تقييم النشاط التكتوني باستخدام المؤشرات الجيومورفولوجية ومؤشرات التصريف الحوضي في حوض نهر بالك الرئيس، العراق

Active Tectonics Assessment Using Geomorphic and Drainage Indices in the Balak River Basin, Iraq

أ.م. جنان رحمان ابراهيم
أستاذ مساعد
قسم الجغرافية-كلية الآداب
جامعة سوران

Jinan Rahman Ibrahim
Assistant professor
Dep. Of Geography-Faculty of Arts
Soran university

jinan.ibrahim@Soran.edu.iq

تاريخ الاستلام	تاريخ القبول
٢٠٢٤/٠٦/٠٢	٢٠٢٤/٠٧/٢١

الكلمات المفتاحية: المؤشرات الجيومورفية، المؤشرات المورفوتكتونية، التصريف الحوضي حوض نهر بالك.

Keywords: geomorphic indices; Morphotictonic indices, Drainage basin, Balak basin.

الملخص

يقع حوض نهر بالك الرئيس على ارتفاع ٥٤٣م-٣٦١٩م، في شمال شرق محافظة اربيل. ضمن نطاق زاكروس-طوروس الجيولوجي حسب تقسيم Goff and Jassim (٢٠٠٦) للعراق. يمتد الحوض ضمن أنطقة: الطيات العالية، المتراكب والفوالق الزاحفة المندفعة. تم اختيار القياس الكمي للمؤشرات الجيومورفولوجية، التي تستخدم على نطاق واسع لتقييم النشاط التكتوني، بمساعدة وتطور تحليل بيانات الارتفاع الرقمي داخل أنظمة المعلومات الجغرافية GIS، ومن ثم، توفير معالجة أكثر كفاءة في إدارة البيانات الجيومورفولوجية، ظهور اهتمام بتأثير الفوالق والتشوهات في نمو الطيات وتطور أحواض التصريف والجريان السطحي. بينت نتائج مؤشر I_{AT}، إن حوض بالك الرئيس يقع ضمن فئة النشاط المرتفع جدا. مع تباين الفئات بين أحواضه الثانوية بين الفئة الثانية، وهي فئة النشاط التكتوني المرتفع كأحواض دربند، حاجي عمران، سكران، قسري، آكويان، رزانوك وحوضه دولة تورة. لوقوعها على طول الصدوع المندفعة والأعتيادية الممتدة في الجهة الشرقية والشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية لمنطقة الدراسة. والفئة الثالثة، فئة النشاط المعتدل لأحواض ناوندة، خيلان وروستي. كما يتبين وجود حركات نيوتكتونية في منطقة الدراسة من القيم العالية من S_L، وتكوين أحواض غير متماثلة، وديان منحرفة عن خط وسط أحواضها، انخفاض قيم V_F، وبالتالي تكوين وديان ضيقة وعميقة بشكل V، لأرتفاع معدلات الرفع والشق الرأسي العميق للتيارات، بسبب

هيمنة النشاط التكتوني على عمليات التآكل. والتكامل الهبسومتري يشير الى المرحلة النضجة التي تمر بها أحواض المنطقة.

Abstract

The main Balak River basin is located at an altitude of 543 m-3619 m, in the northeast of Erbil Governorate. Within the Zagros-Taurus geological part, according to Jassim Goff and (2006) division of Iraq. The basin extends within zones of: high folds, Imbricated and thrust faults. The quantification of geomorphological indices, which are widely used to evaluate tectonic activity, has been chosen with the help and development of digital elevation data analysis within GIS, thus, providing more efficient processing in geomorphological data management. Emergence of interest in the influence of faults and deformations on fold growth and the evolution of drainage basins. And surface runoff. The results of the I_{AT} index showed that the main Balak Basin falls into the very high activity category. With the variation in categories between its secondary basins, between the second category, which is the category of high tectonic activity, such as the Derband, Haji Omran, Sukran, Qasri, Akoyan, Razanuk basins, and Doula Tora basin. Because it is located along the thrust and normal faults extending in the eastern, northeastern, and southeastern sides of the study area. The third category is the moderate activity category for the Nawanda, Khelan and Rusty basins. The presence of neotectonic movements in the study area is also evident from the high values of $\boldsymbol{S_L}$, the formation of asymmetric basins, valleys deviated from the center line of their basins, low values of $\boldsymbol{V_F}$, and thus the formation of narrow and deep valleys in the shape of a V, due to the high rates of uplift and deep vertical incision of the currents, due to the dominance of tectonic activity. On corrosion processes. And the integration of Hypsometric maturity for the study area and its basins.

المقدمة

تعد الجيومورفولوجيا التكتونية Morphotectonics من فروع الجيومورفولوجيا، كدراسة مظاهر السطح المتأثرة بالتكتونية، والمخاطر الزلزالية المرتبطة بمناطق الصدوع المعروفة، Elnobi). et al., 2022, p.1)من خلال العلاقة بين الهياكل الجيولوجية والأشكال الجيومورفولوجية الناتجة، (Gentana et al., 2019, p. 294). ولأن مظاهر سطح الأرض هو نتاج زمني متكامل للتكتونيات والتغيرات المناخية، فإن سطح الأرض ومظاهرها يمثل أرشيفا مهما لمعدلات

هذه التشوهات المكشوفة وغير المكشوف وتوزيعها المكاني، والتي يمكن تحليلها كما ونوعا من خلال الجيومورفولوجيا التكتونية. والأنهار ليست فقط قوة دافعة مهمة للتطور الجيومورفولوجي، ولكنها أيضًا وحدة جيومورفولوجية مهمة يمكنها تسجيل القوى الدافعة الأخرى مثل النشاط التكتوني وتغير المناخ، (Zhou et al., 2021, p.1). كون الأنظمة النهرية تحمل سجلاً مفصلاً لهذه التشوهات في أشكالها ومورفولوجيتها، فإنها تعّد أكثر مظاهر سطح الأرض حساسية في سلوكها وتطورها. لذلك تم استخدام القيم الشاذة للمؤشرات الجيومورفولوجية، وخاصة المتعلقة بالتكتونيات، في كثير من الأحيان، كبديل للنشاط التكتوني الحديث، في عدة مناطق وبيئات نشطة تكتونيًا، (Abdullah et al., 2023, p.1). وذلك بأستخدام المعلمات المورفومترية والمؤشرات الجيومورفولوجية، كأدوات لتحديد المناطق التي يهيمن عليها التشوه التكتوني السريع أو التآكل على نطاق محلي، ولتقييم المخاطر الزلزالية المحتملة في مناطق تشوه القشرة العلوية، (Daxberger et al., 2014, p154)، بل وحتى تقييم مخاطر الفيضانات، من أجل تطوير وإدارة الغطاء الأرضي للاستخدام المستدام. من خلال تأثير العمليات والانشطة المورفوتكتونية في تغيير العوامل المورفولوجية، إمالة الأحواض، أنماط التصريف، انحراف قنوات الجريان. وأيضا، في نمط الغمر للمنطقة من خلال سيطرة الاختلافات الطبوغرافية وشذوذ التصريف عليها، (Gupta et al., 2022, p.1).

وساعد تطور طرق التحليل الكمي لقياس إمالة السطح، وتطور تحليل بيانات الارتفاع الرقمية داخل أنظمة المعلومات الجغرافية GIS، على ظهور اهتمام بتأثير الفوالق والتشوهات في نمو الطيات وتطور أحواض التصريف والجريان السطحي في مناطق حدود الصفائح المتقاربة و مناطق الصفائح الداخلية في العقد الماضي، (Clement & Brook, 2008, p.1). وفي توفير معالجة أكثر كفاءة في إدارة البيانات الجيومورفولوجية، (Daxberger et al., 2014, p.154). بل يمكن استرجاع معلومات التاريخ التكتوني لمنطقة ما عن طريق القياس الكمي لمؤشرات مورفوتكتونية مختلفة، بعد الحصول على المعلومات اللازمة من الخرائط الطبوغرافية وبيانات الأقمار الصناعية. ويعد النهج المتكامل متعدد التخصصات باستخدام الجيومورفولوجية والهيكلية والتكتونية الحديثة، مفيدًا جدًا في تقييم التكتونية النشطة، (Sarma et al., 2015, p.324). يهدف هذا البحث إلى الكشف عن النشاط التكتوني المحلي وتتبع آثار التشوه الناتجة عن التصدع أو الطي كحصيلة للموقع الجيولوجي لحوض بالك الرئيس، ولتحديد تأثيره فيما إذا كان هناك ارتفاع أو ميل للحوض وللأحواضه الثانوية والفرعية، من خلال بيانات الاستشعار عن بعد وتحليل الخصائص المورفوتكتونية. علاوة على ذلك، يمكن لمتخذ القرار استخدام هذه الدراسة في أي خطة تنموية للمنطقة مستقبلا للنهوض بواقعها. لذلك، تم تحليلً الحوض مورفولوجيًا للأستدلال على هذا التأثير من خلال مؤشرات عدة، كمؤشر تعرج الجبهات الجبلية

S_{MF}، نسبة عرض قاع الوادي إلى ارتفاعه V_F، مؤشر شكل الحوض B_S، عدم التماثل A_F، التناظر الطبوغرافي المستعرض T_{TS}، وأنحدار القناة S_L.

