مجلة
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

مجلة علمية محكمة تصدر عن
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
كلية الآداب - جامعة المنوفية

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: 2357-0091
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: 2735-5284

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
بكلية الآداب – جامعة المنوفية
مجلة علمية مُحَكمَّة

التحليل والنمذجة الجيوهيدرومورفومترية للسيول بوادي نجران المملكة العربية السعودية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

إعداد
د/ نجاة بنت سعيد بن محمد الشهراني
قسم العلوم البيئية، كلية العلوم، جامعة بيشة، السعودية

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

بكلية الآداب – جامعة المنوفية

مجلة علمية مُحَكَّمَة

موقع المجلة علي بنك المعرفة المصرى: https://mkgc.journals.ekb.eg/

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: ٢٣٥٧-٠٠٩١
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: ٢٧٣٥-٥٢٨٤

تتكون هيئة تحكيم إصدارات المجلة من السادة الأساتذة المحكمين من داخل وخارج اللجنة العلمية الدائمة لترقية الأساتذة والأساتذة المساعدين في جميع التخصصات الجغرافية

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

بحث:

التحليل والنمذجة الجيوهيدرومورفومترية للسيول بوادي نجران

المملكة العربية السعودية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونُظم المعلومات الجغرافية

إعداد

الدكتورة/ نجاة بنت سعيد بن محمد الشهراني *

* قسم العلوم البيئية، كلية العلوم، جامعة بيشة، السعودية.

ملخص البحث:

تضمَّنت الدّراسة الخصائص الهيدرومورفومترية لحوض وادي نجران الواقع في جنوب غربي المملكة العربية السعودية، والذي يَعْبُر مدينة نجران، ويقسمها إلى قسمين: شمالي وجنوبي، ممتدًا لمسافة تصل إلى (٣٥.٢) كم، وقد استعانة الدّراسة بالمرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat 9 من النوع OLI بدقة وضوح (٣٠ x ٣٠) مترًا في ١٣ مايو عام ٢٠٢٤م، ومن ثم زيادة دقة الوضوح المكاني إلى (١٥) مترًا، وبنموذج الارتفاعات الرقمية Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) بوضوح مكاني قدره (٣٠) مترًا، وبتقنيات Remote Sensing وGeographic information systems من خلال أدوات Arc hydro في تحليل الخصائص التضاريسية والمورفومترية، وتأثيرها على الخصائص الهيدرولوجية، حيث أظهرت النتائج أن حوض وادي نجران الذي يتمتّع بمساحة كبيرة يميل إلى الاستطالة وانخفاض نسبة الاستدارة، مما انعكس على انخفاض معدل الجريان السطحي وسرعته ووصوله إلى منطقة المصبّ، وبالتالي انخفاض خطورته. وقد تم تقديم مجموعة من الآليات والمقترحات؛ لتحقيق الاستغلال الأمثل لمياه الوادي وقت الجريان السيلي؛ من أجل تحقيق الاستدامة، وإعادة التأهيل البيئي للحوض، وتنمية المشاريع المستقبلية فيه.

الكلمات المفتاحية: حوض وادي نجران، الخصائص الهيدرومورفومترية، التحليل المكاني، نماذج الارتفاعات الرقمية.

مقدّمة:

تُعدُّ الأحواض المائية من أبرز المعالم في الصحاري العربية عمومًا وفي المملكة العربية السعودية خصوصًا، والتي لا تزال في حاجة إلى المزيد من الدّراسات والأبحاث التطبيقية؛ لأهميتها في إرساء قواعد التنمية المستدامة داخل أي إقليم، وبما يُسهم في تأسيس قاعدة صلبة لازدهار أي اقتصاد.

وتعتبر الدّراسات المورفومترية إحدى أهم الدّراسات التطبيقية في تحليل الخصائص الجيوهيدرومورفومترية للأحواض المائية التي تمكّن من التعرُّف على سلوكها الهيدرولوجي؛ تمهيدًا لاستغلالها والاستفادة من مياهها، ومحاولة درء أخطارها في حالة حدوث الجريان السيلي في مجاريها المائية.

وتميّزت نُظم المعلومات الجغرافية (GIS) عبر استخدام التحليل المكاني، بالاعتماد على بيانات نماذج الارتفاعات الرقيمة، وتزايد درجة الوضوح المكاني للبيانات المستخدمة في اشتقاق وبناء قاعدة البيانات، واستخلاص الخصائص المورفومترية في سرعة قياسية ودقة عالية، مما يساعد على تحديد الخصائص الهيدرولوجية للأحواض المائية (الدعدي، ٢٠٢١، ص. ص١٩٧-١٩٨).

وتأتي أهمية حوض وادي نجران؛ لكونه الوادي الرئيس في منطقة نجران وأكبر أوديتها، حيث يقع في وسط المنطقة، ويَعْبُر مدينة نجران، ويقسمها إلى قسمين: شمالي وجنوبي، ممتدًا مسافة تصل إلى (٣٥.٢) كم، ويمتد الحوض فلكيًا في السعودية (بين دائرتي عرض ١٧درجة و٢٠ دقيقة، و١٧ درجة و٤٠ دقيقة شمالًا، وبين خطي طول ٤٣ درجة و٥٥ دقيقة، و٤٥ درجة شرقًا)، ويتأثّر هذا الحوض بالعديد من الخصائص الطبيعية للمنطقة وخصائص الشبكة المورفومترية، مما يؤثّر في اختلاف درجة الاستجابة الهيدرولوجية والجريان السطحي لمياه حوض التصريف، والتنبُّؤ بخصائص السيول، الأمر الذي يعدُّ من الدّراسات الضرورية عند إنشاء المشاريع الحيوية؛ كبناء السدود، والطرق والجسور وغيرها.

أهمية البحث:

تأتي أهمية هذا البحث من انفراده بتقديم التحليل والنمذجة لعناصر الشبكة المائية لحوض وادي نجران، وبناء قاعدة بيانات رقمية للخصائص التضاريسية والمورفومترية والهيدرولوجية لشبكة التصريف المائي الخاصة به؛ باستخدام أساليب التحليل المكاني، ونماذج الارتفاعات الرقمية؛ ليمثّل هذا البحث إحدى الدّراسات الضرورية التي تتطلبها رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠، ويُسهم في تحقيق خطط التنمية المستدامة بمنطقة نجران، والاستفادة من كافة المقومات الطبيعية التي تُسهم في إنشاء المشاريع الحيوية؛ كبناء السدود، والطرق، والجسور وغيرها، حيث يعدُّ حوض

وادي نجران الوادي الرئيس في المنطقة، والذي لم تتطرق له دراسات سابقة، ويسدُّ ثغرًا في هذا المجال.

أهداف الدراسة:

١) بناء قاعد بيانات هيدرومورفومترية لحوض وادي نجران بالتكامل بين نُظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد، باستخدام التقنيات الرادارية SRTM.

٢) دراسة بعض الخصائص الجيولوجية والمناخية والتضاريسية، واستخراج شبكة حوض التصريف لوادي نجران؛ لإجراء التحليلات المورفولوجية والمورفومترية والهيدرولوجية التي يتم الاعتماد عليها في عمل النمذجة الجيوهيدرومورفومترية للجريان السيلي بالوادي؛ بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

٣) عمل نمذجة هيدرولوجية لحوض وادي نجران بتطبيق النموذج الهيدرولوجي HEC-١، وحساب منحنى التدفُّق المائي في أثناء الجريان، من خلال نموذج HEC-HMS التابع لبرنامج Arc hydro.

٤) دراسة واستنتاج العلاقة والتأثير على السيول مع المتغيرات الجيولوجية والمناخية والجيومورفومترية المتمثّلة في أبعاد الحوض وخصائصه التضاريسية والشكلية، وخصائص شبكته التصريفية والهيدرولوجية.

٥) وضع حلول مقترحة؛ للحدّ من خطر السيول، وكيفية الاستفادة منها.

منهجية الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على نموذج الارتفاع الرقمي المنتج من المشروع الأمريكي والإيطالي والألماني المشترك عام ٢٠٠٠ Shuttle Radar Topographic Mission المعروف اختصارًا بمُسمَّى (SRTM)بوضوح مكاني قدره (٣٠) مترًا؛ لاشتقاق القياسات الخاصة بالمتغيرات التضاريسية المورفومترية من ملفات رقمية توضح الإحداثيات ثلاثية الأبعاد غير المنتظمة (X,Y,Z) لأي نقطة على سطح الأرض مع ارتفاعها، وتم الاعتماد هذه المنهجية؛ للوصول إلى النتائج المطلوبة، وتتلخص الخطوات المنهجية لهذه الدراسة بما يلي:

١) **إعداد البيانات والمعلومات:** وهي البيانات المتعلِّقة بالدّراسة، مثل: الخرائط الطوبوغرافية، والمرئيات الفضائية، وبيانات المناخ.

٢) **تحليل الصور الفضائية:** وهي مرئيات رقمية عالية الدقة، تمت معالجتها باستخدام برمجية – ERDAS IMAGINE 14.00. وتم تطبيق الخصائص الرقمية والإلكترونية المختلفة الموجودة في برمجية الـ ERDAS، ومن أهمها: دمج الموجات الطيفية (Band combination)، استخدام تطبيقات التمييز اللوني (Colour slicing)، والتحسين الطيفي.

٣) **تكامل (Manipulation) وتحليل البيانات:** وهي العملية التي يتم فيها دراسة كل البيانات والمعلومات والخرائط التي تم الحصول عليها من الطرق والمصادر المختلفة، ومن ثم القيام بربطها ومقارنتها، وتحليل العناصر المختلفة التي لها دور في حدوث الفيضانات والسيول.

٤) ٤.**إخراج النتائج:** وهي المرحلة الأخيرة من مراحل العمل، وفيها يتم عرض النتائج التي تم الوصول إليها من خلال المراحل السابقة في شكل خرائط وجداول.

مصادر الدراسة:

١) الخرائط الطوبوغرافية مقياس١: (٥٠٠,٠٠٠ لوحة جازان NE38-SW)، إنتاج وزارة البترول والثروة المعدنية، إدارة المساحة الجوية، الرياض، المملكة العربية السعودية، عام ١٩٨٥م.

٢) الخرائط الجيولوجية مقياس١: (٥٠٠,٠٠٠ خريطة رقم I-217A)، وزارة المالية والاقتصاد الوطني، المديرية العامة لشؤون الزيت والمعادن بالتعاون مع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية، عام ١٩٥٩م.

٣) نموذج الارتفاع الرقمي المنتج من المشروع الأمريكي والإيطالي والألماني المشترك عام ٢٠٠٠ (Shuttle Radar Topographic Mission)المعروف اختصارًا بمسمّى K(SRTM) بوضوح مكاني قدره (٣٠) مترًا؛ لاشتقاق القياسات الخاصة بالمتغيرات التضاريسية المورفومترية من ملفات رقمية، توضح الإحداثيات ثلاثية الأبعاد غير المنتظمة (X,Y,Z) لأي نقطة على سطح الأرض مع ارتفاعها.

٤) المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat 9 من النوع OLI بدقة وضوح (٣٠x٣٠) مترًا عام ٢٠٢٤م، وقد تم زيادة دقة الوضوح الأرضي إلى (١٥) مترًا باستعمال القناة الثامنة البانكروماتية عن طريق دمج الدقة بواسطة التصنيف المحكم.

٥) بيانات الأمطار: تم الاعتماد على بيانات الأمطار من خلال وكالة الفضاء الأمريكية ناسا من عام ١٩٨١ إلى ٢٠٢٤م. https://power.larc.nasa.gov

البرامج المستخدمة

١) **برنامج Erdas imagine:** يُستخدَم في تصحيح الصور ومعالجتها، وإجراء عمليات الدمج للمرئيات الفضائية.

