

# تحليل المعامل الهيسومتري للأحواض المائية في الأردن باستخدام تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد (\*)

نوح "محمد علي" حسن الصباينة  
قسم الجغرافيا، جامعة اليرموك  
إربد، الأردن

## الملخص

تهدف الدراسة إلى تقييم وتحليل المعاملات الهيسومترية للأحواض المائية الرئيسية في الأردن من خلال تحليل العلاقة ما بين المساحة والارتفاع للكشف عن مراحل التطور الجيومورفولوجي (الشباب، النضج والشيخوخة) لهذه الأحواض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS). وباستخدام القرائن والمعادلات الرياضية الخاصة بحساب المعامل الهيسومتري لتحديد قيمة المعامل الهيسومتري لكل حوض.

وتوصلت الدراسة إلى أن قيمة المعامل الهيسومتري للأحواض المائية في الأردن تراوحت ما بين (١٩%) في حوض وادي لحجني الواقع ضمن حوض وادي عربية الجنوبي، و(٨٠%) في حوض وادي زرقاء ماعين الواقع ضمن حوض البحر الميت. كما أظهرت نتائج تحليل الانحدار للمعاملات الهيسومترية وكل من المساحة الحوضية ومتوسط الارتفاع، عدم وجود علاقة ما بين المساحة الحوضية والمعامل الهيسومتري حيث بلغت ( $R^2 = 0.045$ )، ووجود علاقة ضعيفة ما بين متوسط الارتفاع والمعامل الهيسومتري حيث بلغت ( $R^2 = 0.29$ ) وبالتالي فإن المعامل الهيسومتري لهذه الأحواض

(\*) مجلة كلية الآداب جامعة القاهرة المجلد (٧٨) العدد (٥) يوليه ٢٠١٨.

يرتبط إلى حد كبير بظروف نشأة هذه الأحواض أو بطبيعة البناء التكتوني لها، فمعظم أودية الحافة الصدعية في الأردن والتي تمتد من جنوب البحر الميت الى الباقورة شمالا تزيد معاملاتها الهيسومترية عن (٥٥ .٠) وذات منحنيات هيسومترية محدبة، أما الأحواض المائية في المناطق الجافة فهي ذات أشكال مقعرة بالرغم من ارتفاع قيمة المعامل الهيسومتري لها.

وبالتالي توصي الدراسة بالأخذ بنتائج تحليل المعاملات الهيسومترية للأحواض المائية في التخطيط لاستعمالات الأراضي وإدارة الموارد الطبيعية، والحد من الأخطار البيئية على المنحدرات؛ كالانهيارات الأرضية وانجراف التربة وغيرها. كلمات مفتاحية: الأحواض المائية، المعامل الهيسومتري، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، الارتفاع النسبي.

### Abstract

## Analysis Hypsometric Curves for Watersheds in Jordan using GIS and Remote Sensing

This study aimed to evaluate hypsometric Curves of major basins in Jordan through identifying the relation between the area and altitude. Also, it aimed to explain the geomorphological development stages including youth, maturity, and senescence of the basins using remote sensing and GIS techniques and other functions related to calculation of hypsometric Curves for each basin. Results showed that the hypsometric factor of Jordanian basins was in the range of 0. 19 for Lahjani basin in the southern part of Wadi Araba and 0. 80 in Zarqa'a Mae'en basin in the Dead Sea area. The regression analysis between hypsometric integral and basin area and average altitude showed negligible relation (i. e. ,  $r^2$  0. 045), and weak relation ( $r^2$  0. 29), respectively. Thereby, the hypsometric integral of these basins are largely associated with tectonic structure or creation conditions of the basins. This is because most of Jordan valley basins which are located between Dead Sea (south) and Albaqora (north) had a hypsometric integral greater than 0. 55 and had convex hypsometric curves. While, basins in arid regions had concave shapes though they had high hypsometric values. It is necessary to per in mind the hypsometric

analysis for land use planning and land management in the study area, and to mitigate natural hazards such as landslides and soil erosion in these basins.

*Keywords:* Basins, Hypsometric Integral, GIS, Remote Sensing, Relative Elevation.

## مقدمة:

يعتبر التحليل المورفومتري للأحواض المائية من المعايير المهمة للدلالة على القياسات والخصائص الهندسية لسطح الأرض والتي تساهم الأنهار ونظمها المختلفة في تشكيلها. ويمكن اعتبار المعامل الهيسومتري أحد القياسات المورفومترية المهمة والتي تعتبر مقياساً زمنياً يعبر عن المرحلة الجيومورفولوجية التي تمر بها الأحواض المائية، كذلك يعد معياراً يمكن من خلاله الاستدلال على كمية المواد الصخرية التي ما تزال تنتظر دورها في العملية الحثية (Kuang, et al., 2012; Babu, et al., 2015, Devi, et al., 2015)، إذ يعبر المعامل الهيسومتري عن العلاقة ما بين الارتفاع النسبي الذي يمثل النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور في الحوض إلى أقصى ارتفاع في الحوض، والمساحة النسبية التي تمثل المساحة المحصورة بين أي خط كنتور ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية لنفس الحوض، والتي تتأثر بالتراكيب الجيولوجية ونوع الصخر والعوامل المناخية، (Perez-Pena, et al., 2009). حيث يشير الاختلاف في شكل المنحنى الهيسومتري وقيمة المعامل الهيسومتري إلى عدم التوازن في التعرية والقوى التكتونية للحوض المائي (Smgh and Sarangi, 2008). ويمكن من خلالها التمييز بين المناطق ذات النشاط التكتوني أو المناطق الأقل نشاطاً (Keller and Pinter, 2002).

وبالتالي هناك أهمية تحليل المنحنى الهيسومتري في تحديد النشاط التكتوني والظروف المناخية، والصخور السائدة في المنطقة. إذ قام (Siddiqui and Soldati,2014) بتقييم التكتونيات النشطة باستخدام (DEM) وبالاعتماد على المعامل الهيسومتري في (Emilia-Romagna Apennines) شمال إيطاليا حيث توصلت الدراسة إلى ارتفاع قيم المعامل الهيسومتري ووجود ارتباط إيجابي بزيادة النشاط التكتوني شمال إيطاليا.

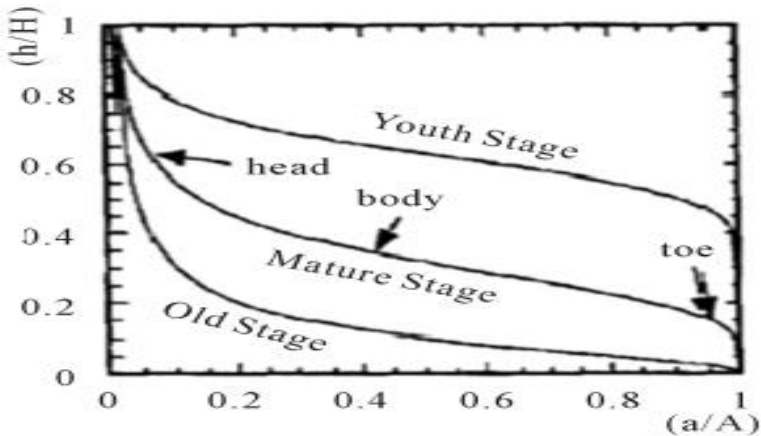
كما يمكننا من خلال تحليل المعامل وشكل المنحنى الهيسومتري لأحواض المائية من تقييم الخصائص الهيدرولوجية والأخطار البيئية المختلفة كانجراف التربة، والانزلاقات الأرضية وخطر الفيضان وغيرها، ويعبر التحليل للمعامل الهيسومتري عن مدى التغيرات الجيومورفولوجية، لذا لا بد من فهم عمليات التعرية لأحواض المائية وتحديد الأولويات لاتخاذ التدابير الملائمة للحفاظ على التربة والمياه. حيث قام (Enrique, et al., 2008) بتحليل العلاقة ما بين المعامل الهيسومتري والجريان السطحي وتحت السطحي في حوض (Peachater, Creek Oklahoma) حيث تبين أن الأحواض المحدبة بالرغم من ارتفاع معدل التصريف المائي لها إلا أن معدل الحت والتعرية للصخور فيها أقل من الأحواض المقعرة التي ينخفض فيها معدل الجريان السطحي وهذا يفسره ارتفاع معدل الاستجابة السطحية للمواد المكونة للأحواض المقعرة بالمقارنة بالأحواض المحدبة. كما أن تحليل المنحنيات الهيسومترية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ذات فاعلية في تحديد مدى استجابة الأحواض المائية لحدوث الفيضانات، (Khadri & Kokate, 2015; Zwoliński & Sznigir, 2015; Kanarek, 2012; Demoulin, 2010). واستخدم (Sivakumar, 2011) تقنية الجيومتيك (Geometric Technology) لتحليل المعامل الهيسومتري لحوض نهر (Dharmapuri

(Districts Tamilnadu) في الهند ووجد أن التحليل الهيسومتري للأحواض المائية واستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ذات أهمية كبيرة في تحديد احتمالية الحصاد المائي وإدارة الحوض النهري من خلال تحديد المواقع الملائمة للتعرية، والجريان السطحي والزيادة المحتملة للمياه الجوفية والمراحل المختلفة للعمليات الأرضية. أما (Zwoliński&Sznigir,2015) فقد درس التوزيع المكاني للمنحنيات الهيسومترية ضمن حوض التصريف المائي لنهر (Parsęta) في بولندا كمؤشر جغرافي للأخطار الجيومورفولوجية حيث توصل إلى أن الأودية التي تقع في الجزء المركزي من الحوض المائي تبدو بشكل أحوض مقعرة ، أما الأودية الواقعة على أطراف الحوض المائي فتبدو بشكل محدبات وهي أكثر عرضة للتغير الأرضي من كبر نشاط عمليات التعرية وذلك بالاستناد إلى نتائج تحليل المعامل الهيسومتري.

بناء على ما تقدم تعتبر الأحواض النهرية نظاماً مورفولوجية تحكمها وتضبط خواصها الهندسية قوانين ذات علاقات وظيفية متبادلة، إذ لا يمكن التعرف على تلك العلاقات إلا بعد دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية كالمنحنى الهيسومتري والذي يقدم طريقة جيدة ومفيدة لدراسة التوزيع المكاني للانحدار وربطة بنتائج تحليل المنحنى الهيسومتري لدراسة الأحواض المائية، وهذا يرتبط بوجود المقعرات والمحدبات التي تتباين قيم المتغيرات المورفومترية فوقها، كما أن الخرائط المكانية يمكن أن تحدد التوزيع المكاني لأنواع التربة والخصائص الجيولوجية وبالتكامل مع التحليل الهيسومتري، (Cohen,et al. ,2009). فقد قام (Farhan,2016) بتحديد مرحلة الدورة الحتية لحوض وادي الموجب-الوالا و(٢٨) وادي فرعي جنوب الأردن وتوصل إلى أن هذه الأودية تمر في مرحلة الشباب وأنها ذات قابلية

عالية للجريان السطحي، وانجراف التربة، وحدوث الانهيارات الأرضية والفيضانات.