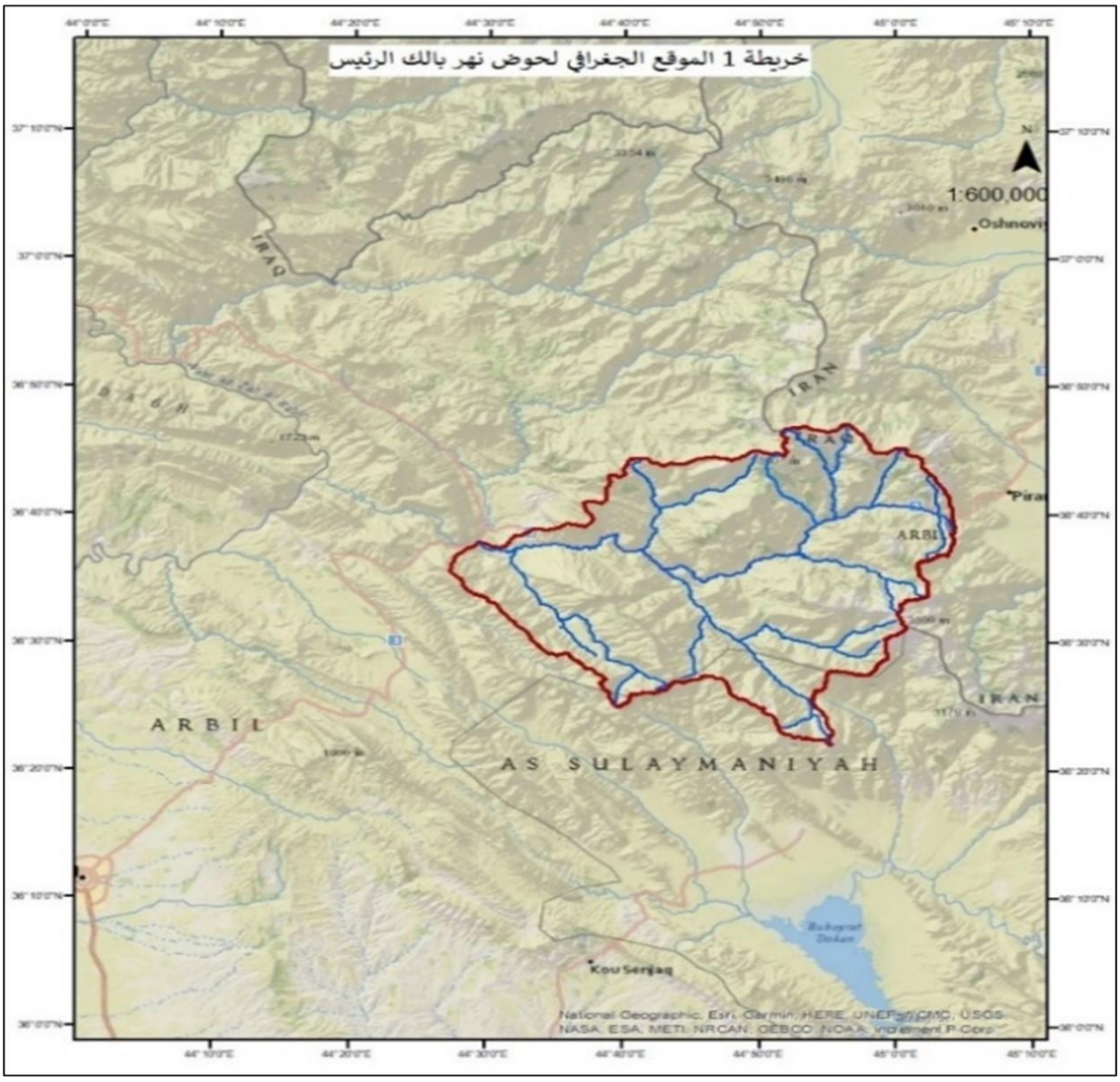
منطقة الدراسة

يقع حوض نهر بالك الرئيس على ارتفاع ٥٤٣م–٣٦١٩م، بين خطي طول ٠ ´٢٠ ٤٤° و٠ ´١٠ ٤٥°، ودائرتي عرض ٠ ´٢٠ ٣٦° و ٠ ´٥٠ ٣٦°، في شمال شرق محافظة اربيل، تتاخم الحدود الايرانية– العراقية مع حدود الحوض الشمالية–الشرقية، الشرقية والجنوبية الشرقية، خريطة١. وحسب التقسيم الجيولوجي الذي وضعاه Goff and Jassim (٢٠٠٦) للعراق، فأن الحوض يقع ضمن نطاق زاكروس طوروس، الذي يمتد كشريط على طول الحدود الايرانية، ويضم الأنطقة التالية– بالاتجاه من الغرب الى الشرق– نطاق الطيات العالية: يمتد في غرب وجنوب غرب منطقة الدراسة، باتجاه شمالي غربي– جنوبي شرقي. حدود هذا النطاق مع الأجنحة الشرقية والشمالية الشرقية للطيات مامه روته وكورك. وتتباين أعمار صخور التكوينات المنكشفة في هذا النطاق بين عصري الكريتاسي الى الايوسين. وتتكون من الاحجار الجيرية، الدولومايتية، المارلية، الطينية الحمراء، الطفلية السوداء، الرملية اضافة الى المدملكات والمتبخرات. وبسبب الضغوط الرئيسية الناتجة من اصطدام الصفيحتين والتي يتلقاها هذا النطاق مع نطاق المتداخل، (Sissakian, 2014, p.999)، فقد تعرض الى كل من، عمليات الرفع المتقطعة خلال فترة الكريتاسي والباليوجيني، والتشوه الشديد في اواخر الثلاثي Tretiary، (Goff & Jassim, 2006, p.79). وبالتالي، تعرضه الى مجموعة من الصدوع العادية العميقة في طبقاتها السفلية، تحت غطائها الرسوبي في اوائل الترياسي، تمتد باتجاه الشمال والشمال الشرقي في الغالب، (الكراعي، ٢٠٢١، صفحة ٤٨). النطاق المتراكب: يظهر كنطاق ضيق يمتد بأتجاه شمال غربي–جنوب شرقي، بين نطاقي الطيات العالية والصدوع الزاحفة. يمتد حدوده الشرقية مع سلسلة سكران وحصاروست في الشرق والشمال. ويتمثل هذا النطاق بنطاق بالامبو– تانجرو، وهو نطاق ذو تراكيب معقدة، متداخلة ومتعاكسة، ضيقة مطوية ومتصدعة بشكل مكثف في جميع الأنحاء. تعرضت طبقاتها للطي المتساوي والرفع في العصر الثالث، لتشكل سلسلة من الجبال والتلال،(Goff & Jassim, 2006, p.82–83). ونطاق الصدوع الزاحفة: وهي المنطقة المتاخمة للحدود العراقية –الايرانية وحتى حدود نطاق المتراكب السابق ذكره. صخارية هذا النطاق، عبارة عن صخور نارية ومتحولة مع تتابعات من الصخور الرسوبية الجيوسنكلاينية. ومن اهم جبالها، حصاروست، هلكورد، سكران، سرسول، قنديل، سرميدان وغيرها من الجبال الحدودية التي ترتفع قممها الى أكثر من ٣٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر. ورغم تعقيد المنطقة، الا ان هناك بعض الاراضي المنبسطة الضيقة التي تكونت حول