٢) **برنامج: Arc GIS 10.8** يستخدم في إنشاء قواعد البيانات الجغرافية وإخراج الخرائط.

٣) **Arc hydro أحد ملحقات برنامج Arc GIS:** ويُستخدَم في دراسة الأحواض، وشبكة التصريف والتحليل المورفومتري والهيدرولوجي.

٤) **برنامج: EXCEL** ويُستخدَم في إعداد الجداول، وإجراء بعض المعادلات.

موقع منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي نجران بين دائرتي عرض (١٧درجة و٢٠ دقيقة و١٧ درجة و٤٠ دقيقة شمالًا، وبين خطي طول ٤٣ درجة و٥٥ دقيقة و٤٥ درجة شرقًا)، في جنوب غربي المملكة العربية السعودية، وتحيط به جبال السروات الوعرة من الجهات الشمالية والجنوبية والغربية وصحراء الربع الخالي من الشرق، وتبلغ مساحة منطقة الدراسة (١٥٩٦.٩) كم^{٢}. ويقسم مدينة نجران إلى قسمين: شمالي وجنوبي، حيث تمثّل المركز الإداري لمنطقة نجران، وتمتاز بموقعها الاستراتيجي وفي شهرتها التاريخية والزراعية، وهي مدينة شريطية قامت على أطراف وادي نجران.

وتتميز منطقة الدراسة بتنوُّع الغطاء الأرضي فيها، حيث يوجد بها سلاسل جبلية تتكون من الصخور النارية والمتحولة. وتنحدر مياه الوادي في اتجاه صحراء الربع الخالي في شرق منطقة الدراسة، وتضم أيضًا العمران المتمثّل في مدينة نجران، ويوجد الغطاء النباتي في غرب ووسط منطقة الدراسة، أما عن شرق منطقة الدراسة فنجد أنه يتميز باستوائه نوعًا ما عن غرب المنطقة، وهي عبارة عن أراضٍ جرداء تمثّل جزءًا من صحراء الربع الخالي.

الدراسات السابقة:

أولًا: الدراسات العربية:

١- قدّم درويش (٢٠٢٣) دراسة بعنوان: "تغير مكامن الخطر السيلي في مدينة مكة المكرمة باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بُعد ونُظم المعلومات الجغرافية"، حيث قام الباحث بتتبُّع التغير الذي طرأ على مكامن الخطر السيلي بفعل تغيّر أغطية الأرض في مدينة مكة المكرمة، من خلال تصنيف المرئيات الفضائية لعامي (١٩٨٥- ٢٠١٨)، وتحديد المجموعات الهيدرولوجية للتربة.

٢- وهدفت دراسة خضر وفؤاد (٢٠٢٣) بعنوان: "التحليل والنمذجة الجيوهيدروكليمومورفومترية للسيول بوادي قصيب "الدوم" - العين السخنة - باستخدام الاستشعار عن بُعد ونُظم المعلومات الجغرافية والذكاء الاصطناعي"، التي تعتمد في تحليلاتها ونتائجها على استخدام برنامج wms ونُظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد في دراسة الخصائص الجيوهيدر وكليمومورفومترية لوادي قصيب لتقدير حجم الأمطار الساقطة، وحجم الفواقد، وحساب صافي الجريان بالوادي. وتم تحليل الجريان المائي باستخدام النمذجة الجيوهيدر ومورفومترية وفقًا لنموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة (SCS- CN) باستخدام أحد النماذج الهيدرولوجية ببرنامج نظام نمذجة الأحواض Watershed Modeling System (WMS) وهو نموذج (HEC-1) و(HEC-HMS). بالإضافة إلى وضع الحلول المقترحة؛ للحدّ من أضرار السيول المتكررة، وكيفية الاستفادة من مياه الأمطار، واقتراح نموذج إنذار مبكّر يعتمد على الذكاء الاصطناعي؛ لدرء أخطار السيول ودرئها بالمنطقة.

٣- وقامت الضبيحي (٢٠٢٠) بدراسة هدفت لتقييم مخاطر السيول وتخفيف حدتها لواديي الصعيد والمحبس بمدينة العمار، بمنطقة القصيم في المملكة العربية السعودية، استنادًا إلى نظم المعلومات الجغرافية "GIS" والنمذجة الهيدرولوجية "WMS"، وكشف نتائج الدراسة عن اختراق أودية الصعيد والمحبس للكتلة العمرانية لمدينة العمار من الغرب إلى الشرق والشمال الشرقي، حيث توسعت المدينة عمرانيًا، كما أوضحت نتائج الدراسة أن أحجام السيول لواديي الصعيد والمحبس تتراوح بين (٣٣٦٦٥٥.٨م^{٣} - ٥٨٢٣٩٤.٥م^{٣})، وتتراوح قيم التدفُّق لهما بين (١٤,٠٩ م^{٣}/ث - ٢٠,٧٢ م^{٣}/ث)، وتشكِّل هذه الأودية بوضعها الحالي تهديدًا مباشرًا للأرواح والممتلكات، الأمر الذي يتطلب وضع تدابير؛ للتخفيف من مخاطر السيول لها.

٤- وأجرى الغامدي (٢٠١٥) دراسة لتقدير خطر السيول في شرقي مدينة مكة المكرمة باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بُعد ونُظم المعلومات الجغرافية، مستخدمًا تقنيات نُظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد؛ لحساب معامل وذروة التصريف في معادلة تالبوت، وكذلك حساب عدد من المتغيرات المورفومترية والهيدرولوجية؛ لتقدير خطر السيول في تلك المنطقة. وقد تبيّن من هذه الدراسة أن عدة عوامل طبيعية؛ كالبناء الجيولوجي، وانحدار السطح، وفقر التغطية النباتية أدّت إلى صماتة السطح، مما جعل قيم معاملي التصريف والفيضان عاليتين، خاصة في حوض وادي نعمان، بالإضافة إلى العوامل الأخرى التي تُسهم في زيادة مخاطر السيول؛ كطول المجاري المائية خاصة مجاري الرتبة الأولى، وتكرارية المجرى، ومعدل طول مسافة الجريان السطحي، وذروة التصريف خاصة في حوض وادي نعمان والإدارة الجيدة الغائبة لأحواض التصريف.

٥- وأبرز الودعاني (٢٠١٤) في دراسته: "مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غربي المملكة العربية السعودية: منظور جيومورفولوجي" أثر كل من الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية وتوزيع المطر على ظهور هذه المشكلة في منطقة جازان وتأثيرها على الوسط البيئي. وقد قامت الدراسة بتصنيف الأحواض حسب درجة خطورتها إلى شديدة الخطورة، ومتوسطة الخطورة، وقليلة الخطورة. كما تم تصنيف الأودية تبعًا لاحتمالية حدوث السيول إلى أحواض ذات سيول ضعيفة، وأحواض ذات سيول عالية، وأحواض ذات احتمالية سيول متوسطة.

الدراسات الأجنبية:

٦- أجرى (Won Kim & Shin, 2018) دراسة بعنوان: Estimation of peak flow in ungauged catchments using the relationship between runoff coefficient and curve number". ولتحقيق أهداف الدراسة: استخدم الباحثان البيانات المطرية لـ (٢٠) عاصفة مطرية تم تسجيلها خلال الفترة من (١٩٩٨-٢٠٠٩) في (٢٧) محطة مطرية، وكذلك بيانات خرائط استخدامات

الأرض والتربة، ونموذج الارتفاع الرقمي بمقياس ١:٢٥٠٠٠، وقدّمت هذه الدراسة طريقة لتقدير تدفق الذروة؛ بالاعتماد على العلاقة بين معامل الجريان وكثافة الأمطار ورقم المنحني CN، وتوظيفها في تطبيق نموذج الطريقة العقلانية Rational method في الأحواض المائية التي لا تحتوي على محطات لقياس الجريان السطحي، والتي تقع ضمن حوض وادي Andongdam الذي يصرف مساحة قدرها (١٥٨٤) كم في شرق كوريا الجنوبية. وأظهرت نتائج الدراسة أن هناك توافقًا كبيرًا بين قيم تدفُّق الذروة المحسوب بنموذج المحاكاة المقترح، وقيم تدفُّق الذروة الفعلية في مجموعة (٤٨) حوضًا رافدًا لوادي Andongdam.

٧- وقام (Naseela.at el,2015) بدراسة بعنوان: Estimation of runoff using NRCS-CN method and SHETRAN model". تم فيها تطبيق نموذج NRCS-CN لتقدير الجريان السطحي في حوض وادي كريشنا Krishna الذي يصرف مساحة قدرها (٦٩٤٢٥) كم في وسط الهند. استخدمت هذه الدراسة نموذج NRCS-CN لتقدير الجريان السطحي الشهري، ونموذج SHETRAN لتقدير الجريان السطحي اليومي خلال عام ٢٠١٢؛ بالاعتماد على بيانات استخدامات الأرض والتربة المستخلصة من المرئيات الفضائية للقمر لاندسات ٧ Landsat بدقة تمييزية قدرها (٣٠) مترًا. وخلصت الدراسة إلى أن هناك علاقة ارتباط موجبة تتراوح بين (٠.٧٧ و١.٠٠) بين القيم المحسوبة والقيم الفعلية للجريان السطحي المقدرة بنموذج NRCS-CN وتفوق (٠.٩٢) بين القيم المحسوبة والقيم الفعلية والقيم للجريان السطحي المقدرة بنموذج SHETRAN.

٨- وتناولت دراسة (Kundu & Olang, 2011) التي جاءت بعنوان: The impact of land use change on runoff and peak flood discharges for the Nyando river in lake Victoria drainage basin, Kenya". تحليل تأثير تغير استخدامات الأرض على الجريان السطحي وعلى تدفُّق السيول لنهر نياندو في حوض بحيرة فيكتوريا بتطبيق نموذج NRCS-CN. اعتمدت هذه الدراسة على تحليل التغيُّر المكاني لاستخدامات الأرض الزراعية، وللغابات والمراعي، والأراضي الرطبة، والمياه ومساحات الغطاء النباتي للشجيرات، والنباتات القصيرة من بيانات المرئيات الفضائية متعددة الأطياف للقمر الصناعي Landsat خلال الفترة من عام ١٩٧٣ إلى عام ٢٠٠٨م. كما وظفت هذه الدراسة مخرجات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM Dem في استخراج الخصائص التضاريسية والمورفومترية لحوض وادي نياندو الذي يصرف مساحة قدرها (٣٥٥٠) كم في غرب كينيا.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

