Flood Risk Assessment of the Basins of the Darbishk Area Using the MARCOS Model

Assistant Professor Dr. Shaimaa Abdul Jalil Jameel
University of Kirkuk / College of Arts
E-mail: shaima78@uokirkuk.edu.iq

Lecturer Dr. Ismail Abir Kareen
University of Kirkuk / College of Arts
E-mail: ismaelalali@uokirkuk.edu.iq

Abstract:

This research aims to assess flood risks in the basins of the Darbishk area using the MARCOS model within a Geographic Information Systems (GIS) environment. The study relies on a set of natural criteria affecting hydrological behavior, such as rainfall and temperature, in addition to geomorphometric characteristics, including slope, stream order, and drainage density.

The study employed Digital Elevation Model (DEM) analysis to derive sub-basins and build a spatial database. It then applied the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) approach through the stages of normalization, identification of the ideal and anti-ideal solutions, and calculation of the utility degree, ultimately ranking the basins according to their level of risk.

The results revealed spatial variation in flood risk, with high-risk areas associated with steep slopes and high drainage density, while risk levels decreased in flat areas. The study confirms the effectiveness of the MARCOS model as an accurate tool for supporting decision-making in flood risk management and water planning.

Keywords: MARCOS model, flood risk, water basins, drainage density.

تقييم مخاطر الفيضان لأحواض منطقة دربيشك باستخدام نموذج ماركوس

الاستاذ المساعد الدكتور شيماء عبدالجليل جميل **المدرس الدكتور إسماعيل عابر كرين**
جامعة كركوك / كلية الاداب
E-mail: ismaelalali@uokirkuk.edu.iq E-mail: shaima78@uokirkuk.edu.iq

الملخص:

يهدف البحث إلى تقييم مخاطر الفيضانات في أحواض منطقة دربيشك باستخدام نموذج MARCOS ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بالاعتماد على مجموعة من المعايير الطبيعية المؤثرة في السلوك الهيدرولوجي مثل الأمطار ودرجات الحرارة، إلى جانب الخصائص الجيومورفومترية كالانحدار والرتب النهرية والكثافة التصريفية.

اعتمدت الدراسة على تحليل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لاشتقاق الأحواض الثانوية وبناء قاعدة بيانات مكانية، ثم تطبيق أسلوب اتخاذ القرار متعدد المعايير (MCDM) عبر مراحل التطبيع وتحديد الحلين المثالي والأسوأ، وصولاً إلى حساب درجة المنفعة وترتيب الأحواض حسب مستوى الخطورة.

أظهرت النتائج تبايناً مكانياً في مخاطر الفيضانات، حيث ارتبطت الخطورة العالية بالمناطق ذات الانحدار الكبير والكثافة التصريفية المرتفعة، في حين انخفضت الخطورة في المناطق المنبسطة. وتؤكد الدراسة فاعلية نموذج MARCOS كأداة دقيقة لدعم اتخاذ القرار في إدارة مخاطر الفيضانات والتخطيط المائي.

الكلمات المفتاحية: نموذج ماركوس، مخاطر الفيضانات، الأحواض المائية، الكثافة التصريفية.

المقدمة:

تُعد الفيضانات من أخطر الظواهر الطبيعية التي تواجه الأنظمة البيئية والأنشطة البشرية، لما تسببه من خسائر مادية وبشرية وتأثيرات سلبية على البنية التحتية والموارد الطبيعية، وتزداد أهمية دراستها في المناطق الجافة وشبه الجافة، التي تتسم بتذبذب الأمطار وارتفاع شدة الهطول خلال فترات زمنية قصيرة، مما يؤدي إلى تشكل سيول مفاجئة ذات طاقة تدميرية عالية.

وتُعد الأحواض المائية الوحدة الأساسية في الدراسات الهيدرولوجية، إذ تعكس خصائصها المورفومترية والتضاريسية طبيعة الاستجابة المائية لأي حدث مطري فإن شكل الحوض ومساحته وانحداره وكثافة شبكته التصريفية تمثل عوامل حاسمة في تحديد حجم الجريان السطحي وسرعة وصول المياه إلى المصب، ومن ثم تحديد درجة خطورة الفيضانات.

ومع التطور الكبير في التقنيات الجغرافية، أصبح استخدام ArcGIS ونماذج الارتفاعات الرقمية أداة أساسية في تحليل الأحواض المائية واستخراج خصائصها بدقة عالية، مما أسهم في تحسين كفاءة الدراسات الهيدرولوجية، كما برزت نماذج اتخاذ القرار متعدد المعايير، ومنها MARCOS Method، كأدوات متقدمة لدمج عدة متغيرات في نموذج واحد لتقييم مخاطر الفيضانات وترتيب الأحواض حسب درجة خطورتها، وانطلاقاً من ذلك، تسعى هذه الدراسة إلى تقييم مخاطر الفيضان لأحواض منطقة دربيشك من خلال تحليل خصائصها المورفومترية وتطبيق نموذج MARCOS، بهدف تحديد الأحواض الأكثر عرضة للفيضانات وإبراز التباين المكاني في درجات الخطورة.

١-١ مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة في عدم وجود تقييم دقيق وشامل لمخاطر الفيضانات في أحواض منطقة دربيشك، على الرغم من تعرضها المتكرر لسيول مفاجئة نتيجة الظروف المناخية والتضاريسية السائدة كما أن معظم الدراسات السابقة اعتمدت على أساليب تقليدية في تقييم الخطورة دون توظيف نماذج حديثة قادرة على دمج عدة معايير بشكل متكامل.

وعليه يمكن صياغة مشكلة الدراسة بالتساؤلات الآتية:

١. ما مدى تأثير الخصائص المورفومترية للأحواض في تحديد مخاطر الفيضان؟

٢. ما درجة التباين المكاني في خطورة الفيضانات بين الأحواض الثانوية في منطقة الدراسة؟

٣. ما مدى كفاءة نموذج MARCOS Method في ترتيب الأحواض وفق درجة الخطورة؟

١-٢ فرضية الدراسة

تنطلق الدراسة من فرضية رئيسة مفادها: "توجد علاقة ارتباط قوية بين الخصائص المورفومترية والطبيعية للأحواض المائية من جهة ودرجة خطورة الفيضانات من جهة أخرى، وأن استخدام نموذج MARCOS يسهم في تحديد وترتيب الأحواض الأكثر عرضة للخطر بدقة عالية."

ويتفرع عنها الفرضيات الآتية:

١. تزداد خطورة الفيضانات في الأحواض ذات الكثافة التصريفية العالية والانحدار الشديد.

٢. يسهم دمج المعايير المورفومترية والمعطيات الطبيعية باستخدام نموذج MARCOS في تحسين دقة التقييم المكاني للمخاطر.

١-٣ أهمية الدراسة

تنبع أهمية الدراسة من عدة جوانب أهمها تقديم إطار تحليلي حديث يجمع بين التحليل المورفومتري للحوض الرئيسي وأحواضه الثانوية ونماذج القرار متعدد المعايير، والمساهمة في تحديد الأحواض الأكثر عرضة للفيضانات، مما يساعد الجهات المعنية في وضع خطط الحد من المخاطر، من خلال توظيف نموذج MARCOS Method في تحليل مكاني متكامل لدعم إدارة الموارد المائية وتقليل الأضرار الناتجة عن السيول.

١-٤ أهداف الدراسة: تهدف الدراسة إلى تحقيق ما يأتي:

١. تحليل الخصائص الطبيعية والمورفومترية لأحواض منطقة دربيشك.

٢. استخراج المتغيرات الهيدرولوجية المؤثرة في حدوث الفيضانات.

٣. تطبيق نموذج MARCOS Method لتقييم مخاطر الفيضان.

