دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي غان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. طارق حامد المزوغي
جامعة طرابلس – كلية الآداب
قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

د. عمر ضو عون
جامعة طرابلس – كلية الآداب
قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

الملخص

تعد دراسة الخصائص المورفومترية للأحواض المائية ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، إذ يعتبر حوض التصريف المائي وحدة مساحية يتحدد فيها خصائص ومعطيات يمكن قياسها كميا لغرض التحليل والتصنيف. وقد هدفت هذه الدراسة إلى استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة متقدمة توفر أساليب آلية دقيقة في استخلاص الخصائص المورفومترية لحوض وادي غان من خلال تحليل نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة تميز 30 متر، وبناء قاعدة بيانات جغرافية ذات متغيرات مورفومترية للحوض. وقد أظهرت الدراسة أن الحوض له مساحة تبلغ 646.6 كم^2 ، وأن طوله يبلغ حوالي 34.68 كم وقد سجل الحوض استطالة بقيمة 0.83، ونسبة تضرس18.37 م/كم وهي نسبة مرتفعة تدل على التضرس العالي للحوض و نشاط عملية الحت به. أما التكامل الهبسومتري فكانت قيمته 43.5 % مما يعني أن الحوض في مرحلة النضج الجيومورفولوجي. كما أظهرت دراسة خصائص شبكة التصريف أن الحوض يتكون من 711 مجرى ، توجد في 6 رتب بلغ مجموع أطوالها نحو (836.36 كم) أما كثافة أطوال المجاري المائية وكثافة أعدادها فبلغتا على التوالي 1.29كم/كم^2 و 1.1 مجرى/ كم^2

الكلمات الدالة: نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، الخصائص المورفومترية ، وادي غان

مقدمة

تعتبر الدراسة المورفومترية من الاتجاهات الحديثة في علم الجيومورفولوجيا التطبيقية حيث انه يختص بالتحليل الكمي للخصائص المورفومترية المساحية والشكلية التضاريسية و الشبكة المائية لأحواض ومجاري الأنهار و الوديان.و تعد هذه الخصائص مقياسا مهما لما تحتويه من دلالات تساعد على فهم كيفية تكون وتطور العمليات الجيومورفولوجية لأحواض التصريف المائية . تفتقر الدراسات المورفومترية للأحواض المائية في ليبيا إلى دراسات تطبيقية تعتمد على التقنيات الحديثة لدراسة خصائص التضاريس والشبكات المائية لأحواض التصريف وبناء نموذج آلي يحاكي الواقع الطبيعي على سطح الأرض. لدى يهدف هذا البحث لتوظيف الأساليب التقنية المتطورة المتمثلة في استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information System (GIS) ونموج الارتفاعات الرقمية (ASTER GDEM) لبناء قاعدة بيانات مورفومترية رقمية لمنطقة حوض وادي غان ورسم شبكة التصريف المائي للحوض كظاهرة طبيعية مورفومترية، ومن ثم استخلاص العديد من الخصائص المورفومترية للحوض ومدلولاتها الجيومورفولوجية

مشكلة البحث

تحتاج الطرق التقليدية لدراسة الخصائص الجيومورفولوجية للأودية الجافة واستنباط خصائصها المورفومترية إلى وقت طويل ، كما تحتاج إلى مجهود كبير بدراسة الخرائط الكنتورية والزيارات الحقلية الشاقة، كما أن دقت نتائجها قد تتفاوت

حسب ما أتيح للباحث من بيانات، ووفقاً لقدرته في التعامل مع الخرائط الكنتورية، الأمر الذي قد يكون له الأثر البالغ في طبيعة مخرجات الدراسة. لدى اعتمدت هذه الدراسة على تقنية GIS التي توفر الدقة والسرعة في التحليل المورفومتري للأحواض المائية. وتحاول الدراسة الإجابة على التساؤلات التالية:

1. هل يمكن لنظم المعلومات الجغرافية أن توفر قاعدة بيانات جغرافية مورفومترية لأحواض التصريف يمكن استخدامها في التحليل المكاني للخطط التنموية؟
2. ما هي الخصائص المورفومترية والتضاريسية والدلالات الجيومورفولوجية لحوض وادي غان؟

هدف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية و نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لدراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي غان والمتمثلة بالخصائص المساحية والطولية والشكلية والتضاريسية وخصائص شبكة الصرف المائي ، وطبيعة العوامل والعمليات التي شكلتها. كما تهدف الدراسة لبناء قاعدة معلومات جغرافية رقمية للحوض تساعد المهتمين في الدراسات البيئية التطبيقية على تطور وتنمية حوض وادي غان في جميع المجالات.

منهجية البحث ومصادر البيانات والمعلومات:

أعتمد البحث على المنهج التحليلي الكمي في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي غان ورسم مجراه الرئيسي وشبكة التصريف المائية بصورة آلية، وذلك بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية ثم أجراء القياسات وتطبيق المعادلات الرياضية والعمليات الحسابية لحساب المتغيرات المورفومترية . وقد استخدمت تقنية نظم المعلومات الجغرافية المتمثلة في برنامج ArcGIS 10.3 لاستخلاص الخصائص المورفومترية للحوض وإنتاج الخرائط وبناء قاعدة البيانات المورفومترية للحوض كما تم استخدام البرنامج (Microsoft Excel 2010) في رسم المنحنى الهيبسومتري.

