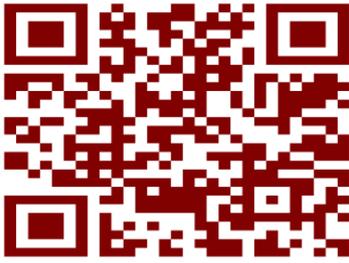


التباين المكاني لتحليل الهيسومتري في حوض وادي نيرة

هوزان صادق مولود*



* قسم الجغرافية، كلية الأداب، جامعة صلاح الدين- أربيل
hozan.mawlood@su.edu.krd

2023/07/16 الاستلام
2023/08/17 القبول
2024/02/15 النشر

الكلمات المفتاحية:

المنحنى الهيسومتري،
التكامل الهيسومتري،
الأحواض النهرية،
التحليل الإحصائي.

ملخص

يعد التحليل الهيسومتري (تحليل المساحة- الارتفاع) لأحواض الصرف وسيلة فعالة لقياس نسبة المواد تحت السطحية المتبقية في الأحواض النهرية وإبراز تأثير عوامل تسوية المنحدرات فيها. تهدف هذه الدراسة إلى إبراز التباين المكاني لقيم المنحنى والتكامل الهيسومتريين في حوض نيرة وأحواضها الفرعية والكشف عن علاقة الارتباط ودرجة التأثير بين القيم والعوامل المؤثرة عليها، وتكمن أهمية الدراسة في أنها تناقش نتائج تطبيق المعادلات الرياضية لإستخراج قيم التحليل الهيسومتري التي تشير إلى نسب كتل اليابسة المتبقية والخصائص التضاريسية العامة للحوض ومدى تأثرها بعوامل التعرية، واستخرجت النتائج بالنسب المئوية مدعومة بالأشكال البيانية، خلصت الدراسة إلى أن حوض وادي نيرة كان في المرحلة المتأخرة من الدورة التعرية، وأن أكثر من ثلثي الكتل الصخرية أزيلت في الحوض، حيث بلغت قيم تكامله الهيسومتري 0.32%، وأن الفئة الشائعة للتكامل الهيسومتري هي 0.35-0.6%، إذ تراوحت قيم 21 حوضاً من الأحواض الفرعية بين 0.34-0.58%، وأظهرت الدراسة أن الخصائص التضاريسية هي من أكثر الخصائص تأثيراً على التباين المكاني لقيم التحليل الهيسومتري وان أفضل نموذج يمكن أن يفسر تلك التباينات هو النموذج الذي يتكون من متغيرات معدل الارتفاع، التضرس النسبي، متوسط الإنحدار ومؤشر التقطع.

About the Journal

ZANCO Journal of Humanity Sciences (ZJHS) is an international, multi-disciplinary, peer-reviewed, double-blind and open-access journal that enhances research in all fields of basic and applied sciences through the publication of high-quality articles that describe significant and novel works; and advance knowledge in a diversity of scientific fields.

<https://zancojournal.su.edu.krd/index.php/JAHS/about>

1. المقدمة

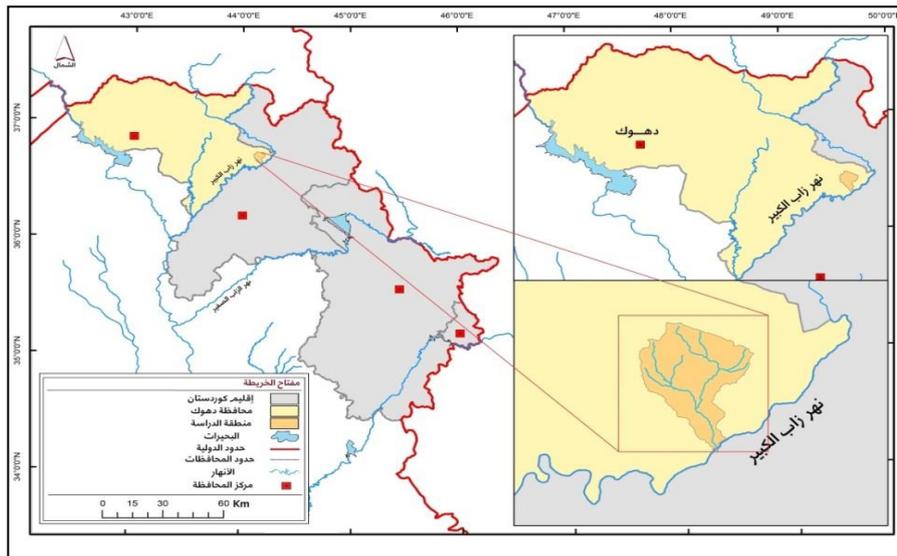
يعد التحليل الهيسومتري أحد الوسائل المستخدمة في دراسة تسوية الأشكال الأرضية ضمن الأحواض النهرية ونسب المواد المزالة فيها، وهو من الأدوات الناجحة للقياسات الكمية السريعة للتضاريس (Marchi et al, 2015, p. 317)، ومع تطور وسائل البحث ولاسيما في مجال البرامج الحاسوبية يمكن تحويل قيم المعادلات الإحصائية إلى خرائط توضح التباين المكاني للقيم والذي هو إحدى الجوانب المهمة في دراسة التحليل الهيسومتري.

يتضمن التحليل الهيسومتري تحليلين أساسيين وهما المنحنى الهيسومتري والتكامل الهيسومتري، أما المنحنى الهيسومتري فيربط مساحة المقطع العرضي لحوض الصرف بالإرتفاع النسبي فوق مصبه (Strahler, 1952, p.1117)، والذي تم تصميمه كمقياس (النسبة المئوية) لحجم المواد تحت السطحية في أحواض الصرف (Chorley and Morley, 1959, p. 566)، في حين يمثل التكامل الهيسومتري النسبة المئوية للمساحة الواقعة تحت المنحنى الهيسومتري إلى مساحة المربع بأكمله (Strahler, 1121).

يستدل من نتائج قيم المنحنى والتكامل الهيسومترين على مدى وعورة سطح الأرض ودرجة تقطعها، ومع تطور البرامج الحاسوبية مثل نظم المعلومات الجغرافية وتنوع البيانات الرقمية لاسيما نموذج التضريس الرقمي أصبح المنحنى والتكامل الهيسومترين أكثر استخداماً في الجيومورفولوجيا إذ يتم تطبيقهما للتعرف على نسب المواد المزالة في مجموع الكتلة اليابسة في أحواض الصرف على سبيل المثال لا الحصر.

2- منطقة الدراسة

يقع حوض وادي نيرة ضمن الحدود الإدارية لقضاء آكري التابع لمحافظة دهوك، بين دائرتي العرض (36 37 50° و 36 44 30°) شمالاً وبين خطي الطول (44 06 30° و 44 13 00°) شرقاً، وتبلغ مساحته 60.30 كم²، قُسمت منطقة الدراسة إلى 36 حوضاً فرعياً، وتراوحت مساحاتها بين 0.26-4.02 كم²، وبلغ إجمالي مساحتها 47.09 كم² بنسبة بلغت 78.09% من مجموع مساحة منطقة الدراسة، والمساحة الباقية تمثل المساحة المتبقية والتي تقع في جانبي حوض وادي نيرة ولا تشكل حوضاً. تبدأ مجاري العليا للأحواض الفرعية بالجريان في أعالي جبل بيرات وتصب كلها في نهر الزاب الكبير في جهته الغربية. من الناحية التضاريسية؛ تتميز منطقة الدراسة بتضاريسها المتنوعة بين الجبال والأراضي المتقطعة والسهول، إذ يتراوح إرتفاعها بين 384-1640 متراً فوق مستوى سطح البحر، وبمعدل بلغ 789.3 متراً، يقع منسوب أعلى نقطة في الحوض في جبل بيرات، أقصى شمال شرق منطقة الدراسة، بينما يمثل مصب الوادي جنوباً أدنى نقاطها ارتفاعاً، وعلى هذا فإن الإتجاه العام للمنطقة يكون من الجنوب نحو الشمال والشمال الشرق (الخارطة 1) و(الجدول 1).