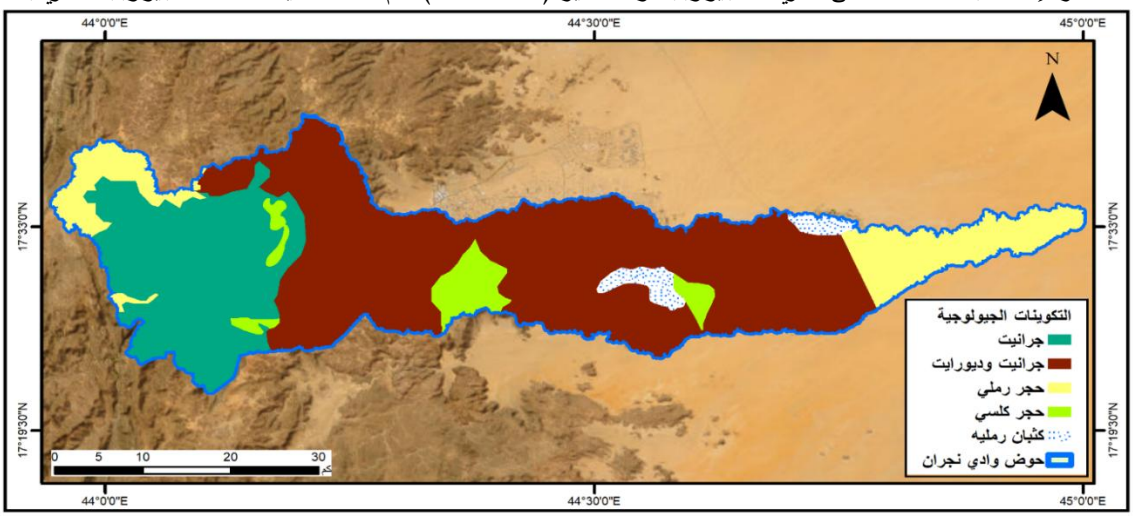
الخصائص الجيولوجية لحوض وادي نجران:

يمثّل التكوين الجيولوجي لمنطقة الدراسة عاملًا مهمًا في تحديد مدى قوة الصخور أو ضعفها، وتحديد مسارات حركة المياه السطحية والباطنية، وهو ما ينعكس على الشكل العام لشبكة التصريف المائي بمنطقة الدراسة (خضر وفؤاد، ٢٠٢٣). ومن خلال دراسة الخريطة الجيولوجية لمنطقة حوض وادي نجران (شكل ١) نجد أن هناك تنوعًا للتكوينات الجيولوجية في الدراسة، مع اختلاف الأزمنة لكل تكوين جيولوجي داخل المنطقة، ومن خلال الدراسة يتضح أن (٧٨.٣٪) من إجمالي التكوينات تنتمي إلى الزمن الأول للعصر الكمبري، وكان لتكوين الجرانيت والديورايت المساحة الأكبر، حيث بلغت (٩٠٠) كم٢، وبنسبة (٥٦.٤٪)، وهي أعلى من نصف مساحة المنطقة، وتشغل معظم أجزائها الوسطى، يليه تكوين الجرانيت، وينتمي إلى الزمن الأول أيضًا، حيث بلغ (٣٨١.٥) كم٢، وبنسبة بلغت (٢٣.٩٪)، ويقع التكوين في غرب منطقة الدراسة، أما عن أقل التكوينات مساحة فهي الكثبان الرملية التي تنتمي إلى عصر البلايستوسين من الزمن الرابع، وبلغت مساحته (٣٧) كم٢، وبنسبة (٢.٣٪)، وتتوزع في وسط حوض وادي نجران وجزء آخر في شمال شرقه، ويوضح الجدول (١) التكوينات الجيولوجية في حوض وادي نجران.

جدول (١): التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدّراسة

التكوين	المساحة (كم٢)	النسبة المئوية (%)	الزمن	العصر
جرانيت	٣٨١.٥	٢٣,٩	الأول	الكمبري
جرانيت وديورايت	٩٠٠	٥٤,٤	الأول	الكمبري
حجر رملي	١٩٧,٩	١٢,٤	الأول	البرمي
حجر كلسي	٨٠,٧	٥,٠٥	الأول	البرمي
كثبان رملية	٣٧	٢,٣	الرابع	البلايستوسين
الإجمالي	**١٥٩٦,٩**	**١٠٠**		

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية لوحة عسير (١:٥٠٠,٠٠٠) عام ١٩٥٩، هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية لوحة عسير (١:٥٠٠,٠٠٠) عام ١٩٥٩، هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.

شكل (١): التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدّراسة

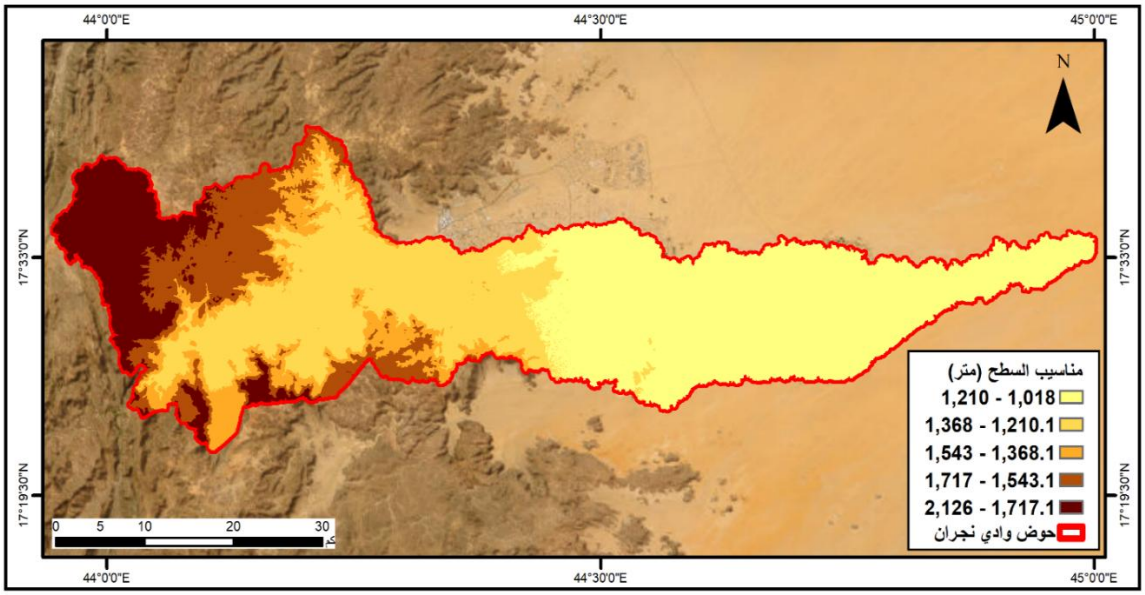
مناسيب السطح في حوض وادي نجران:

تعدُّ دراسة الخصائص التضاريسية من العناصر الرئيسة التي يجب دراستها؛ لمعرفة الاختلاف والتباين في منطقة الدراسة، وتم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM دقة مكانية (٣٠×٣٠) مترًا للخلية، ومن خلال الدراسة تبين أن مناسيب السطح في حوض وادي نجران تتراوح بين (١,٠١٨ و٢,١٢٦) مترًا، كما يتضح أن المناطق الأعلى منسوبًا توجد في أقصى غرب منطقة الدراسة؛ وذلك لتواجد جبال السروات في غرب المنطقة، ويقل الارتفاع تدريجيًا كلما اتجهنا شرقًا، حيث المناطق الأقل ارتفاعًا باتجاه صحراء الربع الخالي. ومن خلال دراسة فئات الارتفاع في المنطقة (شكل ٢) نجد أن (٤٠٪) من مساحة المنطقة يتراوح الارتفاع فيها بين (١,٠١٨ و١,٢١٠)، وتوجد تلك الفئة في شرق ووسط منطقة الدراسة بمساحة بلغت (٦٤٢.٨) كم٢، أما أعلى الفئة ارتفاعًا فتوجد في غرب منطقة الدراسة، ويتراوح الارتفاع فيها ما بين (١,٧١٧ و٢,١٢٦)، وتمثّل (١١.٤٪) من مساحة منطقة الدراسة، وتبلغ مساحتها (١٨٢.٦) كم٢، ويوضح الجدول (٢) فئات الارتفاعات ومساحتها في منطقة الدراسة.

جدول (٢): فئات الارتفاعات ومساحتها في منطقة الدراسة

الارتفاع بالمتر	المساحة (كم٢)	النسبة المئوية (%)
١,٠١٨ - ١,٢١٠	٦٤٢,٨	٤٠,٣
١,٢١٠. - ١,٣٦٨	٤٢١	٢٦,٤
١,٣٦٨,١ - ١,٥٤٣	١٥٩,٦	١٠
١,٥٤٣,١ - ١,٧١٧	١٩١	١٢
١,٧١٧,١ - ٢,١٢٦	١٨٢,٦	١١,٤

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m

شكل (٢): ارتفاعات السطح في منطقة الدراسة

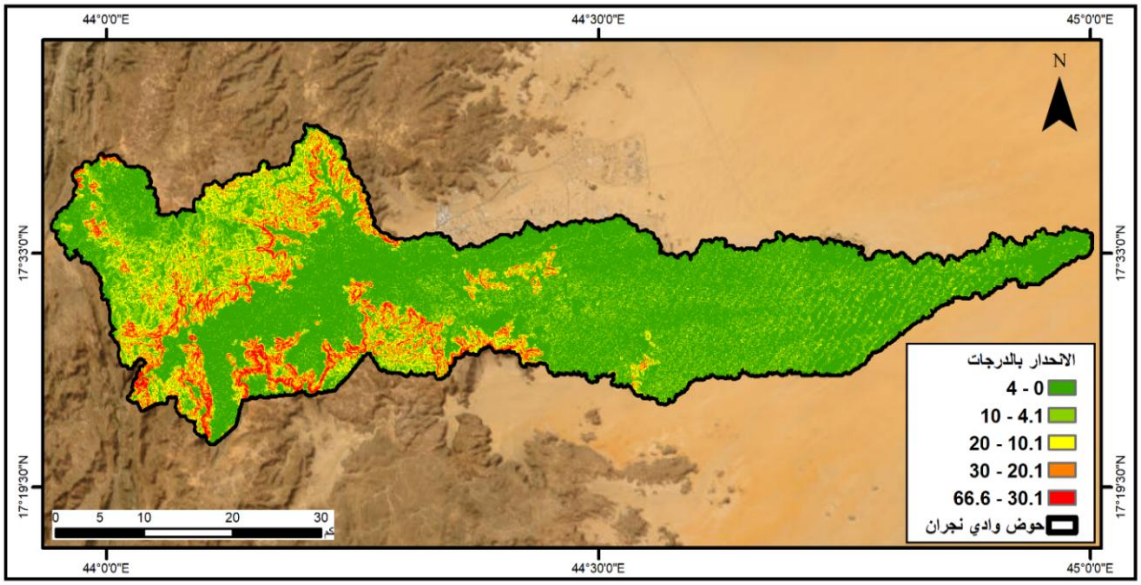
انحدار السطح في حوض وادي نجران:

يعدُّ الانحدار أحد العناصر الرئيسة التي يجب دراستها؛ لمعرفة الشكل العام للتضاريس في منطقة الدراسة، ومن خلال دراسة فئات الانحدار في منطقة حوض وادي نجران (شكل ٣) نجد أنها تتراوح بين (٠ و٦٦.٦) درجة، وتتباين بين جزء وآخر، حيث يتضح أن أقل الفئات انحدارًا، والتي تتراوح بين (٠ و٤) درجات، هي الأكثر انتشارًا، وتمثّل (٥٦.٢٪)، بمساحة بلغت (٨٩٧) كم٢ من مساحة الحوض المدروس، وتوجد تلك الانحدارات في شرق ووسط منطقة الدراسة، وبعض الأجزاء في غرب المنطقة، أما عن الفئات الأعلى من حيث الانحدار فتتراوح بين (٣٠.١ و٦٦.٦) درجة، وهي المناطق شديدة الانحدار وتمثّل (٢.٨٪) من مساحة منطقة الدراسة، وتبلغ مساحتها (٤٤.٣) كم٢، وتتركز تلك المناطق في الغرب والشمال الغربي والجنوب الغربي من منطقة الدراسة وبعض الأجزاء في الجنوب، أما عن الفئة التي يتراوح الانحدار فيها بين (٢٠.١ و٣٠) درجة فتمثّل (٧.٧٪) من مساحة منطقة الدراسة بمساحة (١٢٣.٢) كم٢، ومعنى ذلك أن الطابع العام لحوض وادي نجران يتميّز بالانحدارات المنخفضة في أجزاء كبيرة من منطقة الدراسة (جدول ٣).