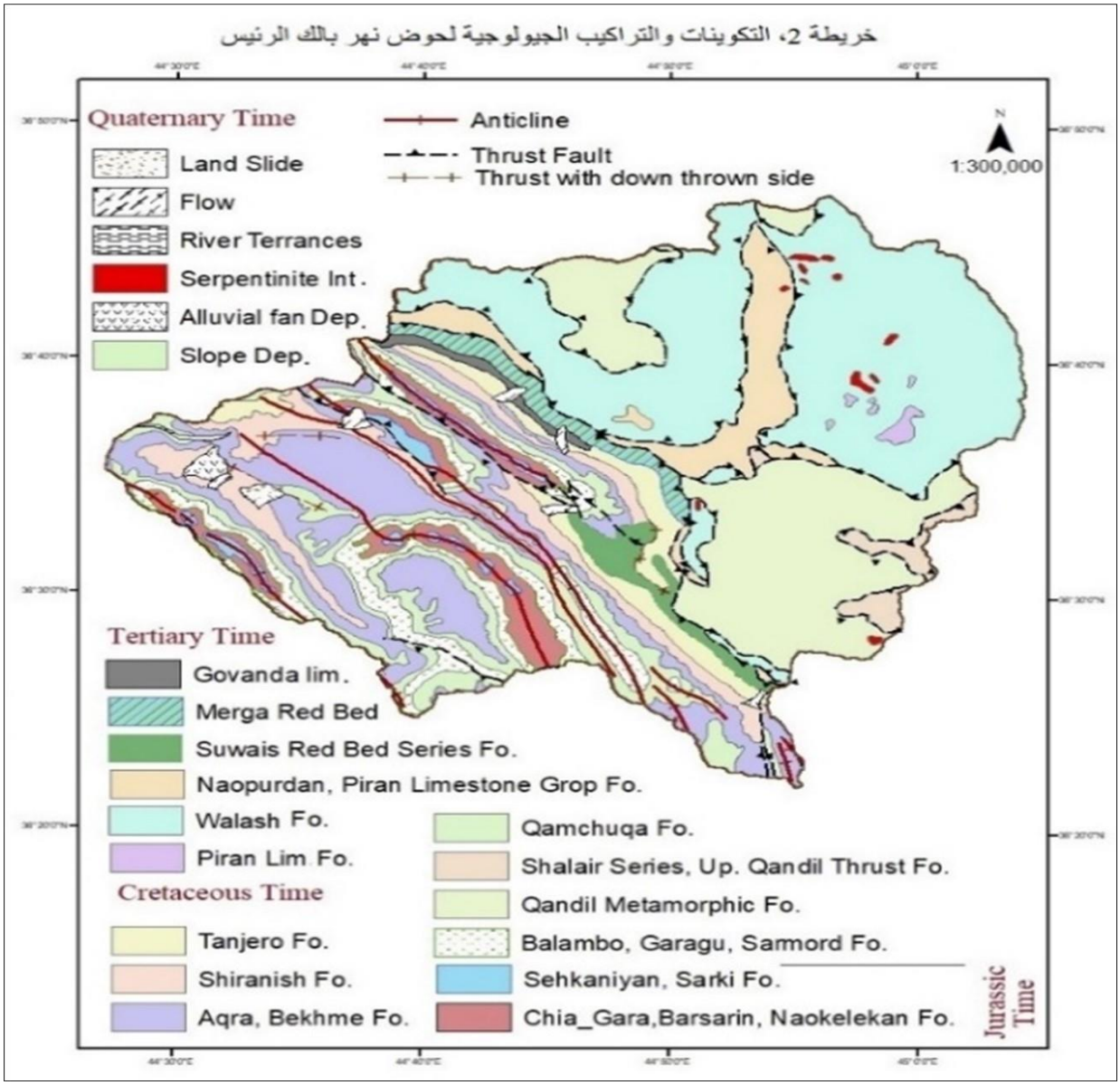
الوديان والمجاري، من ترسبات الانهار والترسبات الفيضية والمنحدرات. يبلغ طول الفوالق المندفعة الممتدة في منطقة الدراسة ٢٨٦.٢٦ كم، ضمن نطاقي المتراكب والمندفع الزاحف، خريطة ٢.

مصادر البيانات ومعالجتها Data sources and processing

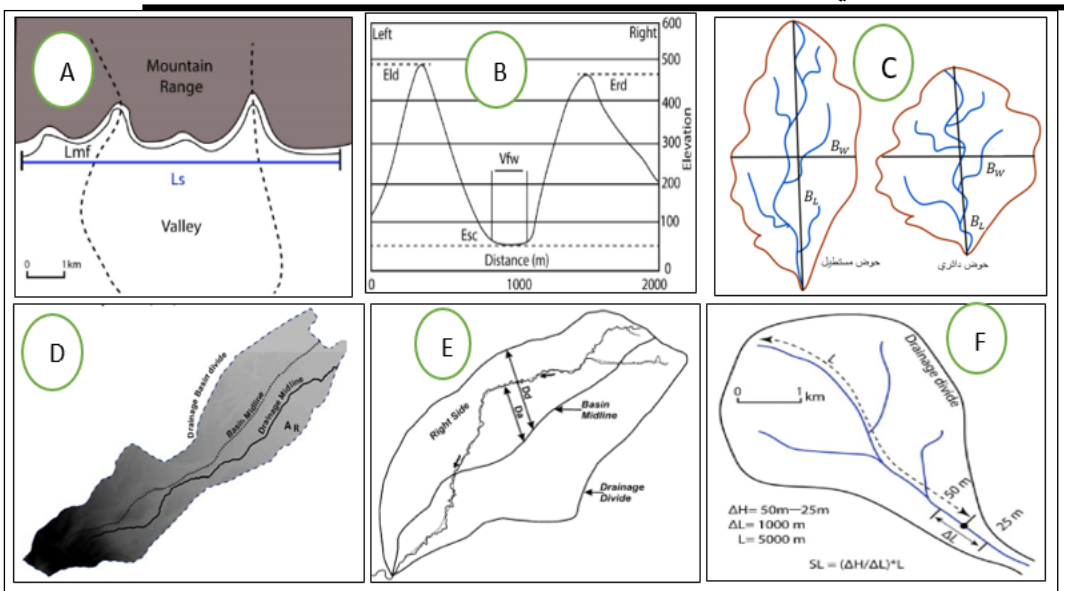
في هذه الدراسة تم اعتماد الخريطة الجيولوجية لمنطقة أربيل–مهاباد، مقايس ١:٢٥٠٠٠٠، والمرقمة NJ 38–14 و NJ 38–15، الصادرة عن الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، وزارة الصناعة والمعادن، بغداد–العراق، لسنة 1997، لمعرفة التكوينات الجيولوجية والهيدرولوجية للمنطقة. وبمساعدة بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM DEM، بدقة ١٠م، المستحصلة من موقع United State Geological Survey (USGS) مجانًا، (https://earthexplorer.usgs.gov/)، تم اتباع منهجي التحليلي والكمي، لتحديد المعلمات المورفومترية اعتمادا على برنامج ArcGIS ١٠.٤.١، وتحديد حوض الصرف المائي واستخراج شبكة مجاريه، بأستخراج طبقتي حوض التصريف والمجاري المائية. من خلال تطبيق معالجة وتصحيح لبيانات DEM المفقودة مسبقًا، بمساعدة أدوات الهيدرولوجيا في ArcGIS ١٠.٤.١ من طريق ملء الفراغات، لتقليل الأخطاء. وتحديد اتجاه تدفق المجاري وتقدير تراكم التدفق ومن ثم، استخراج حوض التصريف وشبكة المجاري. تم استخدام الطبقات المستخرجة لحساب المعلمات الشكلية، المساحية والتضاريسية، لأستخراج المؤشرات المورفوتكتونية، شكل١ وجدول١. ومن أهم المؤشرات المدروسة في هذا البحث:



من عمل الباحثة بالاعتماد على ArcGIS 10.4.1



من عمل الباحثة بالاعتماد على الخريطةالجيولوجية لمنطقة أربيل–مهاباد، مقايس ١:٢٥٠٠٠٠، والمرقمة NJ 38–14 و NJ 38–15، الصادرة عن الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، وزارة الصناعة والمعادن، بغداد–العراق، لسنة١٩٩٧ . وبرنامج ArcGIS ١٠.٤.١، باستخدام بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM DEM، بدقة ١٠م.



شكل 1، المؤشرات الجيومورفوتكتونية، (A) تعرج الجبهات الجبلية S_{MF}، (B)، مؤشر نسبة عرض قاع الوادي إلى ارتفاعه V_F، عن: (Elnobi, Bashir, Alsalman, & Bachir, 2022, pp. 6-7). (C) مؤشر شكل الحوض B_S ، عن: (Gupta, Agrawal, Dixit, & Dutta, 2022, p. 5). (D) مؤشر عدم التماثل A_F ، عن: (Dar, Chandra, & Roms, 2013, p. 10). (E) لتناظر الطبوغرافي المستعرض T_{TS}، عن: (Das, Shujat, & Saraf, 2011, p. 8). (F) مؤشر أنحدار القناة S_L، عن: (Elnobi, Bashir, Alsalman, & Bachir, 2022, p. 6).

١- تعرج الجبهات الجبلية S_{MF}

تمثل الجبهات الجبلية منحدرات صدعية escarpments طوبوغرافية رئيسية، وواجهة تفاعل العمليات السطحية المختلفة التي تميل إلى قطعها وتشكيل وضع طبوغرافي متعرج غير منتظم بجداولها، باعتبارها قوى تآكل مع القوى التكتونية النشطة التي تميل إلى إنتاج جبهة جبلية مستقيمة تتزامن مع صدع محدد النطاق. لذلك يستخدم نتائج هذا المؤشر بشكلٍ واسع كمقياس للتشكيل الأرضي والنشاط الزلزالي، (Elnobi et al., 2022, p.1) و(الكراعي، ٢٠٢١، ص٢٣٨). وS_{MF} هي النسبة بين طول جبهة الجبل على طول قاعدته عند الفاصل المميز في المنحدر L_{MF}، الى طول الخط المستقيم لجبهة الجبل بأكملها L_S، (Cuong & Zuchiewicz, 2001, p.17) و(الكراعي، ٢٠٢٠، ٢٣٨)، وكالآتي:

$$S_{MF} = L_{MF} / L_S$$

٢- نسبة عرض قاع الوادي إلى ارتفاعه V_F

هو نسبة عرض قاع الوادي V_{FW}، إلى كل من ارتفاع قاعه E_{SC}، ارتفاع واديه الأيمن E_{RD}، والأيسر E_{LD} المواجهان لمجرى النهر بالمتر. وكالآتي:

$$V_F = \frac{2V_{FW}}{[(E_{LD} - E_{SC}) + (E_{RD} - E_{SC})}$$

جدول ١، المؤشرات الجيومورفوتكتونية المستخدمة في الدراسة، فئاتها، قيمها ومراجعها.