(الخارطة 1) موقع منطقة الدراسة بالنسبة لإقليم كردستان ومحافظة دهوك

مصدر- من عمل الباحث باستخدام الخريطة الادارية لمحافظة كردستان، تم الحصول عليها من موقع (<https://krso.gov.krd/ku/map>) بتاريخ 2022/4/23.

3- هدف الدراسة**الهدف المتوخى من الدراسة تحقيق ما يلي:**

- أ- إبراز التباين المكاني لقيم المنحنى والتكامل الهيسومتريين في حوض نيرة وأحواضها الفرعية.
- ب- الكشف عن علاقة الارتباط ودرجة التأثير بين قيم التحليل الهيسومتري والعوامل المؤثرة عليها.

4- البيانات وطرق العمل

تم استخراج قيم تحليلي التكامل والمنحنى الهيسومتريين باستخدام نمذجة التضرس الرقمية ذات الدقة التمييزية 12.5 م من نوع (Sentinel-1) وتم الحصول عليه من موقع (<https://asf.alaska.edu>)، ومن قائمة صندوق الأدوات في برنامج (ArcGIS) في صندوق (Spatial analysis) الرئيسي ضمن صندوق الهيدرولوجي الفرعي وتم تقسيم حوض وادي نيرة إلى أحواضها الفرعية، ثم بغية استخراج قيم التكامل الهيسومتري باستخدام نمذجة التضرس الرقمية ضمن صندوق (Zonal statistics) الفرعي الموجود في صندوق (Spatial analysis) الرئيسي أضيف أعلى وأدنى خانة الارتفاع ومتوسطهما إلى كل حوض من الأحواض، وباستخدام أداة (Map Algebra) طبقت (معادلة 1) على الأحواض كلا على حدة، أما بالنسبة لحساب قيم المنحنى الهيسومتري، فتم عن طريق قطع قيم الارتفاع من نموذج الارتفاعات الرقمية لكل حوض من الأحواض ومن ثم تصنيفها إلى عدة أصناف الارتفاع باستخدام أداة (Reclassify) في صندوق (Reclass) الفرعي ضمن صندوق (Spatial Analyst) الرئيسي، ثم استخراج مساحة كل صنف من الأصناف وتوظيفها لإستخراج قيم المنحنى الهيسومتري للأحواض بتطبيق (معادلة 2) عليهما، ثم بعد ذلك صُنفت قيم التكامل والمنحنى الهيسومتريين إلى ثلاثة أصناف (Strahler, 1952, p. 1130)، تراوحت قيم الصنف الأول بين 0-35 والصنف الثاني بين 35-60 والصنف الثالث من 60 فأكثر، وكانت منهجية التحليل ومناقشة النتائج كالآتي:

- بغية التعرف على التوزيع المكاني لقيم المنحنى والتكامل الهيسومتريين تم تقسم منطقة الدراسة إلى أحواضها الفرعية.
- تطبيق أداة الإنحدار الإستكشافي لكشف أحسن نموذج لتفسير التباين المكاني لقيم التكامل الهيسومتري.
- تم حساب معامل الارتباط وتحديد درجة التأثير بين قيم المنحنى والتكامل الهيسومتريين وقيم الخصائص المؤثرة عليهما ولاسيما المتغيرات المورفومترية وخصائص الارتفاع (الجدول 2).

5- التحليل الهيسومتري للأحواض الفرعية**أ/ التكامل الهيسومتري**

يعد التكامل الهيسومتري أحد الدلالات الجيومورفية لوصف ارتفاع أحواض الصرف ومدى تأثيرها بعمليات التعرية. وهو يمثل نسبة مئوية لكتلة حوض الصرف المتبقي فوق المستوى الأساس (Schumm, 1956, p. 614) ويانياً يعبر عنه بالنسبة المئوية التي تقع تحت خط المنحنى الهيسومتري (Perez-Pena, J., et al., 2009, p. 2)، وهو على علاقة ارتباط سالبة مع ارتفاع الأحواض، نسبة التضرس، التضاريس النسبية، درجة الوعورة وكثافة الصرف (مولود، 2022، ص71)، وتشير قيم التكامل الهيسومتري المرتفعة إلى أن الأحواض لاتزال في بداية مراحل الدورة التحاتية وأنها ذات سطوح متضرسة. غالباً، تتراوح قيم التكامل بين 0.15-0.85، مع قيم تتجه نحو التجمُّع وتتراوح بين 0.40-0.60 (Pike and Wilson, 1971, p.1079)، ويعبر عنه بنسبة إرتفاع- تضاريس (elevation- relief) وفق المعادلة الآتية (Pike and Wilson, 1971):

$$HI = \frac{H_m - H_{min}}{H_{max} - H_{min}} \quad (1)$$

إذ إن:

H_m = معدل الارتفاع (م)،

H_{min} = أدنى ارتفاع (م)،

H_{max} = أقصى ارتفاع (م).

ب/ المنحنى الهيسومتري

نسبة المنحنى الهيبسومتري (منحنى مساحة - ارتفاع) هو المنحنى الذي يربط مساحة المقطع العرضي لحوض الصرف بالارتفاع النسبي فوق مصب الحوض (Strahler, 1952, p. 1117)، وهو عبارة عن تمثيل بياني لتوزيع مساحة الأحواض المائية وارتفاعاتها، ويتم إستخراجه عن طريق حساب المساحة الواقعة بين خط كنتور معين إلى محيط الحوض (a) و(h) والذي هو إرتفاع خط كنتور مختار فوق الإرتفاع الأساس (Base elevation) عند المصب نسبةً إلى المساحة الكلية للحوض (A) والإرتفاع الإجمالي له (H) ويتم إستخراجه عن طريق طرح قيم أدنى إرتفاع عن قيم أقصى الإرتفاع للحوض (Keller and pinter, 2002, p. 122; Marchi et al., 2015). وعادة ما يتم رسم المنحنى بوضع قيم المساحة الحوض النسبية في المحور الأفقي وقيم إرتفاعه النسبي في المحور العمودي، ويستخرج حسب المعادلة الآتية (Strahler, 1952):

$$Rh = h / H, Ra = a / A \quad (2)$$

إذ إن:

Rh, Ra = الارتفاع النسبي والمساحة النسبية على التوالي،

h = ارتفاع خط كنتور المختار،

H = إجمالي تضاريس الحوض (الفرق بين أعلى وأدنى نقطة الإرتفاع في الحوض (متر))،

a = المساحة المحصورة بين خط كنتور المختار ومحيط الحوض،

A = مساحة الحوض الإجمالية.

