

Areas at risk of flooding in Wadi Bisha basin in KSA

Nada Saad Alshamrani

Ferdous Mohammed Madani

Faculty of Arts and Humanities || King Abdulaziz University || KSA

Abstract: The Wadi Bishah watershed is located in the southwestern of Asir province in Saudi Arabia, it's characterized by hydromorphometric properties that control the water resources. The study aimed to identify the morphometric properties of this watershed and the drainage network, and the hydrological characteristics that affect the occurrence of floods. Some modern methods were used such as: (GIS, statistical method, cartography) to identify flood area. The study found that the region's hydrological resources contributed to a water surplus in the Wadi Bishah; This leads to occasionally flood risks under geological, topography, hydrological... controls, and local water storage in King Fahd Dam. The most hazardous sub-basins in the occurrence of floods in Bishah watershed were identified; They are the principal Bishah river and the Rania River. The study also made some recommendations regarding the management of surface water resources to prevent flood hazards and the use of GIS techniques in the early warning and water harvesting operations in the Bishah river.

Keywords: Wadi Bishah watershed, flood risk, hydromorphometric properties, GIS techniques.

المناطق المعرضة لخطر السيول بحوض وادي بيشة في المملكة العربية السعودية

ندى سعد الشمراني

فردوس محمد مدني

كلية الآداب والعلوم الإنسانية || جامعة الملك عبد العزيز || المملكة العربية السعودية

المستخلص: يقع حوض وادي بيشة في إقليم عسير بجنوب غرب المملكة العربية السعودية، ويتسم بخصائص هيدرولوجية تتحكم في موارد المياه السطحية بالحوض، وهدفت الدراسة إلى تحديد الخصائص المورفومترية لحوض وادي بيشة ولشبكة التصريف، والخصائص الهيدرولوجية لحوض الوادي التي تؤثر في حدوث السيول، واستخدمت الدراسة عدداً من المناهج من أهمها: (المنهج الإقليمي، المنهج الأصولي، المنهج الوصفي التفسيري)، بالإضافة إلى بعض الأساليب الحديثة مثل: (نظم المعلومات الجغرافية، الأسلوب الإحصائي، الكارتوجرافي)، وتوصلت الدراسة إلى أن الموارد الهيدرولوجية في المنطقة أسهمت في وجود فائض مائي في الميزانية الهيدرولوجية لحوض وادي بيشة؛ مما يؤدي إلى حدوث مخاطر السيول من وقت لآخر في ظل الضوابط الجيولوجية والضوابط التضاريسية والضوابط الهيدرولوجية والضوابط الحيوية، ومشاريع تخزين المياه المحلية المتمثلة في سد الملك فهد. وتم تحديد أكثر الأحواض الفرعية في وادي بيشة خطورة في حدوث السيول؛ وهما مجرى وادي بيشة الرئيس ومجرى وادي رانية. كما قدمت الدراسة بعض التوصيات المتعلقة بإدارة الموارد المائية السطحية لدرء أخطار السيول وتوظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في عمليات الإنذار المبكر وحصاد المياه في وادي بيشة.

الكلمات المفتاحية: حوض وادي بيشة، مخاطر السيول، الخصائص الهيدرولوجية، تقنيات نظم المعلومات الجغرافية.

المقدمة

تعد النمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي بيشة الخطوة الأساسية في تحديد أكثر المواقع المعرضة لخطر السيول، باعتبارها إحدى المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتسم بندرة السجلات الهيدرولوجية والقياسات الميدانية القليلة (الضبيحي، 2020، ص74). وتعد النمذجة المكانية القادرة على التنبؤ بخطورة الجريان السيلي أحد الاتجاهات المعاصرة لمواجهة الأخطار الطبيعية للسيول، نظرا لما تتصف به السيول بالسمية الفجائية والتدفق المائي السريع، بالإضافة إلى ما يحمله الجريان السيلي من رواسب وفتات وكتل صخرية تؤدي إلى تدمير كبير للمناطق التي تعترضها (البوسيفي، 2014، ص101)، كما تتأثر النمذجة الهيدرولوجية لأخطار السيول بالعديد من العوامل ومن أهمها الظروف المناخية والخصائص المورفومترية لأحواض التصريف، التي تعتبر من المؤشرات الرئيسة في تحديد الميزانية الهيدرولوجية لأحواض التصريف، بالإضافة إلى التعرف إلى كميات المياه المتجمعة في مجارى الأودية وإمكانية الاستفادة منها في حصاد المياه وتنمية الأنشطة البشرية المختلفة (مراد، 2018، ص171).