الفئة	القيم	المستوى	الصفات	المصدر
			قيم تعرج الجبهات الجبلية S_{MF}	(Cuong& Zuchiewicz, 2001, p.17)
١	١.٠-١.٦	عالي	جبهات مستقيمة تواجه عمليات رفع نشط، وتمثل مناطق سلسلة جبال نشطة تحدها صدوع نشطة.	
٢	١.٦-٣.٠	معتدل	جبهات ذات نشاط طفيف.	
٣	٣.٠- >٥.٠	منخفض	جبهات غير نشطة.	
			قيم مؤشر نسبة عرض قاع الوادي إلى ارتفاعه V_F	(Gupta et al, 2022, p.7) (الكراعي، ٢٠٢٠، ص٢٤٢)
1	0.44<	عالي	وديان ضيقة وعميقة بشكلV ، لأرتفاع معدلات الرفع والشق الرأسي العميق للتيارات، بسبب هيمنة النشاط التكتوني على عمليات التآكل.	
2	0.45-1.0	معتدل	معدلات معتدلة.	
3	>1.0	منخفض	وديان عريضة ذات أرضية مسطحة بشكلU، نتيجة للهدوء التكتوني وبلوغ مستوى القاعدة.	
			قيم مؤشر شكل الحوض B_S	(Zhazhlayi & Surdashy, 2022, p. 51)
1	≤1.20	منخفض	أحواض دائرية ونشاط تكتوني منخفض.	
2	1.76-1.21	معتدل	أحواض مستطيلة تميل الى الدائرية/بيضوية، وذات تكتونية معتدلة.	
3	≥1.77	عالي	أحواض مستطيلة ونشاط تكتوني عالي.	
			قيم مؤشر عدم التماثل A_R	(Dar et al., 2013، p.7) (Zhazhlayi & Surdashy,
1	43<	منخفض	روافد الجانب الأيسر أطول من الأيمن.	
2	43-57	معتدل	أحواض لا تعاني من أي نشاط تكتوني.	
3	>57-65	عالي	روافد الجانب الايمن تميل الى الطول نتيجة التدوير/التحدب التكتوني في جانبه، مقارنة	

			بالجانب الأيسر للحوض الذي تكون روافده قصيرة.	2022, p. 48)
قيم مؤشر التناظر الطبوغرافي المستعرض T_{TS}				(Sarma et al., 2015, p.325) و(الكراعي، ٢٠٢٠، ص٢٣٣).
1	0.3<	منخفض	الحوض متماثل/متناظر، بسبب غياب/ ضعف النشاط التكتوني.	
2	0.6–0.3	معتدل	معتدلة في نشاطها التكتوني التحت سطحي.	
3	0.6>	عالي	نزوح المجرى عن محور الحوض نحو هوامشه، لتعرج الطبقة التحت سطحية نتيجة الصدوع التحتية والنشاط التكتوني المكثف والحديث.	
قيم مؤشر أنحدار القناة S_L				(Roy & Sahu, 2015, p. 6) (Selim et al., 2013, p. 178)
1	300<	منخفض	نشاط تكتوني منخفض نسبيًا، وصخور الأساس أقل مقاومة وأكثر ليونة، وقوع المصب في منطقة منخفظة/هابطة.	
2	300–500	معتدل	نشاط تكتوني معتدل.	
3	500>	عالي	صخور صلبة لقاع المجرى، وقوع مصبه في منطقة مرتفعة، الانحرافات في مقطعه الطولي عن الشكل المثالي المتوازن، والذي يدل على نشاط تكتوني فعال و/أو حديث.	

يعكس V_F مدى التباين في نشاط العمليات التكتونية لصخور القاعدة/الطبقة تحت السطحية في تشكيل أودية عريضة بشكل حرف U بالنسبة لارتفاع جدران الوادي من جهة، والتعرية الجانبية لأسفل المنحدرات التي تشكل وديان ضيقة شديدة الانحدار بشكل حرف V من جهة أخرى. ويقيس القطع السريع والتآكل الجانبي في منحدرات التلال المجاورة بواسطة الأنهار على طول قنواتها، (Gupta et al., 2022, p.7) و(الكراعي، 2021، ص٢٤٢). لذلك ترتبط قيم V_F بمعدلات الرفع والشق في أرضية الحوض، وفيما إذا كان التيار يقطع واديه راسيا بشكل نشط، أويعرض جوانبه من المنحدرات المجاورة للتآكل بشكل أساسي.

٣- مؤشر شكل الحوض B_S

مؤشر آخر لتحديد النشاط المورفوتكتوني لحوض التصريف النهري. وهو نسبة طول الحوض B_L المقاس من أقصى بداية إلى أقصى نهاية، إلى عرض الحوض B_W المقاس من أوسع جزء للحوض، وهو مؤشر لأستطالة الحوض. ترتبط القيم العالية بالحوض الممتد والتكتونية العالية، والعكس صحيح للقيم المنخفضة، التي تشير إلى استدارة الحوض وانخفاض النشاط التكتوني، (Zhazhlayi & Surdashy, 2022, p.51).

٤- عدم التماثل A_F

من المؤشرات الحساسة لتغيير الميل بشكل عمودي على اتجاه التيار. وهو يقيس ميل وعدم التناسق بين جانبي الحوض بالنسبة للمجرى الرئيس، وميلها التكتوني العرضي للتدفق، بفعل تأثرها بالقوى التكتونية. لأن خط مجرى النهر يعكس اتجاهات التشوه، كاستجابة للتكتونية النشطة، والتي تشير إلى الإمالة التكتونية الناتجة عن التصدع أو الطي، مما يجعل أحد جوانب منطقة الحوض أكبر من الآخر. وبالتالي، يساعد في تحديد حركة انزلاق المضارب لمناطق الصدوع النشطة تكتونيا، (Zhazhlayi & Surdashy, 2022, p.48). باستخدام الصيغة:

$$A_F = (A_R/A) \times 100$$

حيث: A_F=عدم التماثل، A_R= مساحة الحوض في الجانب الأيمن للحوض المواجه لمجراه Km^2، و A= مساحة الحوض الكلية Km^2، (Cuong & Zuchiewicz, 2001, p. 16) و (Khalifa et al., 2018, p.116) و(الكراعي، ص٢٢٩). ولضرورة تقييم النشاط التكتوني النسبي ودرجة عدم التناظر وتأثير التكتونيات النشطة أو التآكل، من خلال انزلاق الجداول الى فراش السهول مع مرور الوقت، تم تحديد قيمة ٥٠ المحايدة. أي مدى أرتفاع القيم/أنخفاضها عن القيمة ٥٠ يحدد شدة التكتونية، الأنحدار وأطوال الروافد، ويسمى التركيز البؤري التلقائي، (Singh et al., 2022, p.10). صنف Surdashy وزميله (٢٠٢٢، ص٤٨) النشاط التكتوني ودرجة إمالة الأحواض والتدوير/التحدب التكتوني في جانبي الحوض، الى ثلاث فئات حسب قيم A_F، ومدى قربها وبعدها عن ٥٠.

فالتضاريس النشطة تكتونيًا تكون ذات جوانب جبلية شديدة الانحدار وأرضيات مسطحة، نتيجة لإزاحة الصدوع بحيث تتحرك أرضية الوادي إلى الأسفل بالنسبة إلى الحواف المحيطة، أو على العكس من ذلك، تتحرك الحواف إلى الأعلى بالنسبة إلى الأرضية. مما يؤدي إلى ميل الحوض

الى احد جوانبه وهجرة النهر وانحرافه عن خط الوسط للحوض، تزايد التخالف الحوضي او عدم التناسق الحوضي والميل الارضي، ومن ثم الهجرة للوادي في أسفل الانحدار، مما ينتج واديًا غير متماثل، (Singh & Chaudhri, 2020, p.288) و (Mahmooda & Gloaguen, 2012, p.414). لتحديد اتجاه إمالة الأحواض في منطقة الدراسة، تم رسم خط الثالوك للحوض الرئيس وأحواضه الثانوية والفرعية وتحديد المساحة على جانبي الخط في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

٥- التناظر الطبوغرافي المستعرض T_{TS}

هو مؤشر كمي آخر لتقييم عدم تناسق الحوض وميله بسبب وجود النشاط التكتوني، من خلال انحراف قناة التيار عن خط الوسط للحوض، (Gupta et al., 2022, p.9). ففي غياب الفعالية التكتونية، يتكون حوض نهري متناظر الجانبين، بسبب تدفق النهر الرئيسي بالتساوي من كلا الجانبين، (Sboras, 2010, p.1612). يقيس T_{TS} نزوح المجرى الرئيس عن محور الحوض المائي، ومدى تأثير الطبقة التحت سطحية أو تصدعها وأتجاهها في تعرج المجرى الرئيس بالنشاط التكتوني، (الكراعي،2021، ص٢٣٢). اعتمادًا على الكثافة التكتونية، بمعزل عن الصخارية، تم تصنيف قيم T_{TS} بين ٠-١، ليكون الحوض أكثر تماثلا/تناظرا وأقل نشاطا تكتونيا، كلما أقتربت قيمته من ٠، ويبتعد عن التناظر ويرتفع نشاطه التكتوني كلما أقترب من ١ الصحيح. ويحسب T_{TS} من نسبة المسافة المقاسة من خط وسط حوض التصريف الى المجرى المتعرج (نطاق التعرج النشط) D_A، إلى المسافة المقاسة من خط وسط حوض الى محيطه D_D، (Sarma et al., 2015, p.325)،(Sboras, 2010, p.1612) و(Gupta et al., 2022, p.9). وكالآتي:

$$T_{TS} = D_A / D_D$$

٦- مؤشر أنحدار القناة S_L

يرتبط مؤشر S_L بمقاومة الصخور وتنوعها، التضاريس، بشدة الانحدار وكمية التصريف، والتي تنعكس على قوة التعرية والتآكل ومن ثم نقل الرواسب في القنوات النهرية. وايضا، يرتبط بالفعالية التكتونية ، لتحديد ما إذا كان النهر في حالة توازن جيومورفولوجي بناءً على العلاقة بين منحدر النهر والمدى المساحي لمستجمع مياهه، (Dar et al., 2013, p.9)