جدول (٣): فئات الانحدار ومساحتها في منطقة الدراسة

الانحدار بالدرجات	المساحة (كم٢)	النسبة المئوية (%)
٠ ــ ٤	٨٩٧	٥٦,٢
٤,١ ــ ١٠	٣٤٩,٨	٢١,٩
١٠,١ ــ ٢٠	١٨٢,٦	١١,٤
٢٠,١ ــ ٣٠	١٢٣,٢	٧,٧
٣٠,١ - ٦٦,٦	٤٤,٣	٢,٨

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m

شكل (٣): انحدار السطح في منطقة الدراسة

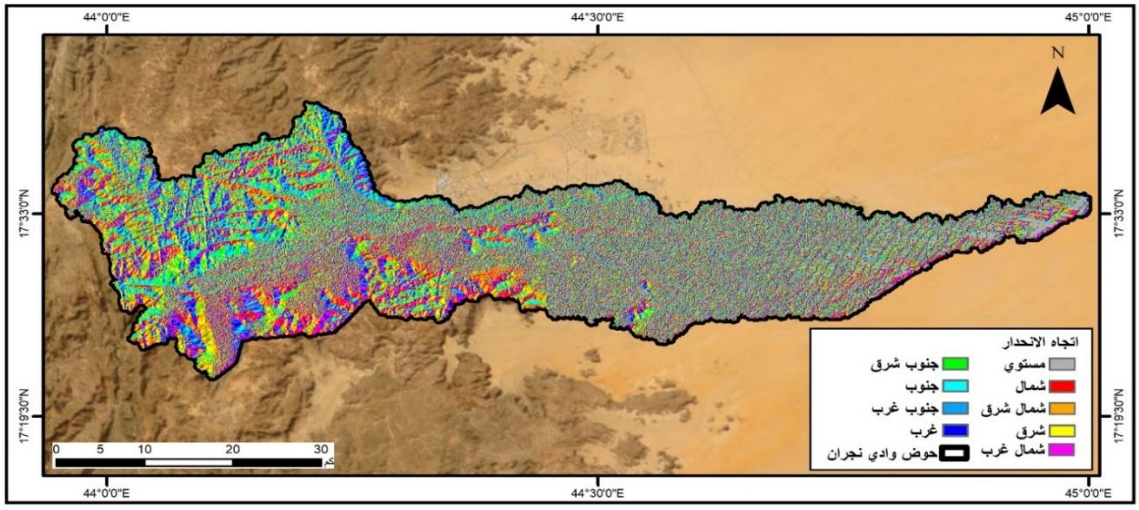
اتجاه الانحدار في حوض وادي نجران:

تمثّل خريطة اتجاه الانحدار حجر الأساس، والتي تساعد على عملية التخطيط لأي مشروع هندسي، وتساعد دراسة خريطة اتجاه الانحدار على تحديد اتجاه حركة المياه السطحية ومناطق تجمعها ومصبّاتها، وتفيد أيضًا في دراسة أخطار السيول، وتحديد المواقع المعرضة للخطر (خضر وفؤاد, ٢٠٢٣)، ومن خلال الدراسة نجد أن (٢٣.٤٪) من مساحة منطقة الدراسة أراض مستوية غير منحدرة، أما عن أكثر اتجاهات الانحدار انتشارًا فنجد أن اتجاه الجنوب الأكثر انتشارًا، ويمثّل (١٣٪) من مساحة منطقة الدراسة، وتبلغ مساحتها (٢٠٧.٥) كم٢، يليه اتجاه جنوب شرق بنسبة بلغت (١٢.٥٪) من مساحة المنطقة، أما عن اتجاه الشمال الشرق فيمثّل (٢.٩٪) ومساحة بلغت (٤٥.٨) كم٢، وكان الأقل انتشارًا في حوض وادي نجران، ويتوافق هذا الاتجاه مع النمط العام للارتفاعات، ويدل هذا التوافق على أن أعلى جزء في منطقة الدراسة (الغرب) والشمال الغربي وكذلك الجنوب هي أكثر تضرسًا وأشد انحدارًا (جدول ٤).

جدول (٤): اتجاهات الانحدار ومساحتها في منطقة الدراسة

اتجاه الانحدار	المساحة كم٢	النسبة المئوية %
مستوي	٣٧٣,٢	٢٣,٤
شمال	١١٤,٢	٧,١
شمال شرق	٤٥,٨	٢,٩
شرق	١٥٨,١	٩,٩
جنوب شرق	١٩٩,٢	١٢,٥
جنوب	٢٠٧,٥	١٣
جنوب غرب	١٧٧,٠	١١,١
غرب	١٦٣,٥	١٠,٢
شمال غرب	١٥٨,٤	٩,٩

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m

شكل (٤): اتجاه الانحدار في منطقة الدراسة

التحليل المورفومتري لحوض وادي نجران:

يعدُّ التحليل المورفومتري لشبكات التصريف من أهم الأسس التي يُعتمَد عليها في دراسة وإبراز أهم الخصائص المورفومترية لحوض التصريف، وذلك بما تؤكّده من نتائج، تساعد على الإلمام التقريبي بالظروف الجيولوجية والهيدرولوجية التي مرّ بها الحوض (Gregory&Walling,1973).

كما يهدف التحليل المورفومتري إلى المساعدة على تحديد خصائص شبكات التصريف، وتحديد العوامل والقوى المؤثّرة في تشكيلها وتأثيراتها في الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف؛ وذلك من خلال مجموعة من المعادلات الرياضية التي تمثّل العلاقات النسبية بين الخصائص المورفومترية لها (بوروبة، ٢٠١٦). وفيما يتعلّق بالتحليل المورفومتري لحوض وادي نجران فإنه سيتم دراسة العناصر الآتية:

أ- أبعاد الحوض (المساحة، المحيط، الطول، العرض).

ب- الخصائص الشكلية (الاستطالة، الاستدارة، معامل الشكل، معامل الانبعاج، معامل الاندماج).

ج- الخصائص التضاريسية (نسبة التضرس، التضاريس النسبية، درجة الوعورة، الرقم الجيومتري، التكامل الهبسومتري).

أ- أبعاد حوض وادي نجران

١- مساحة الحوض

تعدُّ مساحة الحوض من المتغيرات المورفومترية التي تؤثّر بوضوح في حجم التصريف المائي داخل الحوض (الدراجي, ٢٠١٩). تبلغ مساحة حوض وادي نجران (١٥٩٦.٩) كم^{٢}، وتشير الدراسات إلى وجود علاقة عكسية بين مساحة حوض التصريف وكمية الجريان (Horton,1945). ويتميز حوض وادي نجران بكبر المساحة وزيادة الفاقد سواء بالتبخر أو التسرُّب، مما يقلل من احتمالية حدوث سيول.

٢- محيط الحوض

يقصد بمحيط الحوض: "طول خط تقسيم المياه بين حوض التصريف وما يجاوره من أحواض" (خضر، ١٩٩٧، ص٢٣٢). يبلغ محيط حوض وادي نجران (٥٠٦.١) كم، وتفيد دراسة محيط الحوض في التعرُّف على شكل حوض التصريف من خلال معادلة معامل الاستدارة.

٣- طول الحوض

يعدُّ طول الحوض أحد المتغيرات الأساسية التي يتم قياسها؛ للاستفادة منها في حساب بعض المعاملات المورفومترية التي تعتمد في حسابها على طول الحوض خاصة معاملات الشكل (جودة وآخرون, ١٩٩١). يبلغ طول حوض وادي نجران (٣٥.٢) كم؛ فهو من الأحواض الطولية نسبيًا.

٤- عرض الحوض

يُعَدُّ عرض الحوض من الأبعاد المورفومترية المهمة أيضًا، والذي يعبّر عن العلاقة النسبية مساحة الحوض وطوله من خلال النسبة بين طول الحوض إلى عرضه (الدراجي, ٢٠١٩). ومن خلال الدراسة نجد أن عرض حوض وادي نجران يبلغ (١٠٥.٥) كم، ويُعَدُّ حوض وادي نجران من الأحواض الكبيرة، وهذا ما يفسر وصول المياه إلى المصبّ في وقت أطول.

ب - الخصائص الشكلية

١- نسبة الاستطالة

تعبر هذه المعامل عن مدى اقتراب الحوض من الشكل المستطيل، ويتم التعبير عنها من خلال المعادلة الآتية:

نسبة الاستطالة = قطر الدائرة المساوية لمساحة الحوض / أقصى طول للحوض (Shumm,1956,p.612).

ويتراوح الناتج بين الصفر والواحد الصحيح، حيث تزيد هذه النسبة في الأحواض التي يبعد شكلها عن المستطيل، وتقل في الأحواض الطويلة، مما يشير إلى ضعف طاقتها التحية، وزيادة المجاري، واعتدال انحدارها وانخفاض تصريفها المائي; بسبب زيادة التبخر والتسرُّب (ميرزا والبارودي، ٢٠٠٥). وتبلغ قيمة معامل الاستطالة لحوض وادي نجران (٠.٣٨)، وهذا يدل على أن شكل الحوض يميل إلى الشكل المستطيل.

٢- نسبة الاستدارة

تصف نسبة الاستدارة مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري، وتشير القيم المنخفضة إلى ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري، وأيضًا عدم انتظام شكل الحوض، وزيادة تعرُّج خط تقسيم المياه المحيط بحوض التصريف، مما يؤثّر في أطوال المجاري المائية ذات الرتب المنخفضة، بينما تدلّ القيم المرتفعة لهذه المعامل على اقتراب الأحواض من الشكل الدائري وتقدمها في دورتها التحاتية (فرغلي وأمين، ٢٠٢٢). ويتم الحصول عليها من خلال معادلة:

نسبة الاستدارة = مساحة الحوض كم^{٢}/مساحة دائرة التي لها نفس محيط الحوض كم^{٢} (Miller,1953, p.9).

وتبلغ نسبة الاستدارة في حوض وادي نجران (٠.٣٩)، وهذا يشير إلى أن شكل الحوض يميل إلى الشكل المستطيل، وهذه النتيجة التي وصل إليها (كليو, ١٩٨٨) بأن الأحواض كبيرة المساحة غالبًا ما تكون أميل إلى الاستطالة.

٣- معامل الشكل

تمثّل معامل الشكل النسبة بين عرض الحوض وطوله (Gregory&Walling, 1973 ,p.521)، كما أنه مؤشر على مدى تناسق الشكل العام لأجزاء الحوض المختلفة (كليو, ١٩٨٨)، ويتم حساب معامل الشكل من خلال معادلة: معامل الشكل = مساحة الحوض كم٢/طول مربع الحوض كم (Horton,1945,p.351).

تبلغ معامل الشكل في حوض وادي نجران (٠.٢٥)، وتشير القيم المنخفضة إلى الانخفاض في المساحة بالنسبة للطول النسبي لأحد بعدي الحوض لحساب الآخر، مما يؤكّد على اقتراب الحوض من الشكل المستطيل، كما تدل هذه القيمة على أن التيار المائي قوي، والذي ينعكس في تكوين نشاط كبير داخل الحوض، لذلك عمل على استطالة المجرى الرئيس على حساب شكل حوض وادي نجران.