٤. ترتيب الأحواض حسب درجة الخطورة، وإعداد خريطة مكانية توضح مستويات مخاطر الفيضان في منطقة الدراسة.

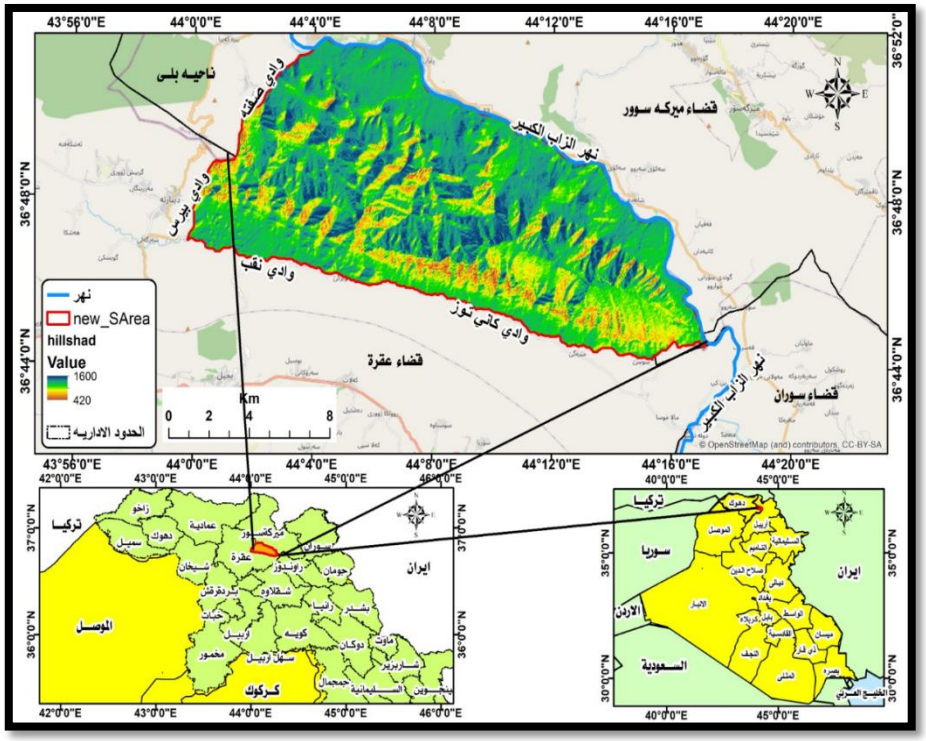
١-٥ مناهج الدراسة

تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي لوصف الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة، والمنهج التحليلي لتحليل البيانات المورفومترية والهيدرولوجية، كما تم استخدام المنهج الكمي من خلال تطبيق نموذج MARCOS Method، كما تم استخدام برنامج ArcGIS لتحليل البيانات لغرض إعداد قاعدة بيانات مكانية، واستخراج الخصائص المورفومترية، ومن ثم بناء مصفوفة القرار لغرض تطبيق نموذج MARCOS.

١-٦ موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن الجزء الشمالي من العراق في محافظة دهوك، حيث تظهر الخريطة تموضعها في منطقة انتقالية بين السهول الرسوبية جنوباً والمناطق الجبلية الوعرة شمالاً وشرقاً، وهو ما يمنحها تنوعاً تضاريسياً واضحاً ينعكس بشكل مباشر على خصائص الجريان السطحي، فلكياً، تمتد منطقة الدراسة بين دائرتي عرض تقارب (٣٦° ٤٤′ – ٣٦° ٤٨′ شمالاً)، وخطي طول (٤٣° ٥٦′ – ٤٤° ٢٠′ شرقاً)، ما يضعها ضمن النطاق شبه الجاف وفقا لتصنيف كوبن الذي يتميز بتذبذب التساقط المطري وتركزه في فصل الشتاء، وهي سمة مهمة في تفسير حدوث السيول المفاجئة. خريطة (١)

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: خريطة العراق الادارية بمقياس ١٠٠٠,٠٠٠\١١، وبرنامج arc gis 10.8

١-١ إعداد قاعدة البيانات الجيومكانية وتحليل المتغيرات المؤثرة في تطبيق نموذج MARCOS

يُعد نموذج (MARCOS) (Measurement Alternatives and Ranking according to Compromise Solution) من الأساليب الحديثة في مجال التحليل متعدد المعايير، إذ يُستخدم لتقييم وترتيب البدائل اعتماداً على مجموعة من المؤشرات الكمية المختلفة، من خلال مقارنتها مع حالتين مرجعيتين هما الحالة المثالية (الأفضل) والحالة المضادة للمثالية (الأسوأ). ويقوم هذا النموذج على فكرة تحقيق التوازن أو ما يُعرف بالحل التوافقي، بحيث يتم تحديد البديل الأمثل ليس فقط بناءً على تفوقه في معيار واحد، بل وفق أدائه الكلي عبر جميع المعايير، وهو ما يمنحه دقة عالية في الدراسات البيئية والهيدرولوجية التي تتسم بتعدد العوامل المؤثرة (Stevic et al., 2020).

وتبرز أهمية اعتماد هذا النموذج في دراسات مخاطر الفيضانات لكون هذه الظاهرة ناتجة عن تداخل عدد كبير من العوامل الطبيعية، مثل الأمطار، والانحدار، والخصائص المورفومترية، وطبيعة شبكة التصريف، إذ إن الاعتماد على مؤشر واحد لا يعطي صورة دقيقة عن مستوى الخطورة، بينما يتيح نموذج MARCOS إمكانية دمج هذه المتغيرات ضمن إطار تحليلي موحد، مما يساعد في الوصول إلى تقييم أكثر شمولية وواقعية. كما يتميز هذا النموذج بمرونته وإمكانية تطبيقه داخل بيئات التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية مثل ArcGIS، الأمر الذي يجعله مناسباً للدراسات التطبيقية التي تهدف إلى إنتاج خرائط مكانية لمخاطر الفيضانات (Pamucar & Cirovic, 2015).

ويعتمد تطبيق نموذج MARCOS على مجموعة من الخطوات المنهجية المتسلسلة، تبدأ بتحديد البدائل التي تمثل في هذه الدراسة الأحواض المائية، ثم اختيار المعايير المؤثرة في حدوث الفيضانات، والتي تشمل عناصر طبيعية وهيدرولوجية مثل كمية الأمطار، ودرجات الحرارة، والانحدار، والكثافة التصريفية، وخصائص الشبكة المائية.

بعد ذلك يتم بناء مصفوفة القرار التي تتضمن قيم كل معيار لكل حوض، ثم تحديد القيم المثلى وغير المثلى لكل معيار، يليها إجراء عملية التطبيع لتوحيد القيم المختلفة، ومن ثم تطبيق الأوزان النسبية للمعايير، وفي المرحلة النهائية يتم حساب درجة التقارب لكل بديل مع الحل المثالي والمضاد للمثالية، واستخراج قيمة نهائية تُستخدم لترتيب الأحواض حسب درجة خطورة الفيضانات (Stevic et al., 2019).

وفي إطار هذه الدراسة ، تم توظيف نموذج MARCOS لدمج مجموعة من الطبقات المكانية المستخرجة باستخدام ArcGIS ، والتي تمثل العوامل الأساسية المؤثرة في الجريان السطحي، حيث شملت هذه الطبقات بيانات الأمطار بوصفها المصدر الرئيس للمياه، ودرجات الحرارة التي تؤثر في معدلات

التبخر، والانحدار الذي يتحكم في سرعة الجريان، إضافة إلى الشبكة التصريفية والكثافة التصريفية التي تعكس كفاءة نقل المياه داخل الحوض، وقد أتاح دمج هذه المتغيرات ضمن نموذج MARCOS إنتاج تقييم مكاني دقيق لمخاطر الفيضانات، من خلال تصنيف الأحواض إلى مستويات مختلفة من الخطورة، الأمر الذي يسهم في دعم التخطيط البيئي وإدارة الموارد المائية (Malczewski, 2006).