و(Monteiro et al., 2010, p.534) و(Selim et al., 2013, p. 178). ويمكن تقييم المقاومة الصخرية للتآكل والكثافة النسبية للنشاط التكتوني عن طريق حساب التغيرات في تدرجات طول المجرى، (Khalifa et al., 2018, p.116). وتصاغ بالشكل الآتي:

$$S_L = (\Delta H/\Delta L)/L$$

إذ: S_L = مؤشر أنحدار القناة، ΔH = فرق الارتفاع هو فرق الارتفاع لكل جزء من النهر، ΔL = طول المسافة لكل جزء من النهر، وL= طول المجرى الكلي من المنبع إلى نقطة في وسط المجرى. ولأنه مؤشر حساس لتغير منحدر مجرى النهر، فإنه يسمح بتحديد أقسام التدفق التي تعد "شاذة" من خلال قيمها. إذ تكون قيم المؤشر أكبر أو أصغر عندما يقطع التيار الصخور والبنية المتنوعة، مما يُظهر مقاومات مختلفة للتآكل. ففي حالة وجود ركيزة صخرية متجانسة صلبة لأرضية القناة، فستكون القيم عالية. ليّفسر ذلك الشذوذ على أنه مرتبط بالحركات والفعالية التكتونية العالية التي ستكون بالضرورة أكثر حداثة من تشكيل شبكة التصريف النهري. أما القيم المنخفضة، فتعكس التكتونية غير النشطة، والصخور الضعيفة لعوامل التعرية. فيما تمثل القيم المتقاربة، تقارب التصريف المائي فيما بينها، بينما ترجع التغيرات المفاجئة في القيم "الشذوذ" في أرتفاعها وأنخفاضها، إلى سيطرة العامل التكتوني واختلاف الأستجابات الصخرية، على منحدر القناه النهرية، (الكراعي، ٢٠٢١، ص ٢٣٦) و(Monteiro et al., 2010, p.534). (Yanga et al., 2022, p.4). ربط الكراعي (٢٠٢١، ص٢٣٦) ربط قيم S_L، وعمليات الترسيب. فقد بين، أن القيم S_L العالية تشير إلى عملية تشكل المراوح الغرينية/الترسيب بعيدا عن المنحدرات وعن واجية الجبل، عند مصب النهر، حيث يكون شكل قناة المجرى الرئيس أسفل المنحدر مستقيمة، نتيجة الفعالية التكتونية النشطة. بينما ترتبط القيم المنخفضة، بتشكيل المراوح الغرينية/الترسيب عند أسفل واجهة الجبل والمنحدرات، أي بأتجاه المنبع، لأنخفاض النشاط التكتوني.

٧- التكامل الهايبسومتري

يستخدم تحليل التكامل الهبسومتري في العديد من الدراسات الخاصة بالجيولوجيا، الجيومورفولوجيا، الهيدرولوجيا، الجموديات، التكتونيات، (Siddiqui & Soldati 2014, p.277). والتحليل الهبسومتري كما عرفه Strahler (p.1118, 1952) و Langbein (p.141,١٩٧٤)، بإنه دراسة توزيع مساحة سطح الأرض، أو مساحة المقطع العرضي الأفقي،

لكتلة اليابسة فيما يتعلق بالارتفاع. ويعتبر المنحنى الهبسومتري H_c أبسط أشكال وحدات القياس المطلقة. والتكامل الهايبسومتري H_{is}، هو مقياس للمرحلة التي وصل اليها الحوض او المظهر الارضي، لأنه يعبر عن كتلة الحوض المتبقية فوق المستوى الأساسي المرجعي كنسبة مئوية، (Schumm، ١٩٥٦، p.614) هي المنطقة الواقعة أسفل المنحنى، أي هي بقايا الحجم الحالي مقارنة بالحجم الأصلي للحوض، ويُعبر عنه كنسبة مئوية، (Siddiqui & Soldati 2014, p.280). أي كلما أرتفعت النسبة ارتفع معها حجم الكتلة الارضية المتبقية.

تُستخدم طريقتان لحساب $\boldsymbol{H_{is}}$، طريقة Strahler (p.119, 1952) من خلال نسبة مساحة الحوض فوق خط كفاف (a) وتمثل أحداثياتها على المحور X، إلى المساحة الكلية للحوض **A**، ونسبة ارتفاع خط الكفاف **h** الى ارتفاع الحوض **H**، تمثل أحداثياتها على المحور Y. هذه الطريقة توضح توزيع ارتفاع المنطقة ومساحتها. بتقسيمها الى قطاعات تضاريسية عمودية (أرتفاعات) وتحديد النسبة المئوية لارتفاع ومساحة كل جزء بالنسبة للمنطقة المدروسة، من خلال منحنى يسمى بالمنحنى الهبسومتري $\boldsymbol{H_c}$. وهي تعد من افضل الطرق الكمية لتوضيح الاختلافات بين الاقاليم المتباينة في مراحل تطورها الجيومورفولوجي او بنائها الجيولوجي، ويقيس درجة تضرس سطح الحوض، والفترة الزمنية التي قطعها الحوض دورته التعروية، (Zavoianu, 1985, pp.192–195)، جدول ٢. الطريقة الثانية هي طريقة Pike and Wilson (١٩٧١) في(Siddiqui & Soldati 2014, p.281) . و (Yanga et al., 2022, p.7)، بالأعتماد على أقصى ارتفاع E_{max} وأدنى أرتفاع للمنطقة E_{min}، ومتوسط أرتفاعها E_{mean}. وكالآتي:

$$H_{is} = (E_{mean} - E_{min})/(E_{max} - E_{min})$$

الفئة	القيم	شكل المنحنى	المرحلة	الصفات
١	**< ٠.٤**	**مقعرة في الاعلى ومحدبة في الاسفل**	**التسطح/ الشيخوخة**	**الأراضي قريبة من مستوى القاعدة، تضاريس ضعيفة، منخفضة للغاية، قديمة وشديدة التآكل.**
٢	**٠.٤- ٠.٦**	**حرف S في مركز المخطط**	**متوازنة /النضوج**	**توازن ديناميكي بين عمليات التجوية/التعرية والتكتونية.**

٣	> 0.6	محدبة	عدم التوازن /الشباب	التضاريس الوعرة والتشريح العميق، تحولات سريعة للمنحدرات الأكثر عرضة للتآكل، معدلات التجوية والتآكل المنخفضة، بسبب هيمنة الارتفاع التكتوني.

جدول ٢ القيم التكامل هبسومتري H_{is} وعلاقته بالمراحل الجيومورفية المختلفة.

المصدر/ من عمل الباحثة بالأعتماد على: (Strahler, 1952, pp. 128-130,) , (Schumm, 1956, pp. 114-116)(Siddiqui & Soldati, 2014, p. 280), و (Yanga et al., 2022, p. 4).

النتائج والمناقشة

١- تعرج الجبهات الجبلية S_{MF}

من نتائج الجدول ٣، يتبين أن حوض نهر منطقة الدراسة، يقع ضمن الفئة الأولى بقيمة ١.٣. وهذا يدل على أن لحوض بالك نشاطاً رفع تكتوني مسؤولاً عن تشكيل جبهات جبلية مستقيمة، بالرغم من تآكلها وتقطعها بعمليات التعرية والتآكل المائي والجدولي. وتباينت قيم S_{MF} بين الاحواض الثانوية والفرعية، إذ درج حوض بالك الثانوي ضمن الفئة الاولى. بما في ذلك حوضه جومان وأحواضه الفرعية دربند، سكران، قسري. في حين كان حوضا حاجي عمران وناوندة، ضمن الفئة الثانية، والثالثة على التوالي، مما يدل على سيطرة عمليات التآكل في تشكيل الجبهات الجبلية للحوضين، بمعدلات أكبر من عمليات الرفع التكتوني. وايضا، درج حوض آكويان ضمن الفئة الاولى. وحوض رزانوك ضمن الفئة الثانية، في حين كان حوضاه الثانويان دولة تورة وخيلان ضمن الفئة الاولى. مما يدل على تباين معدلات الرفع والتأكل على طول الجبهات الجبلية في حوض نهر بالك وأحواضه الثانوية والفرعية.

جدول٣، قيم S_{MF} للجبهات الجبلية لحوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية وفئة نشاطها التكتوني.