6- النتائج والمناقشة

تم إستخراج قيم التحليل الهيبسومتري للأحواض الصرف من خلال إشتقاق خصائص الإرتفاع والمساحة من نموذج الإرتفاعات الرقمية ذات دقة تمييزية 12.5 م وتزويد طبقة الأحواض الفرعية بها، ثم توظيفها في (المعادلة 2و1)، ويمكن عرض نتائج المعادلتين ومناقشتها في الخطوات التالية:

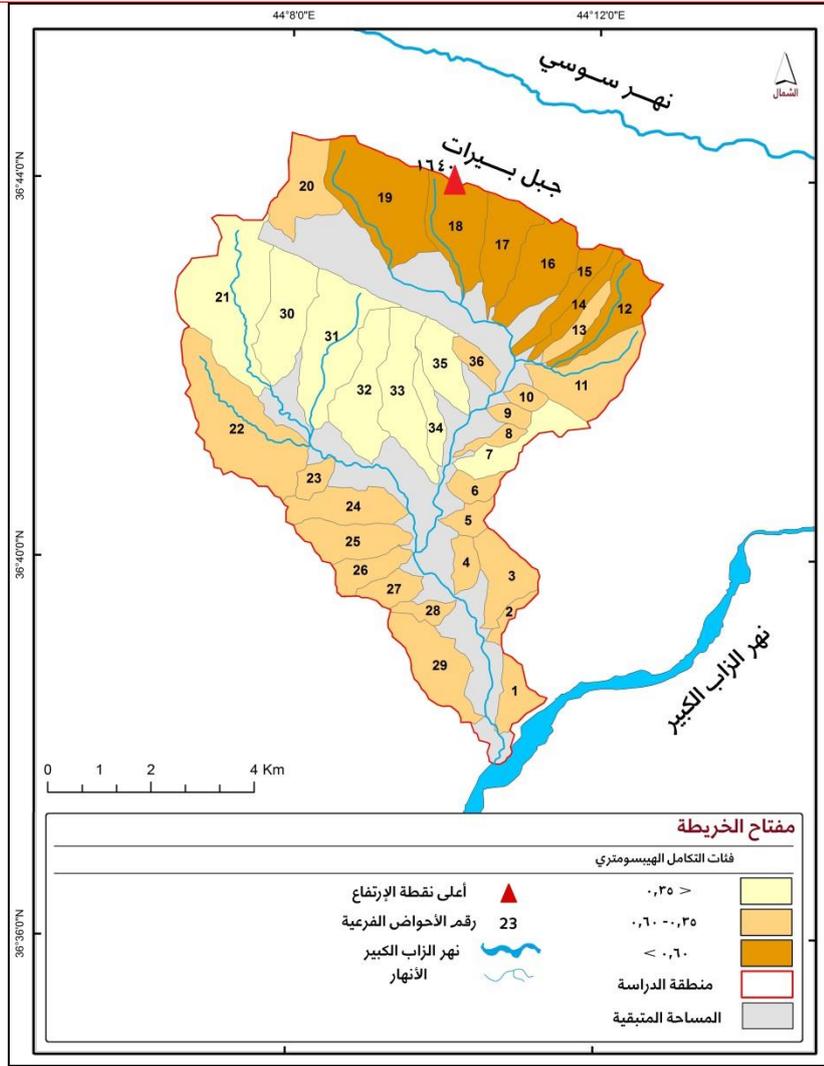
أ- نتائج التحليل الهيبسومتري

أظهرت نتائج قيم التحليل الهيبسومتري للأحواض الفرعية لحوض وادي نيرة تبايناً واضحاً (الجدول 1) و(الشكل 1)، إذ بلغت قيم التحليل الهيبسومتري لحوض الوادي 0.32 وهي في المرحلة الحتية المتأخرة، ونسبة الكتلة المزالة في الحوض تكون في حدود 0.68%، وتباينت قيم الأحواض الفرعية عن بعضها بعضاً إذ تراوحت قيم التحليل بين 0.23-0.73، إذ كانت القيم في أحواض رقم 12-20 والتي تضمنتها الأجزاء الشمالية الشرقية ولاسيماً جبل بيرات 0.73، 0.58، 0.63، 0.69، 0.72، 0.67، 0.67، 0.59 و 0.42 على التوالي بمتوسط بلغ 0.63، وقلت قيم التحليل عند أقدام جبل بيرات ولاسيماً في الأجزاء الوسطى لحوض الوادي، إذ بلغت قيم أحواض رقم 30-36 0.31، 0.23، 0.24، 0.29، 0.32 و 0.45 بمتوسط بلغ 0.31، في حين كانت قيم التحليل في الأحواض التي تقع في خط تقسيم المياه متوسطة، إذ تراوحت القيم في أحواض رقم 1-11 و 21-29 بين 0.31-0.55 بمتوسط بلغ 0.45، وتوافقت هذه النتائج مع نتائج دراسة (Hurtrez et al., 1999, p. 12788) إذ أخذ المنحنى الهيبسومتري للأحواض الفرعية في منطقة الدراسة شكلاً محدباً في المناطق المرتفعة، بينما كان شكل منحنى الأحواض مقعراً في المناطق المنخفضة وذات الإندارات الخفيفة كما في الأجزاء الوسطى لحوض الوادي.

(الجدول 1) قيم التكامل الهيبسومتري للأحواض الفرعية لمنطقة الدراسة

الأحواض	معدل الأرتفاع	أدنى الإرتفاع	أعلى الإرتفاع	التكامل الهيبسومتري	المرحلة الحتية
1	415.62	390	439	0.52	المتوازنة
2	454.46	416	511	0.40	المتوازنة
3	479.07	421	552	0.44	المتوازنة

المتوازنة	0.55	520	431	480.12	4
المتوازنة	0.43	555	462	502.72	5
المتوازنة	0.43	556	474	509.67	6
المتأخرة	0.31	1097	490	678.77	7
المتوازنة	0.42	672	494	569.74	8
المتوازنة	0.43	755	521	621.75	9
المتوازنة	0.45	954	556	738.92	10
المتوازنة	0.49	1410	681	1039.09	11
المتقدمة	0.73	1559	725	1336.87	12
المتوازنة	0.59	1457	709	1157.34	13
المتقدمة	0.63	1551	667	1224.36	14
المتقدمة	0.69	1511	604	1234.76	15
المتقدمة	0.72	1543	690	1308.41	16
المتقدمة	0.67	1614	761	1333.93	17
المتقدمة	0.67	1460	818	1373.16	18
المتوازنة	0.60	1625	886	1328.5	19
المتوازنة	0.42	1549	978	1223.24	20
المتأخرة	0.34	1086	534	727.08	21
المتوازنة	0.42	679	498	575.64	22
المتوازنة	0.51	587	488	538.53	23
المتوازنة	0.44	635	456	535.44	24
المتوازنة	0.54	624	449	544.38	25
المتوازنة	0.50	620	445	532.88	26
المتوازنة	0.54	572	442	513.38	27
المتوازنة	0.46	559	430	490.14	28
المتوازنة	0.38	554	395	456.86	29
المتأخرة	0.3٤	1086	530	727.04	30
المتأخرة	0.31	1104	506	692.52	31
المتأخرة	0.23	966	473	589.72	32
المتأخرة	0.24	1022	479	612.72	33
المتأخرة	0.29	701	487	550.05	34
المتأخرة	0.32	1023	520	683.61	35
المتوازنة	0.45	913	548	713.85	36
المتأخرة	0.32	1640	384	789.3	الحوض الرئيسي