٤- معامل الانبعاج

تُعَدُّ هذه المعامل الحلّ الأمثل لمشكلة مقارنة شكل الحوض الطبيعي بالأشكال الهندسية المجردة، حيث لا تميل الأحواض عادة إلى اتخاذ الشكل الدائري، ولكن أغلب الأحواض المتناسقة تأخذ الشكل الكمثري (سلوم، ٢٠١٥) ، وتدل القيم المنخفضة إلى تفلطح الحوض وزيادة أعداد مجاريه وأطوالها، وإلى أن الحوض قد قطع شوطًا طويلًا في دورته التحاتية، بينما تشير القيم المرتفعة إلى قلة تفلطح الحوض، وبالتالي قلة أعداد المجاري وأطوالها، ويتم الحصول عليها من خلال المعادلة الآتية:

$$K = \frac{L^2}{4A}$$

(Gregory & Walling, 1973, p.351).

حيث تمثّل: K: معامل الانبعاج، L: طول الحوض، A: مساحة الحوض.

وتبلغ قيمة معامل الانبعاج (٠.٢٩)، وهذا يؤكّد على أن حوض وادي نجران يميل إلى الاستطالة.

٥-معامل الاندماج

توضح هذه المعامل مدى تجانس وتناسق طول محيط ومساحة ودرجة تعرُّج خط تقسيم المياه وتباعده عن مركز الحوض، وتدلّ القيم المرتفعة على زيادة تعرج المحيط وقلة درجة انتظام الشكل الحوضي، ويكون ذلك في الأحواض التي تتميز بالمحيط الحوضي الكبير على حساب مساحة الحوض، كما تشير هذه المعامل إلى تقدُّم الحوض في دورته التحاتية، وتشير القيم المنخفضة إلى مدى انتظام وتناسق شكل الأحواض (فرغلي وأمين، ٢٠٢٢)، ويتم الحصول عليها من خلال المعادلة الآتية:

$$C=p/2\sqrt{\pi A}$$

(Gregory & Walling,1973, p.352).

حيث تمثّل C: معامل الاندماج، P: محيط الحوض، A: مساحة الحوض.

تبلغ قيمة معامل الاندماج (٥.٣)، وهذا يدل على استطالة الحوض، ما يعني أنه ما زال في مرحلة مبكرة من تطوُّره التحاتي.

ج- الخصائص التضاريسية:

١- نسبة التضرس:

تقدّم نسبة التضرس فكرة عن تضرس الحوض، ومدى ارتفاعه وانخفاضه. كما تدل على العلاقة المتبادلة بين تضرس الحوض وطوله، وبالتالي التأثير على درجة الانحدار العام للحوض (أبو العينين, ١٩٩٠). ويتم حساب نسبة التضرس من خلال المعادلة الآتية:

نسبة التضرس = الفارق بين أعلى وأدني نقطة في الحوض بالمتر /أقصى طول للحوض (Schumm, 1956, p.612).

وتتراوح قيمها بين الصفر والواحد الصحيح، وتشير القيم المنخفضة إلى نشاط عملية النحت والتراجع نحو المنابع، مما يدل على تقدُّم الحوض في دوره التحاتي، بينما تشير القيم المرتفعة إلى التضرس الشديد لأسطح الأحواض (فرغلي وأمين، ٢٠٢٢).

بلغت قيمة نسبة التضرس (٣١.٧) م/كم في حوض وادي نجران، وربما يعود ذلك إلى كبر مساحة الحوض وزيادة طوله، إلى جانب طبيعة التكوين الصخري في المنطقة.

٢- التضاريس النسبية:

توضح التضاريس النسبية درجة مقاومة الصخور لعوامل التعرية، من خلال العلاقة المتبادلة بين قيمة التضرس (الفرق بين منسوب أعلى نقطة وأدنى نقطة في الحوض) ومقدار محيط الحوض، ويُعبَّر عنها بالمعادلة الآتية:

التضاريس النسبية = تضاريس الحوض م / محيط كم ×١٠٠(أبو العينين، ١٩٩٠، ص٨١).

بلغت قيمة معامل التضاريس النسبية (٠.٣٦) في حوض وادي نجران، ويفسر ذلك كبر محيطه الحوضي وصغر الفارق الرأسي.

٣- درجة الوعورة:

تقيس هذه المعامل العلاقة بين تضرس سطح الأرض في الحوض المائي وأطوال مجاري الشبكة التصريفية، وتتناسب القيم المرتفعة لهذه المعامل طرديًا مع ارتفاع قيم نسبة تضرس حوض التصريف، ومع زيادة أطوال المجاري على حساب المساحة الحوضية، وكلما كانت درجة الوعورة مرتفعة دلّ ذلك على كفاءة شبكة التصريف في سرعة نقل المياه إلى مصبّات الأودية، كما دلّ على القلة النسبية لفواقد التسرُّب، التي تزداد إذا ما كان سطح الحوض مستويًا وغير مضرس.

ويعبّر عن درجة الوعورة بالمعادلة الآتية:

درجة الوعورة = كثافة التصريف × الفارق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض / ٥٢٨٠ .(Dorenkamp & King,1971, p.372)

بلغت قيمة درجة الوعورة في وداي نجران (٠.٣٦)، ويمكن القول: إن قيمة الوعورة لوادي نجران متوسطة نسبيًا؛ مما يؤثّر في سرعة نقل المياه إلى مصبّ الوادي وزيادة الفواقد.

٤- الرقم الجيومترى

يعدُّ الرقم الجيومتري من المقاييس المورفومترية التي تعالج العلاقة التبادلية المركبة بين الكثافة التصريفية والتضاريس الحوضية وبين انحدار سطح الحوض، ويحسب الرقم الجيومتري بالمعادلة الآتية:

الرقم الجيومتري = قيمة الوعورة / درجة انحدار الحوض (جودة وآخرون، ١٩٩١، ص. ص٣٢٩-٣٣٠).

ويشير ارتفاع قيمة هذه المعامل إلى قلة انحدار سطح الحوض (مرجع سابق، ص. ص٣٢٩، ٣٣٠).

وبلغت قيمة الرقم الجيومتري في حوض وادي نجران (٠.٩٣)، مما يعني انخفاض انحداره نسبيًا وبطء سرعة جريان المياه داخله.

جدول (٥): الخصائص المورفومترية لحوض التصريف

الخصائص المورفومترية لحوض التصريف	
المتغير	القيمة
مساحة الحوض كم٢	١٥٩٦,٩
محيط الحوض كم	٥٠٦,١
أقصى طول كم	٣٥,٢
أقصى عرض كم	١٠٥,٥٨
الخصائص الشكلية لحوض التصريف	
نسبة الاستطالة	٠,٣٨
نسبة الاستدارة	٠,٤١
معامل الشكل	٠,٢٥
معامل الانبعاج	٠,٢٩
معامل الاندماج	٥,٣
الخصائص التضاريسية لحوض التصريف	
نسبة التضرس م/كم	٣١,٧
التضاريس النسبية	٠,٣٧
درجة الوعورة	٠,٣٦
الرقم الجيومتري	٠,٩٣
التكامل الهبسومتري	٧,١

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m

٥- التكامل الهبسومترى

تدلّ هذه المعامل على العلاقة بين المساحة الحوضية والتضاريس الحوضية (الفرق بين أدنى وأعلى نقطة في الحوض)، ويشير إلى المرحلة العمرية التي يمر بها الحوض المائي، فضلًا عن

كمية المواد المنحوتة من الحوض (خضر، ١٩٩٧، ص٢٥٦). ويعبّر عن التكامل الهبسومترى بالمعادلة الآتية:

التكامل الهبسومترى = المساحة الحوضية كم ٢ / التضاريس الحوضية بالمتر

(مصطفى، ١٩٨٢، ص٢١٧).

بلغت قيمة التكامل الهبسومترى (٧.١) في حوض وادي نجران، مما يدلّ على أنه قطع شوطًا في تعميق وإزالة جزء من مكونات حوضه.

خصائص شبكة التصريف في حوض وادي نجران:

تعتبر الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف من أهم المؤشرات التي تدلّ على تأثير العوامل المناخية وخصائص أحواض التصريف في حجم الموارد المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما أنها تمثّل المحددات الأساسية لتقدير درجات الخطورة للسيول التي تحدث داخل أحواض التصريف (الخريجي، ٢٠١٦)، وتشمل دراسة خصائص شبكة التصريف: رتب المجاري، وأعداد المجاري، وأطوال المجاري، ومعدل التفرع، والانسياب السطحي، وكثافة التصريف، ومعدل تكرار المجاري، ومعدل بقاء المجاري، ومعدل النسيج الطبوغرافي.

١- رتب المجاري

تعدُّ دراسة رتب الأودية وأعدادها في كل رتبة داخل الحوض أولى خطوات تحليل شبكة التصريف وتصنيفها؛ نظرًا لأن تلك الدراسة تعطي مؤشرات واضحة عن نظام شبكة التصريف (خضر، ١٩٩٧). وفيها يتم تصنيف المجاري المائية إلى رتب وفق تدرجها الهرمي (الصالح، ١٩٩٢). وقد تم الاعتماد على طريقة (Strahler, 1957, p.914)؛ لأنها تعدُّ أسهل الطرق وأكثرها استخدامًا بين الباحثين. وفي الدراسة الحالية يبلغ عدد رتب المجاري بحوض وادي نجران ٦ رتب (شكل ٥)؛ وفي ذلك دلالة على كبر مساحته.

٢- أعداد المجاري

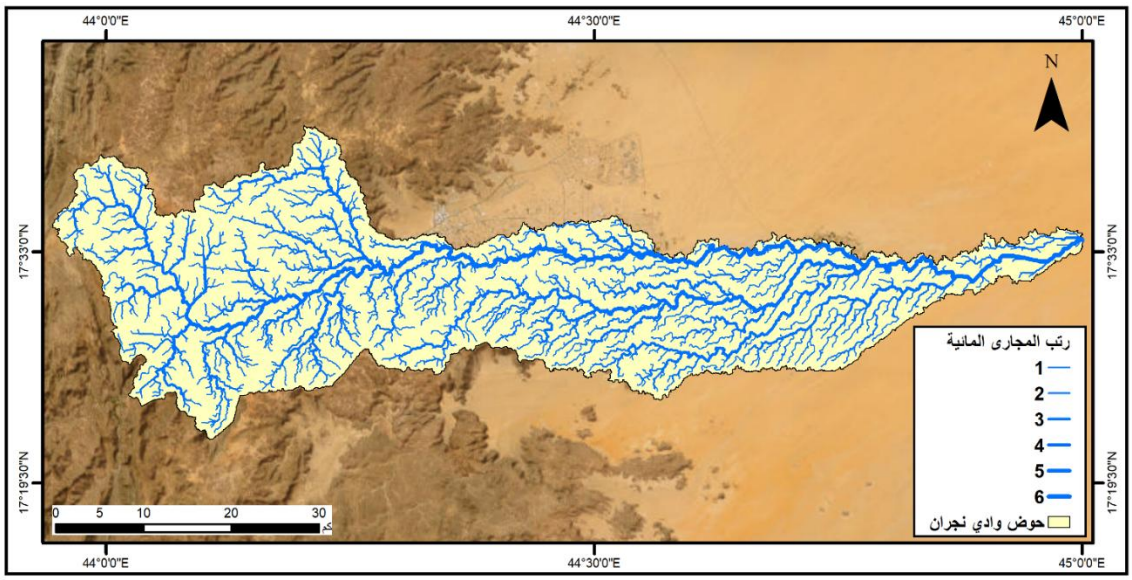
تعدُّ الأحواض التي تضم عددًا كبيرًا من الأودية ذات كفاءة عالية في عملية نقل الجريان والعكس صحيح (خضر، ١٩٩٧).