الحوض	Lmf	Ls	S_{MF}	Class	الحوض	Lmf	Ls	S_{MF}	Class
ناوندة	16.2	١.٠	16.2	٣	خيلان	7.9	4.9	1.6	١
دربند	9.01	7.9	1.1	١	رزانوك	22.1	12.1	1.8	٢

حاجي عمران	28.2	11.3	2.5	٢	روستي	41.9	11.0	3.8	٣
سكران	15.9	13.8	1.1	١	آكويان	19.2	15.2	1.3	١
قسري	7.1	5.3	1.3	١	بالك الثانوي	28.6	22.1	1.3	١
جومان	7.9	٥.٠	1.6	١	بالك الرئيس	15.0	11.3	1.3	١
دولة تورة	13.3	11.7	1.1	١					

٢- نسبة عرض قاع الوادي إلى ارتفاعه V_F

ومن المعلوم أن الأودية الواقعة أعلى الاحواض/المنابع تميل إلى أن تكون بشكل حرفV ضيقة. وبسبب كبر حجم منطقة الدراسة، تم أخذ ثلاثة مقاطع عرضية لكل حوض، لقياس ارتفاع قاع الوادي، أرتفاع الوادي الايمن والايسر وعرض الوادي في كل مقطع مقاس، ثم أخذ متوسطاتها كممثل لذلك الحوض. ووفقا لقيمV_F المدرجة في الجدول ٤، فإن وادي نهر بالك وأوديته الثانوية والفرعية يقع ضمن الفئة المنخفضة، إذ تراوحت بين ٠.٠٠٠٣ لأحواض روستي، وبالك الثانوي، الى ٠.٠٠١٢ وهي أعلى القيم لحوض دولة تورة. أي إن اودية الأحواض على شكل حرف V، لأرتفاع معدلات الرفع والشق الرأسي العميق للتيارات، بسبب هيمنة النشاط التكتوني على عمليات التآكل فيها.

٣- مؤشر شكل الحوض B_S

من نتائج الجدول ٥، يتبين أن حوض نهر بالك الرئيس من الفئة الأولى التي تتميز بشكلها الدائري ونشاط تكتوني منخفض. ايضا من الفئة الأولى، وصنفت أحواضه الثانوية والفرعية الى الفئات الثلاث المختلفة. فقد كان حوض بالك الثانوي، حاجي عمران، سكران وجومان من الفئة الاولى التي تميل الى الشكل البيضوي/الدائري. حوض دربند، قسري، روستي، ودولة تورة من الفئة الثانية التي تميل الى الاستطالة مع نشاط تكتوني معتدل. فيما بقية الأحواض، ناوندة، خيلان وآكويان ضمن الفئة الثالثة التي تكون ذات أشكال مستطيلة عالية التكتونية.

جدول ٤، قيم متوسط مؤشر V_F لحوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية.

المقياس	ناوندة	دربند	حاجي عمران	سكران	قسري	جومان	دولة تورة
ERD	**2545**	**2720**	**2813**	**1955**	**2958**	**3125**	2210
ELD	**2595**	**2573**	**2467**	**3183**	**1823**	**2453**	1863
ESC	**2052**	**1867**	**1427**	**1380**	**1507**	**1150**	1040
VFW	**0.48**	**0.30**	**0.73**	**0.52**	**0.59**	**0.92**	0.94
VF	**0.0008**	**0.0004**	**0.0006**	**0.0005**	**0.0006**	**0.0005**	0.0012
المقياس	**خيلان**	**ريزانوك**	**روستي**	**بالك الثانوي**	**آكويان**	بالك الرئيس	
ERD	**2658**	**2557**	**2132**	**2983**	**2410**	2787	
ELD	**2372**	**2378**	**2533**	**2502**	**1913**	2707	
ESC	**1535**	**958**	**1555**	**1142**	**1057**	1123	
VFW	**0.41**	**0.60**	**0.21**	**0.38**	**0.49**	0.71	
VF	**0.0005**	**0.0004**	**0.0003**	**0.0003**	**0.0004**	0.0004	

جدول ٥، قيم مؤشر شكل الحوض B_S، لحوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية وفئة نشاطها التكتوني.

الحوض	B_L	B_W	B_S	الفئة	الحوض	B_L	B_W	B_S	الفئة
ناوندة	**10.90**	**5.02**	**2.17**	٣	**خيلان**	**18.44**	**9.75**	**1.89**	٣
دربند	**12.54**	**9.59**	**1.31**	٢	**رزانوك**	**27.92**	**18.63**	**1.50**	٢
حاجي عمران	**13.24**	**16.73**	**0.79**	١	**بالك الثانوي**	**31.87**	**45.00**	**0.71**	١
سكران	**14.05**	**13.28**	**1.06**	١	**روستي**	**19.33**	**13.78**	**1.40**	٢
قسري	**12.34**	**7.27**	**1.70**	٢	**آكويان**	**24.88**	**13.69**	**1.82**	٣

جومان	29.61	28.77	1.03	١	بالك الرئيس	50.12	45.00	1.11	١
دولة تورة	15.24	12.03	1.27	٢					

٤- عدم التماثل A_F

ينتمي حوض نهر بالك الرئيس من الفئة الاولى التي تتصف بعدم وجود الإمالة او قلتها في جانبها الايمن على اتجاه مجرى القناة، وبالتالي طول روافد الجانب الأيسر وقصرها في الجانب الأيمن، جدول ٦. وهذا ينطبق على حوض نهر بالك الثانوي، ريزانوك، دولة تورة وناوندة. وتدرجت الاحواض دربند، سكران، جومان، وآكويان ضمن الفئة الثانية التي تتميز بنشاط تكتوني معتدل. أما بقية الاحواض، حاجي عمران، قسري، خلان، وروستي الثانوي فهي من الفئة الثالثة التي تتميز بوجود نشاط تكتوني وسيطرة صخرية، فتميل روافد جانبها الايمن الى الطول نتيجة التدوير/التحدب التكتوني في جانبه، مقارنة بالجانب الأيسر للحوض الذي تكون روافده قصيرة.

٥- قيم مؤشر التناظر الطبوغرافي المستعرض T_{TS}

تتدرج قيم T_{TS} في حوض منطقة الدراسة بين ٠.٠٢ لحوض حاجي عمران الى ٠.٥٢ لحوض ناوندة، جدول ٧. وهذا يعني أن حوض نهر بالك وأغلب أحواضه الثانوية والفرعية هي أحواض متناظرة، بسبب غياب أو ضعف النشاط التكتوني فيها. في حين بدا حوضي خيلان ورزانوك (الفئة الثانية)، غير متناظرين نسبيا كون نشاطهما التكتوني معتدلاً. ويعد حوض ناوندة أعلى الاحواض بقيمة T_{TS} والبالغة ٠.٥٢، مما يشير الى نزوح مجراه عن محوره الحوضي نحو هوامشه، لتعرج الطبقة تحت السطحية نتيجة الصدوع التحتية والنشاط التكتوني المكثف والحديث.

جدول ٦، قيم مؤشر A_F، لحوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية وفئة نشاطها التكتوني.

الحوض	A/Km^2	A_R/Km^2	A_F	الفئة	الحوض	A/Km^2	A_R/Km^2	A_F	الفئة
ناوندة	39.0	12.3	31.5	1	خيلان	113.6	73.4	64.6	٣
دربند	77.8	47.7	61.3	٢	ريزانوك	360.9	100.1	27.7	١
حاجي عمران	133.4	79.2	59.4	٣	بالك الثانوي	935.6	302.9	32.4	١
سكران	120.7	58.8	48.7	٢	روستي	172.5	101.0	58.6	٣
قسري	44.4	25.6	57.7	٣	آكويان	208.5	103.4	49.6	٢
جومان	565.2	299.3	52.9	٢		1453.1	523.4	36.0	١

دولة تورة	104.0	42.03	40.4	١	بالك الرئيس			

جدول ٧، قيم مؤشر التناظر الطبوغرافي المستعرض T_{TS}، لحوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية.

الحوض	Da	Dd	TTS	الفئة	الحوض	Da	Dd	TTS	الفئة
ناوندة	1.41	2.72	0.52	٢	خيلان	1.33	3.21	0.42	٢
دربند	1.01	4.95	0.20	١	رزانوك	3.28	7.06	0.46	٢
حاجي عمران	0.13	8.34	0.02	١	بالك الثانوي	1.53	14.37	0.11	١
سكران	1.32	6.20	0.21	١	روستي	1.04	8.47	0.12	١
قسري	0.61	3.40	0.18	١	آكويان	1.67	7.05	0.24	١
جومان	1.53	14.36	0.11	١	بالك الرئيس	0.61	16.18	0.04	١
دولة تورة	1.01	4.92	0.21	١					

٦- مؤشر أنحدار القناة S_L

يظهر الجدول ٨، وقوع حوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية والفرعية ضمن الفئة الثالثة/عالية لقيم S_L. التي تتميز بأختلاف الأستجابات الصخرية وبتحكم صخري، مع نشاط تكتوني فعال أو حديث للقناة النهرية، مما أنعكس على قيمها العالية جدا "شاذة" باستثناء نهر حاجي عمران بقيمة ٥٦١. وهذا يجعل ترسيب المواد الرسوبية ونتاج التعرية بعيدا عن المنحدرات وواجهة الجبال وعند مصب الأنهار، حيث يكون شكل القناة أسفل المنحدر مستقيماً.