٢-١ درجات الحرارة

تشير بيانات درجات الحرارة المسجلة للمدة (٢٠٠٥-٢٠٢٥) في محطة دهوك إلى أن منطقة الدراسة تقع ضمن نطاق مناخي يتسم بارتفاع درجات الحرارة صيفاً وانخفاضها شتاءً، وهو ما يعكس الطابع شبه الجاف السائد في شمال العراق. (شلش، ٢٠٠٠).

يشير الجدول (١) أن المعدل السنوي لدرجات الحرارة نحو (٢١.٧°م)، حيث تتباين القيم الشهرية بشكل واضح بين فصول السنة، تسجل درجات الحرارة العظمى أعلى قيمها خلال شهر تموز (٤٢.٥°م) تليها آب (٤١.٩°م)، في حين تنخفض إلى أدنى مستوياتها في كانون الثاني (١٣°م). أما درجات الحرارة الصغرى فتبلغ أدناها في كانون الثاني (٤.٧°م) وترتفع تدريجياً لتصل إلى أقصاها في تموز (٢٧.٧°م). ويظهر من خلال المدى الحراري السنوي، الذي يبلغ معدله (١٢°م)، وجود تباين حراري ملحوظ يعكس سيطرة الظروف القارية، حيث يزداد الفرق بين درجات الحرارة العظمى والصغرى خلال فصل الصيف، إذ يصل إلى (١٤.٨°م) في تموز، مما يدل على شدة الإشعاع الشمسي وقلة الرطوبة الجوية.

وتؤثر درجات الحرارة بشكل غير مباشر في العمليات الهيدرولوجية، إذ إن ارتفاعها خلال فصل الصيف يؤدي إلى زيادة معدلات التبخر، مما يقلل من الرطوبة المخزونة في التربة، في حين تسهم درجات الحرارة المعتدلة خلال فصل الشتاء في تهيئة الظروف المناسبة لتراكم المياه السطحية عند هطول الأمطار، وهو ما يعزز احتمالية تشكل الجريان السطحي.

جدول (١) المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى الحراري في محطة دهوك خلال المدة (٢٠٠٥ – ٢٠٢٥)

الشهر	العظمى	الصغرى	المعدل	المدى الحراري
كانون الثاني	13	4.7	9.2	8.3
شباط	15.8	5.9	10.9	9.9
آذار	20.3	9.5	14.9	10.8
نيسان	26.6	14.6	20.6	12
أيار	34	20.6	27.3	13.4
حزيران	40.1	25.6	32.9	14.5
تموز	42.5	27.7	35.1	14.8
آب	41.9	28.2	35.6	13.7
أيلول	37.1	23.5	31.3	13.6
تشرين الأول	31.1	18.8	25.2	12.3
تشرين الثاني	22.5	11.5	17	11
كانون الأول	16.2	6.5	11.4	9.7
المعدل السنوي	27.8	15.6	21.7	12

المصدر : وزارة النقل والمواصلات ، الهيئة العامة الأنواء الجوية العراقية ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة

٢-٢ الامطار

تُظهر بيانات التساقط المطري لمنطقة الدراسة نمطاً موسمياً واضحاً يعكس سيطرة المناخ شبه الجاف، إذ يبلغ المجموع السنوي للأمطار (٢٠٤.٤ ملم)، بمعدل شهري قدره (١٧.٠٣ ملم)، وهو مقدار يشير إلى محدودية الموارد المائية واعتماد المنطقة بشكل رئيس على الأمطار الشتوية.

يتضح من الجدول (٢) أن التوزيع الشهري الأمطار يتركز بشكل كبير خلال فصل الشتاء، حيث تسجل أعلى القيم في كانون الثاني (٣٧.٤ ملم)، يليه شباط (٣٥.١ ملم)، ثم آذار (٣٢.١ ملم)، فضلاً عن كانون الأول (٣٠.٣ ملم). وتشكل هذه الأشهر الذروة المطرية السنوية، إذ تستحوذ على الجزء الأكبر من مجموع التساقط، ما يعكس سيطرة المنخفضات الجوية الشتوية.

أما خلال فصل الربيع، فتبدأ كميات الأمطار بالتناقص التدريجي، إذ تسجل (٢٠.٦ ملم) في نيسان وتنخفض إلى (١٠.٩ ملم) في أيار، وهو ما يشير إلى نهاية الموسم المطري ودخول المنطقة في فترة الجفاف.

في المقابل، تنعدم الأمطار تقريباً خلال فصل الصيف، حيث تسجل قيماً شبه معدومة في حزيران (٠.٥ ملم) وتموز وآب (٠ ملم)، نتيجة سيطرة الكتل الهوائية الحارة والجافة، مما يؤدي إلى جفاف التربة وانخفاض الرطوبة بشكل كبير. وتبقى الأمطار ضعيفة خلال بداية فصل الخريف، إذ تسجل (١ ملم) في أيلول و(٩.٥ ملم) في تشرين الأول، قبل أن تعود للارتفاع في تشرين الثاني (٢٧ ملم) إيذاناً ببدء الموسم المطري الجديد.

إن هذا التوزيع المطري، الذي يتسم بتركز الهطول خلال فترة محدودة من السنة، يُعد عاملاً مهماً في زيادة مخاطر الفيضانات، إذ يؤدي سقوط كميات ملحوظة من الأمطار خلال الأشهر الشتوية إلى تشبع التربة بسرعة، خاصة في ظل ارتفاع الانحدارات وضعف الغطاء النباتي، مما يحد من قدرة التربة على الامتصاص ويؤدي إلى زيادة الجريان السطحي، (الدليمي، ٢٠١٣). ونتيجة لذلك، ترتفع احتمالية تشكل السيول المفاجئة داخل الأحواض المائية، لاسيما عند تزامن الهطول المطري مع الظروف التضاريسية الملائمة.

جدول (٢): المعدلات الشهرية للأمطار (ملم) – محطة منطقة الدراسة (٢٠٠٥–٢٠٢٥)

الشهر	كمية الأمطار (ملم)
كانون الثاني	37.4
شباط	35.1
آذار	32.1
نيسان	20.6
أيار	10.9
حزيران	0.5
تموز	0
آب	0
أيلول	1
تشرين الأول	9.5
تشرين الثاني	27
كانون الأول	30.3
المعدل السنوي	17.03333
المجموع السنوي	204.4

المصدر: وزارة النقل والمواصلات ، الهيئة العامة الأنواء الجوية العراقية ، قسم المناخ، بيانات غير منشورة.