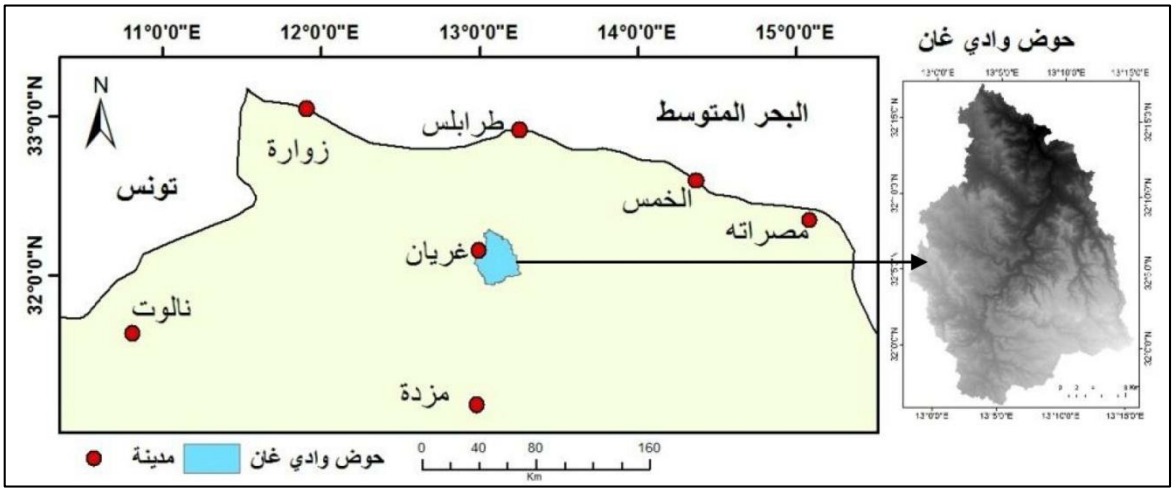
وقد اعتمدت الدراسة على البيانات المشتقة من:

1. نموذج الارتفاع الرقمي DEM للقمر الصناعي Aster للصور رقم ASTGTM2_N32E012 و ASTGTM2_N31E013 و ASTGTM2_N32E013 بقدرة تمييز مكانية 30 متر، وهي متوفرة عبر الانترنت في الموقع التالي: https://earthexplorer.usgs.gov
2. خريطة جيولوجية مقياس رسم 1: 250,000 لمنطقة الدراسة صادرة عن مركز البحوث الصناعية.
3. خرائط طبوغرافية مقياس رسم 1: 50,000 لمنطقة الدراسة صادرة عن مصلحة المساحة.

الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة وظروفها المناخية

يقع حوض وادي غان في الجز الشمالي الغربي من ليبيا بين دائرتي عرض '10: " 56: °31 و '00: "17 :°32 شمالا، وخطي طول '00 : "58 :12 و '16 : "15 : 13 شرقا كما مبين بالشكل 1 ، و تبدأ منابعه من مرتفعات الجبل الغربي (جبل نفوسه) و تتجه نحو الشمال حتى تنتهي عند سد وادي غان. و يتصف سطح منطقة الدراسة بالانحدار التدريجي من الجنوب إلى الشمال. وتتميز المنطقة في الوقت الحالي بتشابه الظروف المناخية ، فهي تخضع لنوع معين من الأقاليم المناخية وهو المناخ شبه الجاف حيث تتساقط الأمطار بشكل أساسي خلال شهور الشتاء. وتتسم معدلات سقوط الأمطار في المنطقة بانخفاضها بصورة عامة حيث يصل معدل الأمطار السنوي حسب ما تم تسجيله بمحطة غريان إلى 370.1 ملم وهو معدل قليل لا يكفي لجريان مستمر للأودية (أبوالشواشي ، 2003). أما في الماضي فقد تعرضت المنطقة كغيرها من منطق شمال ليبيا في الزمن الجيولوجي الرابع إلى حدوث سلسلة متتابعة من الفترات

المطيرة التي تفصل بينها فترات جافة. وبناء على العرفي (1997) يمكن القول بحدوث خمس فترات مطيرة في النطاق الشمالي من ليبيا. و قد أشار امقيلي (1995) بأن أمطار هذا العصر الجيولوجي الرابع قد تكون هي التي كونت مجاري مائية شبه دائمة كانت تجري بالمياه آنذاك، وأن الأودية التي نراها في وقتنا الحاضر في هذه المنطقة ما هي إلا مجار تتبع تلك المجاري السالفة. أما درجات الحرارة في المنطقة فتنخفض إلى حدها الأدنى في شهر يناير حتى تصل 8.7 درجة مئوية ثم تأخذ في الارتفاع خلال أشهر الصيف حتى تبلغ أقصاها في شهري يوليو و أغسطس فتصل 28.5 درجة مئوية بحسب ما تم تسجيله بمحطة غريان.

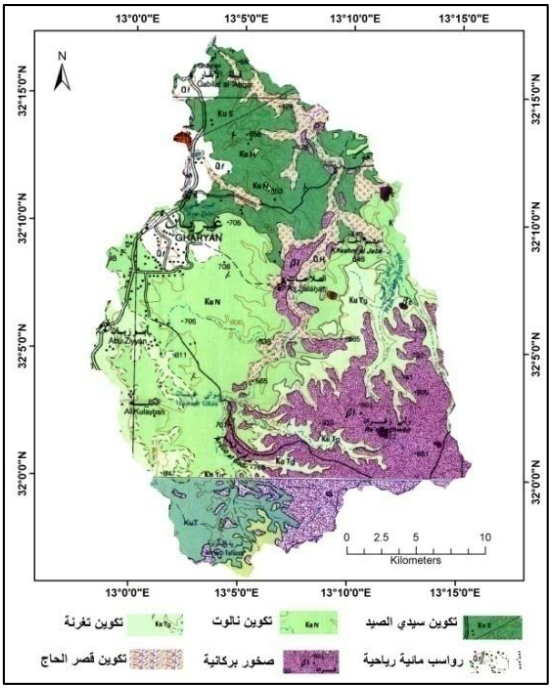


شكل1: الموقع الجغرافي لحوض وادي غان (المصدر: الباحث باستخدام البرنامج Arc GIS 10.2)

التكوينات الجيولوجية لحوض وادي غان

يمتاز حوض وادي غان بالتنوع الصخري (الشكل 2) إذ يضم تكوينات جيولوجية تعود لفترات زمنية مختلفة، وتغطي مساحات متباينة يمكن تصنيفها بناءا على العمر الجيولوجي من الأقدم إلى الأحدث إلى:

1. تكوين سيدي الصيد: وهي طبقة من العصر الترياسي الأعلى، تتكون من طبقات متعاقبة من الحجر الجيري يعلوها طبقات من الحجر الجيري الدولوميتي مع تداخلات من المارل.
2. تكوين نالوت: وهي طبقة تعود للعصر الكريتاسي الأعلى، تتكون من حجر جيري و حجر جيري دولوميتي مع تداخلات من طبقات رقيقة ودرنات صوانية.
3. تكوين تغرنة: يعود للعصر الكريتاسي الأعلى و يتكون من مارل وحجر جيري دولوميتي جزئيا.
4. تكوين قصر الحاج: عبارة عن تجمعات من الكتل و الجلاميد و الحصى يتألف من الحجر الجيري الذي يتماسك بدرجات متفاوتة بواسطة قشور جيرية تكونت في عصر الهولوسين.
5. صخور بركانية: تكونت في عصر الايوسين و البليوسين وهي صخور بركانية تمثل انسياب البازلت الذي تتخلله قواطع و سدود البازلت وسدود من الفونوليت.
6. رواسب مائية رياحية: تتكون من غرين و رمال ناعمة تعود للعصر الجيولوجي الحديث.