(الخريطة 2) الأحواض الفرعية لمنطقة الدراسة وقيم تكاملها الهيسومتری

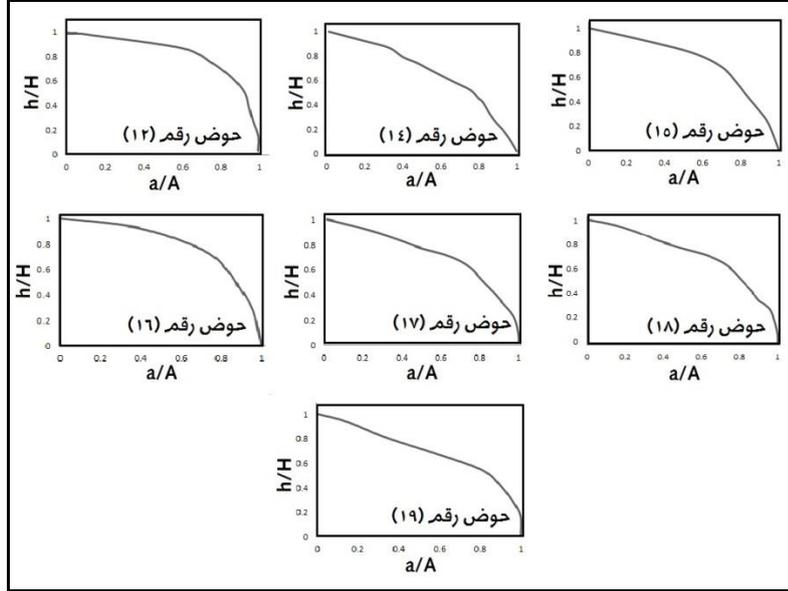
ب- تصنيف قيم التحليل الهيسومتری ودلالاتها

يرمز شكل المنحنى الهيسومتری وقيم التكامل الهيسومتری إلى كل من الإرتفاع الإجمالي لأحواض الصرف ومدى إزالة المكونات الصخرية فيها، حسب نتائج التحليل الهيسومتری لحوض وادي نيرة وأحواضه الفرعية (الجدول 1) و(الأشكال 1، 2 و3) أخذ شكل المنحنى في الوحدة الجبلية والمناطق الوعرة ولاسيما في جبل بيرات شكلاً محدباً ومال الشكل إلى الشكل المعقر في المناطق السهلية وذات إنحدارات منبسطة، في حين كان شكل الحرف (S) هو الشكل البارز لأحواض المناطق المتقطعة والربوات، ويمكن تقسيم الأحواض الفرعية لحوض وادي نيرة وفق قيم تحليلها الهيسومتری إلى الفئات الآتية (Strahler, 1952, p.1130):

1- القيم المرتفعة

تزداد قيم التكامل في هذه الفئة من 0.6%، والمنحنى الذي تمثله تلك القيمة يأخذ شكلاً محدباً نحو الأعلى، وترمز قيم التكامل الهيسومتری إلى إلترافع والإنحدار الكبيرين، وتكون إزالة المكونات الصخرية بفعل المياه الجاري في الأحواض لا تزال في بدايتها، ظهرت قيم 0.6% فأكثر في جبل بيرات بشكل جلي، إذ ازدادت قيم التكامل في 7 أحواض من أصل 10 أحواض من 0.60%، إذ تراوحت قيم تكاملها الهيسومتری بين 0.60-0.73 بمتوسط بلغ 0.67%، بلغت مساحة الأحواض التي كانت قيم تكاملها أكثر من 0.60 نحو 11.65 كم² بنسبة 19.32% من مجموع المساحة الكلية للأحواض الفرعية، وتبين من (الشكل 1) أن شكل المنحنى لهذه الأحواض أخذ شكلاً محدباً، وهو إشارة إلى إرتفاعها ووعورتها، ويحتمل تعرضها لدرجات التعرية الشديدة لو لم يأخذ حالة الغطاء النباتي فيها في الإعتبار.

إن إرتفاع قيم التحليل الهيسومري للأحواض المذكورة يرجع بدرجة أساس إلى وقوعها في الوحدة الجبلية المتمثلة بجبل بيرات، وهى عبارة عن منطقة وعرة ومرتفعة ولا يقل معدل منسوب الإرتفاع ومتوسط درجة الوعورة للأحواض فيها عن 1255.9 م و 6.03 م/ 2م على التوالي، بالإضافة إلى كونها ذات طبقات صخرية متوسطة إلى شديدة الصلابة.

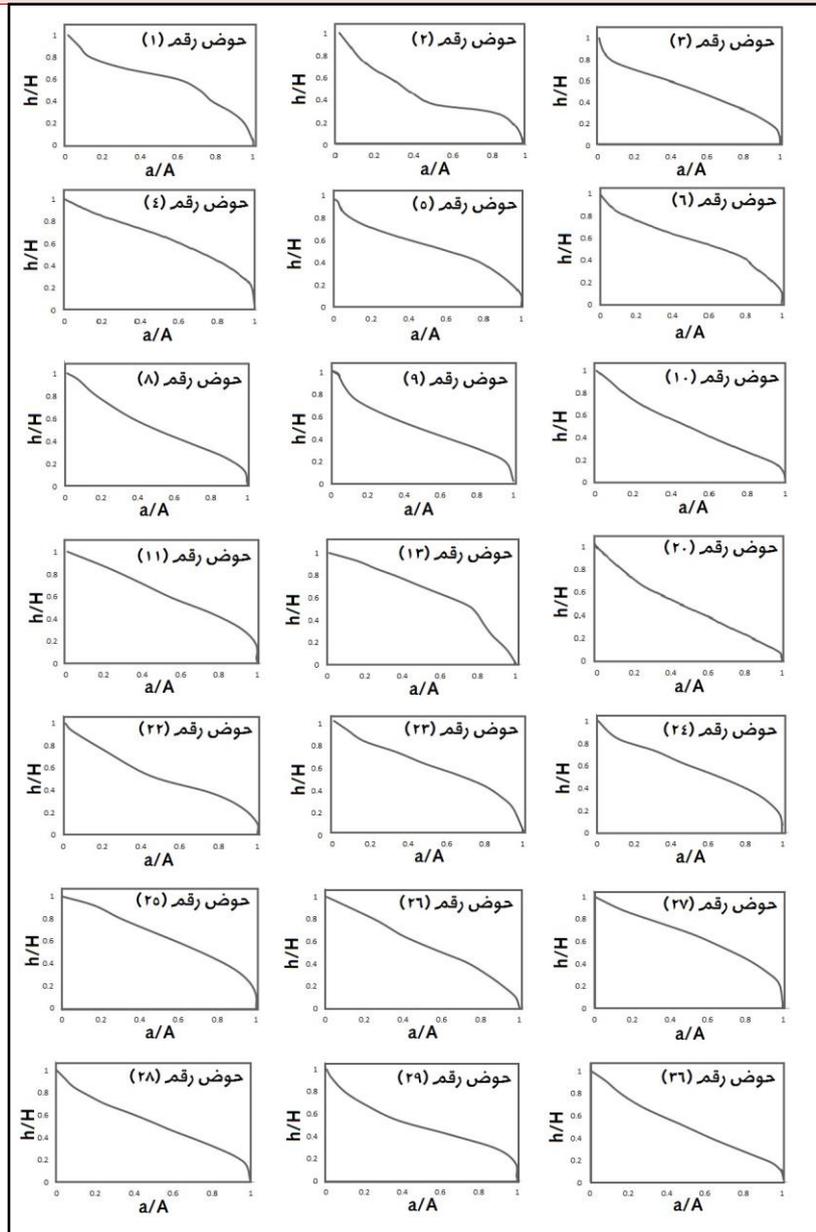


(الشكل 1) المنحنى الهيسومري المحذب لأحواض (12، 14، 19)

٢- القيم المتوسطة

تراوحت قيم التكامل في الأحواض التي تندرج ضمن هذه الفئة بين 0.35-0.6، وكان شكل المنحنى على شكل حرف (S) الإنجليزي، عموماً فإن الأحواض التي شملتها هذه الفئة تظهر فيها عمليات التعرية والترسيب وإن كان على نسبٍ متباينة، تقع الأحواض التي لها قيم التكامل 0.35-0.60 في جانبي الوادي الرئيسي لحوض وادي نيرة، وبلغت أعدادها 21 حوضاً من أصل 36 حوضاً، وبمساحة بلغت 19.66 كم² بنسبة 32.6% من إجمالي مساحة الأحواض الفرعية لحوض وادي نيرة.