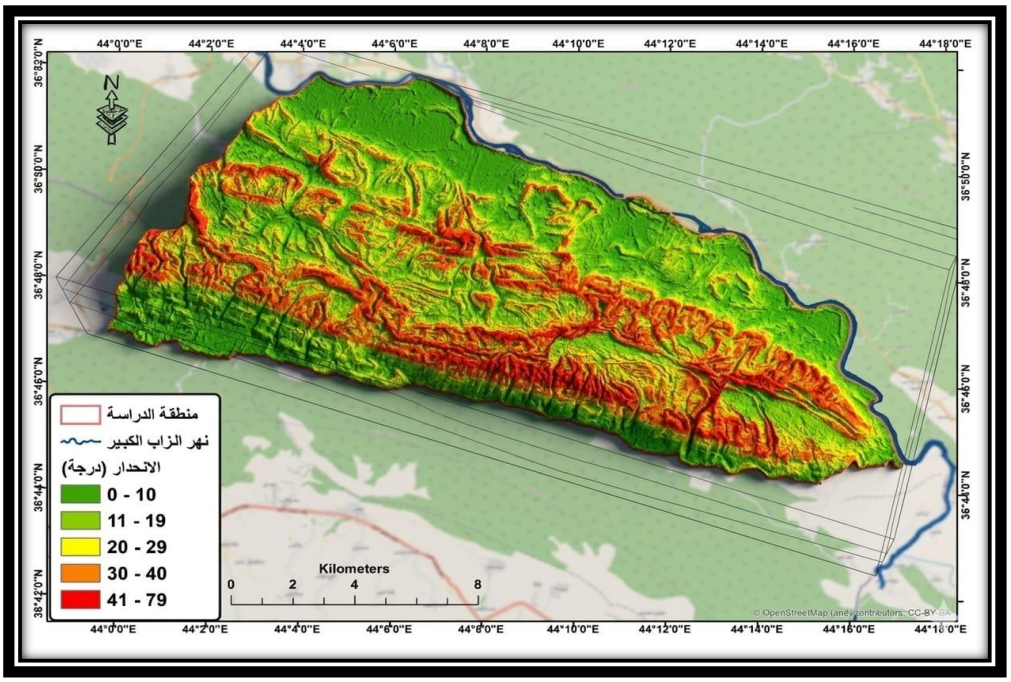
٢-٣ الانحدار

يُعد الانحدار من أهم العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة في سلوك الجريان السطحي وتحديد مخاطر الفيضانات، إذ يتحكم بشكل مباشر في سرعة تدفق المياه وكمية التعرية داخل الحوض المائي (Strahler, 1957؛ Chorley et al., 1984) وقد تم اشتقاق خريطة الانحدار لمنطقة الدراسة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام برنامج ArcGIS، حيث تم تصنيف الانحدار إلى خمس فئات رئيسية.

تُظهر الخريطة تبايناً مكانياً واضحاً في درجات الانحدار، إذ تسود الفئات المنخفضة (٠-١٠°) و(١١-١٩°) في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية، حيث تتميز هذه المناطق بسطوح شبه مستوية إلى متموجة، ما يؤدي إلى بطء حركة الجريان السطحي وزيادة فرص تسرب المياه إلى داخل التربة.

أما الفئات المتوسطة (٢٠-٢٩°)، فتنتشر في مناطق انتقالية بين المرتفعات والمنخفضات، وتمثل نطاقات ذات نشاط جيومورفولوجي متوسط، حيث يزداد فيها تأثير الجريان السطحي مقارنة بالمناطق المنبسطة، لكنها لا تصل إلى مستوى الخطورة العالية، في المقابل، تتركز الفئات الشديدة (٣٠-٤٠°) والشديدة جداً (٤١-٧٩°) في الأجزاء الوسطى والجنوبية من منطقة الدراسة، خصوصاً على امتدادات الحافات الجبلية ومجاري الأودية، حيث تظهر بشكل واضح باللونين البرتقالي والأحمر. وتمثل هذه المناطق نطاقات عالية الانحدار تتسم بزيادة سرعة الجريان السطحي وقوة النحت، مما يؤدي إلى تقليل فرص تسرب المياه وزيادة كميات المياه المتدفقة نحو المجاري الرئيسة، وتُعد هذه الفئات العالية الانحدار من أكثر المناطق عرضة لتشكل السيول المفاجئة، إذ يؤدي تجمع المياه المنحدرة بسرعة من المرتفعات نحو المناطق المنخفضة إلى ارتفاع ذروة التصريف خلال فترة زمنية قصيرة. كما تسهم هذه المناطق في تغذية شبكة التصريف بكميات كبيرة من المياه، مما يزيد من احتمالية حدوث الفيضانات في الأجزاء السفلى من الحوض.

خريطة (٢) فئات الانحدار وفقا لتصنيف زنك



المصدر: Zinck, J. A. (1988). A pedogeomorphological approach to soil survey.

٢-٤ تحليل الرتب النهرية

يُعد تحليل الرتب النهرية من المؤشرات الأساسية في دراسة الخصائص الهيدرولوجية للأحواض المائية، إذ يعكس درجة تطور شبكة التصريف وكفاءتها في نقل المياه داخل الحوض، ويعتمد هذا التحليل على تصنيف المجاري المائية إلى رتب متدرجة تبدأ من الرتبة الأولى (الأصغر) وصولاً إلى الرتب الأعلى. خريطة (٣)

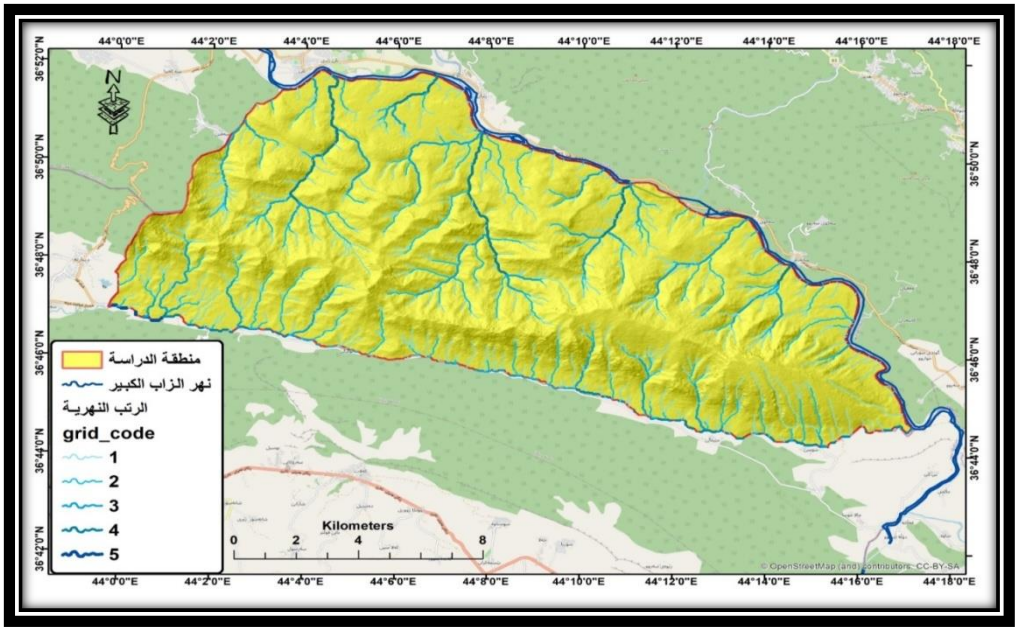
تشير بيانات الجدول (٣) ان حوض دربيشك إلى سيادة واضحة للمجاري من الرتبة الأولى، حيث بلغ عددها (٦٤١) مجرى بنسبة (٥٢.٢٠%) من مجموع المجاري، وبطول إجمالي قدره (٢٢٥.٧٣١ كم) يمثل (٥٣.٣٣%) من إجمالي أطوال الشبكة. ويعكس هذا الانتشار الكبير للمجاري الصغيرة درجة عالية من التفرع، وهو ما يدل على نشاط جيومورفولوجي واضح داخل الحوض.

تليها المجاري من الرتبة الثانية بعدد (٣٠٨) مجرى وبنسبة (٢٥.٠٨%)، وبطول (١١٢.٠٩٩ كم)، مما يشير إلى استمرار تدرج الشبكة التصريفية بشكل منتظم. أما الرتب الأعلى (الثالثة والرابعة)، فتتناقص بشكل واضح، إذ بلغت أعدادها (١٦٩) و(١٠٤) مجرى على التوالي، مع انخفاض مماثل في أطوالها.