جدول ٨، قيم مؤشر أنحدار القناة S_L، لحوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية.

الحوض	Dalta L	Delta H	L	S_L	الفئة
ناوندة	5314	256	32013	1542	٣

دربند	5523	317	56984	3267	٣
حاجي عمران	13659	123.6	61964	561	٣
سكران	3262	157.4	80184	3869	٣
قسري	4959	192.1	49286	1909	٣
جومان	11471	91.5	219847	1754	٣
دولةتورة	1911	37	122506	2379	٣
خيلان	4850	86	97661	1732	٣
رزانوك	3677	258	315544	22148	٣
بالك الثانوي	5422	122	298507	6717	٣
روستي	5591	146	126316	3298	٣
آكويان	5052	17	270541	928	٣
بالك الرئيس	10372	96	523101	4862	٣

٧- التكامل الهايبسومتري

تبين ان التكامل الهبسومتري للحوض الرئيسي واحواضه الثانوية، في مرحلة التوازن او النضج. اذ ان قيمها بلغت (0.5). اي أن، قوى الرفع (التكتونية) والخفض (التآكل) في الحوض، متوازنان تقريبًا. ومازالت ٥٠٪ كتل الصخور الأصلية لهذه الاحواض موجودة فيها. وان عملية جرف وتعرية المواد الصخرية القابلة للحت والجرف، معتدلة في الحوض، وهذا يسهم في انتاج رسوبي متوسط، بالرغم من توفر ظروف بيئية مناسبة كالتساقط العالي، جدول ٩ والشكل ٢.

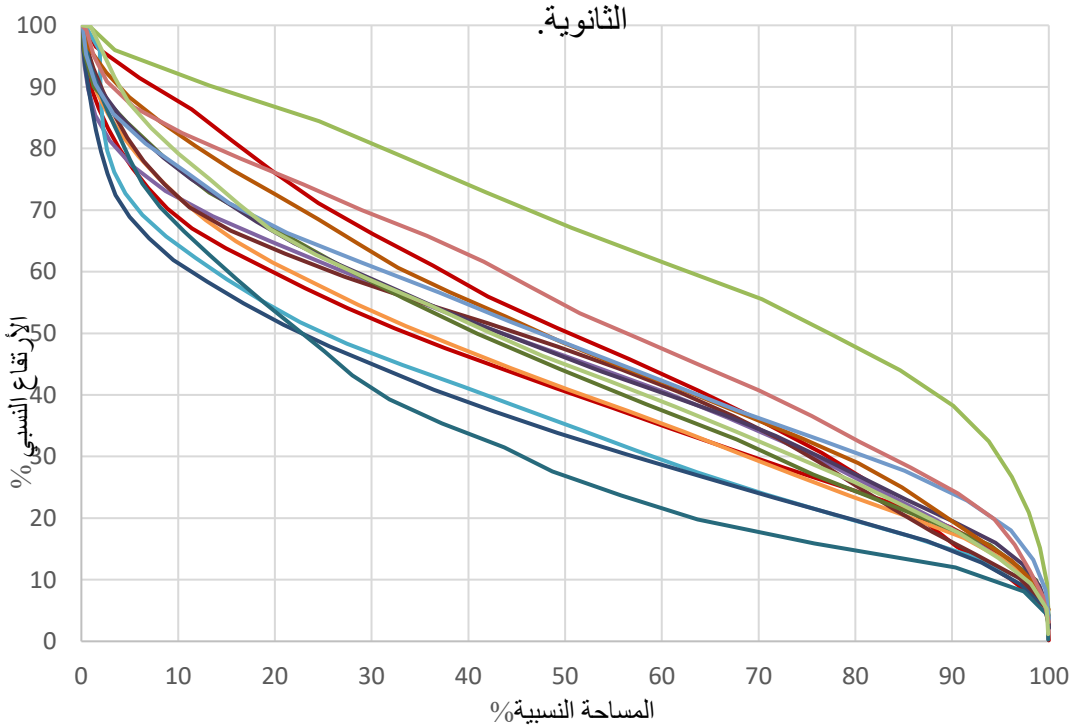
جدول ٩، قيم مؤشر التكامل الهايبسومتري H_{is} لحوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية.

الحوض	ناوندة	دربند	حاجي عمران	سكران	قسري	جومان	دولة تورة
القيم	**٠0.5**	**0.49**	**0.49**	**0.49**	**0.49**	**0.49**	0.49
الفئة	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢
الحوض	**خيلان**	**ريزانوك**	**بالك الثانوي**	**روستي**	**آكويان**	بالك الرئيس	
القيم	**0.49**	**0.49**	**0.49**	**0.48**	**0.47**	0.50	
الفئة	٢	٢	٢	٢	٢	٢	

مؤشر الفعالية التكتونية I_{AT}

من المهم تقدير الأنشطة التكتونية في المنطقة، لإعطاء نظرة شمولية عن مدى تأثرها بالأنشطة التكتونية، كالصدوع (السطحية والتحت سطحية)، الطيات، وعمليات الرفع والخفض والتي نتج عنها تشكيل المنطقة بالوضع الحالي عبر تاريخها الجيولوجي. لذلك، يتم استخدام مؤشر I_{AT} كدليل جيومورفولوجي للفعالية الجيومورفولوجية في المنطقة. وأيضا التوزيع المكاني للتكتونية النسبية فيها،(Gupta et al., 2022, p.13). ومؤشر I_{AT}، هو عدد الفئات الجيومورفولوجية المختلفة المستحصلة من المنطقة S، إلى عدد مؤشراتها N. و تصنف قيمها الى ٤ فئات من الشدة التكتونية، (Al- Saedia & Al-Obaidib, 2018, p. 225) و(الكراعي، ٢٠٢١، ص٢٤٢) و(Lari et al., 2016, p. 489)، جدول ١٠.

شكل 2، المنحنيات الهبسومترية لحوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية.



من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج ArcGIS ١٠.٤.١.

جدول ١٠، قيم مؤشر مؤشر الفعالية التكتونية I_{AT}، ودلالاتها الجيومورفوتكتونية.

ت	القيم	الفئات
١	١.٠- ١.٥	**نشاط تكتوني مرتفع جدا.**
٢	١.٦- ٢.٠	**نشاط تكتوني مرتفع.**
٣	٢.١- ٢.٥	**نشاط تكتوني معتدل.**
٤	**> ٢.٥**	**نشاط تكتوني ضعيف/خامل.**

من عمل الباحثة بالأعتماد على: (الكراعي، ٢٠٢١، ص٢٤٢)، (Al- Saedia & Al- Obaidib, 2018, p. 225) و (Lari et al., 2016, p. 489).

أظهرت الدراسة المورفوتكتونية التي اجريت على منطقة حوض نهر بالك، الواقعة ضمن نطاق زاكروس، وعلى أمتداد تقسيماته الجيولوجية الثلاث، نشاطا تكتونيًا مرتفعا جدا. فمن نتائج جدول ١١، يتبين:

جدول ١١، قيم مؤشر الفعالية التكتونية I_{AT}، لحوض نهر بالك الرئيس وأحواضه الثانوية.

الحوض	S_{MF}	V_F	B_S	A_R	T_{TS}	S_L	H_{is}	I_{AT}	الفئة
ناوندة	**3**	**1**	**3**	**1**	**2**	**3**	**2**	**2.1**	**3**
دربند	**1**	**1**	**2**	**2**	**1**	**3**	**2**	**1.7**	**2**
حاجي عمران	**2**	**1**	**1**	**3**	**1**	**3**	**2**	**1.9**	**2**
سكران	**1**	**1**	**1**	**2**	**1**	**3**	**2**	**1.6**	**2**
قسري	**1**	**1**	**2**	**3**	**1**	**3**	**2**	**1.9**	**2**

جومان	1	1	2	1	3	2	1.6	2	2
دولةتورة	1	1	2	1	1	3	1.6	2	2
خيلان	1	1	3	3	2	3	2.1	2	3
رزانوك	2	1	2	1	2	3	1.9	2	2
بالك الثانوي	1	1	1	1	1	3	1.4	2	1
روستي	3	1	2	3	1	3	2.1	2	٣
آكويان	1	1	3	2	1	3	1.9	2	2
بالك الرئيس	1	1	1	1	1	3	1.4	2	1

١- أن قيم I_{AT}، تتراوح من ٣-٢، أي إنها إحدى المناطق التكتونية النشطة. وتقع القيم العالية جدًا إلى العالية على طول المنطقة الجبلية المعقدة.

٢- يقع حوض بالك الثانوي ضمن فئة النشاط المرتفع جدا. ويمثل هذا الحوض أعلى أجزاء المنطقة المدروسة، مما يدل على أن الشكل الأرضي يتأثر بشكل كبير بالنشاط التكتوني الحديث، كنتاج التطور الجيوديناميكي المعقد على طول الصفيحة العربية. وايضا، أمتداد الفوالق المندفعة التي تتركز أغلبها في وسط، شرق وجنوب شرق منطقة الدراسة، حيث المنابع العليا لنهر بالك الثانوي. وهذه الفوالق في الجهة الشرقية والشمالية من المنطقة، هي من الفوالق الاقليمية الجيوتكتونية.