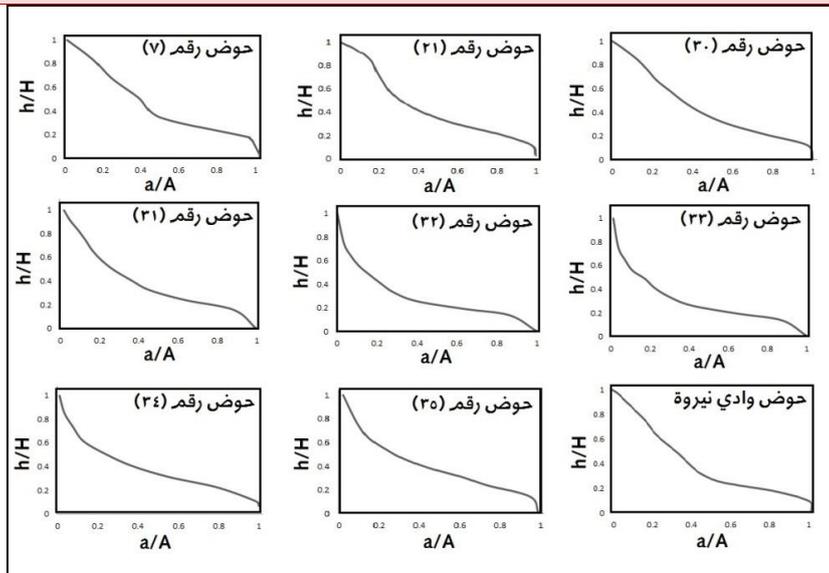
تقع الاحواض التي لها القيم المتوسطة في جانبي الوادي الرئيسي لحوض وادي نيرة، إذ تكون مناطقها العليا متاخمة للأحواض المجاورة ويفصل خط تقسيم المياه بينهما، تمتاز اسطح الاحواض بإعتدالها نسبياً، إذ لا يتجاوز معدل إرتفاعها 656.5 م، وبلغ متوسط فرق الارتفاع بين أعلى وأدنى المناسيب فيها 260.3 م.



(الشكل 2) شكل الحرف (S) الإنجليزي لأحواض رقم 1-6، 8-11، 13، 20، 22-29 و36

٣- القيم المنخفضة

تقل قيم هذه الفئة عن 0.35%، والأحواض التي تقل قيم تكاملها الهيسومترتي عن 0.35% وتسم بإعتدال أراضيها وقلّة متوسط إرتفاعها، وتظهر فيها الظواهر الترسيبية بوضوح، تقع الأحواض التي تندرج ضمن فئة القيم المنخفضة في أقدام جبل بيرات في الأجزاء الوسطى لحوض الوداي، وتركز تعقر المنحنى في الأجزاء الوسطى لمنحنى حوضي وادي نيرة وحوض رقم (7)، ويشير هذا إلى إنسباط المناطق الوسطى لهذين الحوضين وقلّة إرتفاعها نتيجة تأثرها بالتعرية المائية، وبلغت مساحتها 15.77 كم² بنسبة بلغت 26.15% من مجموع مساحة الأحواض الفرعية.



(الشكل 3) الشكل المقعر للمنحنى الهيسومتري في أحواض رقم 7، 21، 30-35 وحوض وادي نيرة

ت- التحليل الإحصائي لقيم التحليل الهيسومتري

بغية الكشف عن علاقة الارتباط بين قيم التحليل الهيسومتري والعوامل المؤثرة عليها وتحديد درجة التأثير (معامل التأثير) تلك العوامل من حيث مشاركة كل واحدة منها في تباين القيم؛ زُوِدَتْ طبقة الأحواض الفرعية بقيم الخصائص المورفومترية المتمثلة بمتغيرات (المساحة، العرض، الطول، المحيط، نسبة الإستدارة، الإستطالة، معامل الشكل، نسبة التضرس، التضرس النسبي، متوسط الإنحدار، درجة الوعورة، مؤشر التقطع، أطوال المجاري وكثافة الصرف) (الجدول 3) وخصائص الإرتفاع مثل (معدل الإرتفاع، أدنى وأعلى إرتفاع وتضاريس الحوض)، ثم بغية إختيار أفضل نموذج، اختبرت الخصائص الثماني عشر- بتطبيق عملية الانحدار الإستكشافي عليها، ودلت نتائج العملية أن متغيرات معدل الإرتفاع، أدنى إرتفاع، التضرس النسبي، متوسط الإنحدار ودرجة التقطع شكلت درجات التأثير الأقوى التي يمكن تفسير التباين المكاني لقيم التحليل الهيسومتري بها، إذ بلغت قيم درجة تأثيرها 0,950، وهي في الوقت نفسه ذات دلالات إحصائية معنوية، لكن بما أن قيمة معامل (VIF) أكثر من قيمه القصوى والتي تكون في حالة العادية 7,5، فتدل تلك الحالة على وجود وفرة بين العناصر المستقلة، أي أن بعض العناصر يمكن إستنتاجها من عناصر أخرى (جمعة، 2019، ص38)، ولأجل فحص هذه الحالة تم إعادة العملية ودلت النتائج أن متغير أدنى إرتفاع يمكن إستنتاجه من معدل الإرتفاع، لذلك تم إبعاده (الشكل 4).

```

Choose 5 of 18 Summary
Highest Adjusted R-Squared Results
AdjR2  AICc  JB  K(BP)  VIF  SA  Model
0.95  -139.95  0.88  0.06  14.81  0.53  +MEAN*** -MIN*** -RELATIVER*** +MEANSLOPE*** -DISSECTION***
0.95  -138.08  0.89  0.08  13.94  0.76  +MEAN*** -MIN*** -RRATIO** +MEANSLOPE*** -DISSECTION***
0.95  -137.30  0.76  0.22  12.85  0.33  +MEAN*** -MIN*** +S*** -DISSECTION*** +DENNSITY***
Passing Models
AdjR2  AICc  JB  K(BP)  VIF  SA  Model

Choose 4 of 5 Summary
Highest Adjusted R-Squared Results
AdjR2  AICc  JB  K(BP)  VIF  SA  Model
0.94  -133.31  0.88  0.12  11.43  0.01  +MEAN*** -MIN*** +MEANSLOPE*** -DISSECTION***
0.90  -117.59  0.63  0.10  12.78  0.02  +MEAN*** -MIN*** +RELATIVER -DISSECTION***
0.63  -70.04  0.02  0.16  6.86  0.00  +MEAN*** +RELATIVER -MEANSLOPE -DISSECTION***
Passing Models
AdjR2  AICc  JB  K(BP)  VIF  SA  Model

```

(الشكل 4) نتائج درجة التأثير الأقوى من إختبار الإنحدار الإستكشافي للخصائص الثماني عشرة للأحواض الفرعية

(الجدول 2) معامل الإرتباط ودرجة التأثير لقيم التحليل الهيسومتري والمتغيرات الثمانية العشر