وتعبر دورة التعرية (cycle of erosion) عن الزمن الكلي اللازم لتخفيض طبوغرافية الأرض إلى مستوى القاعدة أي أدنى مستوى، ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل حيث تمثل المرحلة الأولى مرحلة الشباب (Young Stage) ويزيد فيها المعامل الهيسومتري عن (٦,٠)، (Strahler,1952). كما يمكن تقييم الأشكال المختلفة للمنحنيات الهيسومترية من خلال المقارنة بين أحواض التصريف المائي المختلفة والأحواض المصنفة وفقا لمرحل تطورها الجيومورفولوجي، أما المرحلة الثانية فتمثل مرحلة النضج أو التوازن (Mature or Equilibrium stage) ويبلغ المعامل الهيسومتري في هذه المرحلة (0.3-0.6)، أما المرحلة الأخيرة فتمثل مرحلة الشيخوخة (Old stage) والتي يكون الحوض المائي قد وصل فيها إلى مرحلة الاستقرار ويبلغ المعامل الهيسومتري (٣٠,٠)، (Strahler,1957).



الشكل رقم (١) المنحنيات الهيسومتري لمراحل دورة التعرية ( الشباب، النضج، الشيخوخة) (Strahler,1957)

لذلك فإن التحليل الهيسومتري ذو أهمية في تحليل خصائص الأحواض المائية المرتبطة بمراحل التعرية، والجريان السطحي والعمليات الجيومورفولوجية والتكتونية المختلفة التي تتأثر بها صخور القشرة الأرضية كما أشارت لذلك الكثير من الدراسات التي ذكرت سابقا والتي طبقت على أحواض مائية مختلفة في العالم.

### مشكلة الدراسة :

يقوم هذا البحث على تقييم وتحليل المعامل الهيسومتري للأحواض المائية الرئيسة في الأردن من خلال تحليل العلاقة ما بين المساحة والارتفاع للكشف عن مراحل التطور الجيومورفولوجي (الشباب، النضج والشيخوخة) ومدى ارتباط ذلك بالبنية الجيولوجية للأردن ونوع الصخر، بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بالتكامل ما بين تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد الأحواض المائية في الأردن، وتحديد مساحاتها، وارتفاعاتها وبالتالي تحديد المساحة النسبية والارتفاع النسبي لكل حوض. كما استخدمت القرائن والمعادلات الرياضية الخاصة بحساب المعامل الهيسومتري لتحديد قيمة المعامل الهيسومتري لكل حوض.

### أهداف الدراسة :

يهدف هذا البحث إلى تحليل المنحنى الهيسومتري للأحواض المائية الرئيسة في الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، من خلال:

- تحديد المرحلة الحتية (الشباب، النضج والشيخوخة) التي تمر بها الأحواض المائية الرئيسية في الأردن.
- الاستدلال على كمية المواد الصخرية التي ما تزال تنتظر دورها في العملية الحتية.
- تحليل الدلالات الجيومورفولوجية للمعامل الهبсомتري للأحواض المائية الرئيسية في الأردن.
- تحليل العلاقة ما بين المعامل الهبсомتري، وشكل المنحنيات الهبсомترية والبناء التكتوني، ونوع الصخر والخصائص الطبيعية الأخرى للأردن.

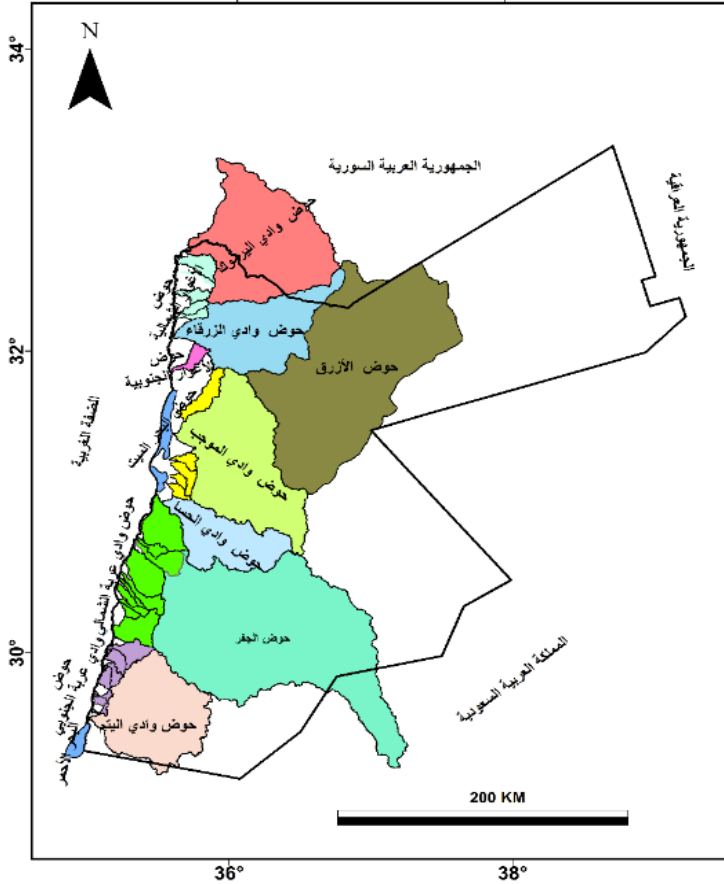
#### أهمية الدراسة:

ترتبط أهمية هذا النوع من الدراسات في تحديد الدورة الحتية للأودية النهرية، ذلك أن الأودية النهرية مع استمرار عمليات الحت لفترات زمنية طويلة تنتقل في أحواضها المائية من مرحلة الشباب فالنضج فالشيخوخة ويرافقه ذلك تناقص في قيمة المعامل الهبсомتري وهذا يعطي مؤشرا على كمية المواد الصخرية التي تعرضت لعمليات الحت أو ما زالت تنتظر دورها في العملية الحتية. وبالتالي إدارة وتقييم الموارد الأرضية وتحديد المناطق ذات القابلية العالية للجريان السطحي، وانجراف التربة، وحدوث الانهيارات الأرضية والفيضانات وغيرها.

#### منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض (٢٩. ٥٢ و ٣٣. ٥٢٧) شمالا وبين خطي طول (٣٤. ٥٩٦ و ٣٧. ٥٦٨) شرقا، بمساحة ٥٦٤٣٩ كم<sup>2</sup>، الشكل رقم (١).



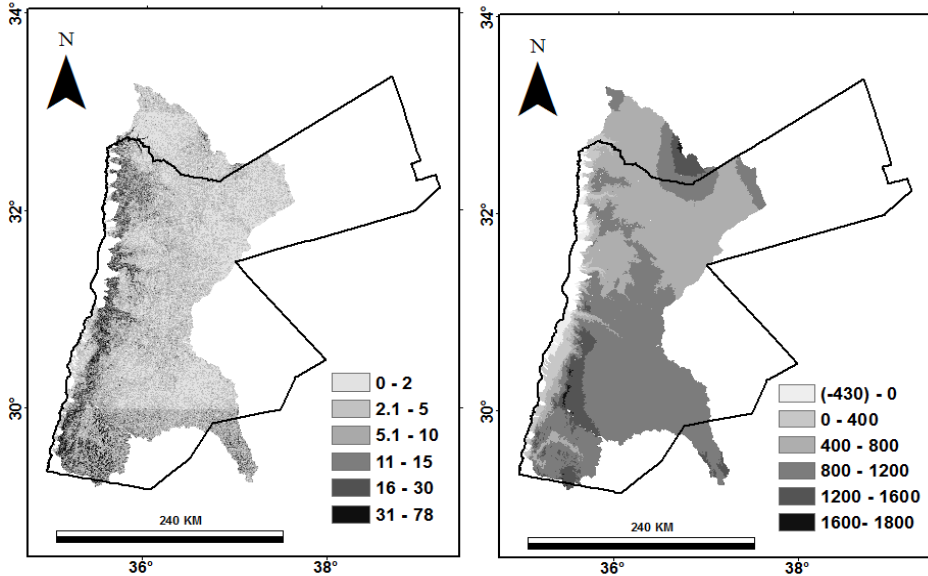


الشكل رقم (١) منطقة الدراسة

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM)

كما تعتبر بعض هذه الأحواض المائية في أحواض مشتركة في نظم تصريفها المائي مع دول الجوار الجغرافي. وتفاوت الأحواض المائية في الأردن في مناسيب ارتفاعاتها حيث يتراوح الارتفاع في منطقة الدراسة ما بين (-٤٥٣م) دون مستوى سطح البحر في حوض البحر الميت و(١٨٢٩م) فوق مستوى سطح البحر في الأجزاء العليا من حوض نهر اليرموك، الشكل (٢). أما درجات الانحدار في منطقة الدراسة فتتراوح ما بين (٠ و ٨٠.٥٦)

حيث تزداد درجات الانحدار في الاحواض المائية المطلة على الحافة الصخرية لغور الأردن ووادي عربة بشكل ملحوظ، الشكل (٣).



الشكل (٣) درجات الانحدار لمنطقة الدراسة

الشكل (٢) الارتفاع منطقة الدراسة

كما يمكن تصنيف المناخ بما يتناسب مع البيئة الطبيعية للأردن إلى ثلاثة أقاليم مناخية تتمثل في الإقليم شبه الرطب، والذي يشمل مرتفعات عجلون ومرتفعات البلقاء، ومرتفعات عمان الشمالية الغربية، وإربد حيث تزيد القيمة الفعلية للأمطار في هذه المناطق عن ٣٢. أما الإقليم شبه الجاف فيشمل المناطق الشمالية والشمالية الشرقية من محافظة أربد، والأغوار الشمالية، والمناطق الهامشية، وبعض المرتفعات الجنوبية كمرتفعات الكرك، والطفيلة، والشوبك، حيث تتراوح القيمة الفعلية للأمطار فيها ما بين (١٦-٣٢). أما باقي المناطق فتقع ضمن الإقليم الجاف، والذي يتمثل في البادية الشمالية، والشمالية الشرقية والجنوبية والجنوبية الشرقية والتي تقع ضمنها معظم أجزاء منطقة الدراسة وتتراوح القيم الفعلية فيها ما بين (١٦-٣)،

نوح "محمد على" الصبابة: تحليل المعامل الهيسومتري للأحواض المائية \_\_\_\_\_ ٣١٣

(الصبابة، ٢٠١٣). بناء على ذلك يمكن اعتبار الظروف المناخية من

العوامل المحددة للقوة الحثية بمعدلات تفوق مثيلاتها في الأقاليم الرطبة.