شكل2: التركيب الجيولوجي لحوض وادي غان (المصدر: الخريطة الجيولوجية – لوحة طرابلس)

المتغيرات المورفومترية لحوض وادي غان

يتناول هذا الجزء من البحث التحليل المورفومتري الكمي لحوض وادي غان بناء على استُخدِام البرنامج Arc GIS وتطبيق المعادلات المورفومترية لاستخراج وتحديد خصائص الحوض المساحية، والشكلية والتضاريسية و خصائص الشبكة المائية .

أولا الخصائص المساحية للحوض

1. مساحة الحوض Area Basin

تؤثر المساحة بصورة مباشرة في التصريف المائي للحوض إذ توجد علاقة طردية بين كل من المساحة الحوضية وحجم التصريف المائي ، كما أن هناك علاقة متبادلة بين مساحة الأحواض وعمليات التعرية ، إذ تزداد مساحة الأحواض المائية كلما ازدادت عملية التعرية المائية. وقد قيست مساحة حوض غان من خلال البرنامج Arc Map الملحق بالبرنامج Arc GIS 10.2 فكانت مساحته 646.6 كم^2 كما مبين بالجدول 1 وهو بذلك يعد من الأحواض الصغيرة نسبيا إذا ما قورنت بالأحواض المائية الكبيرة في ليبيا مثل حوض وادي كعام الذي تبلغ مساحته 2546.59 كم^2.

2. طول الحوض Basin Length

يؤدي طول الحوض دورا مهماً في عملية الجريان السطحي، فهو يتحكم بمدة تفريغ الحوض لمياهه وحمولته الرسوبية ، كما تتناسب معدلات التسرب والبخر مع طول الحوض تناسباً طردياً وذلك لتباطؤ سرعة المياه الجارية بالاتجاه نحو مخرج الحوض بسبب قلة انحدار السطح، واتساع القنوات والمجاري المائية . وقد تم قياس طول الحوض مباشرة من أداة القياس Measurements في البرنامج Arc Map الملحق ببرنامج Arc GIS 10.2 فكانت حوالي 34.68 كم من خلال حساب المسافة الخطية الفاصلة ما بين المنبع والمصب، (Horton, 1945).

3. محيط الحوض Basin Perimeter

يقصد بمحيط الحوض خط تقسيم المياه الذي يفصل بين الحوض المدروس والأحواض المجاورة له أي يعتبر الحدود الخارجية للحوض (Raj & Azeez2012) وتم قياس المحيط بناء على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM من خلال البرنامج Arc Map وقد وجد أن محيط حوض وادي غان يبلغ 148.25كم.

4. متوسط عرض الحوض Mean Basin Width

هو معدل عرض مجموعة من الخطوط المتعامدة على أقصى طول في الحوض، وقد تستخدم عوضاً عن معادلة قسمة مساحة الحوض على طول الحوض كما في المعادلة التالية (Zovoianu ,1985) :

$$W = A / Lb$$

حيث W= عرض الحوض(كم) , A = مساحة الحوض , Lb = أقصى طول للحوض(كم)

وقد بلغ متوسط عرض حوض وادي غان 18.64 كم ، وهكذا نجد أن عرض الحوض صغير مقارنة بطوله حيث تبلغ نسبة الطول إلى العرض 1.86 كم وهذا يعني استطالة الحوض وبالتالي فإن قمة التصريف المائي أو حالة الفيضان تتأخر في وصولها إلى بيئة المصب بشكل ملحوظ بسبب طول المسافة وتناقص التصريف المائي بسبب التبخر والتسرب.

جدول1 :الخصائص المساحية لحوض وادي غان

المتغير المورفومتري	مساحة الحوض(كم^2)	طول الحوض (كم)	محيط الحوض (كم)	متوسط عرض الحوض (كم)
القيمة	646.6 كم^2	34.68 كم	148.25كم	18.64

ثانيا الخصائص الشكلية للحوض

يعد شكل الحوض انعكاس لمؤثرات الظروف الجيومورفولوجية والطبيعية المؤثرة في صياغة شكل الحوض بنمط معين أو أنماط جيومورفولوجية متمايزة، كما إن شكل الحوض هو خلاصة لكل مراحل التطور الجيومورفولوجية التي صاغت صورته الحالية (أبو العينين،1999).

1. نسبة الاستدارة Circularity Ratio

تعكس نسبة الاستدارة مدى تقارب الحوض من الشكل الدائري فعند تقارب قيم نسبة الاستدارة للواحد الصحيح، فان شكل الحوض يقترب من الشكل الدائري والعكس صحيح. وتعكس القيم المرتفعة القريبة من 1 إلى تقدم الدورة الحتية في الحوض مما يدل على نشاط عمليات النحت الرأسي والأفقي لفترة زمنية طويلة وبذلك تكون الدورة الحتية قد شرفت على الانتهاء (Abdulla,2011) وقد حدد Miller(1953) طريقة حساب معامل استدارة الحوض من خلال المعادلة التالية:

$$Rc = 12.57 \times (A / P^2)$$

حيث Rc = نسبة الاستدارة ، 12.57 قيمة ثابتة ، A = مساحة الحوض كم^2

وقد بلغ معدل الاستدارة في حوض غان 0.37 (أنظر الجدول 2) وتبلغ هذه القيمة تقريبا ثلث القيمة المطلقة 1 التي تعني الاستدارة التامة، وهذا يدل على ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري واقترابه من الشكل المستطيل مما يؤثر في بطء وصول المياه إلى المجرى الرئيسي.