الأحواض	معامل الارتباط	R2 المعدل (معامل التأثير)	القيم الإحتمالية
---------	----------------	---------------------------	------------------

0.24	0.01	0.195	المساحة كم ²	الخصائص المساحية
0.28	0.004	179.0	عرض الأحواض كم	
0.18	0.02	0.225	طول الأحواض كم	
0.18	0.02	0.221	محيط الأحواض كم	
0.22	0.013	0.205	المتوسط	الخصائص الشكلية
0.63	0.022-	0.079	نسبة الإستطالة	
0.45	0.011-	0.126	نسبة الإستدارة	
0.50	0.015-	0.113	معامل الشكل	
0.52	0.016-	0.106	المتوسط	الخصائص التضاريسية
0.00001	0.415	0.657	معدل الارتفاع م	
0.0009	0.250	0.520	ادنى الارتفاع م	
0.003	0.196	0.468	أقصى الارتفاع م	
0.012	0.147	0.414	فرق الارتفاع م	
0.005	0.186	0.457	نسبة التضرس م/كم	
0.006	0.173	0.443	التضرس النسبي م / كم	
0.013	0.141	0.407	متوسط الإنحدار °	
0.002	0.214	0.486	درجة الوعورة م/م ²	
0.009	0.175	0.450	مؤشر التقطع	
0.005	0.210	0.478	المتوسط	خصائص شبكة الصرف
0.739	0.026-	0.057	أطوال المجاري كم	
0.134	0.037	0.254	الكثافة الصرف	
0.43	0.005	0.155	المتوسط	

(الجدول 3) صيغ المعادلات المورفومترية ومصادرها

المصدر	المعادلة	المتغيرات
Gregory and Walling, 1973, p. 51	$V*2$ (مساحة الحوض/3.14)/ طول الحوض	نسبة الإستطالة
	$3.14 * 4$ مساحة الحوض / مربع محيط الحوض	الإستدارة
	مساحة الحوض / مربع طول الحوض	معامل الشكل
Schumm, 1956, p. 612	تضاريس الحوض / طول الحوض	نسبة التضرس
Gregory and Walling, 1973, p. 51	تضاريس الحوض / محيط الحوض	التضرس النسبي
Melton, 1958, p. 446	تضاريس الحوض *كثافة الصرف/ 1000	درجة الوعورة
Berila and Isuf, 2021, p.11	تضاريس الحوض / أقصى إرتفاع الحوض	مؤشر التقطع
Horton, 1945, p. 283	مجموع طول المجاري / مساحة الحوض	كثافة الصرف

(الجدول 4) قيم التحليل الهيسومري والمتغيرات المورفومترية

كثافة الصرف	مؤشر التقطع	متوسط الإحدار	درجة الوعورة	التضرس النسبي	نسبة التضرس	الفرق في الإرتفاع	أدنى الإرتفاع	أعلى الإرتفاع	معدل الإرتفاع	معامل الشكل	الإستدارة	الإستطالة	المحيط	الطول	العرض	المساحة	التحليل	الهييسومتري	الأحواض
6.40	0.11	2.69	0.31	11.29	44.14	49	390	439	415.63	0.62	0.51	0.89	4.34	1.11	0.57	0.76	0.52	0.52	1
5.29	0.19	4.13	0.50	28.19	66.90	95	416	511	454.46	0.13	0.29	0.41	3.37	1.42	0.25	0.26	0.40	0.40	2
7.15	0.24	7.94	0.94	23.73	80.37	131	421	552	479.07	0.49	0.53	0.79	5.52	1.63	0.94	1.30	0.44	0.44	3
9.05	0.17	8.39	0.81	29.18	76.07	89	431	520	480.12	0.35	0.65	0.67	3.05	1.17	0.52	0.48	0.55	0.55	4
8.60	0.17	8.17	0.80	29.06	94.90	93	462	555	502.72	0.46	0.55	0.77	3.20	0.98	0.42	0.45	0.43	0.43	5
7.97	0.13	5.82	0.60	21.68	70.82	75	481	556	509.68	0.42	0.50	0.73	3.46	1.06	0.54	0.47	0.41	0.41	6
7.22	0.55	15.04	4.37	86.32	241.43	606	491	1097	678.78	0.18	0.30	0.48	7.02	2.51	0.53	1.16	0.31	0.31	7
10.26	0.26	9.21	1.83	51.59	154.78	178	494	672	569.74	0.23	0.33	0.55	3.45	1.15	0.21	0.31	0.42	0.42	8
5.19	0.30	15.97	1.17	100.90	249.72	225	530	755	621.76	0.35	0.72	0.67	2.23	0.90	0.30	0.29	0.43	0.43	9
10.75	0.42	29.16	4.28	183.41	440.27	398	556	954	738.92	0.36	0.78	0.68	2.17	0.90	0.35	0.29	0.45	0.45	10
7.62	0.53	19.94	5.62	110.81	333.94	738	667	1405	1039.10	0.42	0.59	0.73	6.66	2.21	1.16	2.07	0.48	0.48	11
6.27	0.53	17.72	5.23	121.22	317.11	834	725	1559	1336.87	0.21	0.38	0.52	6.88	2.63	0.61	1.44	0.73	0.73	12
7.99	0.51	21.33	5.97	167.34	363.28	748	709	1457	1157.34	0.13	0.34	0.40	4.47	2.06	0.28	0.55	0.58	0.58	13
8.28	0.57	18.09	7.32	145.63	315.71	884	667	1551	1224.36	0.08	0.21	0.32	6.07	2.80	0.26	0.63	0.63	0.63	14
8.15	0.59	19.92	7.32	141.80	323.38	899	633	1532	1213.77	0.12	0.29	0.39	6.34	2.78	0.38	0.92	0.69	0.69	15
7.44	0.55	19.80	6.45	138.06	364.29	867	706	1573	1298.41	0.33	0.59	0.65	6.28	2.38	0.81	1.86	0.72	0.72	16
7.64	0.53	21.22	6.52	134.12	356.90	853	761	1614	1333.93	0.27	0.47	0.58	6.36	2.39	0.69	1.52	0.67	0.67	17
9.30	0.50	21.01	7.64	126.46	362.11	822	818	1640	1373.16	0.38	0.58	0.70	6.50	2.27	0.96	1.96	0.67	0.67	18
6.40	0.46	22.48	4.77	93.25	339.09	746	886	1632	1328.51	0.69	0.65	0.94	8.00	2.20	1.76	3.33	0.60	0.60	19
5.54	0.36	19.41	3.09	87.17	259.07	557	985	1542	1213.25	0.34	0.49	0.66	6.39	2.15	0.78	1.58	0.42	0.42	20
7.84	0.51	13.14	4.32	52.33	161.58	551	534	1085	730.09	0.35	0.45	0.66	10.53	3.41	1.04	4.02	0.35	0.35	21
8.66	0.27	10.96	1.57	18.43	46.53	181	498	679	575.64	0.26	0.50	0.57	9.82	3.89	0.98	3.87	0.42	0.42	22
8.48	0.17	9.98	0.85	37.04	92.68	100	488	588	538.53	0.35	0.69	0.66	2.70	1.08	0.42	0.40	0.51	0.51	23
9.04	0.28	11.53	1.62	29.78	75.53	179	456	635	535.44	0.24	0.48	0.56	6.01	2.37	0.70	1.37	0.44	0.44	24
10.52	0.28	12.42	1.84	31.93	92.59	175	449	624	544.38	0.37	0.55	0.68	5.48	1.89	0.67	1.31	0.54	0.54	25
10.81	0.28	13.24	1.89	41.87	108.70	175	445	620	532.88	0.29	0.54	0.60	4.18	1.61	0.54	0.74	0.50	0.50	26
10.39	0.23	13.46	1.35	38.24	94.89	130	442	572	513.38	0.31	0.63	0.63	3.40	1.37	0.59	0.58	0.54	0.54	27
10.55	0.23	10.26	1.36	40.82	100.00	129	430	559	490.15	0.22	0.45	0.53	3.16	1.29	0.44	0.36	0.46	0.46	28
8.81	0.29	5.51	1.40	23.01	58.03	159	395	554	456.87	0.24	0.47	0.55	6.91	2.74	0.67	1.81	0.38	0.38	29
7.48	0.51	14.47	4.09	80.32	206.42	547	536	1083	727.76	0.29	0.55	0.61	6.81	2.65	0.85	2.05	0.35	0.35	30
6.96	0.54	14.46	4.16	67.57	198.01	598	506	1104	692.52	0.31	0.45	0.63	8.85	3.02	1.01	2.83	0.31	0.31	31
5.91	0.51	10.64	2.91	64.11	167.69	493	473	966	589.72	0.23	0.41	0.54	7.69	2.94	0.65	1.95	0.23	0.23	32
5.57	0.53	11.17	3.02	64.26	154.70	543	479	1022	612.72	0.17	0.36	0.46	8.45	3.51	0.64	2.05	0.24	0.24	33
5.06	0.31	7.11	1.08	42.29	91.85	214	487	701	550.05	0.11	0.30	0.38	5.06	2.33	0.32	0.61	0.29	0.29	34
8.06	0.49	16.84	4.05	100.20	241.83	503	520	1023	683.61	0.26	0.55	0.57	5.02	2.08	0.64	1.10	0.32	0.32	35
8.55	0.40	26.63	3.12	117.74	268.38	365	548	913	713.86	0.23	0.57	0.55	3.10	1.36	0.42	0.43	0.45	0.45	36
7.41	0.76	14.21	9.31	31.32	97.21	1256	384	1640	789.3	0.36	0.47	0.67	40.09	12.92	18.16	60.37	0.32	0.32	N