### منهجية الدراسة :

يمكن تحقيق أهداف الدراسة بالاعتماد على المنهج التحليلي من خلال

تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد قيمة المعامل

الهيسومتري للأحواض المائية الرئيسية على النحو التالي :

- نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) (Digital Elevation Model) لتحديد

مناسيب الارتفاع لكل من الأحواض المائية الرئيسية في الأردن وتحديد

ارتفاعها النسبي كما يلي :

• إعداد خرائط الأحواض المائية: اعتمد الباحث على استخدام نموذج

الارتفاع الرقمي (DEM) في تحديد حدود منطقة الدراسة باستخدام تحليل

المرئية (Image Analysis) باستخدام (Hydrology-Watershed) في

برمجية (ArcGIS10. 4. 1)، وبعد ذلك رسم حدود منطقة الدراسة على

شكل (Vector layer) بدقة عالية حسب نظام الإحداثيات (JTM).

• استخدام نموذج الارتفاع الرقمي ((Digital Elevation Model (DEM)):

تم الحصول على (٢٤) غطاء لنموذج الارتفاع الأرضي،

ASTGTM\_N29E035\_DEM1img/ Resolution 30m×30m to

ASTGTM\_ N35E037\_DEM1img/ Resolution 30m×30m حيث تم

تصحيحها (Correction)، ومن ثم عمل موزاييك (Mosaicking) لمجموعة

من المرئيات للحصول على نموذج واحد يمثل منطقة الدراسة، بعد أن تم

تحويلها إلى نظام الإحداثيات (JTM). ومن ثم استخدم نموذج الارتفاع

الأرضي (DEM) لاستخراج مناسيب الارتفاع ومساحات الأحواض المائية

والمساحات النسبية الخاصة بالأحواض المائية في الأردن باستخدام برمجية (ArcGIS10. 4. 1).

- الاعتماد على (DEM) لاعداد الشبكة المائية للأحواض المائية الواقعة ضمن منطقة الدراسة باستخدام(GIS) من خلال ( Hydrology-Spatial ) Analysis.

- المنحنى الهيسومتري: يعبر المعامل الهيسومتري عن العلاقة بين الارتفاع النسبي الذي يمثل النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور في الحوض إلى أقصى ارتفاع في الحوض، والمساحة النسبية التي تمثل المساحة المحصورة بين أي خط كنتور ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية لنفس الحوض، حيث تم وبعد أن يتم استخراج الارتفاع النسبي، والمساحة النسبية يتم توقيع قيم المساحة النسبية على المحور الأفقي، وما يقابلها من قيم الارتفاع النسبي على المحور الرأسي، ومن ثم وصل نقاط التقاطع بين المتغيرين، وبعد ذلك يتم حساب المساحة الواقعة أسفل المنحنى والتي تمثل قيمة المعامل الهيسومتري، إذ تم رسم المنحنى الهيسومتري لـ (٤١) حوضاً مائياً رئيسياً وثنائياً في الأردن من خلال القرينة التالية، (سلامة، ٢٠٠٤):

$$HI = \frac{Relative\ Height(m)}{Relative\ Area(km^2)}$$

حيث تمثل *Relative Height(m)* الارتفاع النسبي بالأمتار، وتمثل *Relative Area(km<sup>2</sup>)* المساحة النسبية بالكيلو متر المربع.

- تقدير المعامل الهيسومتري:

استخدمت الصيغة الرياضية التالية، (wilson,2009)، لتقدير قيمة المعامل الهيسومتري لـ (٣٨) حوضاً مائياً في الأردن :

$$HI = \frac{\text{MeanElevation(m)} - \text{MinimumElevation(m)}}{\text{MaximumElevation(m)} - \text{MinimumElevation(m)}}$$

حيث تمثل Mean Elevation متوسط ارتفاع الحوض المائي، أما Minimum Elevation فتمثل أقل ارتفاع في الحوض، وتمثل Maximum Elevation أعلى ارتفاع في الحوض.

• العلاقة ما بين المعامل الهيسومتري ومتوسط الارتفاع، والمساحة الحوضية: حيث اعتمد الباحث على معادلة خط الانحدار باستخدام (SPSS,22).

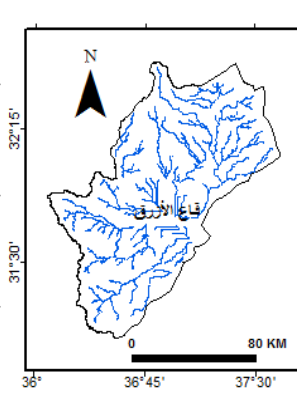
### التحليل والمناقشة :

#### الأحواض المائية في منطقة الدراسة :

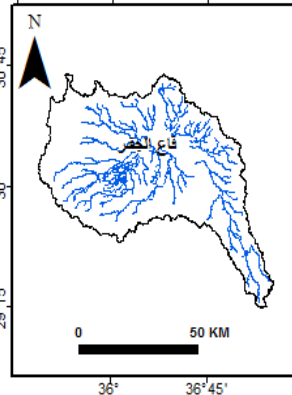
تناول هذا البحث بالدراسة (٣٨) حوضا مائيا رئيسا وفرعيا، الأشكال(٤-١٥) والتي تضمنت الأحواض المائية ذا نمط التصريف المركزي والتي تشمل أحواض (الأزرق، والجفر)، والأحواض المائية الرئيسية المستقلة بنظم تصريفها والتي تضمنت أحواض(اليتم، والحسا، والموجب، والزرقاء، واليرموك)، أما بقية الاحواض المائية فتشترك في مستويات أساسها وتمثلت بأحواض الأغوار الشمالية والأغوار الجنوبية، وحوض البحر الميت، وحوض وادي عربة الشمالي وحوض وادي عربية الجنوبي. وتختلف الأحواض المائية في منطقة الدراسة في توزيعها الجغرافي وخصائصها المناخية ومساحاتها، وطبوغرافيتها، ونظم تصريفها المائي، كذلك التباين في الخصائص الجيولوجية وبالتالي يعكس كل ذلك التباين في تركيز العمليات الجيومورفولوجية والجيولوجية، بالإضافة للتباين في

الخصائص المورفومترية لهذه الأحواض كالتضرس والشكل والكثافة التصريفية والمعامل الهيسومتري.

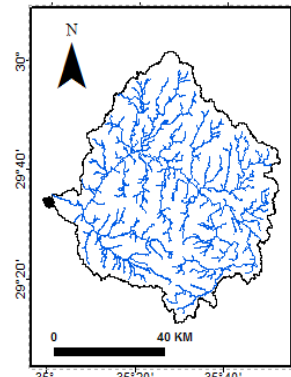
كما تتباين الأحواض المائية من حيث الشبكة المائية لها، وهذا يرتبط بمجموعة من العوامل الجيولوجية المتعلقة بطبيعة الصخر، كذلك العامل المناخي سواء من حيث الجفاف، أو ارتفاع معدلات الأمطار، بالإضافة إلى مساحة الحوض المائي ودرجات الانحدار، ويمكن القول إن خصائص الشبكة المائية للأحواض المائية في الأردن ذات دلالة جيومورفولوجية تتمثل في ضعف النشاط الحثي لأسباب مناخية تتعلق بقلة كميات التساقط، وعوامل جيولوجية ترتبط بنوع الصخر والتكوينات الجيولوجية.