في المقابل، تسجل الرتبة الخامسة أدنى القيم، حيث بلغ عدد المجاري (٦) فقط بنسبة (٠.٤٩%)، وبطول محدود جداً (٠.٨٤١ كم)، وهو ما يعكس قلة المجاري الرئيسية مقارنة بالفروع الصغيرة.

ويُظهر هذا التوزيع تناقصاً منتظماً في عدد وأطوال المجاري مع زيادة الرتبة، وهو ما يتوافق مع القوانين الهيدرولوجية المعروفة لتطور الشبكات النهرية، ويشير إلى أن الحوض يتمتع بنظام تصريفي متطور نسبياً.

خريطة (٣) الرتب النهرية في حوض



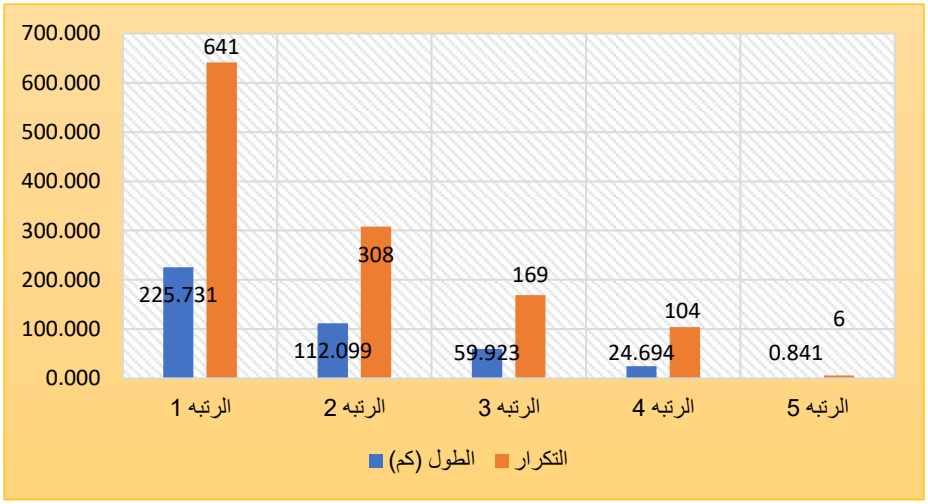
المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على مخرجات برنامج arc gis

الجدول (٣)
توزيع الرتب النهرية في حوض دربيشك

ت	اسم الحوض	الرتب النهرية	الطول (كم)		التكرار	
			الطول (كم)	%	العدد	%
1	دربيشك	الرتبه ١	225.731	53.3	641	52.20
2		الرتبه ٢	112.099	26.5	308	25.08
3		الرتبه ٣	59.923	14.2	169	13.76
4		الرتبه ٤	24.694	5.83	104	8.47
5		الرتبه ٥	0.841	0.2	6	0.49
المجموع			423.288	100	1228	100

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على الخريطة (٣) باستخدام برنامج arc gis

الشكل (١) توزيع الرتب النهرية في حوض دربيشك



المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على الجدول (٣)

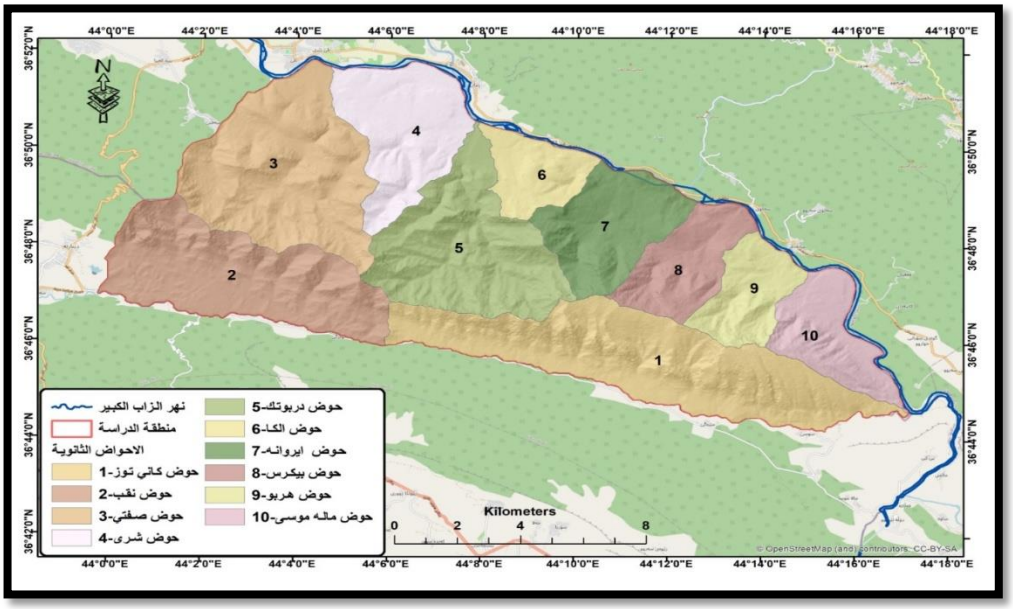
٢-٥ اشتقاق الاحواض الثانوية

اعتمدت الدراسة في مرحلتها التطبيقية على اشتقاق الأحواض الثانوية انطلاقاً من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، باستخدام أدوات التحليل الهيدرولوجي في برنامج ArcGIS، حيث تم تنفيذ مجموعة من العمليات المتسلسلة شملت تحديد اتجاه الجريان (Flow Direction) وتراكم الجريان (Flow Accumulation)، ومن ثم تحديد نقطة المصب واستخراج الحوض الرئيس.

وبعد ذلك، جرى تقسيم الحوض الرئيس إلى عدد من الأحواض الثانوية بلغ (١٠) أحواض، وذلك بهدف تمثيل البدائل في نموذج MARCOS Method. ويُعد هذا التقسيم خطوة أساسية، إذ يسمح بإجراء تحليل مكاني أكثر دقة، من خلال دراسة الخصائص الهيدرولوجية لكل حوض على حدة (عبدالله، ٢٠١٨).

وقد أظهرت خريطة (٤) الأحواض الثانوية تبايناً في المساحة والشكل وكثافة الشبكة التصريفية بين الأحواض، وهو ما يعكس اختلاف الظروف الجيومورفولوجية، وبالتالي اختلاف درجة الاستجابة للهطول المطري.

خريطة (٤) الاحواض الثانوية في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثان اعتمادا على مخرجات برنامج arc gis

٦-٢ الخصائص المورفومترية للأحواض الثانوية

يظهر تحليل الجدول (٤) الخصائص المورفومترية للأحواض الثانوية في حوض دربيشك تبايناً مكانياً واضحاً يعكس اختلاف الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية بين الأحواض، وهو ما يعد مؤشراً أساسياً في تفسير سلوك الجريان السطحي وإمكانية حدوث الفيضانات.

تبيّن من خلال البيانات أن الكثافة التصريفية تتراوح بين (٠.٢٥٣ – ٠.٥٣٩ كم/كم²)، وهي قيم منخفضة إلى متوسطة بشكل عام، مما يشير إلى أن معظم الأحواض لا تمتلك شبكات تصريف كثيفة جداً، وهو ما يرتبط بطبيعة الصخور والنفاذية والانحدار، وقد سجل كل من حوض كاني توز وحوض ماله موسى أعلى قيمة للكثافة التصريفية (٠.٥٣٩ كم/كم²)، تليهما حوض بيكرس (٠.٤٥٩) وحوض هربو (٠.٤٤٩)، وهي أحواض تُظهر على الخريطة انتشاراً واضحاً للمجاري المائية وتفرعاتها، مما يعكس قدرة عالية على تجميع وتصريف المياه بسرعة، وبالتالي ارتفاع الاستجابة المطرية واحتمالية تشكل السيول، في المقابل، سجل حوض صفتي أدنى قيمة للكثافة التصريفية (٠.٢٥٣ كم/كم²)، يليه حوض دربوتك (٠.٢٧٦) وحوض نقب (٠.٣٣٤)، وهي أحواض تتسم بقلة التشعبات النهرية واتساع نسبي في المساحة، ما يؤدي إلى بطء حركة الجريان السطحي وزيادة فرص التسرب، وهو ما يقلل من شدة الفيضانات.