بلغ إجمالي أعداد المجاري بحوض وادي نجران نحو (١١٩١)، كما تباينت أعدادها بين رتبة وأخرى، حيث بلغت حدها الأعلى في المرتبة الأولى، ثم تتناقص أعداد المجاري بزيادة المرتبة النهرية بما يتوافق مع قانون هورتن للمجاري المائية، الذي يؤكّد أن المجاري المائية تتبع في رتبها متوالية هندسية، وقد انطبق ذلك على مراتب حوض وادي نجران (جدول ٦).

جدول (٦): أعداد المجاري والرتب في منطقة الدراسة

الرتبة	العدد
الأولى	٩٣٣
الثانية	١٩٤
الثالثة	٤٨
الرابعة	١٣
الخامسة	٢
السادسة	١
الإجمالي	١١٩١

إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m

شكل (٥): رتب المجاري المائية في منطقة الدراسة

٣- أطوال المجاري

هناك علاقة مباشرة بين أطوال المجاري وعملية الجريان؛ وذلك من خلال المسافة التي يقطعها الجريان في الروافد حتى يصل إلى الوادي الرئيس، وبالتالي زيادة أطوال المجاري في الرتبة الواحدة يزيد من طول رحلة الجريان، وبالتالي زيادة نسبة الفواقد والعكس صحيح (خضر، ١٩٩٧، ص٢٧٩)، ويتم الحصول على أطوال المجاري من خلال المعادلة الآتية:

$$R_l = Ld/Ld + 1$$

.(Strahler, 1964, p.462)

حيث إن: R_l طول المجرى.

Ld: متوسط طول المجرى في رتبة d/كم أو متر.

Ld+1: متوسط طول المجرى في رتبة تالية، أو أعلى من d/ كم، أو متر.

بلغ إجمالي أطوال المجاري بحوض وادي نجران نحو (١٩٧٦) كم، ما يعني أن رحلة الجريان تأخذ فترة أطول.

٤- معدل التفرع

يشير معدل التفرُّع إلى النسبة بين عدد المجاري في رتبة ما وعدد المجاري في الرتبة التي تليها، ويتم الحصول عليها من المعادلة الآتية:

معدل التفرع = عدد المجاري في رتبة ما / عدد الأودية في الرتبة التي تليها

(خضر، ١٩٩٧، ص٢٨٦).

وتكمن أهمية معدل التفرع في تأكيد العلاقة الهندسية بين رتب وأعداد الأودية، إلى جانب التنبُّؤ بالفترة الزمنية اللازمة لحدوث قمة الفيضانات في أحواض التصريف (عاشور, ١٩٩٠، ص٣٣٥). بلغت قيمة معدل التفرع في حوض وادي نجران نحو (٣.٩٦)، ويعد الحوض أقل خطورة؛ نظرًا لتجمع المياه في المجاري في فترة طويلة.

٥- كثافة التصريف

تُعَد كثافة التصريف إحدى أهم خصائص شبكة التصريف المائي؛ لأنها تمثل متغيرًا يربط بين خصائص الشكل والعمليات الجيومورفولوجية السائدة على طول الأودية، كما أنها تشير إلى العلاقة النسبية بين طول الأودية في الحوض ومساحته (Horton, 1945 ,p.283). كما تحدد كثافة التصريف الزمن الذي تنتقل أثناءه المياه عبر الوادي، حيث يتناسب الزمن مع طول الوادي (Gregory & Walling, 1973 ,p.459).

ويتم إيجاد كثافة التصريف من خلال المعادلة الآتية:

كثافة التصريف = مجموع أطوال الأودية كم / مساحة الحوض كم^{٢} (خضر، ١٩٩٧، ص٢٩٠).

بلغت كثافة التصريف في حوض وادي نجران (١.٢)، وبالتالي فهو يعد من الأحواض ذات كثافة التصريف المنخفضة، وذات التصريف الخشن، كما يدل أيضًا على أن حوض وادي نجران في بداية مراحله الجيومورفولوجية.

٦- الانسياب السطحي

عُرِّف الانسياب السطحي بأنه: "ما يتجمّع من مياه على المنحدرات كفائض بعد عمليات التسرُّب، ويتجه مباشرة صوب الأودية الجافة، ويغطي الانسياب السطحي المنطقة الواقعة بين خطوط تقسيم مياه حوض التصريف وما يجاوره من أحواض، فضلًا عن خطوط التقسيم الواقعة بين الأحواض الفرعية للحوض الرئيسي" (صالح، ١٩٨٩، ص٤٤).

ويتم إيجاد الانسياب السطحي من خلال المعادلة الآتية:

متوسط الانسياب السطحي = ½ كثافة التصريف (كم/كم^{٢}) (خضر، ١٩٩٧، ص٢٩٣).

بلغت قيمة الانسياب السطحي في حوض وادي نجران نحو (٠.٦١)، ويُعزَى ذلك إلى انخفاض كثافته التصريفية.

٧- معدل تكرار المجاري

يشير معدل تكرار الأودية إلى شدة تقطع سطح حوض التصريف، فضلًا عن كفاءة شبكة التصريف في سرعة نقل المياه، ويتم الحصول عليه من خلال المعادلة الآتية:

معدل تكرار الأودية = مجموع أعداد الأودية بالحوض / مساحة الحوض
.(Hortan, 1945, p.285)

بلغ معدل تكرار المجاري في حوض وادي نجران (٠.٧٤)، ويتميز حوض وادي نجران بمعدل تكرار منخفض؛ نتيجة كثافة التصريف في منطقة الدراسة، كما يمكن أن يُعزَى ذلك أيضًا إلى كبر مساحة حوض وادي نجران وقلة انحداراته.

٨- معدل بقاء المجاري

يُستدَل بهذا المقياس على متوسط الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة من مجاري شبكة التصريف، ويدلّ ارتفاع قيمة هذا المقياس على اتساع المساحة الحوضية على حساب أودية شبكتها محدودة الطول، وبالتالي تقل كثافتها التصريفية (جودة وآخرون، ١٩٩١). ويعبر عن هذه المعامل بالمعادلة الآتية:

معدل بقاء المجاري = المساحة الحوضية / مجموع أطوال المجاري. (خضر، ١٩٩٧، ص٣٠٢).

بلغ معدل بقاء المجاري (٠.٨٠) في حوض منطقة الدراسة، وهو معدل مرتفع، هذا يدل أيضًا على اتساع المساحة الحوضية لوادي نجران على حساب أطوال شبكته، ما يعني أن الحوض ما زال في بدايات دورته الجيومرفولوجية.

٩- معدل النسيج الطبوغرافي

يعبر النسيج الطبوغرافي عن مدى شدة تقطع سطح الحوض، ويتأثر بمجموعة من العوامل، منها: المناخ، والتكوين الصخري، والغطاء النباتي، ومرحلة التطور الجيومورفولوجي التي يمر بها الحوض. ويتم حساب معدل النسيج الطبوغرافي بالمعادلة الآتية:

معدل النسيج الطبوغرافي = أعداد الأودية في حوض التصريف / طول محيط الحوض
.(Horton, 1945, p.288)

بلغ معدل النسيج الطبوغرافي نحو (٢.٣) في حوض وادي نجران، وهذا يدل على عدم تقطع الحوض بأعداد كبيرة من الأودية.

جدول (٧): التحليل المورفومتري لشبكات التصريف بمنطقة الدراسة

المتغير	القيمة
رتب المجاري	٦
أعداد المجاري	١١٩١
أطوال المجاري (كم)	١٩٧٦
معدل التفرع	٣,٦٩
الانسياب السطحي	٠,٦١

كثافة التصريف	١,٢
معدل تكرار المجاري	٠,٧٤٥
معدل بقاء المجاري	٠,٨٠٨
معدل النسيج الطبوغرافي	٢,٣٥

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 m

الخصائص الهيدرولوجية والميزانية المائية بحوض وادي نجران:

١ - زمن التركيز

يعبّر زمن التركيز عن الفترة الزمنية اللازمة للماء؛ للانتقال من أبعد نقطة تقع على محيط الحوض إلى مخرج الحوض، ويعرف باسم وقت الذروة (السلاوي, ١٩٨٩، ص٢٨٣). ويتم حسابه من خلال المعادلة الآتية:

$$TC = (0.00013)\ (L1.15)\ (H0.38)$$

حيث إن:

TC = زمن التركيز.

L = طول المجرى الرئيس بالأمتار.

H = الفارق الرأسي (الفرق بين أعلى وأدنى نقطة).

1.15 - 0.38 آس ثابت: يدل على خصائص الحوض من نبات طبيعي ومفتتات سطحية وخشونة سطح الحوض (مرجع سابق، ص٢٨٣).

بلغ زمن التركيز في حوض وادي نجران (٣١.٤٢/ساعة)، وهذا يدل على انخفاض الخطورة في حوض منطقة الدراسة، وهي قيمة منخفضة تعكس طول الفترة الزمنية التي يستغرقها الماء للوصول من أبعد نقطة في أقصى غرب الحوض إلى مخرجه شرقًا.

٢- زمن التباطؤ

يُعرَّف بأنه الوقت الفاصل من بداية المطر وحتى يبدأ الجريان في التوالد، ويمثّل الوقت الذي ترتفع فيه معدلات التسرُّب (صالح، ١٩٨٩، ص٣٧).

ويتم حسابه من خلال المعادلة الآتية:

$$Tl = K1\ (A0.3) / (SA/Dd)$$

حيث إن: TL: وقت التباطؤ، A: مساحة حوض التصريف، Sa: متوسط انحدار حوض التصريف، Dd: كثافة التصريف، K1: معامل ثابت يساوي (٠.٤) للسطوح الصخرية شديدة الانحدار، و(٠.٢٥) للسطوح الرملية والحصوية (Hickok et al., 1959 ,p.610).

وبلغ زمن التباطؤ في حوض وادي نجران (٢٣.٧٦ / دقيقة) حتى يبدأ الجريان في التوالد، وربما يعود ذلك إلى كبر مساحة الحوض وضعف انحداره.

٣- كمية الأمطار المتوقع سقوطها

يفيد حساب مجموع كمية الأمطار المتوقع سقوطها على حوض وادي نجران في دراسة حساب الجريان، من خلال أكبر كمية سقطت في يوم واحد، وكانت أكبر كمية ملليمتر سقطت في يوم ٤/٥/٢٠٢٠م، وبلغت (٤٢.٣٩) مم، وتُعَدُّ أكبر كمية أمطار سقطت في منطقة الدراسة بصفة عامة. ويمكن حساب كمية المياه الساقطة من خلال المعادلة الآتية:

كمية المياه المحتملة = مساحة الحوض X أكبر كمية أمطار سقطت في يوم واحد

(خضر، ١٩٩٧، ص٣٦٩).

بلغت كمية المطر المتوقع سقوطها على حوض التصريف بمنطقة الدراسة حوالي (٦٧٦٩٢,٥٩) مليون /م^{٣}.

٤-الجريان السطحي

يُعرَّف الجريان السطحي بأنه: "جزء من التساقط الكلي على الحوض المائي الذي ينساب على سطح الأرض وعلى المنحدرات متبعًا عدة مسارات حسب طبوغرافية منطقة الدراسة، حتى يصل الجريان السطحي إلى المجرى الرئيس، ويصبح جزءًا منه" (خضر وفؤاد, ٢٠٢٣، ص٣٧٩)، وبتطبيق المعادلة:

الجريان السطحي = مساحة حوض التصريف كم^{٢} x ٤.٢ / زمن التباطؤ

(U. S. Department of Agriculture,1997, p.6).