جدول2 :الخصائص الشكلية لحوض وادي غان

المتغير المورفومتري	نسبة الاستدارة	معامل الشكل	معامل الاستطالة	معامل الاندماج
القيمة	0.37	0.54	0.83	1.66

2. معامل الشكل Form Factor

يعطي هذا العامل فكرة عن مدى تناسق أجزاء الحوض المختلفة ومدى انتظام الشكل العام له، حيث يوضح العلاقة بين المساحة والطول فكلما اقترب الناتج من الواحد كان الشكل للحوض أكثر تناسقاً بعيد عن شكل المثلث، في حين تشير القيم المنخفضة إلى عدم التناسق واقتراب شكل الحوض من شكل المثلث (بدر، 2012). وقد اقترح Horton (1932) طريقة استخراج معامل الشكل من خلال المعادلة التالية:

$$Rf = A/Lb^2$$

حيث أن Rf = معامل الشكل ، A = مساحة الحوض (كم^2) ، Lb^2 = مربع طول الحوض (كم)

وقد بلغت قيمة معامل شكل حوض غان حسب المعادلة السابقة 0.54 وبذلك فهي تبلغ تقريبا نصف القيمة المطلقة لعامل الشكل وهي القيمة 1.

3. معامل الاستطالة Elongation Ratio

يعبر معامل الاستطالة عن مدى امتداد الحوض مقارنة مع الشكل المستطيل (الدليمي، 2009) ويتم حسابه حسب الصيغة الرياضية التالية:

$$Re = 1.128 \times \frac{\sqrt{A}}{Lb}$$

حيث Re = معامل الاستطالة ، 1.128 قيمة ثابتة ، $\sqrt{A}$ = الجذر التربيعي لمساحة الحوض (كم^2) ، Lb = أقصى طول للحوض (كم)

و حسب ما ذكر pareta (2011) فان الأحواض المائية تصنف وفق قيمة هذا المعامل إلى: دائرية (1– 0.9) و بيضاوية (0.8– 0.9) ومستطيلة (0.6 –0.7) وإذا كان الناتج أقل من 0.5 يكون الحوض المائي أقل زيادة في الاستطالة. وقد بلغت قيمة معامل شكل حوض وادي غان 0.83 مما يعني الحوض يأخذ الشكل البيضاوي.

4. معامل الاندماج Compactness Coefficient

يبين مدي تجانس وتناسق شكل المحيط الحوضي مع مساحته التجميعية، ودرجة انتظام وتعرج خطوط تقسيم المياه، وتفيد في معرفة مدى تطور المرحلة الجيومورفولوجية التي قطعها الحوض، حيث تشير القيم المرتفعة في عامل الاندماج إلى أن محيط الحوض ترتفع فيه التعرجات، أي يتميز بكبر محيطها على حساب مساحته الكلية وتقل درجة انتظام وتناسق شكل الحوض واقترابه من الشكل المستطيل ويتم حساب عامل الاندماج من المعادلة التالية:

$$Cc=0.2841 \times P/A^{0.5}$$

حيث أن Cc = معامل الاندماج ، 0.2841 قيمة ثابتة ، P = محيط الحوض (كم) ، A مساحة الحوض (كم^2).

وعند تطبيق المعادلة على حوض وادي غان، كانت نسبة تماسك المحيط لحوض الوادي بما يقارب 1.66 ، وهي قيمة مرتفعة مما يدل على انعدام التناسق بين محيط الحوض ومساحته وأن الحوض مازال يقوم بعمليات الحت، ويدل ذلك على اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل.

ثالثا الخصائص التضاريسية للحوض

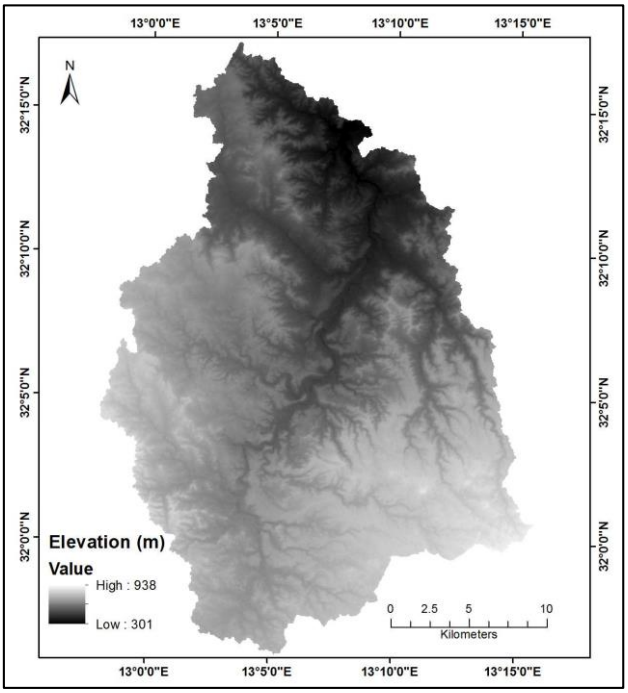
تساهم الخصائص التضاريسية في فهم الدورة الحتية للأحواض المائية وتطور شبكة التصريف فهي مؤشر للعديد من العمليات الجيومورفولوجية كالحت والترسيب وتم دراسة الخصائص التضاريسية التالية لحوض وادي غان:

1. الارتفاع الأقصى Maximum Elevation

يمثل أعلى قيمة منسوب على خط تقسيم المياه، ويرمز له بالرمز H_{max} وقد بلغ أقصى ارتفاع في حوض التصريف المدروس 938 م وتقع هذه النقطة في الطرف الجنوبي الشرقي من الحوض وتم استخراجها مباشرة من نموذج الارتفاعات الرقمية DEM للمنطقة (شكل 3) باستخدام البرنامج Arc Map.