N=حوض وادي نيرة

بيّنت نتائج (الجدول 2) تباين معامل الإرتباط ودرجة التأثير للخصائص المورفومترية وخصائص الإرتفاع مع قيم التحليل الهيسومتري في الأحواض الفرعية لحوض وادي نيرة، ويمكن الإستدلال بالنتائج في النقاط التالية:

1- أظهرت نتائج (الجدول 2) علاقة إرتباط معنوية بين قيم الخصائص التضاريسية وقيم التكامل الهيسومتري، حيث بلغ متوسط قيم معامل الإرتباط ودرجة التأثير بينهما 0.478 و 0.210 على التوالي، وبمتوسط قيم الإحتمالية البالغ 0.005، بينما كانت علاقة الإرتباط بين متغيرات الخصائص المساحية، الشكلية وشبكة الصرف وقيم التكامل الهيسومتري غير معنوية إحصائياً ولا واضحة، وفي هذا الصدد وجد (Cavalli and Trevisani, 2015, p. 31) على عدم وجود علاقة إرتباط واضحة بين مساحة حوض النهري وشكله وقيم التكامل الهيسومتري (الجدول 2).

2- سجل معدل الارتفاع أعلى قيم الارتباط ودرجة التأثير مع قيم التكامل الهيسومتري حيث بلغت 0.657 و 0.415 على التوالي، في حين أن أقل القيم كانت لمتغير أطوال المجاري المائية، إذ بلغت قيم ارتباطه ودرجة تأثيره 0.057 و - 0.026 على التوالي.

3- بينت نتائج تطبيق أداة الإنحدار الإستكشافي أن متغيرات (معدل الإنحدار، التضرس النسبي، متوسط الإنحدار ومؤشر التقطع) تكون أفضل نموذج لتفسير التباين المكاني لقيم التكامل الهيسومتري للأحواض الفرعية، وهي ذات درجة تأثير واضحة، إذ بلغت درجة تأثيرها 0.63.

ويعزى ضعف علاقة ارتباط المتغيرات مع قيم التحليل الهيسومتري إلى الأسباب الآتية:

أ- إن قيم التحليل الهيسومتري في حد ذاتها حساسة بعوامل عديدة وهي في علاقة معقدة مع المتغيرات التي تؤثر عليها، ومن هذه المتغيرات الرفع التكتوني، والتكوينات الجيولوجية والعناصر المناخية.

ب- حساسية متغيرات وتغير درجة تأثيرها على قيم التكامل الهيسومتري حسب البيئة الجغرافية لأحواض الصرف، فمن المتغيرات ربما تتأثر بدرجة قوية على قيم التكامل في بيئات، بينما ليست لها تأثير في بيئات أخرى، إذ وإن كان للتكوينات الصخرية درجة تأثير واضحة لكن أحياناً تغيض درجة تأثيرها حتى أصبحت غير ذات تأثير.

ت- إن تأثير قيم المتغيرات على المنحنى والتكامل الهيسومتريين لا يكون على مستوى واحد، أشار (Willgoose and Hancock, 1997, p. 611) أن نسبة العرض- الطول وإن كان تؤثر على شكل المنحنى الهيسومتري بشكل واضح، لكن مع ذلك ليس لها تأثير على قيم التكامل الهيسومتري إلا بنسب ضئيلة.

الإستنتاجات

توصلت الدراسة إلى مجموعة من الإستنتاجات ومن أهمها:

1- أخذ المنحنى الهيسومتري للأحواض الفرعية في منطقة الدراسة شكلاً محدباً في المناطق المرتفعة، بينما كان شكل المنحنى للأحواض مقعراً في المناطق المنخفضة وذات الإنحدارات الخفيفة.

2- يشير الشكل المقعر للمنحنى الهيسومتري لحوض وادي نيرة وقيم تكامله الهيسومتري 0.32% إلى شروع الحوض في المرحلة المتأخرة من مراحل الدورة التعرية، وتراوحت قيم أكثر أحواضه والبالغ عددها 21 حوضاً بين 0.34- 0.58%، وأن سبعة أحواض من الأحواض الباقية لها قيم 0.6% فأكثر والأخرى قلت قيم تكاملها عن 0.35%.

3- لا تظهر نتائج الارتباط المكاني بين الخصائص المساحية، الشكلية وشبكة الصرف مع قيم التكامل الهيسومتري ارتباطاً واضحاً، وذلك بسبب تجاوز درجة قيمها الإحتمالية الحد المسموح به 0.1، حيث بلغ متوسط قيمها الإحتمالية 0.22، 0.52 و 0.43، بينما كانت متغيرات الخصائص التضاريسية وخصائص الارتفاع في علاقة ارتباط واضحة مع قيم التكامل الهيسومتري للأحواض، إذ بلغ متوسط معامل الارتباط والقيمة الإحتمالية بينهما 0.478 و 0.005 على التوالي.

4- شكّل معدل الارتفاع أعلى قيم الارتباط مع قيم التكامل الهيسومتري للأحواض الفرعية، إذ بلغت قيمه 0.657 وبدرجة التأثير البالغة 0.415، وهو في الوقت نفسه ذو دلالة معنوية إحصائية، حيث تجاوزت درجة قيمه الإحتمالية مستوى الثقة 0.01.

5- أظهرت الدراسة أن الخصائص التضاريسية هي من أكثر الخصائص تأثيراً على التباين المكاني لقيم التحليل الهيسومتري وإن أفضل نموذج يمكن أن يفسر تلك التباينات هو النموذج الذي يتكون من متغيرات معدل الارتفاع، التضرس النسبي، متوسط الإنحدار ومؤشر التقطع.