يتراوح معدل الجريان السطحي بحوض وادي نجران نحو (٥٧.٣٢) م^{٣}/ث.

٥-سرعة الجريان

تفيد دراسة سرعة الجريان في معرفة المسافة التي تقطعها المياه في طريقها من المنبع حتى المصبّ، ومعرفة مدى تأثيرها في مقدار النحت، ونقل الرواسب، ونوع الرواسب وحجمها. وتعتمد في حسابها على طول المجرى الرئيس وزمن تركيز الحوض، ويتم حسابها من خلال المعادلة الآتية:

س = ط/ زت

(Kirkby, 1978, p.78).

حيث تمثل: س: سرعة الجريان، ط: طول الحوض، زت: زمن التركز.

بلغت سرعة الجريان في حوض وادي نجران (٩.٣) كم/ساعة، وهي تعكس معدل الانحدار المنخفض للحوض.

١- حجم التصريف

يعبّر حجم التصريف عن كمية المياه المتجمعة من كل أرجاء الحوض ويكون الناتج (م^{٣}/ ثانية)، فتراعي هذه المعامل أن كل أجزاء الحوض تسقط عليها كميات من المياه بصورة متساوية (خضر وفؤاد, ٢٠٢٣، ص٣٨٠)، ويتم حسابه من خلال المعادلة الآتية:

ح= ١.٥، (ل ت) = ٠.٨٥.

حيث إن: ح: حجم التصريف، ل ت: مجموع أطوال الروافد التراكمي (كم)
.(U. S. Department of Agriculture,1997, p.6)

وبتطبيق المعادلة على حوض وادي نجران؛ فقد بلغ حجم التصريف (١٩٧.٣) م^{٣}/ ثانية.

٧-زمن التصريف

يُقصد بزمن التصريف: الفترة الزمنية التي يستغرقها الحوض في صرف المياه به من مكان سقوطها حتى مخرجها عند المصبّ (خضر وفؤاد، ٢٠٢٣، ص٣٨٠)، ويتم حسابه من خلال المعادلة الآتية:

$$Td = (L)^{1.15} / 7700\ (H)^{0.38}$$

.(U. S. Department of Agriculture,1997, p.6)

حيث إن: Td: زمن تصريف الحوض، L: طول المجرى الرئيس بالمتر، H: الفارق الرأسي بالمتر (الودعاني، ٢٠١٤، ص٤٦). وبلغ زمن التصريف في حوض وادي نجران نحو (٣١.٧) ساعة.

٨-الفواقد

يعد حساب الفواقد من أهم العوامل المؤثرة في درجة خطورة السيل؛ إذ يتوقف استمرار الجريان من بدايته حتى نهايته على حجم الفواقد، بالإضافة إلى العوامل الأخرى. ويتم حساب إجمالي الفواقد من خلال حساب الفواقد بالتبخر من خلال المعادلة الآتية:

التبخر خلال زمن التصريف = إجمالي التبخر في الساعة x زمن تصريف الحوض (خضر وفؤاد، ٢٠٢٣، ص٣٨٠).

وبلغت قيمة التبخر خلال زمن التصريف في حوض وادي نجران (٤٢٤.٣) م^{٣}/ث.

أما إجمالي الفاقد بالتسرب خلال زمن التباطؤ فيتم حسابه من خلال المعادلة الآتية:

التسرب خلال زمن التباطؤ = مساحة الحوض x زمن التباطؤ x ٠.٠٨ ملم /دقيقة
(Willson,1980)

وبلغت قيمة التسرب خلال زمن التباطؤ في حوض وادي نجران (٦١.٧) ملم/دقيقة.

٩- قيم التسرب الثابتة

يقصد بقيم التسرب الثابتة: مقدار ما يتسرب داخل الصخر الأصلي الذي يقع أسفل الرواسب السطحية التي تغطى منحدرات الأحواض وقيعانها (خضر، ١٩٩٧، ص٤١٠). ويتم حساب قيم التسرب من خلال المعادلة الآتية:

ق = ت X م X ن – ز

.(Waltz, 1973, p.123)

حيث إن: ق: قيم التسرب الثابتة، ت: معدل التسرب، م: مساحة الحوض، ن: زمن التصريف، ز: زمن التباطؤ، وبلغت قيمة التسرب الثابت في حوض وادي نجران (٤٧.٣) م^{٣}.

١٠- جملة الفواقد

وهي مجموع الفواقد من التبخر والتسريب، ويتم الحصول عليها من المعادلة الآتية:

جملة الفواقد(م^{٣}) = التبخر أثناء زمن التصريف + التسرب خلال زمن التباطؤ+ قيم التسرب الثابتة (خضر، ١٩٩٧، ص ٤٠٦).

بلغ إجمالي الفواقد في حوض وادي نجران (٥٣٣.٣) م^{٣}، وربما يعود ذلك إلى عدة عوامل، أهمها: نوع الصخور المكونة لحوض وادي نجران، والمناخ والغطاء النباتي، إلى جانب مساحة الحوض وانحداره.

١١- صافي الجريان

هو جملة ما تبقى من مياه الأمطار بعد عملية التسريب والتبخر، وعلى أساس هذه الكمية يتحدد الجريان السيلي، ويتم الحصول عليه من المعادلة الآتية:

صافي الجريان م^{٣} = إجمالي المياه الساقطة – الفواقد (مرجع سابق، ص٤٠٦)، وبلغ صافي الجريان في حوض وادي نجران (٣٤٣١.٩) م^{٣}.

جدول (٨): الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي نجران

المتغير	وادي نجران
زمن التركيز ساعة	٣١,٤٢/ ساعة
زمن التباطؤ دقيقة	٢٣,٧٦ /دقيقة
كمية الأمطار المتوقع سقوطها م^{٣}	٦٧٦٩٢,٥٩ مليون /م^{٣}
تحديد الجريان السطحي م^{٣}/ث	٥٧,٣٢
سرعة الجريان كم/ساعة	٩,٣
حجم التصريف م٣/ثانية	١٩٧,٣
زمن التصريف/الساعة	٣١,٧
التبخر خلال زمن التصريف م^{٣}/ث	٤٢٤,٣
التسرب خلال زمن التباطؤ م^{٣}/ث	٦١,٧
قيم التسرب الثابتة م^{٣}	٤٧,٣
جملة الفواقد م^{٣}	٥٣٣,٣
صافي الجريان م^{٣}	٣٤١٣,٩

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على قاعدة البيانات الجغرافية

طرق الحماية من السيول:

تعد السيول من الأخطار الطبيعية التي توثّر على حياة البشر وممتلكاتهم، وتعد دراسة طرق الحماية من السيول أحد الأهداف الرئيسة لدراسة الأحواض وخصائصها والعوامل المؤثرة في حدوث السيول (خضر، ١٩٩٧)، وهناك جملة من المقترحات التي تساهم في الحماية من أخطار السيول، وهي:

١) إنشاء قاعدة بيانات مكانية تضم المناطق التي تتعرض لخطر السيول.

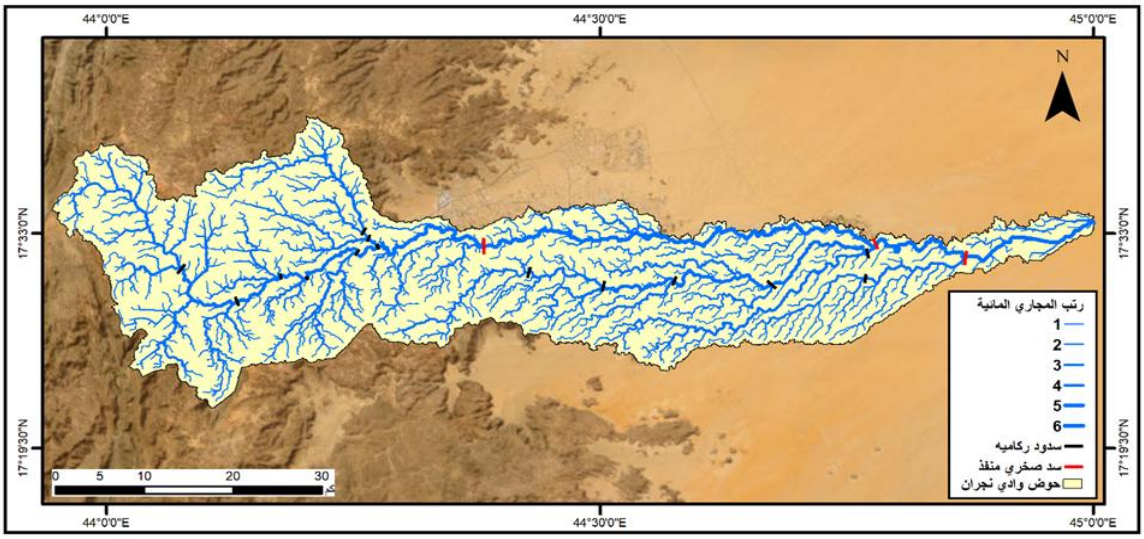
٢) إنشاء خرائط للأحواض الخطيرة، وتحديد مواضع الخطر ودرجات الخطورة لكل حوض؛ للاستفادة منها في التخطيط للمشروعات المستقبلية.

٣) نقل التجمعات السكنية القائمة بالفعل في مناطق الخطورة إلى مواضع أكثر أمانًا.

٤) إنشاء مخرات للسيول في المناطق الأقل خطورة بعيدًا عن مناطق التجمع البشري.

٥) إعداد برامج لتحذير السكان من خطر السيول، وكيفية التعامل معها في وقت السيل.

٦) إقامة مجموعة من السدود؛ للحماية من خطر السيول، وتعد أقدم الطرق المستخدمة في الحماية من خطر السيول، وتم اقتراح مواضع للسدود في حوض وادي نجران؛ للحماية من خطر السيول بواسطة نُظم المعلومات الجغرافية بناءً على اختيار رتبة المجرى المرتفعة داخل الحوض المائي، وتم إنشاء نوعين من السدود، وهما: السدود الركامية، والسدود الصخرية على المجاري المائية ذات الرتب العالية، فالمجاري من الرتب الثالثة وحتى الرتبة الخامسة يتم إنشاء مجموعة من السدود الركامية عليها، أما الرتبة السادسة فيتم إنشاء اثنين من السدود الصخرية المنفّذة على الوادي الرئيس.



شكل (٦): مواضع السدود المقترحة في حوض وادي نجران

النتائج:

١) يظهر حوض وادي نجران بمساحته الكبيرة (١٥٩٦.٩) كم٢، وزيادة طوله (٣٥.٢) كم، وعرضه (١٠٥.٥) كم، إلى جانب طبيعة التكوين الصخري في المنطقة تأثيرًا على الخصائص التضاريسية من قيمة نسبة التضرس (٣١.٧) م/كم، ومعامل التضاريس النسبية (٠.٣٦)، وقيمة وعورة بنحو (٠.٣٦)، والرقم الجيومتري (٠.٩٣)، بالتالي يؤثر في سرعة نقل المياه إلى مصبّ الوادي وزيادة الفواقد، بينما تشير قيمة التكامل الهبسومترى (٧.١) إلى أن حوض وادي نجران قطع شوطًا في تعميق وإزالة جزء من مكونات حوضه.

٢) يبلغ عدد رتب المجاري بحوض وادي نجران (٦) رتب، بينما بلغ عدد المجاري داخله نحو (١١٩١) بأطوال بلغت (١٩٧٦) كم، وقيمة معدل التفرع نحو (٣.٩٦)، وبذلك يعد الحوض أقل خطورة؛ نظرًا لتجمع المياه في المجاري في فترة طويلة.