2. الارتفاع الأدنى Minimum Elevation

ويرمز له بالرمز H_{min} ويمثل قيمة منسوب أدنى نقطة في الحوض ، وقد بلغت 301 م عن مستوى سطح البحر في الحوض المدروس وتم استخراجها مباشرة من نموذج الارتفاعات الرقمية DEM



شكل 3 نموذج الارتفاعات الرقمية DEM لحوض وادي غان

3. التضرس الكلي للحوض Total Relief

وهو الفارق الرأسي بين أعلى نقطة وأدناها في الحوض ويرمز له بالرمز H ، و تكون أعلى النقاط عند خط تقسيم المياه وأدناها عند مخرج الحوض. ويتم حساب التضرس الكلي للحوض من المعادلة التالية (Pareta & Pareta، 2011) :

$$Ra = H_{max} - H_{min}$$

حيث أن Ra = التضرس الكلي للحوض ، H_{max} = أعلى نقطة في الحوض ، H_{min} = أدنى نقطة في الحوض

وقد وجد أن قيمة التضرس الكلي للحوض غان 637 م.

4. نسبة التضرس Relief Ratio:

يعد هذا العامل معياراً مهماً لمعرفة الطبيعة الطبوغرافية للمنطقة ويمثل نسبة الفارق بين أعلى وأخفض نقطة في الحوض إلى الطول الحقيقي للحوض، و يدل على المرحلة الجيومورفولوجية التحاتية التي يمر بها الحوض إذ تشير القيم المرتفعة إلى التضرس الشديد لسطح الحوض، وبالتالي تأخر الحوض في دورته التحاتية (أبورية، 2007) في حين تشير القيم المنخفضة إلى أن الحوض استطاع أن يقطع شوطا كبيرا في دورته التحاتية، واستطاع أن يخفض من تضرسه (الودعاني، 2014). تحسب نسبة تضرس الحوض حسب المعادلة التي وضعها Schumm عام 1956 كالتالي:

$$Rc= (H_{max}-H_{min}) /Lb$$

حيث Rc = معامل التضرس ، H_{max} = منسوب أعلى نقطة في الحوض ، H_{min} = منسوب أدنى نقطة في الحوض

Lb = طول الحوض (كم)

و تسجل نسبة التضرس في حوض غان 18.37 م/كم كما هو مبين بالجدول 3 وهى نسبة مرتفعة تدل على التضرس العالي للحوض و نشاط عملية الحت به .

الجدول3 :الخصائص التضاريسية لحوض وادي غان

المتغير المورفومتري	الارتفاع الأقصى (م)	الارتفاع الأدنى (م)	التضرس الكلي	نسبة التضرس م/كم	التضاريس النسبية م/كم	قيمة الوعورة	التكامل الهبسومتري
القيمة	938	301	637	18.37	4.3	0.81	43.5

5. التضاريس النسبية Relative Relief

هي العلاقة بالنسبة المئوية بين قيمة التضرس و محيط الحوض ويؤثر هذا العامل على العديد من المتغيرات المورفومترية في الحوض والتي من أهمها الخصائص الهيدرولوجية وكثافة التصريف (Lin & Oguchi ،2004) وتدل القيم المنخفضة للتضاريس النسبية على ضعف مقاومة الصخر ونشاط عوامل التعرية في الحوض (أبورية، 2007) و يتم حساب نسبة تضرس من خلال المعادلة التالية التي وضعها Melton عام 1959 :

$$Rhp =(H / P)$$

حيث Rhp = التضاريس النسبية ، H = فرق الارتفاع (م) ، P = محيط الحوض (كم)

وقد بلغت قيمة التضاريس النسبية لحوض وادي غان 4.3 م/كم وتعتبر هذه القيمة مرتفعة ، وارتفاع قيمة التضاريس النسبية تشير إلى شدة تضرس ووعورة سطح الحوض (الودعاني، 2014) وصغر مساحته وأن الحوض مازال في المراحل الأولى من الدورة الجيومورفولوجية (أبو حصيرة، 2013).

6. قيمة الوعورة Ruggedness Number

تشير قيمة الوعورة إلى مدى تضرس الحوض، ثم مدى انحدار المجرى المائي فيه، بالاعتماد على كثافة الصرف الطولية للحوض، وارتفاع هذه القيمة يعني شدة التضرس وسيادة التعرية المائية ونقل الرواسب في المنابع العليا للأحواض إلى أسفل المنحدرات(تراب،1997). ويتم حساب هذا العامل من خلال المعادلة الرياضية التالية:

$$R_n=D_d \times H /1000$$

حيث R_n = قيمة الوعورة ، D_d = كثافة التصريف، H = فرق الارتفاع (م)

بتطبيق المعادلة وجد أن قيمة الوعورة في حوض غان 0.81 وهي قيمة منخفضة تدل على أن الحوض ما زال يقوم بدورته التحاتية وأمامه متسع من الوقت لإكمال دورته، وزيادة أطوال مجاريه على حساب مساحته.

7. التحليل الهبسومتري Hypsometric Analysis

يوضح العلاقة رقمياً بين مساحة الحوض وارتفاعه و يمكن بواسطته فهم العلاقة بين طبوغرافية الحوض وتعرية المجاري المائية للسطح بواسطة الجريان السطحي، إذ يعتبر مقياس للمراحل الحتية التي يمر بها الحوض المائي خلال مدة زمنية ، كما أنه أيضا يبين كمية المواد الصخرية التي تم نحتها والتي تنتظر دورها تباعاً في العملية الحتية (سلامة، 2004) . وهناك طريقتان للتحليل الهبسومتري هما التكامل الهبسومتري و المنحنى الهبسومتري.