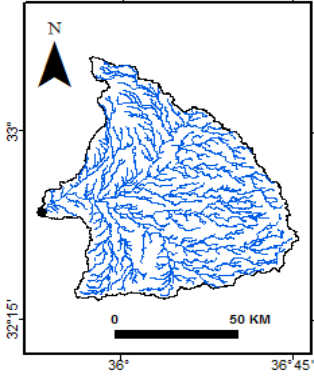
الشكل (4) حوض الأزرق



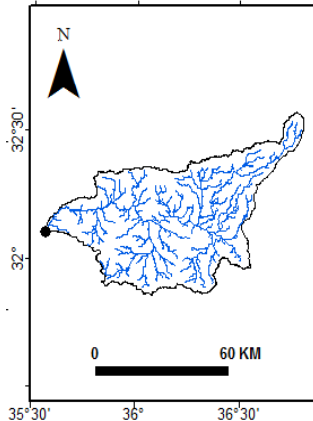
الشكل (5) حوض الجفر



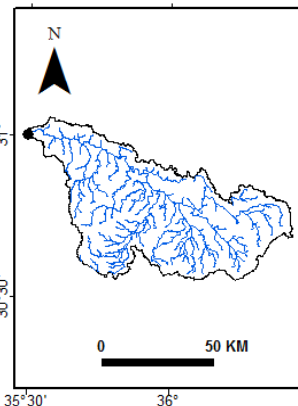
الشكل (6) حوض وادي البتيم



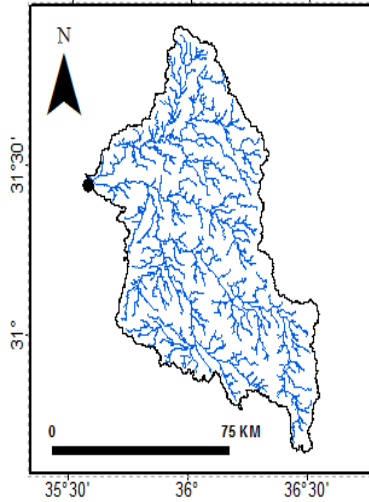
الشكل (7) حوض نهر اليرموك



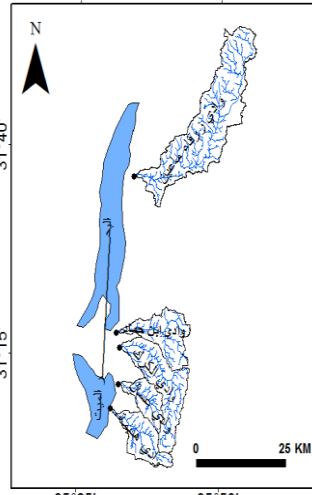
الشكل (8) حوض نهر الزرقاء



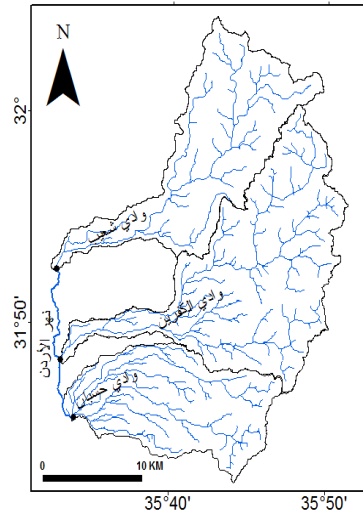
الشكل (9) حوض وادي الحسا



الشكل (10) حوض وادي الموجب

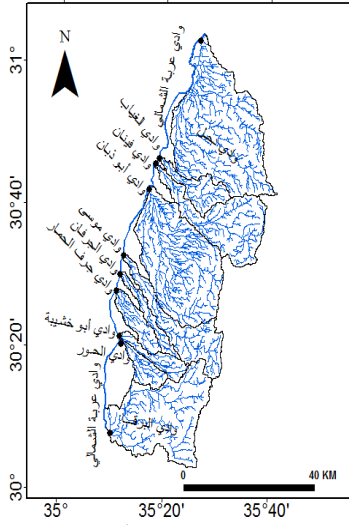


الشكل (11) حوض البحر الميت



الشكل (12) حوض الأغوار الجنوبية

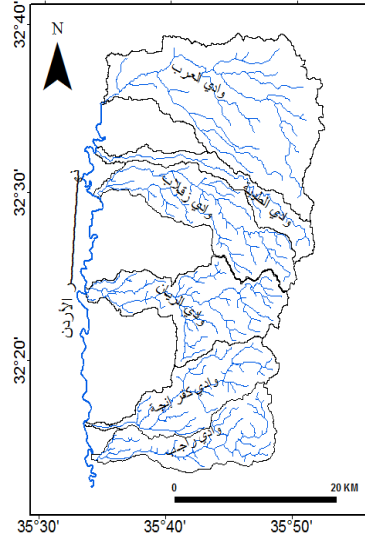




الشكل (13) حوض وادي عربة الشمالي



الشكل (14) حوض وادي عربة الجنوبي

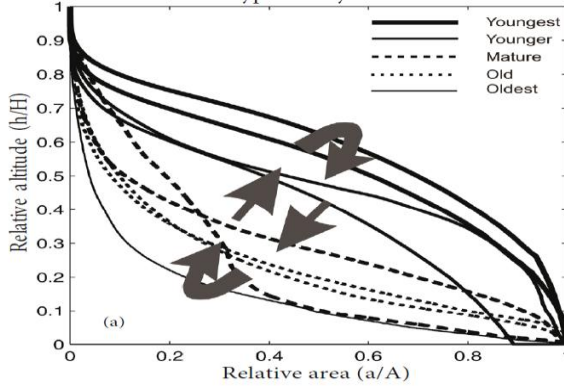


الشكل (15) حوض الأغوار الشمالية

### شكل المنحنى الهيسومتري (Shape of Hypsometric Curve):

تتباين الأحواض المائية في منطقة الدراسة في شكل المنحنى الهيسومتري حيث يشير كل من (Hurtrez, and Lucazeau, 1999) إلى أن

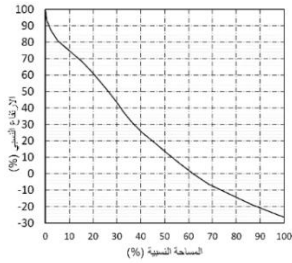
الأحواض المائية صغيرة المساحة يكون شكل المنحنى الهيسومتري لها محدبًا (Convex)، أما المنحنيات الهيسومترية ذات الشكل المقعر (concave) فترتبط بالأحواض النهرية كبيرة المساحة، كما يشير (Luo,1989) إلى أشكال المنحنى الهيسومتري والمرحلة الحتية التي يمر بها، الشكل (١٦).



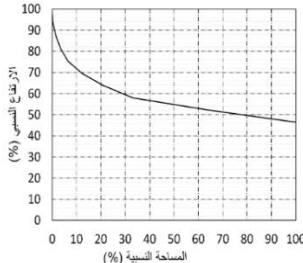
الشكل (١٦) شكل المنحنيات الهيسومترية، (Luo,1998)

وتضمنت منطقة الدراسة (٣٨) حوضاً نهرياً تباينت في شكل المنحنى الهيسومتري لها ما بين الأشكال المحدبة والمقعرة والمنتظمة الشكل، ويمكن تصنيف هذه الأحواض المائية بناءً على شكل المنحنى الهيسومتري على النحو التالي :

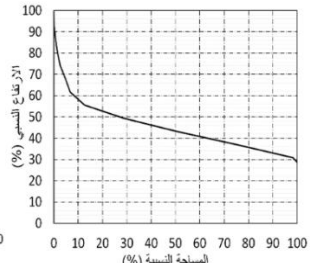
**المنحنيات الهيسومترية المقعرة:** ترتبط المنحنيات الهيسومترية المقعرة بالأحواض المائية التي وصلت إلى مرحلة الشيخوخة، أو المنحنيات التي تنتشر في المناطق الجافة في بعض الأحيان، ويمكن تصنيفها في منطقة الدراسة إلى منحنيات هيسومترية مقعرة خفيفة إلى متوسط الانحدار كما الحال بالنسبة لأحواض الأزرق والجفر، الأشكال (١٧، ١٨)، وتمثل هذه الأحواض الأقاليم الجافة في الأردن الشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية، حيث أثرت ظروف الجفاف السائدة ونوع الصخر في ضعف عمليات الحت



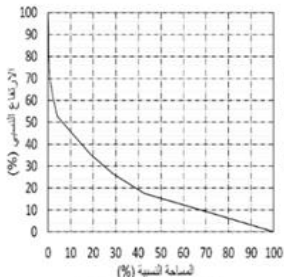
الشكل (19) حوض وادي دجل



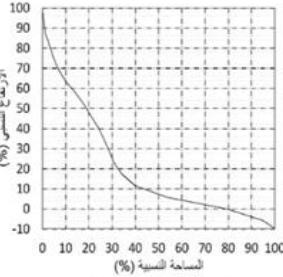
الشكل (18) حوض الجفر



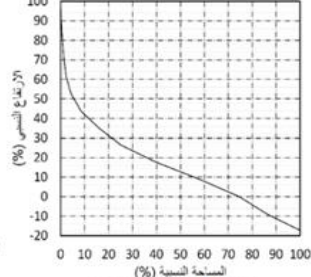
الشكل (17) حوض الأزرق



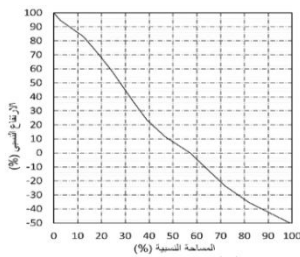
الشكل (21) حوض وادي أبو نيان



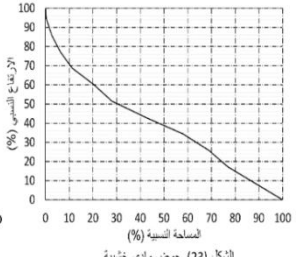
الشكل (20) حوض وادي الغياض



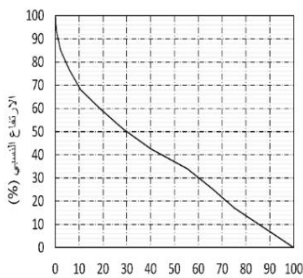
الشكل (22) حوض وادي الجرفان



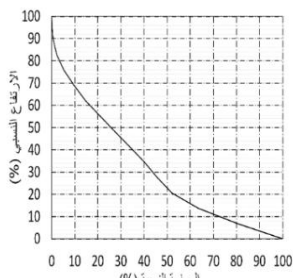
الشكل (24) حوض وادي جرف الحمار



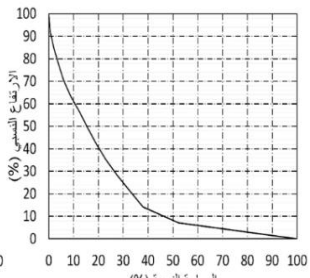
الشكل (23) حوض وادي خمينة



الشكل (25) حوض وادي حسيان



الشكل (27) حوض وادي ملفان

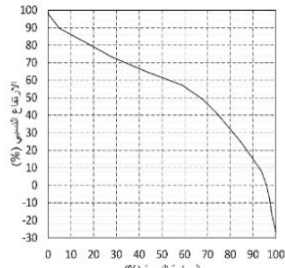


الشكل (26) حوض وادي لجنبي

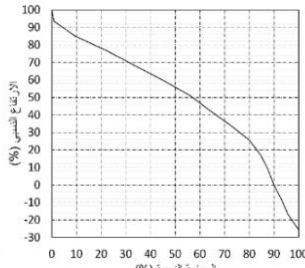
الشكل (28) حوض وادي أجمير

لهذه الأحواض، أما المنحنيات الهيسومترية المقعرة الشكل شديدة الانحدار فترتبط بمعظم أحواض الأودية الثانوية لحوض وادي عربية الشمالي ووادي عربية الجنوبي حيث وصلت معظم هذه الأودية الى مرحلة الشيخوخة والتي تسود ضمن المنطقة الجافة، كأحواض أودية دحل، والغياض، وأبو ذبان، والجرفان، وخشيبية، وجرف الحمار ضمن حوض وادي عربية الشمالي، ووادي حسان ضمن حوض الأغوار الجنوبية الأشكال (١٩-٢٥)، وأودية لحجني ووادي ملغان واحير ضمن حوض وادي عربية الجنوبي الأشكال (٢٦-٢٨).

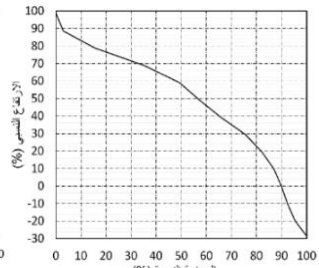
**المنحنيات الهيسومترية المحدبة:** تعتبر المنحنيات الهيسومترية المحدبة من سمات الأحواض المائية المرتبطة بالأحواض المائية الممتدة على طول الحافة الصدمية ضمن الأغوار الشمالية والجنوبية، ويمكن تصنيفها إلى شكلين من المنحنيات يتضمن الشكل الأول المنحنى الهيسومتري ذو الانحدار الخفيف الى المتوسط والذي يرتبط بأودية حوضي الأغوار الشمالية والجنوبية كأحواض أودية الطيبة، والريان، وكفر إنجة، وراجب، وزقلاب، وشعيب ووادي الكفرين ووادي أم حماطة ضمن حوض وادي عربية الجنوبي، الأشكال (٢٩-٣٦). أما المنحنيات الهيسومترية المحدبة شديدة الانحدار فترتبط بأودية حوض البحر الميت، كوادي زرقاء ماعين، وابن حماد، والكرك، وعسال ووادي هديمة، الأشكال (٣٧-٤١).