ويتوافق هذا مع ما يظهر في الخريطة (٥)، حيث تبدو هذه الأحواض أقل كثافة في الشبكة المائية مقارنة بغيرها.

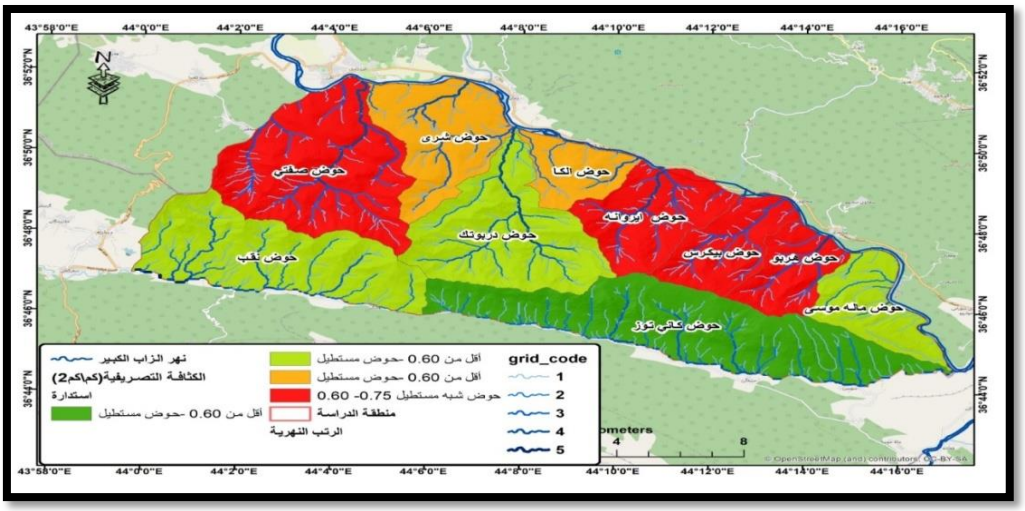
أما من حيث الخصائص الشكلية، فإن قيم معامل الاستطالة المنخفضة (٠.٠٢١ – ٠.٠٣٠) تشير إلى أن جميع الأحواض تتخذ شكلاً ممدوداً، وهو عامل يقلل من تزامن وصول الجريان إلى المصب، وبالتالي يخفف من ذروة الفيضان. في حين تتراوح قيم معامل الاستدارة بين (٠.٢٧٧ – ٠.٦٢٣)، حيث تُظهر بعض الأحواض مثل حوض إيروانة وحوض هربو قيماً مرتفعة نسبياً، ما يعني اقترابها من الشكل الدائري، الأمر الذي يعزز من سرعة تجمع المياه وارتفاع الذروة الفيضانية فيها، كما يلاحظ من الخريطة أن الأحواض ذات الكثافة التصريفية المرتفعة تتركز في الأجزاء الشمالية والشرقية من منطقة الدراسة، وهي مناطق تتسم بارتفاع الانحدار وكثرة التشققات والتضاريس الوعرة، مما يفسر زيادة عدد المجاري المائية. في حين تسود القيم المنخفضة في الأجزاء الجنوبية، وخاصة في حوض كاني توز من حيث المساحة الكبيرة والانبساط النسبي، رغم ارتفاع كثافته التصريفية، مما يشير إلى تأثير عوامل أخرى مثل البنية الجيولوجية.

جدول (٤) الخصائص المورفومترية للأحواض الثانوية في منطقة الدراسة

ت	الحوض الثانوي	code	مساحة الحوض(كم٢)	الطول	العرض	محيط	الكثافة التصريفية (كم/كم٢)	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة
1	حوض كاني توز	1	36.569	17.001	3.214	40.743	0.539	0.025	0.277
2	حوض نقب	2	27.934	9.338	3.081	27.305	0.334	0.027	0.471
3	حوض صفتي	3	31.702	8.010	5.542	26.046	0.253	0.030	0.587
4	حوض شرى	4	17.873	6.797	3.992	20.927	0.380	0.025	0.513
5	حوض دربوتك	5	26.340	7.267	5.411	26.060	0.276	0.027	0.487
6	حوض الكا	6	8.086	3.285	3.035	13.766	0.406	0.021	0.536
7	حوض ايروانه	7	15.155	5.414	3.930	17.477	0.357	0.025	0.623
8	حوض بيكرس	8	11.215	5.143	2.658	15.695	0.459	0.023	0.572
9	حوض هربو	9	9.268	4.157	1.880	14.128	0.449	0.022	0.583
10	حوض ماله موسى	10	11.019	5.935	1.787	17.873	0.539	0.021	0.433
المجموع			195.160			220.020	3.991		

المصدر: عمل الباحثان اعتمادا على مخرجات برنامج arc gis

خريطة (٥) الكثافة التصريفية للأحواض الثانية



المصدر: عمل الباحثان اعتمادا على مخرجات برنامج arc gis

٣ تطبيق نموذج MARCOS

يُعد نموذج MARCOS أحد الأساليب الحديثة ضمن إطار اتخاذ القرار متعدد المعايير (Multi–Criteria Decision Making – MCDM)، إذ يُستخدم لتقييم وترتيب البدائل المكانية، مثل الأحواض المائية، اعتماداً على مجموعة من المعايير الكمية المرجّحة، تبدأ آلية التطبيق بمرحلة الإعداد (Configuration) التي يتم فيها تحديد المعايير (مثل الانحدار، الأمطار، الخصائص المورفومترية للأحواض) وتحديد الأوزان النسبية (Weights) التي تعبّر عن أهمية كل معيار، غالباً باستخدام أساليب مساندة مثل التحليل الهرمي (AHP)، فضلاً عن تحديد البدائل (Alternatives) التي تمثل وحدات الدراسة (Saaty, 1980؛ Malczewski, 1999).

تلي ذلك مرحلة تجهيز البيانات (Preprocessing)، والتي تُعد خطوة أساسية لضمان دقة التحليل، حيث تشمل معالجة البيانات المكانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مثل تحديد وتنظيف حدود الأحواض (Basin Delineation & Cleaning)، واستخراج طبقات الانحدار (Slope Calculation)، وتجميع بيانات الأمطار (Rainfall Aggregation). وتمثل هذه المرحلة الأساس الذي تُبنى عليه دقة النتائج النهائية، لكونها تعالج البيانات الخام وتحولها إلى طبقات تحليلية قابلة للاستخدام (Eastman, 2016؛ علوان، ٢٠١٢).