أ- التكامل الهبسومتري Integral Hypsometric

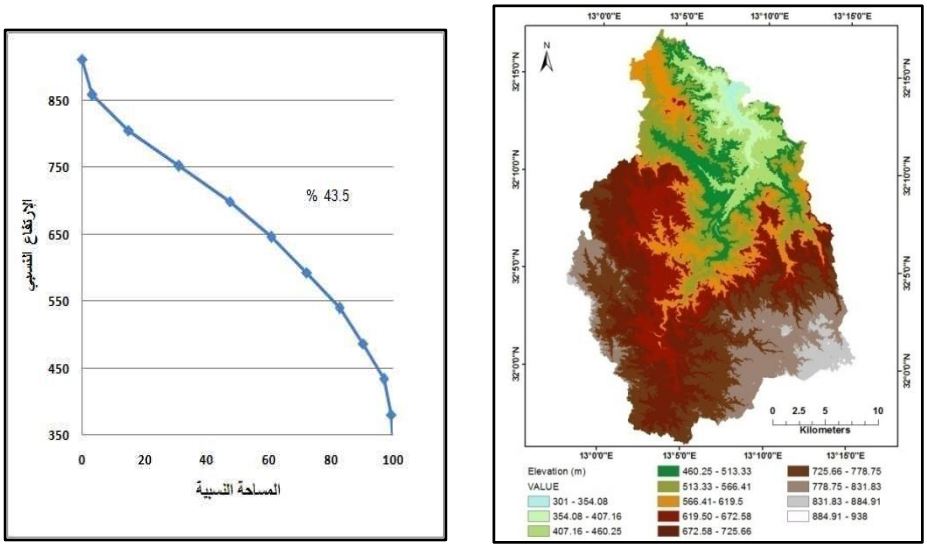
يحدد هذا المعامل المرحلة التي يمر بها الحوض وقد قام Strahler (1952) بتقسيم المراحل حسب قيمة التكامل الهبسومتري إلى مرحلة الشيخوخة (40 فأقل) و مرحلة النضج (40-60) ومرحلة الشباب (60-79.5). وقد اقترح Strahler المعادلة التالية لاستخراج قيمة التكامل الهيبسومتري :

$$Hi = (h / H) / (a/ A)$$

حيث أن Hi = التكامل الهيبسومتري ، (h/ H)= الإرتفاع النسبي (النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور إلى أقصى ارتفاع في الحوض) ، a / A = المساحة النسبية (النسبة المحصورة بين أي خط كنتور ومحيط الحوض إلى مساحة الحوض). وبتطبيق المعادلة السابقة فإن قيمة التكامل الهيبسومتري لحوض غان كانت 43.5 % وبذلك يتضح أن حوض الوادي قد تعرى بنسبة 43.5% من مساحته و بذلك فهو يمر بمرحلة النضج حسب تصنيف Strahler.

ب- المنحنى الهيبسومتري Hypsometric Curve

تم إعداد المنحنى الهيبسومتري لحوض وادي غان اعتمادا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي وقد تم استخراج البيانات بواسطة برنامج Arc Map وبعدها تم تمثيل المنحني بواسطة البرنامج Excel ، ويوضح المنحنى العلاقة بين المساحة النسبية للحوض وارتفاعه النسبي على محورين (س، ص) كما بالشكل 4.

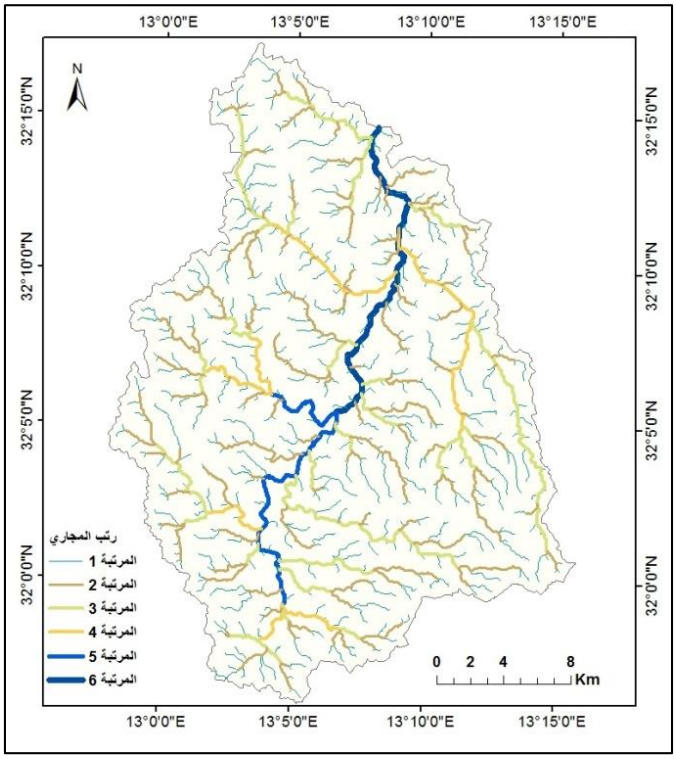


شكل4 :المنحنى الهبسومتري و تصنيف الارتفاع لحوض وادي غان (المصدر: الباحث اعتمادا على برنامج Arc GIS)

الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف

1. رتب المجاري المائية وأعدادها Stream Order& Number

هي المجاري أو الروافد التي تتكون منها الشبكة المائية والتي تجري داخل الحوض بحسب مراتبها وحجمها وصلتها ببعض. وقد أظهرت نتائج التحليل للبيانات الجغرافية المكانية باستخدام البرنامج Arc GIS 10.3 مراتب الشبكة المائية ومجموع أطوال كل مرتبة كما مبين بالجدول(4) والشكل (5). حيث تم تصنيف الرتب في هذه الدراسة بناء على طريقة Strahler (1957) التي ترى أن أي رافد لا ترفده روافد أخرى يعتبر من الدرجة الأولى، وان التقاء رافدين من المرتبة الأولى يكونان رافد من المرتبة الثانية، وهكذا في باقي الرتب الأعلى ، وان دخول رافد من مرتبة اقل على رافد من مرتبة أعلى لا يؤثر على ترتيب المرتبة الأعلى. وقد بلغ عدد الرتب في الحوض 6 رتب بينما بلغ مجموع المجاري للمراتب كافة في حوض غان 711 مجرى وكانت حصة المرتبة الأولى منها 537 مجرى وبنسبة 75.5% في حين تسجل المرتبة الثانية نحو136 مجرى وبنسبة 19.13 % ، ونحو 29 مجرى في المرتبة الثالثة. أما المرتبة الرابعة فبلغت 7 مجاري، والخامسة 1 مجرى ، ويلاحظ أن أعداد المجاري تتناقص بسرعة مع زيادة الرتبة، وهذا ما يتوافق مع ما ذكره (Horton1945) في قانونه المتعلق بعدد المجاري المائية (أبو العنين، 1999).



