology J., 3:1-10.
- Bender, F., (1974): Geology of Jordan, Gebruder Borntraeeger, Berlin.
- Butzer, K. W., (1976) Geomorphology from the Earth, New York, Haper & Row Publishers.
- Cotton, C. A., (1964): The control of drainage density, N. Z. J. Geol. & Geophy., 7: 348-352.
- Doornkamp, J. C., & King, C. A. M., (1971): Numerical analysis in geomorphology an introduction, Edward Arnold, London, 272p
- ESRI (2004): Introducing ArcGIS 3D Analyst. ESRI ,USA
- Eyles, R. J., (1966): Stream representation on Malayan Maps, J. Trop. Geography, 22: 1-9.
- Horton, R. E., (1945): Erosional development of streams and their drainage basins, Bull. Geol. Soc. Amer., 56: 275-370
- Maxwell, J. C., (1955): The bifurcation Ratio in Horton's law Numbers, Am. Geophys. Union. Tr., 36 : 520.
- Moorman, F., (1959): Report to the government of Jordan on soil of east Jordan, FAO, no, 1132.
- Morisawa, M. E., (1959): Relation of morphometric properities to runoff in the little Mill Greek, Ohio, Drainage basin tech. Report No. 17, Dep. Geol., Colombia Univ. NY.
- Salameh, H. R., (1988): Morphology of the first-order streams in a semi-arid watershed: Wadi shueib Basin, Jordan. Arab J. for the humanities, 8 (30): 405-435.
- Schumm, S. A., (1956): Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy. New Jersey: Geol. Soc. Am. Bull., 67: 597-646.
- Shreve, R. L., (1966): Statistical law of stream numbers, J. Geology, 74:17-38.
- Smart, J. S., (1972): Quantitative characterization of channel network structure, WRR., 8(6) :1487-96.
- Strahler, A. N., (1957): Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. Geophys. Union, 38 (6): 913-920.