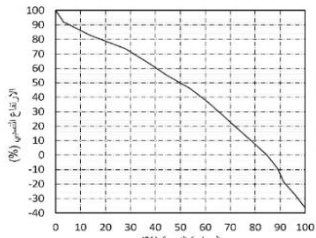
الشكل (31) حوض وادي كثر لجة



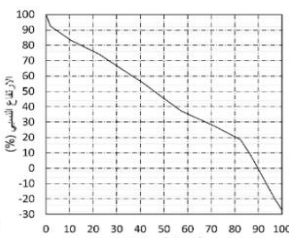
الشكل (30) حوض وادي الريان



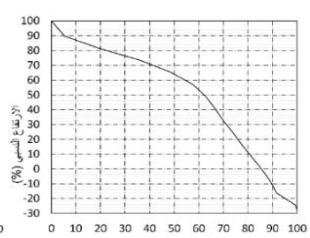
الشكل (29) حوض وادي الطيبة



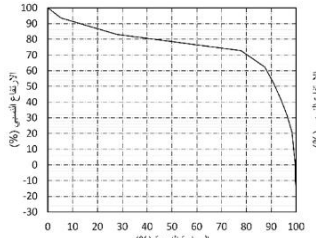
الشكل (34) حوض وادي شعيب



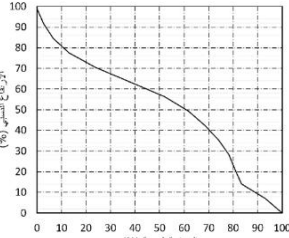
الشكل (33) حوض وادي زقلاب



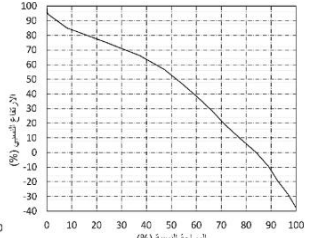
الشكل (32) حوض وادي راجب



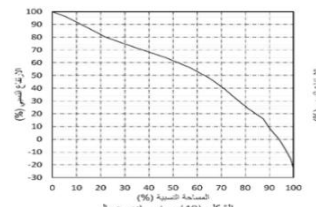
الشكل (37) حوض وادي زرقاه ماعين



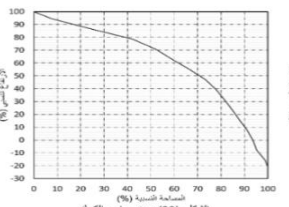
الشكل (36) حوض وادي أم حماطة



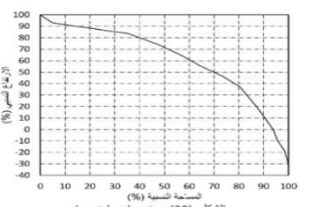
الشكل (35) حوض وادي الكثرين



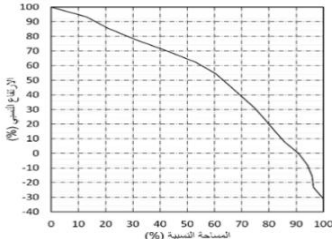
الشكل (40) حوض وادي حصال



الشكل (39) حوض وادي الكرك

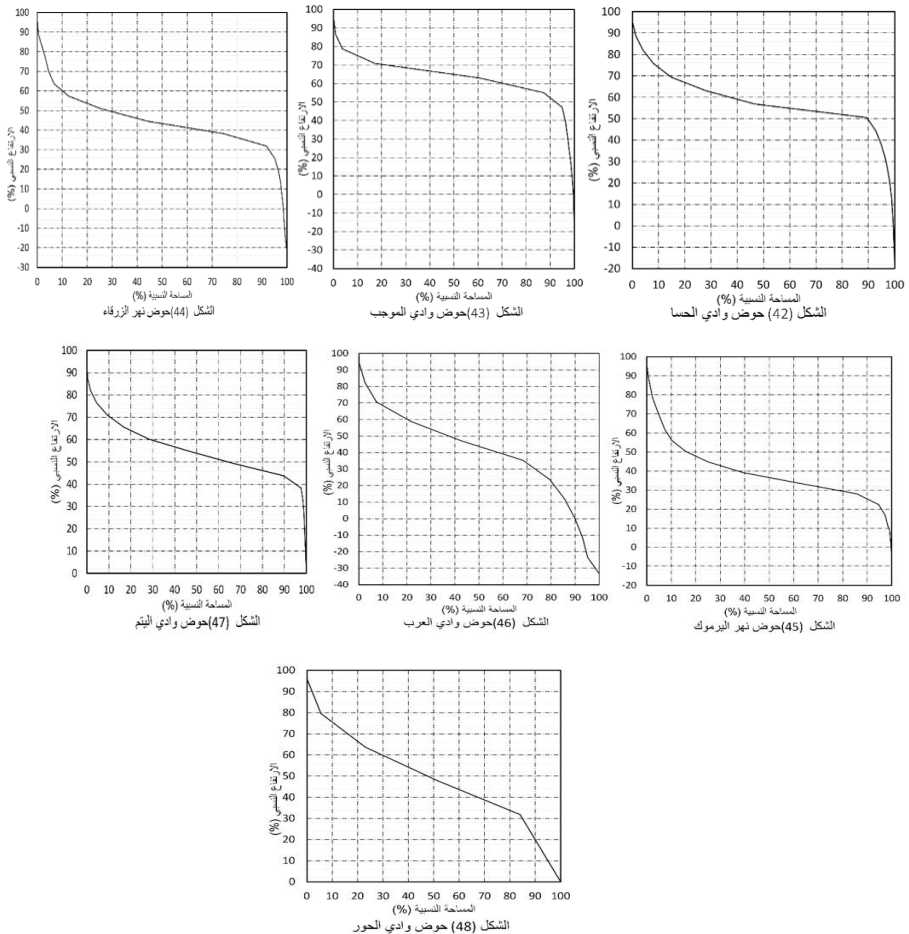


الشكل (38) حوض وادي ابن حماد



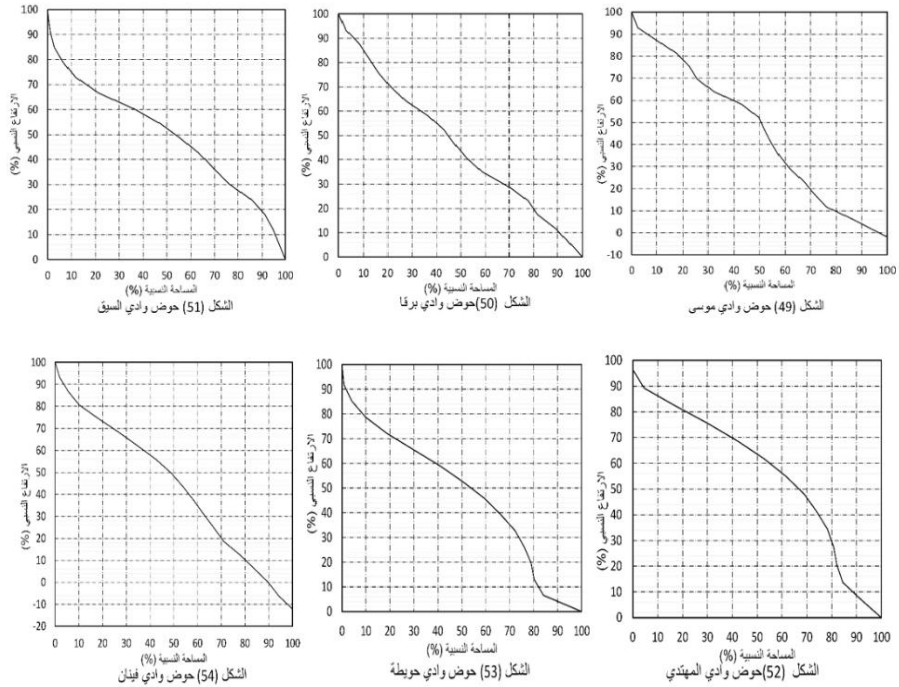
الشكل (41) حوض وادي هديمة

**المنحنيات الهيسومترية المقعرة-المحدبة شديدة الانحدار:** تعتبر المنحنيات الهيسومترية المقعرة- المحدبة شديدة الانحدار من سمات الأحواض المائية المرتبطة بالأحواض المائية الممتدة على طول الحافة الصاعدة من الباقورة شمالا وحتى أقصى جنوب البحر الميت بالإضافة لجرف رأس النقب، والتي تمثلها أحواض أودية الحسا، الموجب، الزرقاء، واليرموك، والعرب، ووادي الينم بالإضافة لوادي الحور الذي يعتبر من أودية حوض وادي عربة الشمالي الأشكال (٤٢-٤٨).



### المنحنيات الهيسومترية ذات شكل المنحنى الهيسومتري غير المنتظم:

ترتبط هذه المنحنيات ببعض أودية حوضي وادي عربة الشمالي والجنوبي والتي يظهر فيها تتابع للمحدرات والمقعرات والتي ترتبط بعدم انتظام الجريان السطحي وتقطعة كأودية موسى، والبرقا، والسيق، والمهتدي، وحويطة وفينان الأشكال (٤٩-٥٤).

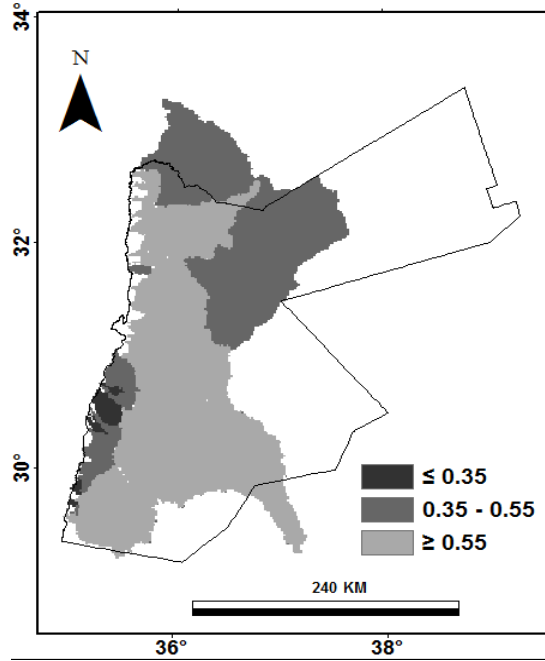


### المعامل الهيسومتري (Hypsometric Integral (HI)) :

يشير (Harrison al. et, ١٩٨٣) بأن قيم المعامل الهيسومتري تتباين ما بين (٠-١) وأن قيم المعامل الهيسومتري المرتفعة ( $\leq 0.5$ ) ترتبط بالأحواض المائية التي تمر في مرحلة الشباب والتي تكون فيها العمليات التكتونية هي المهيمنة مقارنة بعمليات التعرية، أما قيم المعامل الهيسومتري

المنخفضة ( $\geq 0.35$ ) فترتبط بالأحواض المائية التي تمر بمرحلة الشيخوخة التي تأكلت معظم أجزائها، أما الأحواض المائية التي تبلغ ذات القيم المتوسطة للمعامل الهيسوم تري ( $\sim 0.05$ ) فترتبط بالتوازن الديناميكي ما بين عمليات التعرية والعمليات التكتونية.