شكل5 :المراتب النهرية في حوض وادي غان(المصدر: الباحث اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي وبرنامج Arc GIS)

2. أطوال المجاري Stream Length

يبلغ مجموع أطوال مجاري الشبكة المائية في حوض وادي غان 836.36 كم، وتتباين أطوالها حسب المراتب كما مبين بالجدول 4 ، فتسجل أطوال المجاري في المرتبة الأولى نحو 414.87 كم، وبنسبة 49.6 % من مجموع أطوال الشبكة المائية في الحوض، في حين يصل مجموع أطوال مجاري الشبكة المائية في المرتبة الثانية نحو 212.12 كم وبنسبة 25.36 %، وتسجل أطوال المجاري في المرتبة الثالثة نحو 114.79 كم وبنسبة 13.72 % أما مجموع أطوال مجاري

المرتبة الرابعة فتبلغ 49.44 كم وبنسبة5.91 % ونحو 23.25 كم للمرتبة الخامسة بنسبة 2.78 % ، وأخيرا سجلت أطوال المجاري في المرتبة السادسة 21.98 كم وبنسبة2.62% من مجموع أطوال الشبكة المائية في الحوض.

الجدول 4: أطوال المجاري للشبكة المائية لحوض غان

الرتبة	متوسط أطوال المجاري كم	مجموع أطوال المجاري كم	نسبة أطوال المجاري (%)
1	0.77	414.87	49.60
2	1.56	212.12	25.36
3	3.96	114.79	13.72
4	7.06	49.44	5.91
5	23.25	23.25	2.78
6	21.89	21.89	2.62
المجموع		836.36	100

3. نسبة التشعب للمجاري Bifurcation Ratio

هي العلاقة بين عدد المجاري في كل مرتبتين متتاليتين (الدليمي، 2000) . و تتحكم نسبة التشعب في معدل التصريف حيث توجد علاقة عكسية بين نسبة التشعب وخطر الفيضان، إذ أنه كلما قلت نسبة التشعب في الأحواض تقل كثافة التصريف وبالتالي فإن المياه تتجمع في مجاري قليلة ومحدودة فتعطي جرياناً سطحياً سريعاً مما يسمح بحدوث خطر الفيضان، أما إذا زادت نسبة التشعب في الأحواض فإن كثافة التصريف تزيد مما يؤدي إلى توزع المياه على عدد أكبر من المجاري فتصل إلى المجرى الرئيسي وهي متشتتة وبالتالي يقل خطر فيضانها. وتحسب نسبة التشعب كالتالي :

$$R = Nu/ Nu+1$$

حيث أن R = نسبة التشعب ، Nu = عدد مجاري رتبة ما ، Nu + 1 = عدد مجاري الرتبة التي تليها

و بناء على المعادلة السابقة فان نسبة التشعب لرتب المجاري الستة في الحوض المدروس كانت تتراوح بين 3.9 و 7 كما مبين بالجدول(5) أما معدل نسبة التشعب فكانت بقيمة 4.11

الجدول5 : معدل نسبة التشعب للمجاري المائية

رتب المجاري	عدد المجاري المائية	%	نسبة التشعب	عدد المجاري المائية لكل رتبتين	النسبة X عدد المجاري
1	537	75.53	3.95	673	2657.36
2	136	19.13	4.69	165	773.79
3	29	4.08	4.14	36	149.14
4	7	0.98	7.00	8	56.00
5	1	0.14	1.00	2	2.00
6	1	0.14	---	---	---
	711	100.00	20.8	884	3638.30
			معدل نسبة التشعب = $\frac{3638.30}{884}$ = **4.11**		

4. كثافة التصريف Drainage Density

وهي النسبة بين مجموع أطوال المجاري النهرية والمساحة الكلية للحوض، وتم الحصول على قيمة الكثافة التصريفية من خلال المعادلة التالية التي وضعها Horton (1932)

$$Dd = L/A$$

حيث أن Dd = كثافة التصريف ، L = مجموع أطوال المجاري (كم) ، A = مساحة الحوض (كم^2)

وقد كانت الكثافة التصريفية لحوض وادي غان 1.29 (أنظر جدول 6) وتعتبر هذه القيمة منخفضة جدا حسب تصنيف Strahler(1964) حيث صنفها حسب قيم الكثافة التصريفية إلى ثلاث فئات هي: أقل من 12 (منخفضة) ، ومن 12-16 (متوسطة، و) أكبر من 16 (مرتفعة).

5. تكرار المجاري (التكرار النهري) Stream Frequency

تسمى أيضا بكثافة التصريف العددية ويعبر عنها بالعلاقة النسبية بين عدد المجاري النهرية ومساحة الحوض، وعليه فان زيادة عدد المجاري يزيد من الكثافة التصريفية المائية، وبالتالي يزيد نشاط عمليات التعرية، وقد تم استخراج معامل تكرار المجاري لحوض وادي غان بتطبيق المعادلة التي اقترحها Horton (1945):

$$DF = N/A$$

حيث أن DF = تكرار المجاري ، N = عدد مجاري الحوض، A = مساحة الحوض (كم^2)

وتشير القيم المرتفعة لتكرارية المجاري إلى إمكانية عالية لتجميع المياه داخل حوض التصريف مما يسبب حدوث جريان سطحي بصورة أكبر، وتنخفض تكرارية المجاري في الأحواض كبيرة المساحة والعكس صحيح للأحواض صغيرة المساحة. وقد بلغت قيمة تكرار المجاري لحوض وادي غان 1.1 مجرى/كم^2 ، وتعد هذه القيمة موافقة لما ذكره علي (2008) عن Schumm أن أودية المناطق الجافة تتسم بانخفاض تكرارية مجاريها حيث تتراوح ما بين 0.1 – 1 مجرى / كم^2.