المصادر

- جمعة، م. د.، تطبيقات إحصائية ومكانية متقدمة، القاهرة، مصر، 2018.
- مولود، هوزان صادق، تحليل جيمورفولوجي لتقدير التعرية المائية في الأحواض الجنوبية الغربية لجبل أكري، أطروحة دكتورا مقدمة إلى كلية الأداب- أربيل، أربيل، 2022.
- Cavalli, M., and Trevisani S., "Hypsometric analysis of headwater rock basins in the Dolomites (Eastern Alps) using high- resolution topography", *Geografika Annaler, Series A, Physical geograpy*, 97, pp. 317- 335.

- Chorley, Richard J. and Morley, L. S. 1959. " A Simplified approximation for the Hypsometric integral.", *The Journal of Geology*, Vol. 67, No. 5, pp. 566-571.
- Gregory, K.J. and Walling, D.E., *Drainage Basin Form and Process A Geomorphological approach*, London, Edward Arnold, 1973.
- Horton R. E., "Erosional development of streams and their drainage basins Hydrological approach to quantitative morphology", *Geol. Soc. bull.*, Vol 56, 1945..
- Hurtrez J., and Luczaeu, F., "Investigation of the relationships between basin morphology, tectonic uplift, and denudation from the study of an active fold belt in the Siwalik Hills, central Nepal", *Journal of Geographical Research*, Vol. 104, No. B6, 1999, pp. 12779- 12796.
- Keller, E., and Pinter, N., "Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape", NY, 2nd ed, Prentice Hall, 2002.
- Marchi, L., Cavalli M. and Trevisani S., "Hypsometric analysis of headwater rock basins in the Dolomites (Eastern Alps) using high-resolution topography", *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, Vol. 97, No. 2, 2015, pp. 317-335.
- Melton M., "Correlation Structure of Morphometric Properties of Drainage Systems and Their Controlling Agents", *The Journal of Geology*, Vol. 66, No. 4 1958, pp. 442-460.
- Perez Pena J., ,Azanon ,J., Booth- Rea, G, Azor A. ,and Delgado J., "Differentiating geology and tectonics using a spatial autocorrelation technique for the hypsometric integral "*Journal of Geographical Research*, Vol. 114, 2009.
- Pike R, Wilson S., "Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis.", *Geol Soc Bull.*, Vol. 82, 1971, pp.1079–1084.
- Schumm, S. A. 1956 "Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands of Perth Amboy.", *Bull. Geol. Soc.*, Vol. 67, pp. 597- 646.
- Schumm, S. A., "Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands of Perth Amboy, New Jersey". *Bull. Geol. Soc.*, Vol. 67, 1956.
- Strahler A. N., "Hypsometric (area–altitude) analysis of erosional topography", *Bull. Geol. Soc.*, Vol. 63, 1952, pp.1117–1141.
- Willgoose, G., and Hancock, G., "Revisiting the hypsometric curve as an indicator of form and process in transport-limited catchment", *Earth Surf. Process. Landforms* 23, 1998.

جیاوازی شوینجی شیکاری هیسۆمهتری له ئاویزی دۆلی تیروه

م. هۆزان صادق مولود

بهشی جۆگرافیا، کۆلیژی ئاداب، زانکۆی سهلاحه دین-ههولیر

hozan.mawlood@su.edu.krd

پوخته

شیکاری هیسۆمهتری (شیکاری پووبه- بهرزی) بۆ ئاویزی له پووباریهکان هۆکار په یوه ندیکی کارایه بۆ پێوانه کردنی پێژهی که رهستهی ژێر پووباری ماوه له ئاویزی پووباریهکان و نیشاندانی کاریگهری هۆکارهکانی دامالرانی لاپالهکان تێپاند، تامانج له مر توێژینهوهیه ده رخستی جیاوازی شوینجی به های ههردوو چه ماوه و تهواوکاری هیسۆمهتریه له ئاویزی تیروه و ئاویزی له لوهکیهکانی و دۆزینهوهی په یوه ندی لکاو و پلهی کاریگهریه له تیوان به هاکه و هۆکارهکانی کاریگه له سهری، گرنگی توێژینهوهکه له وه دایه تاوتوی ئه نجامی پراکتیزه کردنی هاوکتیشه بیرکاریهکان بۆ ده رهتانی به های شیکاری هیسۆمهتری ده کات که ئاماژه به پێژهی بارستهی ووشکایی ماوه و خه سلته ته توپۆگرافیه گشتیهکان له ئاویزی که داو رادهی کاریگه ریبوونی به هۆکارهکانی دامالین، وه تێیدا ئه نجامهکان به پێژهی سه دی رۆنکراونه ته وه و پالپشتکراوه به رۆنکاریه شیوه، توێژینهوهکه گه یشتوو به وهی ئاویزی دۆلی تیروه له قوناعی کۆتاییهکانی خولی دامالیندایه و زیاتر له دوو له سهی بارسته به ردینهکانی دامالراوه، له و پوهی به های تهواوکاری هیسۆمهتری گه یشتۆته 0.32%، وه دهستهی باوی تهواوکاری هیسۆمهتری بریتیه له 0.35-0.60%، به وهی به های 21 ئاویزی لوهکی له تیوان 0.34-0.58% دایه، وه توێژینهوهکه ده ریخست خه سلته ته به رزونه میهکان زۆرتین کاریگه ریبان له سه ر جیاوازی شوینجی به های شیکاری هیسۆمهتریان هه به، وه باشتین مۆدیل بۆ لیکدانه وهی ئه م جیاوازیانه بریتیه له و مۆدیلێ هه ر یه که ناوندنی به رزی، به رزی پێژهکی، ناوه ندی لێژی و ئاماژهی پچرپچری له خو ده گریت.

ووشه سه ره کیهکان: چه ماوهی هیسۆمهتری، تهواوکاری هیسۆمهتری، ئاویزی پووباریهکان، شیکاری ئاماری.

Spatial variation of Hypsometric analysis in Nerwa watershed

Hozan Sadiq Mawlood

Department of Geography, College of Arts,
Salahaddin University-Erbilhozan.mawlood@su.edu.krd

Abstract

The hypsometric analysis (area-relief analysis) of drainage basins is an effective method for measuring the percentage of subsurface materials remaining in watersheds and highlighting the influence of slope leveling factors on them. This study aims to highlight the spatial variation of the values of the hypometric curve and hypsometry integral in the Nirwa basin and its sub-watersheds, and to detect the correlation and the influence degree between the values and the factors influencing them, The importance of the study lies in the fact that it discusses the results of applying mathematical equations to account the values of the hypsometric analysis that indicate the percentage of remaining land masses and the general topographical characteristics of the basin and their exposure to erosion factors, indicating the results in percentage and supported by a graph. The investigation concluded that the Wadi Nirwa watershed was in the late stage of the erosion cycle, and that more than two-thirds of the rock masses were removed in the watershed, as the values of its hypsometric integral reached 0.32%, and that the common category of hypsometric integral is 0.35-0.6%, as the values of 21 sub-watersheds ranged between 0.34-0.58%. The study also showed that the topographic characteristics are among the most influencing properties on the spatial variation of the hypsometric analysis values, and that the best model that can explain these variations is the model that consists of the variables of mean elevation, relative relief, slope average and dissection index.

Keywords: Hypsometry curve, Hypsometry integral, Watersheds, Spatial Statistic analysis.