٣- تقع الأحواض دربند، حاجي عمران، سكران، قسري، آكويان، رزانوك وحوضه دولة تورة، ضمن الفئة الثانية، وهي فئة النشاط التكتوني المرتفع. لوقوعها على طول الصدوع المندفعة والأعتيادية الممتدة في الجهة الشرقية والشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية لمنطقة الدراسة.

٤- يتبين وجود حركات نيوتكتونية في منطقة الدراسة من القيم العالية من S_L، وتكوين أحواض غير متماثلة، وديان منحرفة عن خط وسط أحواضها، انخفاض قيم V_F، وبالتالي تكوين وديان

ضيقة وعميقة بشكل V، لأرتفاع معدلات الرفع والشق الرأسي العميق للتيارات، بسبب هيمنة النشاط التكتوني على عمليات التآكل. وتكامل الهبسومتري نضج للأحواض المنطقة.

٥- توجد قيم I_{AT} المعتدلة في حوضي خيلان وروستي.

الاستنتاجات

يستكشف هذا البحث خصائص النشاط التكتوني لحوض نهر بالك الرئيس من خلال المؤشرات الجيومورفولوجية: تعرج الجبهات الجبلية $\boldsymbol{S_{MF}}$، نسبة عرض قاع الوادي إلى ارتفاعه $\boldsymbol{V_F}$، شكل الحوض B_S، عدم التماثل $\boldsymbol{A_F}$، التناظر الطبوغرافي المستعرض $\boldsymbol{T_{TS}}$، وانحدار القناة $\boldsymbol{S_L}$. أظهرت النتائج نشاطاً تكتونياً عالياً جدا في حوض نهر بالك الرئيس، وتعرض الحوض الى عملية الرفع تكتوني من جهات متباينة، لتباين ميلان وقيم المؤشرات الاخرى بين الاحواض الثانوية. نفترض أن ذلك قد يكون مرتبطًا بالنشاط التكتوني للصدوع الزاحفة الممتدة بين الانطقة الجيولوجية الثلاث التي يمتد الحوض فيها. لذلك تظهر الاحواض الواقعة ضمن نطاقي المندفع الزاحف والمتراكب نشاطا تكتونيا أعلى من تلك الواقعة ضمن الطيات العالية. بناءً على نتائج هذه الدراسة، تم التوصل إلى أن المؤشرات الجيومورفولوجية توفر مؤشرًا جيدًا للنشاط التكتوني الإقليمي للمنطقة، وايضا، معلومات جيدة للتنبؤ بالزلازل المستقبلية.

المصادر

- الكراعي، نجم عبد الله. (٢٠٢١). دراسة جيومورفولوجية وجيومترية لخزان سد بخمة–أربيل. قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الأنسانية، جامغة تكريت: أطروحة دكتوراه.
- Abdullah, L., Al Daghastani, H., & Bety, A. (2023). Evaluation of neotectonic activity using watershed geomorphic analysis: A case study in the west of Dokan Lake, Kurdistan Region, Iraq. *Heliyon, Vol. 9 (2)*, 1-13.
- Al- Saedia, Z., & Al-Obaidib, M. (2018). Morphotectonic Analysis of Euphrates River Basin/ Iraq. *Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences,Vol. 26 (8)*, 212-129.

- Clement, A., & Brook, M. (2008). Tilting of active folds and drainage asymmetry on the Manawatu Anticlines, New Zealand: a preliminary investigation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1-10.
- Cuong, N., & Zuchiewicz, W. (2001). Morphotectonic properties of the Lo River Fault near Tam Dao in North Vietnam. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 1*, 15-22.
- Dar, R., Chandra, R., & Roms, S. (2013). Morphotectonic and Lithostratigraphic Analysis of Intermontane Karewa Basin of Kashmir Himalayas, India. *Journal of Mountain Science, Vol. 10 (1)*, 1-15.
- Das, J., Shujat, Y., & Saraf, A. (2011). Spatial Technologies in Deriving the Morphotectonic Characteristics of Tectonically Active Western Tripura. *Journal of Indian Society of Remote Sensing*, 1-11.
- Daxberger, H., Dalumpines, R., Scott, D., & Riller, U. (2014). The Valley Morph Tool: An automated extraction tool for transverse topographic symmetry (T-) factor and valley width to valley height (Vf-) ratio. *Computers & Geosciences, 70*, 154–163.
- Elnobi, M., Bashir, B., Alsalman, A., & Bachir, H. (2022). Geospatial Analytics for Preliminarily Landscape ActiveTectonic Assessment of the Wadi Araba Basin,Western Gulf ofSuez, Egypt. *Applied Sciences, 12*, 1-13.
- Gentana, D., Sulaksana, N., Sukiyah, E., & Yuningsih, E. (2019). Morphotectonics of Mount Rendingan Area Related To the Appearances of Geothermal Surface Nanifestations. *Indonesian Journal on Geoscience, Vol. 6 No. 3*, 291-309.
- Gupta, L., Agrawal, N., Dixit, J., & Dutta, S. (2022). GIS-based assessment of active tectonics from morphometric parameters and geomorphic indices of Assam Region. *India, Journal of Asian Earth Sciences,X8*, 1-15.
- Jassim, S., & Goff, J. (2006). *Geology of Iraq, 1st ed.* Brno, Czech.: Dolin, Prague and Moravian Museum.
- Khalifa, A., Çakir, Z., Owen, L., & Kaya, S. (2018). Morphotectonic analysis of the East Anatolian Fault, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences,17*, 110-126.

- Langbein, W. B. (1947). Topographic Characteristics. *Washington: U.S. Geological Survey,* Water-Supply Paper, vol. 968-C.
- Lari, A., Ansari, M., & Ansari, S. (2016). Analysis Neotectonic Activities in Khafr. *Open Journal of Geology, 6*, 484-497.
- Mahmooda, S., & Gloaguen, R. (2012). Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insightsfrom DEM derived geomorphic indices and drainage analysis. *Geoscience Frontiers, 3(4)*, 407-428.
- Monteiro, K., Missura, R., & Correa, A. (2010). Application of the Hack Index or Stream length-gradient Index (SL Index) to the Tracunhaem river watershed, Pernabuco, Brazil. *São Paulo, UNESP, Geociências, V. 29 4)*, 533-539.
- Roy, S., & Sahu, A. (2015). Quaternary tectonic control on channel morphology over sedimentary low land: A case study in the Ajay-Damodar interfluve of Eastern India. *Geoscience Frontiers xxx*, 1-15.
- Sarma, J., Acharjee, S., & Murgante, B. (2015). Morphotectonic Study of the Brahmaputra Basin using Geoinformatics. *Journal Geological Society of India, Vol. 86*, 324-330.
- Sboras S., G. A. (2010). Morphotectonic Analysis of the Neotectonic . *Bulletin of the Geological Society of Greece, Proceedings of the 12th International Congress*, 1607-1618.
- Schumm, S. (1956). Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New jersey. *Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 67,*, 697-646.
- Selim, H., Tüysüz, O., Karakas, A., & Tas, K. (2013). Morphotectonic evidence from the southern branch of the North Anatolian Fault (NAF) and basins of the south Marmara sub-region, NW Turkey. *Quaternary International, 292*, 176-192.
- Siddiqui, S. &. (2014). Appraisal of active tectonics using DEM-based hypsometric integral and trend surface analysis in Emilia-Romagna Apennines, northern Italy. *Turkish Journal of Earth Sciences, 23*, 277-292.

- Singh, A., Gogoi, B., Bezbaruah, D., & Singh, N. (2022). Assessment of active tectonics in the Siwalik basin around the Subansiri river, NE India. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science,1032* , 1-18.
- Singh, Y., & Chaudhri, A. (2020). Morphotectonic Study of Frontal Siwalik Hills, near Gandhiri, Kangra, Himachal Pradesh, India. *Open Journal of Geology, 10,* , 280-300.
- Sissakian, V. A.-A. (2014). Origin of Some Transversal Linear Features of NE-SW Trend in Iraq, and Their Geological Characters. *Natural Science, 6*, 996 - 1011.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geol. Soc. America Bull., Vol. 63*, 1117-1142.
- Yanga, Y., Qind, X., Shi, W., Zhanga, Y., & Zhao, Z. (2022). Segmentation of the active Liumugao Fault, NE Tibetan Plateau as revealed by DEM-derived geomorphic indices. *Geosystems and Geoenvironment, 1*, 1-14.
- Zavoianu, I. (1985). *Morphometry of Drainage Basins, Developments in Water Science, 20.* in co-edition by Editura AcademieiI, Bucharest, and ELSEVIER Science Publishers, Amsterdam .
- Zhazhlayi, P., & Surdashy, A. (2022). Neo-Tectonism and Quantitative Morphotectonic Analysis of Roste Valley at Imbricated-Suture Zones, Kurdistan Region, Iraq. *Iraqi Geological Journal, 55 (2E)*, 35-58.
- Zhou, L., Liu, W., Chen, X., Wang, H., Hu, X., Li, X., & Schwanghart, W. (2021). Relationship Between Dams, Knickpoints and the Longitudinal Profile of the Upper Indus River. *Front. Earth Sci., V.9,*, 1-13.