بعد ذلك تأتي مرحلة التحليل المكاني (Spatial Analysis)، حيث تُحسب القيم الإحصائية للمعايير، مثل المتوسطات، مع معالجة القيم المفقودة (Missing Data Handling)، تمهيداً لبناء

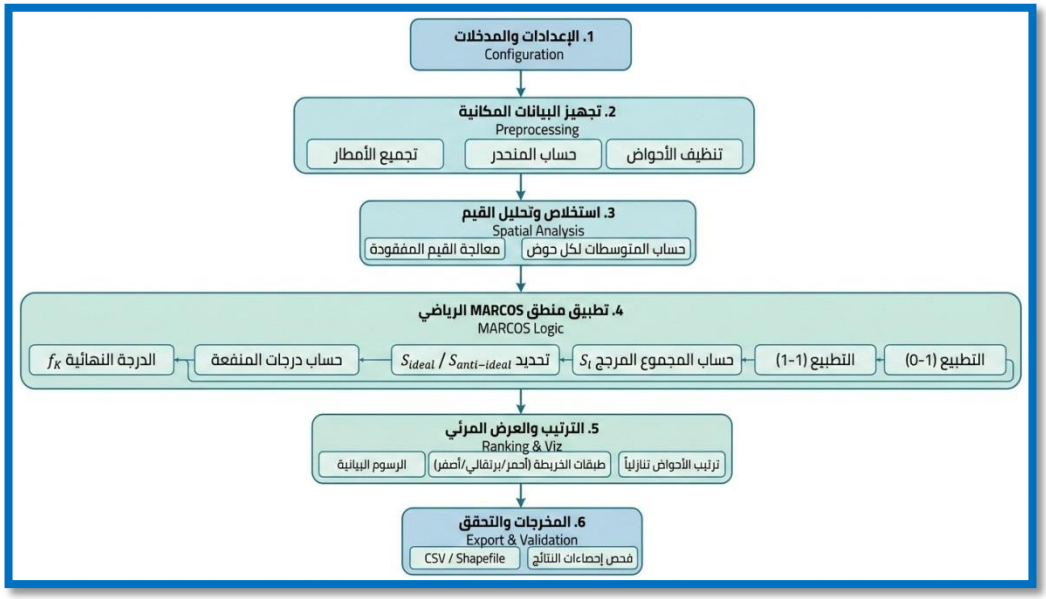
مصفوفة القرار (Decision Matrix) التي تُعد الركيزة الأساسية في نماذج اتخاذ القرار متعدد المعايير، إذ تُنظم البيانات بشكل يسمح بإجراء المقارنات الكمية بين البدائل المختلفة (Malczewski, 1999).

في مرحلة تطبيق منطق ماركوس (MARCOS Logic)، تُطبّع القيم (Normalization) لتحويلها إلى مقياس موحد (٠–١) أو غيره حسب طبيعة المعيار (منفعة أو كلفة)، ثم يُحسب المجموع المرجّح لكل بديل (Weighted Sum) من خلال دمج القيم المطبّعة مع أوزانها. ويتميّز هذا النموذج بإدخال حالتين مرجعيتين هما الحل المثالي (Ideal Solution) والحل الأسوأ (Anti-Ideal Solution)، حيث تُستخدمان كأساس للمقارنة، ومن خلال ذلك تُحسب درجة المنفعة (Utility Degree) التي تعبّر عن مدى قرب كل بديل من الحل الأمثل، وهو ما يمنح النموذج دقة تحليلية عالية في ترتيب البدائل (Stević et al., 2020؛ Torkayesh et al., 2021).

أما في مرحلة الترتيب والعرض (Ranking & Visualization)، فتُرتب البدائل تنازلياً وفق درجة المنفعة، وتُعرض النتائج خرائطياً ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية باستخدام تصنيفات لونية تُبرز الفروق المكانية بين الأحواض. وتُعد هذه المرحلة مهمة في تفسير النتائج وتحويلها إلى مخرجات بصرية تسهّل عملية اتخاذ القرار (Eastman, 2016؛ حسين، ٢٠١٨).

وأخيراً، يتم تصدير النتائج (Export & Validation) بصيغ مختلفة مثل CSV وShapefile، مع إجراء عمليات تحقق إحصائي لضمان موثوقية النتائج. وتكمن أهمية نموذج MARCOS في كونه لا يقيّم البدائل بصورة منفصلة فحسب، بل يقيس أداءها نسبةً إلى حالتين مرجعيتين (المثالية والأسوأ)، مما يجعله أداة فعالة في الدراسات الجغرافية والبيئية، ولا سيما في تحليل الأحواض المائية وتحديد أولويات إدارتها (Malczewski, 1999؛ Stević et al., 2020).

شكل (٢) مخطط تطبيق نموذج ماركوس



تُظهر الخريطة (٥) نتائج تطبيق نموذج MARCOS لتقييم درجة الخطورة الهيدرولوجية للأحواض المائية ضمن منطقة الدراسة، حيث تم تصنيف الأحواض إلى خمس فئات مكانية متدرجة اعتماداً على قيم درجة المنفعة (Utility Degree) الناتجة عن التحليل متعدد المعايير. ويعكس هذا التصنيف التباين المكاني في مستوى الخطورة، بدءاً من الخطورة المنخفضة جداً (باللون الأخضر الداكن) وصولاً إلى الخطورة العالية جداً (باللون الأحمر)، وهو ما يوفر تصوراً مكانياً دقيقاً لمناطق الأولوية في الإدارة المائية (Malczewski, 1999 ؛Stević et al, 2020).

تُبيّن النتائج أن الأحواض الواقعة في الأجزاء الوسطى والشمالية من منطقة الدراسة، مثل حوض شري وحوض إيروانة، قد سُجلت ضمن فئة الخطورة العالية جداً، وهو ما يمكن تفسيره بارتفاع قيم المعايير المؤثرة فيها، كزيادة كثافة التصريف النهري، وارتفاع الانحدارات، فضلاً عن تركّز الجريان السطحي ضمن مجارٍ قصيرة وشديدة الانحدار، مما يعزز من سرعة الاستجابة الهيدرولوجية واحتمالية حدوث السيول (Torkayesh et al., 2021). كما يظهر أن هذه الأحواض تتميز بنمط شبكي كثيف من الرتب النهرية العليا، الأمر الذي يزيد من كفاءة نقل المياه ويُسرّع من تجميعها في المجاري الرئيسية، في المقابل، تبرز الأحواض الواقعة في الأجزاء الجنوبية، ولا سيما حوض كاني توز، ضمن فئة الخطورة المنخفضة جداً، حيث يعكس ذلك انخفاض قيم المعايير المؤثرة، مثل الانحدار، واتساع مساحة الحوض، وتباعد شبكة التصريف، مما يؤدي إلى إبطاء حركة الجريان السطحي وزيادة فرص التسرب والتخزين المؤقت للمياه.

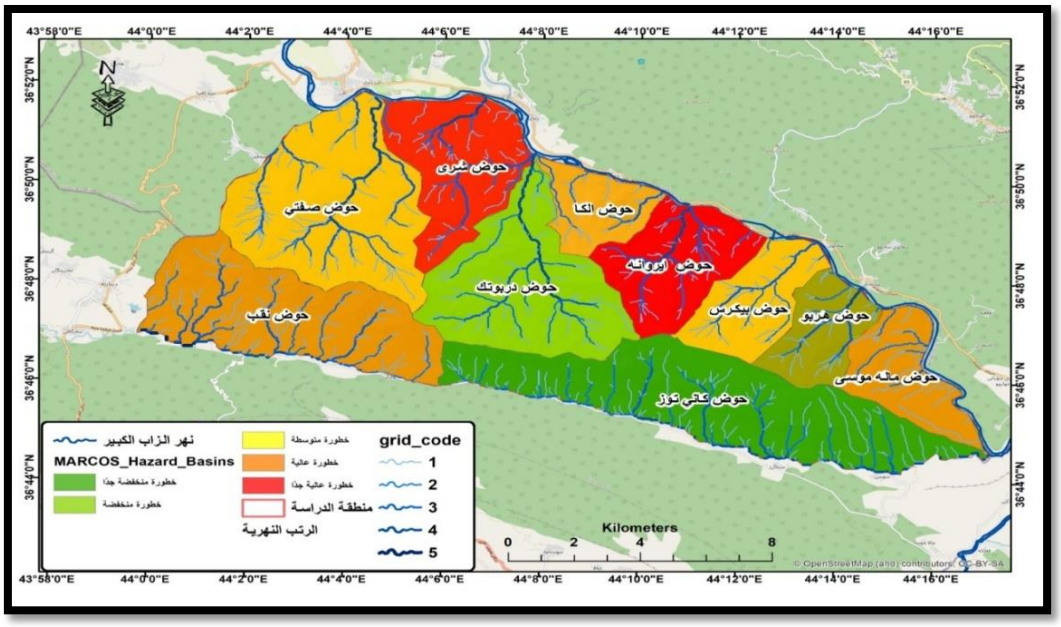
كما أن امتداد هذه الأحواض على مساحات أكثر انبساطاً يسهم في تقليل الطاقة الحركية للجريان، وبالتالي انخفاض احتمالية الفيضانات المفاجئة (Eastman, 2016).