الجدول6 : خصائص الشبكة المائية لحوض غان

	عدد المراتب	عدد المجاري	المجموع الكلي لأطوال المجاري	معدل نسبة التشعب	كثافة التصريف	تكرار المجاري
القيمة	6	711	836.36	4.11	1.29	1.1

النتائـــــج

يمكن إجمال أبرز نتائج الدراسة في الآتي:

1. إنشاء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض وادي غان بواسطة نظم المعلومات الجغرافية وباستخدام بيانات نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة 30 م.
2. استخلاص القياسات المورفومترية المساحية والشكلية والتضاريسية وخصائص الشبكة المائية لحوض وادي غان بدقة وبسرعة اعتمادا على نظم المعلومات الجغرافية .
3. يعتبر حوض وادي غان صغير نسبياً حيث بلغت مساحته 646.6 كم^2 و يميل الحوض إلى الاستطالة أكثر من الاستدارة، حيث سجل معامل الاستدارة للحوض 0.37، ومعامل الاستطالة 0.83.

4. يعتبر الحوض قطع شوطا في دورته التحاتية فقد بلغ فارق الارتفاع بين أعلى واقل منسوب 637 متر حيث أعلى منسوب في الحوض سجل 938 متر وأدنى منسوب سجل 301 متر كما سجلت نسبة التضرس في الحوض قيمة 18.37 وهى نسبة مرتفعة تدل على التضرس العالي للحوض و نشاط عملية الحت به كما يشير التحليل الهبسومتري الذي سجل قيمة 43.5 % إلى أن الحوض في مرحلة النضج الجيومورفولوجي حسب تصنيف Strahler.
5. ينتهي حوض وادي غان بالرتبة النهرية السادسة حسب تصنيف Strahler (1957) وبلغ مجموع عدد المجاري 711 مجري، بطول 836.36 كم ، بينما سجل معدل نسبة التشعب في الحوض 4.11 ،أي أنها في الحدود الطبيعية الذي حددها Strahler.

التوصيات :

1. استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية ونماذج المرتفعات الرقمية في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف النهري.
2. إجراء دراسات مقارنة بين نماذج الارتفاعات الرقمية المختلفة و تحديد دقة الخصائص المورفومترية المستخلصة منها.

المراجع

أولا: المراجع العربية

1. أبو العينين، حسن سيد احمد ، حوض وادي دبيا في دولة الإمارات العربية المتحدة، جامعة الكويت، الكويت ، 1999
2. أبوالشواشي، نادية يخلف (2003) التحليل الجيومورفولوجي لحوض وادي المجنين "دراسة في أشكال سطح الأرض " رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة السابع من ابريل.
3. الودعاني، ادريس (2014) مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غرب المملكة العربية السعودية "منظور جيومورفولوجي". مجلة جامعة جازان، المملكة العربية السعودية، 1(3) :90-15.
4. الدليمي، خلف حسين (2009)التضاريس الأرضية دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية، ط1 ،دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.
5. أبو حصيرة، يحيى محمود (2013) تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض نهر العوجاء – فلسطين، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية ، غزة، فلسطين.
6. بدر، هدى هاشم: (2012) التحليل المورفومتري الكمي لحوض وادي المر وتقييم نوعية المياه الجارية فيه، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، م28 ،ع1 :39 – 52
7. الدليمي، خلف حسين: (2000) الجيومورفولوجية التطبيقية علم شكل الأرض التطبيقي، ط1 ،دار الأهلية للنشر والتوزيع، عمان.
8. أبورية، أحمد محمد: (2007) المنطقة الممتدة فيما بين القصير ومرسى أم غيج، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
9. علي، متولي عبد الصمد عبد العزيز (2008)الأودية في قطاع الساحل السعودي الجنوبي الغربي "دراسة تحليلية". المجلة الجغرافية العربية، 52 :1-45.

10. سلامة، حسن رمضان (2004)أصول الجيومورفولوجيا،ط3 ،دار المسيرة، عمان، الأردن
11. محمد علي العرفي، المصاطب النهرية ببعض أودية الجبل الأخضر، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الإسكندرية،كلية الآداب، قسم الجغرافيا، 1997
12. امحمد عياد امقيلي، المناخ، في الجماهيرية دراسة في الجغرافيا ، تحرير الهادي أبولقمة وسعد الجزيري، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، سرت، 1995
13. تراب، محمد مجدي (1997) التطور الجيمورفولوجي لحوض وادي قصيب بالنطاق الشرقي من جنوب شبه جزيرة سيناء، مجلة الجمعية الجغرافية المصرية، 30 (12) : 269 -285.

ثانيا: المراجع الأجنبية

1. Nikhil Raj, P. Azeez, P. (2012), Morphometric Analysis of a Tropical Medium River System: A Case From Bharathapuzha River Southern India, Open Journal of Modern Hydrology, 2, 91-98.
2. Schumm, S. A. (1956) Evolution of Drainage Systems and Slopes in Bad Lands at Perth Amboy. New Jersey, Geol. Soc. America Bull, 67: 597- 646.
3. Horton, R. E. (1945) Erosinal development of streams and their drainage basins Hydrophysical approach to quantitative morphology, Geol. Soc. America Bull., 56: 275- 370
4. Horton, R.E. 1932. Drainage basin characteristics, Transactions, American Geophysical Union, 13, 350-61.
5. Zovoianu, I., (1985) Morphometry of Drainage Basins, Elsevier, New York.
6. Abdulla, H. (2011), Morphometric parameters study for the lower part of lesser zap using GIS technique, Earth Science Department, College of Science, University of Baghdad, Iraq, 7, (2): 127-155.
7. Miller, V.C. 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Columbia University, Department of Geology, Technical Report, No.3, Contract N6 ONR 271-300, Network", Handbook of Applied Hydrology, pp 39-76.
8. Pareta, K . Pareta, U . (2011), Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS, International Journal of Geomatics and Geosciences, 2 , I(1) : 248- 269.
9. Oguchi, T.,& Lin, Z., (2004) Drainage density, slope angle, and relative basin position in Japanese bare lands from high-resolution DEMs, Geomorphology,63 : 159-173.

10. Melton, M. A., (1959) A derivation of strahler's channel – ordering system, Jour. Geology, 67: 345- 346.
11. Strahler, A. N., (1952) Hypsometric (Area – Altitude) Analysis of Erosinal Topography, Bulletin of the Geological Society of America, 63: 1117 – 1142
12. Strahler, A. N., (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology, Transactions American Geophysical Union, 38 (6): 913- 920.
13. Strahler, A.N . (1964), Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Network, Handbook of Applied Hydrology : 39-76.