٣) حوض وادي نجران من الأحواض ذات كثافة التصريف المنخفضة (١.٢)، وذات تصريف خشن، ما أثر على كل من قيمة الانسياب السطحي والتي بلغت نحو (٠.٦١)، ومعدل تكرار المجاري بنحو (٠.٧٤)، ومعدل بقاء المجاري (٠.٨٠)؛ نتيجة اتساع المساحة الحوضية لوادي نجران على حساب أطوال شبكته، ما يعني أن الحوض ما زال في بدايات دورته الجيومرفولوجية، ويدعم ذلك معدل النسيج الطبوغرافي الذي بلغ نحو (٢.٣)، وبالتالي يمكن القول: إن حوض وادي نجران لا يعتبر مقطعًا بأعداد كبيرة من الأودية.

٤) أظهرت نتائج الخصائص الهيدرولوجية في حوض وادي نجران أن زمن التركيز بلغ (٣١.٤٢ /ساعة)، وزمن التباطؤ (٢٣.٧٦ / دقيقة)، وكمية المطر المتوقع سقوطها حوالي (٦٧٦٩٢.٥٩) مليون/م٣، بينما يتراوح معدل الجريان السطحي بالحوض نحو (٥٧.٣٢) م٣/ث، وسرعة جريانه بلغت (٩.٣) كم / ساعة، وحجم التصريف (١٩٧.٣) م٣ / ثانية، مما يدل على انخفاض الخطورة في حوض منطقة الدراسة.

٥) بلغ زمن التصريف في حوض وادي نجران نحو (٣١.٧) ساعة؛ حتى يتمكّن من صرف المياه به من مكان سقوطها حتى مخرجها عند المصبّ، وبلغت قيمة التصرُّف خلال زمن التصريف في حوض وادي نجران (٤٢٤.٣) م٣/ث، وبلغت خلال زمن التباطؤ نحو (٦١.٧) ملم/دقيقة، بينما بلغت قيمة التسرب الثابت في حوض وادي نجران (٤٧.٣) م٣، وبلغ إجمالي الفواقد في الحوض المدروس (٥٣٣.٣) م٣، وربما يعود ذلك إلى عدة عوامل، أهمها: نوع الصخور المكونة لحوض وادي نجران، والمناخ والغطاء النباتي، إلى جانب مساحة الحوض وانحداره، بينما بلغت قيمة صافي الجريان في حوض وادي نجران (٣٤٣١.٩) م٣.

٦) من أجل الحماية من خطر السيول في حوض وادي نجران يُقترح إقامة نوعين من السدود، وهما: السدود الركامية، والسدود الصخرية؛ بناءً على اختيار رتبة المجرى المرتفعة داخل الحوض المائي، فالمجاري من الرتب الثالثة وحتى الرتبة الخامسة يتم إنشاء مجموعة من السدود الركامية عليها، أما الرتبة السادسة فيتم إنشاء اثنين من السدود الصخرية المنفّذة على الوادي الرئيس.

المراجع:

المراجع العربية:

- أبو العينين، حسن سيد أحمد. (١٩٩٠). حوض وادي دبا في دولة الإمارات العربية المتحدة (جغرافية الطبيعية وأثرها في التنمية الزراعية). إدارة الأبحاث بجامعة الكويت.
- الغامدي، سعد أبو راس (٢٠١٥). تقدير خطر السيول شرقي مدينة مكة المكرمة باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة المصرية للتغيير البيئي، مج ٧,ع٢ ص ٥٥-٧٥
- الضبيحي، مها عبد الله محمد (٢٠٢٠) تقييم مخاطر السيول وتخفيف حدتها لواديي الصعيد والمحبس، بمدينة العمار، منطقة القصيم، المملكة العربية السعودية استناداً إلى نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنمذجة الهيدرولوجية (WMS)، المجلة المصرية للتغيير البيئي، مج ١٢,ع٢ ص٧١-١٠٤
- الودعاني، ادريس على سلمان (٢٠١٤) مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غربي المملكة العربية السعودية: منظور جيومورفولوجى، مجلة جامعة جازان للعلوم الإنسانية، جامعة جازان، مج٣,ع١ ص١-٧٦
- بوروبة، محمد فضيل. (٢٠١٦). الخصائص الجيومورفولوجية لحوض وادي العقيق بمنطقة المدينة المنورة. مجلة العلوم العربية والإنسانية، جامعة القصيم، ٩(٤)، ١٣٣١-١٣٩١.
- جودة، جودة حسنين، عاشور، محمود محمد، دسوقي، صابر أمين، تراب، محمد مجدي، مرغني، علي مصطفى كامل، ومصطفى، محمد رمضان. (١٩٩١). وسائل التحليل الجيومورفولجي. (د.ن).
- الخريجي، وفاء صالح علي. (٢٠١٦). أخطار الجريان السيلي على مدينة الرياض وطرق مواجهتها: دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد: (٤٣٤).
- خضر، محمود محمد محمد. (١٩٩٧). الأخطار الجيومورفولجية الرئيسة في مصر مع التركيز على السيول في بعض مناطق وادي النيل [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة عين شمس.
- خضر، محمود محمد ومحمد، مروة فؤاد. (٢٠٢٣). التحليل والنمذجة الجيوهيدروكليمومورفومترية للسيول بوادي قصيب (الدوم) العين السخنة – باستخدام الاستشعار عن بُعد ونُظم المعلومات الجغرافية والذكاء الاصطناعي. حولية كلية الآداب، جامعة عين شمس، المجلد: (٥١).
- الدراجي، سعيد عجيل. (٢٠١٩). الجيومورفولوجيا التطبيقية. دار الحداثة للطباعة والنشر.
- الدعدي، ماجدة عبد الله. (٢٠٢١). التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية والتضاريسية ومدلولاتها الجيومورفولوجية في حوض وادي رهجان بمدينة مكة المكرمة. المجلة العربية للدراسات الجغرافية، ٤(١٠)، ١٩٥-٢٢٢.

- السلاوي، محمود سعيد. (١٩٨٩). هيدرولوجية المياه السطحية. الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان.
- درويش، إبراهيم عبد الله قائد، (٢٠٢٣) توظيف تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتقييم مخاطر السيول في الجزء الأعلى من حوض وادي إبراهيم "مكة المكرمة" مجلة الآداب والعلوم الاجتماعية، جامعة السلطان قابوس مج ١٣,ع٣ ص٤٧-٦٣
- صالح، أحمد سالم. (١٩٨٩). الجريان السيلى في الصحاري، جيومورفولوجية الأودية الصحراوية (دراسة مرجعية). معهد البحوث والدراسات العربية، سلسلة الدراسات الخاصة، العدد: (٥١).
- الصالح، محمد بن عبد الله. (١٩٩٢). بعض طرق قياس المتغيرات في أحواض التصريف. بحوث جغرافية، مركز البحوث، جامعة الملك سعود، العدد: (٢٧).
- عاشور، محمود محمد. (١٩٩٠). جيومورفولوجية الجانب الشرقي من وادي النيل فيما بين الكريمات جنوب الصف شمالًا. نشرة دراسات جغرافية، جامعة المنيا، ٤(١٢)، ٢٠.
- عالجي، آمنة. (٢٠١٠). تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة أم القرى.
- سلوم، غزوان (٢٠١٥). مفهوم الاستطالة والاستدارة وطرائق ترتيب المجاري المائية دراسة مورفومترية، مجلة جامعة دمشق، مج٣١,ع٣ص٣٤١-٣٨٢
- سلوم، غزوان (٢٠١٢). حوض وادي القنديل (دراسة مورفومترية)، مجلة جامعة دمشق، مج٢٨,ع١ص٣٧٣-٤٣٨
- فرغلي، عبير علي، امين، محمد عبد الحميد (٢٠٢٢). التحميل المورفومترى لشبكة التصريف السطحى المنطقة المحصورة بين الحنية وسوسة بمنطقة الجبل الأخضر ليبيا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، كجلة الدراسات الإنسانية والأدبية، كلية الآداب جامعة كفر الشيخ، ع ٢٦ص٩٣٢-١٠٠٥
- كليو، عبد الحميد أحمد. (١٩٨٨). أودية حافة جبال الزور بالكويت (تحليل جيومورفولوجي). وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، إصدار خاص.
- مرزا، معراج والبارودي، البارودي. (٢٠٠٥). السمات المورفولوجية والخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأودية الحرم المكي. مجلة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية، ١٧(٣)، ١٧٦-٢٦٢.
- مصطفى، أحمد أحمد السيد. (١٩٨٣). حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية: دراسة جيومرفولوجية [رسالة دكتوراه غير منشورة]. جامعة الإسكندرية.

المراجع الإنجليزية:

- Doornkamp, J.C. and King, C.A.M. (1971) "Numerical Analysis in Geomorphology An Introduction, Edward Arnold, London.
- E K. Naseela, B.M Dodamani, Chaithra Chandran (2015), Estimation of Runoff Using NRCS-CN Method and SHETRAN Model, International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology Vol. 2, Issue 8p23-28
- Gregory, K.J., & Walling, D.E. (1973). Drainage Basin. Form and Process: A Geomorphological Approach. Edward Arnold.
- Hickok, R.B., Keppel, R.V., & Rafferty, B.R. (1959). Hydrograph synthesis for small arid land watersheds. Agricultural Engineering, 40 (10), 608-611.

- Horton, R. (1945). Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. Geological Society of America Bulletin, 56, 275-370.
- Kirkby, M. J. (1978). Hillslope Hydrology. John Wiley and Sons.
- Miller, V.C. (1953). A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Characteristics in the Clinch Mountian Area Virginia and Tennessee. Columbia University.
- P. M. Kundu & L. O. Olang (2015). The impact of land use change on runoff and peak flood discharges for the Nyando River in Lake Victoria drainage basin, Kenya WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol 153p84-94
- Won Kim & Shin (2018). Estimation of Peak Flow in Ungauged Catchments Using the Relationship between Runoff Coefficient and Curve Number, Water, Volume 10, Issue 11.
- Schumm, S. (1956). Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badland at Perth Amboy. New Jersey, Geol. Soc.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. Tans. Am. Geophys. Union, 38, p.p.920-931.
- Strahler, A.N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V. T. (ed.): Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill.
- U. S. Department of Agriculture. (1997). Soil Conservation Service (USDA SCS), National Engineering Handbook, Section 4.
- Waltz, J.P. (1973).” Ground Water” in Introduction to Physical Hydrology. Methuen Caltd.
- Willson, E. M. (1980). Engineering Hydrology. ELBS and Macmillan.

Abstract:

The study included the hydromorphometric characteristics of the Najran Valley Basin located in the southwest of the Kingdom of Saudi Arabia, which crosses the city of Najran. The study used Landsat 9 satellite OLI imagery with 30*30m resolution in 2024, then increasing ground resolution to 15m the Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) digital elevation model and RS and GIS techniques through Arc Hydro tools to analyze the topographic and morphometric characteristics and their impact on the hydrological characteristics. The results showed that the Najran Valley Basin, which has a large area, tends to be elongated and has a low circularity, which is reflected in the decrease in the rate of surface runoff, its speed and its arrival to the downstream area, and thus its reduced risk. A set of mechanisms and proposals were presented to achieve the optimal use of the valley waters during the flooding period, in order to achieve sustainability and environmental rehabilitation of the basin, and develop future projects in it, in a manner that achieves sustainable development plans within it.

Keywords: Najran Valley Basin, Geohydromorphometric characteristics, Spatial analysis, Digital Elevation Models.