أما الفئات المتوسطة (الخطورة المتوسطة والعالية) فتنتشر في الأجزاء الانتقالية بين الشمال والجنوب، مثل أحواض صفتي وبكرمان وهيبو، حيث تعكس هذه المناطق توازناً نسبياً بين العوامل المورفومترية والمناخية، فلا هي شديدة الانحدار ولا منبسطة تماماً، مما يجعلها ذات استجابة هيدرولوجية معتدلة. ويؤكد هذا التدرج المكاني أن الخطورة ليست ظاهرة متجانسة، بل ترتبط بتفاعل معقد بين الخصائص الطبوغرافية والبنيوية وشبكة التصريف (Malczewski, 1999؛ حسين، ٢٠١٨).

كما تُظهر الخريطة بوضوح العلاقة بين الرتب النهرية وتوزيع الخطورة، إذ تتركز الرتب العليا (٤–٥) في الأحواض ذات الخطورة المرتفعة، وهو ما يشير إلى دور البنية الهيدرولوجية في تعزيز عمليات التجميع والتصريف السريع. في حين تسود الرتب الدنيا في الأحواض الأقل خطورة، مما يعكس ضعف الترابط الشبكي وانخفاض كفاءة نقل الجريان. وهذا يتوافق مع المفاهيم الجيومورفولوجية التي تؤكد أن تطور الشبكة النهرية يعد مؤشراً أساسياً على ديناميكية الحوض واستجابته المطرية (علوان، ٢٠١٢).

وبشكل عام، تؤكد نتائج نموذج MARCOS كفاءته في التمييز بين الأحواض وفق درجة الخطورة، حيث أتاح دمج المعايير المختلفة ضمن إطار تحليلي موحد قائم على المقارنة بين الحل المثالي والأسوأ، مما وفر أساساً علمياً رصيناً لتحديد أولويات الإدارة والتخطيط، خصوصاً في ما يتعلق بمخاطر السيول وإدارة الموارد المائية، وتُعد هذه النتائج أداة مهمة لدعم متخذي القرار في توجيه الإجراءات الوقائية نحو الأحواض الأكثر خطورة، وتقليل التأثيرات السلبية المحتملة على البيئة والمجتمع (Stević et al., 2020؛ Torkayesh et al., 2021).

خريطة (٦) تصنيف مخاطر الفياضان في احواض منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثان اعتمادا على :

Stankovic, M., Stevic, Z., Das, D. K., Subotić, M., & Pamucar, D(2020). A new fuzzy MARCOS method for road traffic risk analysis Mathematics, 8(3), 457. https://doi.org/10.3390/math8030457

الاستنتاجات والتوصيات

أولا: الاستنتاجات

١- أظهرت نتائج نموذج MARCOS وجود تباين مكاني واضح في درجات الخطورة الهيدرولوجية بين الأحواض المائية، حيث تركزت الأحواض ذات الخطورة العالية جداً في الأجزاء الشمالية والوسطى من منطقة الدراسة، مما يعكس تأثير العوامل المورفومترية، ولا سيما الانحدار وكثافة التصريف النهري، في زيادة سرعة الاستجابة المطرية وخطورة الجريان السطحي.

٢- بيّنت النتائج أن الأحواض الواقعة في الأجزاء الجنوبية سجلت أدنى مستويات الخطورة، نتيجة لانخفاض الانحدارات واتساع المساحة وضعف الترابط الشبكي للمجاري المائية، وهو ما يسهم في تقليل سرعة الجريان وزيادة فرص التسرب والتخزين المؤقت للمياه.

٣- كشفت الدراسة عن وجود علاقة طردية بين ارتفاع الرتب النهرية وكثافة شبكة التصريف من جهة، ومستوى الخطورة من جهة أخرى، إذ تزداد الخطورة في الأحواض التي تتميز بشبكات تصريف متطورة وقادرة على تجميع المياه بسرعة نحو المجاري الرئيسة.

٤- أثبت نموذج MARCOS كفاءة عالية في تحليل وتقييم الأحواض المائية من خلال دمج المعايير المختلفة ضمن إطار كمي موحد، مما ساهم في إنتاج تصنيف دقيق يمكن الاعتماد عليه في تحديد أولويات إدارة الموارد المائية ومخاطر السيول.

ثانياً: التوصيات

١- ضرورة إعطاء أولوية للأحواض ذات الخطورة العالية جداً في تنفيذ إجراءات الحماية، مثل إنشاء السدود الصغيرة (Check Dams) ومنشآت حصاد المياه، بهدف تقليل سرعة الجريان السطحي والحد من مخاطر السيول.

٢- تعزيز استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونماذج اتخاذ القرار متعدد المعايير، مثل MARCOS، في الدراسات المستقبلية المتعلقة بإدارة الأحواض المائية، لما أثبتته من دقة وكفاءة في التحليل المكاني.

٣- العمل على تطوير قاعدة بيانات هيدرومناخية متكاملة لمنطقة الدراسة، تتضمن بيانات دقيقة عن الأمطار والتصريف والانحدار، لدعم عمليات النمذجة المستقبلية وتحسين دقة التنبؤ بالمخاطر.

قائمة المصادر:

اولا: المصادر العربية:

١- علوان، محمد عبد الله. (٢٠١٢). التحليل الجيومورفولوجي للأحواض المائية. دار المسيرة للنشر والتوزيع.

٢- حسين، أحمد محمد. (٢٠١٨). نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها البيئية. دار صفاء للنشر والتوزيع.

٣- الدليمي، قاسم حسين. (٢٠١٣). علم المناخ التطبيقي .دار المسيرة للنشر والتوزيع.

٤- شلش، عبد الرزاق محمد (٢٠٠٠). أسس علم المناخ .جامعة بغداد.

ثانيا: المصادر الأجنبية

1- Stanković, M., Stevic, Z., Das, D. K., Subotic, M., & Pamucar, D. (2020).A new fuzzy MARCOS method for road traffic risk analysis. *Mathematics*, *8*(3), 457.

2- Stevic, Z., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection using the MARCOS method. *Symmetry*, *12*(9), 1486. https://doi.org/10.3390/sym12091486.

3- Torkayesh, A. E., Zolfani, S. H., Kahvand, M., & Khazaelpour, P. (2021). Landfill location selection for healthcare waste of urban areas using hybrid BWM-MARCOS model based on GIS. *Mathematics*, *9*(4), 350.

4- Malczewski, J. (1999).*GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.

5- Eastman, J. R. (2016). *Decision support: Decision strategy analysis in GIS*. Clark Labs.

6- Saaty, T. L. (1980).*The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.

7- Chorley, R. J., Schumm, S. A., & Sugden, D. E. (1984). *Geomorphology. Methuen.*