وبناء على ذلك يمكن تصنيف منطقة الدراسة الى ثلاثة فئات الاولى الاحواض ذات قيم المعامل الهيسوم تري المرتفعة ( $\leq 0.05$ )، والثانية الأحواض ذات قيم المعامل الهيسوم تري المنخفضة ( $\geq 0.35$ )، والفئة الثالثة المتوسط ( $0.05 - 0.35$ ) الشكل (٥٥).



الشكل (٥٥) قيم المعامل الهيسوم تري (HI)

إذ يمكننا من خلال تحديد المعامل الهيسوم تري التقييم الجيومورفولوجي لأحواض التصريف المائي ، وتتراوح قيم المعامل



الهيسومتري في منطقة الدراسة ما بين (٠,١٩) لحوض وادي لحجني في وادي عربة الجنوبي، و(٠,٨٠) لحوض وادي زرقاء ماعين في حوض البحر الميت، وتتركز الأحواض المائية التي تقل ذات قيم المعامل الهيسومتري المنخفضة والتي وصلت أوديتها إلى مرحلة الشيوخة في حوض وادي عربة الشمالي كأودية الغياب، وأبو ذبان، والجرفان ووادي جرف الحمار والتي تبلغ قيم المعامل الهيسومتري لها (٠,٢٧) و(٠,٢٧) و(٠,٢١) و(٠,٢٥) على التوالي. أما الأحواض المائية التي تمر أوديتها في مرحلة الشباب فترتبط بشكل عام بالأودية على طول الحافة الصاعدة من الباقورة شمالاً إلى جنوب البحر الميت ، بالإضافة لجنوب جرف رأس النقب، فقيم المعامل الهيسومتري مرتفعة كوادي زرقاء ماعين الذي يمر في مرحلة الشباب المبكر (٠,٨٠)، وأودية الموجب (٠,٧٢) ،ابن حماد (٠,٧١)، الكرك (٠,٧١) والتي تمر في مرحلة الشباب المتوسط، ومن أودية الأخدود الأردني التي تمر في مرحلة الشباب المتأخر أودية هديمة (٠,٦٧)، الحسا (٠,٦٥)، كفر انجة (٠,٦٥) بالإضافة لأودية شعيب ، والكفرين والزرقاء والتي تمر في مرحلة الشباب المتأخر.

أما الأحواض التي تعبر معاملاتها الهيسومترية عن التوازن ما بين عمليات التعرية والعمليات التكتونية، فتمثلت بعدد كبير من الأودية والتي تمر في مرحلة النضج كوادي اليرموك، وحوض الأزرق والتي بلغت معاملاتها الهيسومترية (٠ . ٤٦,٠ . ٤٥) على التوالي، وغيرها الكثير من أودية المناطق الجافة، الجدول (١).

الجدول (١) المعامل الهيسومتري والقياسات المورفومترية للأحواض المائية في الأردن

المعامل الهيسومتري	متوسط الارتفاع (م)	أقل ارتفاع (م)	أعلى ارتفاع (م)	المحيط (كم)	المساحة (كم <sup>٢</sup> )	الحوض
0.45	980.00	464.00	1621.00	695	12611.00	الأزرق
0.46	700.00	-213.00	1786.00	564	6594.90	اليرموك
0.55	337.60	-283.00	850.00	129	294.32	وادي العرب
0.60	497.90	-290.00	1016.00	92	60.26	وادي الطيبة
0.57	484.45	-294.00	1079.00	81	136.16	وادي زقلاب
0.60	585.70	-301.00	1176.00	98	147.00	وادي الريان
0.65	682.00	-331.00	1226.00	80	112.20	وادي كفر أنجة
0.61	615.04	-345.00	1226.00	66	111.00	وادي راجب
0.55	704.60	-358.00	1577.00	466	4191.78	وادي الزرقاء
0.59	471.70	-395.00	1086.00	125	196.00	وادي شعيب
0.59	458.05	-399.00	1057.00	128	274.80	وادي الكفرين
0.80	728.67	-225.00	962.00	187	402.68	وادي زرقاء ماعين
0.71	659.00	-365.00	1076.00	70	124.50	وادي ابن حماد
0.68	785.00	-266.00	1270.00	87	184.50	وادي الكرك
0.63	690.00	-281.00	1249.00	45	68.23	وادي عسال
0.67	734.40	-400.00	1285.00	59	100.34	وادي هديمة
0.38	336.00	-430.00	1603.00	199	773.60	وادي دحل
0.27	168.30	-197.00	1139.00	95	111.13	وادي الغياب
0.49	698.20	-195.00	1611.00	164	332.22	وادي فينان
0.27	342.60	-168.00	١٧٢٠.٠٠	152	610.11	وادي أبو ذبان
0.46	780.10	-31.00	1722.00	161	232.84	وادي موسى
0.21	234.80	-1.00	1140.00	92	65.25	وادي الجرفان
0.25	158.00	21.00	573.00	72	90.56	وادي جرف الحمار

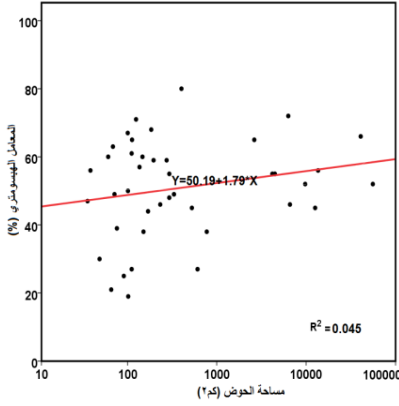
المعامل الهيسومتري	متوسط الارتفاع (م)	أقل ارتفاع (م)	أعلى ارتفاع (م)	المحيط (كم)	المساحة (كم <sup>٢</sup> )	الحوض
0.39	460.00	10.00	1164.00	81	75.66	وادي أبو خشبية
0.49	316.00	20.00	628.00	65	71.02	وادي الحور
0.45	798.40	60.00	1717.00	172	527.26	وادي البرقا
0.48	813.40	50.00	1649.00	154	294.00	وادي السيق
0.38	451.60	10.00	1175.00	94	150.96	وادي أحيمر
0.50	729.00	50.00	1419.00	106	100.85	وادي أم حماطة
0.19	295.40	31.00	1415.00	73	101.61	وادي لحجني
0.56	821.30	20.00	1456.00	60	37.78	وادي المهندي
0.30	448.00	12.00	1450.00	46	48.06	وادي ملغان
0.47	720.30	11.00	1524.00	66	34.99	وادي حويطة
0.55	1008.40	9.00	1829.00	563	4468.38	وادي اليتم
0.56	1320.00	802.00	1725.00	870	13608.37	الجفر
0.72	802.70	-423.00	1271.00	733	6315.55	وادي الموجب
0.65	920.26	-334.00	1583.00	438	2632.47	وادي الحسا
0.44	128.78	-429.00	845.00	72	169.87	وادي حسابان

### العلاقة بين المعامل الهيسومتري والمساحة الحوضية، متوسط الارتفاع ومعدل الأمطار :

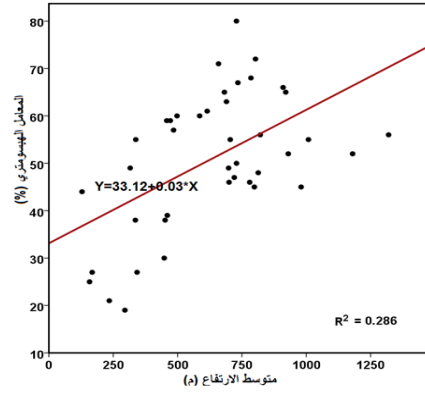
يرتبط تطور المساحة الحوضية بنشاط الحت التراجعي الناتج عن استمرار عمليات الحت بفعل العمليات المائية وما لها من دور فعال في تراجع منطقة تقسيم المياه فوق المرتفعات، كذلك بفعل الحركات التكتونية (الرفع والهبوط) وارتباط ذلك بالمرحلة الحتية لهذه الأحواض، حيث تبين من

خلال تحليل الانحدار الخطي البسيط للعلاقة ما بين مساحة الأحواض المائية ومتوسط الارتفاع لهذه الأحواض والمعاملات الهيسومترية الخاصة بها عدم وجود علاقة ملاحظة أو دلالة إحصائية بين المساحة الحوضية والمعامل الهيسومتري إذ لم يتجاوز التغير الذي أحدثته المساحة الحوضية في المعامل الهيسومتري (٠,٠٤٥) ، الشكل (٥٦). من جهة أخرى وجدت علاقة ملاحظة أو ذات دلالة إحصائية ما بين متوسط الارتفاع للأحواض المائية ومعاملاتها الهيسومترية وإن كانت ضعيفة حيث بلغ التغير الذي أحدثته متوسط الارتفاع في المعامل الهيسومتري حوالي (٠,٢٩)، الشكل (٥٧). وهذا يعطي دلالة مهمة بأن نشأة وتطور الأحواض المائية في الأردن ارتبط بشكل عام بالظروف المناخية التي كانت سائدة في الماضي، أو بالنشاط التكتوني. كما تعتبر صخور القشرة الأرضية مسرحاً لعمليات الحت والهدم حيث تفرض خصائص الصخور التباين في عمليات الحت والتعرية مما ينعكس على المساحات الحوضية.

وبالرابط ما بين التنوع الصخري والتباين في المساحات الحوضية في الأردن، فإنه يمكن اعتبار المناطق ذات الصخور الرملية ذات مساحات حوضية أكبر من الأحواض ذات الصخور الجيرية، في حين تحتفظ المناطق ذات الصخور البازلتية والجرانيتية بأصغر الأحواض المائية مساحة، (سلامة، ١٩٨٠).

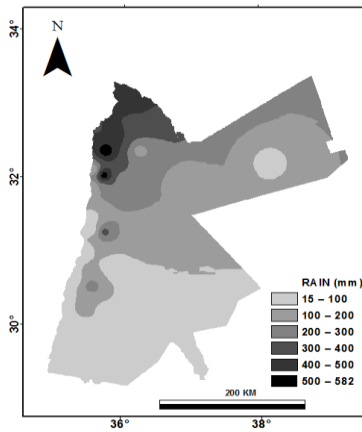


الشكل (٥٧) العلاقة بين متوسط الارتفاع والمعامل الهيسوم تري



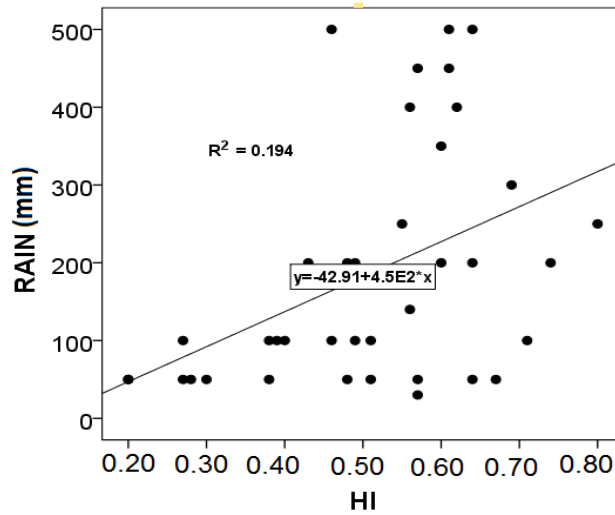
الشكل (٥٦) العلاقة بين المساحة والمعامل الهيسوم تري

وتتفاوت معدلات الأمطار لهذه الأقاليم فتزيد معدلات الأمطار عن ٤٠٠ ملم في الإقليم شبه الرطب وتحديدًا الأحواض التي تتبع أوديتها من المرتفعات الشمالية، وتتراوح ما بين ٢٠٠ ملم و ٤٠٠ ملم في الإقليم شبه الجاف في الأجزاء الشمالية الشرقية والجنوبية من منطقة الدراسة، وتقل عن ٢٠٠ ملم وأحيانًا عن ٥٠ ملم في الإقليم الجاف في معظم الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية من منطقة الدراسة الشكل (٥٨).



الشكل (٥٨) معدلات الامطار

كما تبين من خلال تحليل الانحدار الخطي للعلاقة ما بين المعامل الهيسومتري ومعدلات الأمطار لـ ٣٨ حوضاً تمثل منطقة الدراسة وجود علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى ثقة (0.01) حيث بلغ معامل الارتباط (44%)، الشكل (٥٩). و هي علاقة متوسطة وهذا يعود لوجود عوامل مشتركة أثرت في قيم المعامل الهيسومتري بالإضافة للأمطار كالخصائص الجيولوجية واستعمالات الاراضي وغيرها. كما أن الكثير من الأحواض المدروسة أعيد تجديدها شبابها نتيجة تكون حفرة الانهدام الأفروآسيوية التي كونت منطقة وادي الأردن، البحر الميت ووادي عربة كما ذكر سابقا.



الشكل (٥٩) العلاقة بين معدل الأمطار والمعامل الهيسومتري

### المعامل الهيسومتري والبنية الجيولوجية، نوع الصخر:

حاول في هذا المجال (ZAMOSTEANU, et al., 2015) الربط ما بين قيم المعامل الهيسومتري والتركيب الصخري والعمليات التكتونية في جبال (Ronda) شمالي رومانيا وتوصل إلى أن المعامل الهيسومتري للمنحدرات

الشمالية بلغ (٠,٢٩-٠,٨٢) ، والجنوبية (٠,٤١-٠,٥١) وأظهرت النتائج بأن قيم المعامل الهيسومتري أكبر من (٠,٥٠) في المناطق التي تتأثر باستمرار بالعمليات التكتونية وخاصة في الأجزاء الشمالية، وأن المناطق ذات تكوينات (Oligocene, Miocene, Pleistocene and Holocene) ذات قيم منخفضة للمعامل الهيسومتري (>٠,٥٠) ، أما المناطق ذات تكوينات (Precambrian, Cambrian, Silurian, Eocene, Miocene and Pliocene) فقيم المعامل الهيسومتري فيها مرتفعة (>٠,٥٠).

أما (Quanbari, et al., 2014) فقد درس الاختلافات المكانية للنشاط التكتوني في أحواض (Marvdasht) جنوب غرب إيران من خلال تحليل المنحنى الهيسومتري، ووجد أن المعامل الهيسومتري يتجه للزيادة نحو الشمال الشرقي المكونة من الحجر الجيري وغيرها من الصخور الصلبة ، ويتجه للانخفاض التدريجي نحو الجنوب الغربي.

حيث تؤثر الحركات البنائية في المعامل الهيسومتري للأحواض المائية من خلال ما تسببه من عمليات رفع في منطقة المنابع أو هبوط في بيئة المصب وبالتالي اضطراب في مناسيب سطح الأرض وانحدارها وازدياد الطاقة الحثية للمجري المائية وقد يوصلها إلى مرحلة التصابي، وهذا ينطبق على معظم أودية الحافة الصدعية في الأردن والتي تمتد من جنوب البحر الميت إلى الباقورة شمالاً، الشكل (٥٨). والتي تزيد معاملات الهيسومتري عن (٠,٥٥) وذات

منحنيات هيسومتري محدبة، كأودية حوض الأغوار الشمالية ومعاملاتها الهيسومتري (٠,٥٥-٠,٦١) حيث تظهر الجروف الواضحة في بعض أجزاءه والتي يغطي الحجر الكلسي و الرملي معظم أجزاءه، الشكل

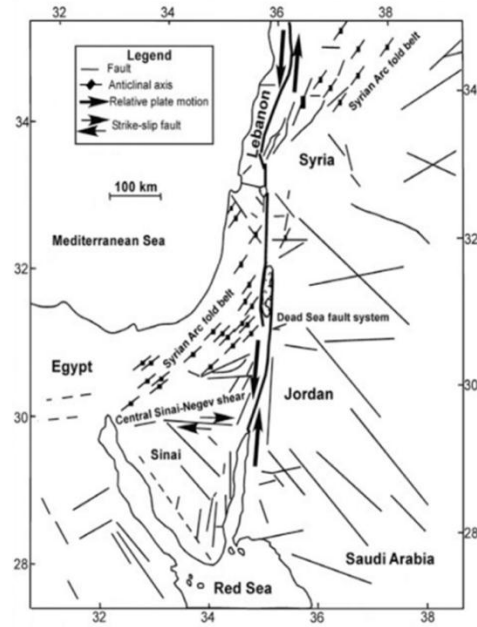
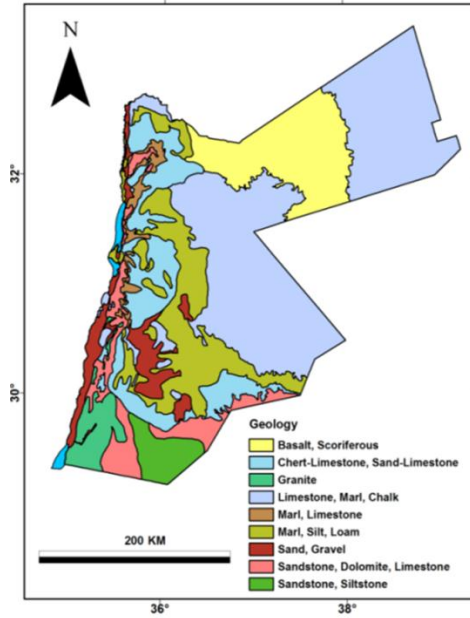
(٥٩) ، أما الأغوار الجنوبية ومعاملاتها الهيسومترية (٠,٤٤-٠,٥٩) فتغطيها صخور الحقبين الثانية والثالثة الجيرية والرملية مع وجود للصخور الرملية، بالإضافة لأودية حوض البحر الميت والتي وصلت معظم أوديتها إلى حالة التصابي ومعاملاتها الهيسومترية (٠,٦٣-٠,٨٠). بالإضافة للصدوع وسط وشمال الأردن كصدوع (رميمين -الزرقاء)، وصدع وادي شعيب، وصدع (عمان-الحلابات)، وصدع جبل نيبو، وصدع زرقاء ماعين، وصدع سواقة، وصدع (الفيحاء-الكرك)، وصدع وادي الحسا الشكل (٥٨)، والتي أثرت في زيادة المعامل الهيسومتري للأودية الجانبية لوادي الأردن والبحر الميت ومثال ذلك وادي الزرقاء ومعامله الهيسومتري (٠,٥٥) ، وادي الموجب ومعامله الهيسومتري (٠,٧٢)، وادي الحسا ومعامله الهيسومتري (٠,٦٥)، ووادي الكرك ومعاملة الهيسومتري (٠,٦٨)، ووادي شعيب ومعاملة الهيسومتري (٠,٩٥). وهذا ينطبق على الكثير من الأحواض المائية وأوديتها في الأردن كصدع رأس النقب وصدع (القويرة-المدورة) والتي أثرت في المعامل الهيسومتري لوادي اليتم (٠,٥٥) والذي يغطي معظم أجزاء الصخور الجرانيتية، وحوض الديسة (٠,٥٢). الذي يغلب على تكوينه الحجر الكلسي والسلتي والرمل، وصدع (الفيحاء- الكرك )، وصدع (عرجا-عوينة) ، وصدع سلوان الذي أثر في المعامل الهيسومتري لحوض الجفر (٠,٥٦) ويغطي معظم أجزائه الحجر الرملية والجيري والسلتي واللومي.

أما البناء التكتوني لوادي عربة والذي يمتد من خليج العقبة جنوبا وحتى جرف خنزيرة جنوب البحر الميت شمالا والذي يمثله صدع وادي عربة الشكل (٦٠)، فيمثله حوض وادي عربة الشمالي والذي يمتد من جبل



الريشة وحتى جرف خنزيرة شمالاً وينحدر هذا الجزء جنوباً وتتجه مياهه صوب البحر الميت، ويتراوح المعامل الهيسومتري لهذه الأودية ما بين (٠,٢٥-٠,٤٩) حيث يرتفع المعامل الهيسومتري في الأودية التي تظهر على شكل جروف كوادي فينان (٠,٤٩)، وادي موسى ووادي الجرفان (٠,٤٦) لكليهما، ووادي الحور (٠,٤٩) ويمر صدع وادي عربية عند سفوحها، أما الأودية التي يقل فيها المعامل الهيسومتري فتتميل المنحدرات ميلاً طبيعياً لطيفاً باتجاه وادي عربية كاودية الغياب، أبوذبان، جرف الحمار ومعاملاتها الهيسومترية ٠,٢٥، ٠,٢٧، ٠,٢٧ على التوالي. وتشكل الصخور الجرانيتية الأجزاء العليا لهذه الأودية، غير أن الصخور الرسوبية الرملية والجيرية الأكثر أهمية في حوض وادي عربية الشمالي الشكل (٦١).

أما حوض وادي عربية الجنوبي فيمتد من جبل الريشة إلى خليج العقبة وأودية هذا الحوض معالماتها الهيسومترية أعلى نسبياً من أودية وادي عربية الشمالي وتراوح هذه المعالمات ما بين ٠,١٩، لوادي لحجني و ٠,٥٦، لوادي المهدي ولا ضير في ارتفاع هذه المعالمات لمعظم أودية الحوض فالجبال في الجانب الشرقي لوادي عربية الجنوبي ترتفع على شكل جروف عمودية تقريباً ويغلب عليها صخور الجرانيت، غير أن النشاط الحثي لبعض الأودية وانتشار المراوح الفيضية بشكل واضح لبعض أودية هذا الحوض أدى إلى انخفاض المعامل الهيسومتري لبعض الأودية كوادي أحيمر، ووادي ملغان ووادي لحجني ومعاملاتها الهيسومترية ٠,١٩، ٠,٣٠، ٠,٣٨ على التوالي. وتتحدد الكثير من الأودية في الحرة البازلتية والتي ترفد حوض الأزرق ونهر الزرقاء ونهر اليرموك ووادي السرحان والقيعان في حوض الحماد (عابد، ٢٠٠٠).



الشكل (٥٨) الصدوع في الأردن الشكل (٥٩) التراكيب الصخرية في الأردن

(Enzel & Yosef, 2017) (سلطة المصادر الطبيعية، ٢٠١٠)

## ملخص النتائج :

- تتراوح قيم المعامل الهيسومتري في منطقة الدراسة ما بين (٠,١٩) لحوض وادي لحجني في وادي عربة الجنوبي، و(٠,٨٠) لحوض وادي زرقاء ماعين في حوض البحر الميت، وتتركز الأحواض المائية التي تقل ذات قيم المعامل الهيسومتري المنخفضة والتي وصلت أوديتها الى مرحلة الشيوخوخة في حوض وادي عربة الشمالي. أما الأحواض المائية التي تمر أوديتها في مرحلة الشباب فترتبط بشكل عام بالأودية على طول الحافة الصدعية من الباقورة شمالا إلى جنوب البحر الميت ، بالإضافة لجنوب جرف رأس النقب.

- ترتبط المنحنيات الهيسومترية المقعرة بالأحواض المائية التي وصلت إلى مرحلة الشيوخوخة، أو المنحنيات التي تنتشر في المناطق الجافة. كما تعتبر المنحنيات الهيسومترية المحدبة من سمات الأحواض المائية المرتبطة بالأحواض المائية الممتدة على طول الحافة الصدعية ضمن الأغوار الشمالية والجنوبية بالإضافة لأودية حوض البحر الميت. أما بالنسبة للمنحنيات الهيسومترية المقعرة- المحدبة شديدة الإنحدار من سمات الأحواض المائية المرتبطة بالأحواض المائية الممتدة على طول الحافة الصدعية من الباقورة شمالا وحتى أقصى جنوب البحر الميت بالإضافة لجرف رأس النقب، أخيرا ترتبط هذه المنحنيات ببعض أودية حوضي وادي عربة الشمالي والجنوبي والتي يظهر فيها تتابع للمحدبات والمقعرات والتي ترتبط بعدم انتظام الجريان السطحي.

- تبين من خلال تحليل الإنحدار الخطي البسيط للعلاقة ما بين مساحة الأحواض المائية ومتوسط الارتفاع لهذه الأحواض والمعاملات

الهبسومترية الخاصة بها عدم وجود علاقة ملاحظة أو دلالة إحصائية بين المساحة الحوضية والمعامل الهبسومتري إذ لم يتجاوز التغير الذي أحدثته المساحة الحوضية في المعامل الهبسومتري (٠,٤٥). من جهة أخرى وجدت هناك علاقة ت ملاحظة أو ذات دلالة إحصائية ما بين متوسط الارتفاع للأحواض المائية ومعاملاتها الهبسومترية وإن كانت ضعيفة حيث بلغ التغير الذي أحدثه متوسط الارتفاع في المعامل الهبسومتري حوالي (٠,٢٩).

- تبين من خلال تحليل الانحدار الخطي للعلاقة ما بين المعامل الهبسومتري ومعدلات الأمطار لـ ٣٨ حوض تمثل منطقة الدراسة وجود علاقة ارتباطية ذات دلالة إحصائية عند مستوى ثقة ٠,٠١ حيث بلغ معامل الارتباط (44%).

- تؤثر الحركات البنائية في المعامل الهبسومتري للأحواض المائية من خلال ما تسببه من عمليات رفع في منطقة المنابع أو هبوط في بيئة المصب، وبالتالي اضطراب في مناسيب سطح الأرض وانحدارها، وازدياد الطاقة الحتية للمجري المائية وقد يوصلها إلى مرحلة التصابي، وهذا ينطبق على معظم أودية الحافة الصدمية في الأردن والتي تمتد من جنوب البحر الميت إلى الباقورة شمالاً، والتي تزيد معاملاتها الهبسومترية عن (٠,٥٥) وذات منحنيات هبسومترية محدبة.

## قائمة المصادر والمراجع

### المراجع العربية :

- سلامة، حسن. (٢٠٠٤)، أصول الجيومورفولوجيا ، (ط١) ، عمان : دار المسيرة: ١٨٣.
- سلامة، حسن. (١٩٨٠) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن، مجلة دراسات، ٦:٢، ٩٧-١٣٢.
- سلطة المصادر الطبيعية (٢٠١٠)، خرائط جيولوجية مقاييس (١): ١٠٠٠٠٠ ، ١: ٥٠٠٠٠٠. عمان، الأردن.
- الصباينة، نوح. (٢٠١٣) تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (R. S) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS)، أطروحة دكتوراه، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
- عابد، عبد القادر. (٢٠٠٠)، جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه، (ط١)، عمان: منشورات نقابة الجيولوجيين الأردنيين: سلسلة الكتب العلمية ١.

### المراجع الأجنبية :

- Babu, K. J. , Sreekumar, S. , Arish Aslam, A. , Midhun,K. (2014)Hypsometry and Geomorphic Development of a Watershed: A Case Study from South India.
- Demoulin, A. (2010) Basin and river profile morphometry: A new index with a high potential for relative, Geomorphology journal,8,1-12.
- Devi, R. K. ,Kushwaha. R. A. S. (2015) Hypsometric Analysis of A Part of Ijai River, Manipur,American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics, 15-449 346-349.

- Enrique, V. , Di Benedetto. ,F. , Grimaldi. ,S. , Eltahir. E. A. B. (2008), Hypsometric control on surface and subsurface runoff, *Water Resources Research*, VOL. 44, W12502, doi:10. 1029 /2008 WR006931.
  - Enzel, Y and Bar-Yosef. (2017) *Quaternary of the Levant :Environment ,Climate Change, and Humans*, First Published ,Cambridge University (<https://books.google.com/books?id=hhSVDgAAQBAJ&pg=PA6&lpg=PA6&dq=fault+in+jordan&source=bl&ots=V090mr3HUI&sig=saVEaOXpiVX3M0LYzOobaXuq2Ss&hl=ar&sa=X#v=onepage&q&f=true> )
  - Farhan, Y. , Elgaziri, A. , Elmaji, I. and Ali, I. (2016) Hypsometric Analysis of Wadi Mujib-Wala Watershed (Southern Jordan) Using Remote Sensing and GIS Techniques. *International Journal of Geosciences*, 7, 158-176.
  - Harrison, C. G. , Miskell, K. J. , Brass, G. W. , Saltzman, E. S. and Sloan II, J. L. (1983) Continental hysography. *Tectonics*, v. 2. pp. 357–377. [CrossRefGoogle Scholar](#)
  - Hurtrez, J. E. , Sol. C. , Lucazeau, F. (1999) Effect of Drainage Area on Hypsometry from Analysis of Small Scale Drainage Basins in the Siwalik Hills (Central Nepal). *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, 799-808.
- International Journal of Science and Research (IJSR), 3:10, 1495-1500.
- Kanarek, M. (2012) Runoff and geomorphic properties of North Carolina rivers. CE394K. 3, 1-13. : [www.elsevier.com/locate/geomorph](http://www.elsevier.com/locate/geomorph)
  - Khadri, S. F. R. ,Nitin, R. Kokate. (2015) Hypsometric Analysis of the Morna River basin, Akola District, Maharashtra, *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication* , 3: 2 ,087– 092
  - Kuang-Yu ,Ch. , Jih-Hao ,H, Hung-Cheng, Ch. , Heng, T. , Quo-Cheng, S. (2012) Scale independence of basin hypsometry and steady state topography, *Geomorphology journal*, [Volumes 171–172](#), 1-11.
  - Luo. W. (1998) Hypsometric Analysis with a Geographic Information System. 24, 815-821.
  - Pérez-Peoa, J. V. , Azaon. J, M. , Azor. A. (2009). CalHypso: an ArcGIS extension to calculate hypsometric curves and their

- statistical moments. Applications to drainage basin analysis in SE Spain. *Computers and Geosciences* 35, 1214–1223.
- Pike, R. J. , Wilson, S. E. , (1971) Elevation–relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area–altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin* 82,1079–1084.
  - Quanbari, H. , Pourkermani,M. , Asadi,A. ,Bouzari ,S. (2014) Hypsometric Properties of Marvdasht Plain Basins in SW Iran (South of Zagros Fold-Thrust Belt), *Current Trends in Technology and Science*, 3:2, 126-133.
  - Sagy, C. , Garry ,W. , Greg H. (2008) A methodology for calculating the spatial distribution of the area-slope equation and the hypsometric integral within a catchment, *Journal of Geophysical Research*, 113,1-13.
  - Siddiqui,S. , Solddati,M(2004) Appraisal of active tectonics using DEM-based hypsometric integral and trend surfaceanalysis in Emilia-Romagna Apennines, northern Italy, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23: 277-292.
  - Sivakumar,V. , Biju,C. , Benidhar, D. (2010) Hypsometric Analysis of Varattaru River Basin of Harur Taluk, *INTERNATIONAL JOURNAL OF Geomatics and Geosciences*, 2, 1:241-247.
  - Smgh,O. , Sarangi,A. (2008) Hypsometric analysis of the lesser Himalayan watersheds using geographical information system ,*Indian J* ,36 (3) : 148-154.
  - Strahler, A. N. (1957) Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*,38, 913-920.
  - Strahler, AN. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geologic. Soc. Am. Bull.* , 63: 1117-1141.
  - Willgoose,G. , Hancock,G. (1998). Revisiting the Hypsometric Curve as an Indicator of Form and Process in Transport -Limited Catchment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 611–623.
  - Wilson, L. J, Vallee. ,M. , Montpetit ,J. (2009). Comments on hydrometeorological accuracy enhancement via postprocessing of numerical weather forecasts in complex terrain. *WeatherForecast* ,24: 892–894.

- Zamosteanu, A. , Alexandru,I. , Mindrescu ,M. (2015)Sensitivity of the hypsometric integral (HI) and its connections with lithology and neotectonics in the Rodna Mountains, Romanian Carpathians, University of Suceava and GEOREVIEW , 25,75-91.
- Zbigniew, Z. , Ewa, S. (2015) Spatial distribution of hypsometric curves within the Parsęta River drainage basin (Poland)as a geoinicator of geomorphological hazards. Institute Geoecology and Geoinformation Geomorphometry. org,27, 267-271.