مشكلة الدراسة

تعتبر مخاطر السيول من أبرز المشكلات البيئية الموسمية التي تعاني منها المناطق الجافة وشبه الجافة في المملكة العربية السعودية، وبصفة خاصة في المناطق العمرانية التي تقع بالقرب من مجارى الأودية الصحراوية وما يترتب عليها من أخطار جيومورفولوجية تنتج عن عملية الجريان السيلي، فضلا عن ضياع كميات كبيرة من المياه تمثل مورداً مهماً لهذه المناطق (العميري وعبيد، 2019، ص3)، لذلك فإن دراسة النمذجة الهيدرولوجية لأخطار السيول في أحواض التصريف بالمناطق الجافة وشبه الجافة؛ لها أهميتها القصوى المنبثقة من أهمية الموارد المائية بالنسبة لسكان تلك المناطق، ولشرايع التنمية وحصاد المياه وبناء السدود الصغيرة والمتوسطة والكبيرة، وتجميع المياه لأغراض الزراعة والري وللخدمات المختلفة (الساعدي، 2020، ص221)، وتمثل الأخطار التي تسببها السيول الجارفة في بطون الأودية في تهديد المباني السكنية والمنشآت الاقتصادية وجرف السيارات والمواشي وتجريف تربة المزارع المتركة في بطون الأودية وعلى ضفافها، كما تسبب تساقط الكتل الصخرية على الطرق البرية التي تخترق المنطقة الجبلية، مما يؤدي إلى قطع الطرق عن المناطق الأهلة بالسكان، وعزل القرى النائية عن بعضها البعض (القرني، 2008، ص ص6-7)، وبالتالي فإن البحث يحاول الإجابة على التساؤل الآتي: ما هي المناطق المعرضة لخطر السيول بحوض وادي بيشة في المملكة العربية السعودية؟

فرضيات الدراسة:

- 1- تتأثر السيول في وادي بيشة بكل من الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية والحيوية.
- 2- تؤثر الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف في تكرار حدوث السيول في وادي بيشة.
- 3- تتباين أخطار السيول في وادي بيشة بحيث يمكن تصنيفها حسب درجة خطورتها، وتحديد المناطق المعرضة للخطر باستخدام النمذجة المكانية.

أهداف الدراسة:

- الهدف الرئيس من هذه الدراسة هو تحديد المناطق المحتملة للتعرض لأخطار السيول باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، وتنبثق عن هذا الهدف الرئيس أهدافاً فرعية وهي:
- 1- إبراز تأثير كل من الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية في حدوث السيول.

2- الاستفادة من تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في تصنيف الأودية حسب درجة خطورتها، والتعرف إلى الأودية ذات الخطورة الشديدة، وتطبيق النمذجة المكانية، وإنتاج خريطة للمناطق المحتمل تعرضها لخطر السيول.

3- تحديد سبل مواجهة أخطار السيول في وادي بيشة، وإمكانية الاستفادة من مياهها بشكل مباشر أو غير مباشر، من خلال دراسة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف.

أهمية الدراسة:

تمثل الأودية الجافة في الصحاري العربية عامة وفي المملكة العربية السعودية خاصة؛ إحدى الظواهر الجيومورفولوجية التي ما تزال في حاجة إلى المزيد من الدراسات والأبحاث التطبيقية، التي تمكن من التعرف إلى سلوكها الهيدرولوجي تمهيداً لاستغلالها والاستفادة من مياهها، ومحاولة درء أخطارها في حال حدوث الجريان السيلي من خلال مجارها (المشاط والشرقاوي، 2012م). وتستمد الدراسة أهميتها من الأهمية الإستراتيجية لمحافظة بيشة، كونها قاعدة الإنتاج الزراعي الأساسية في منطقة عسير؛ لكون وادي بيشة مع روافده يشغل جزءاً مهماً من أراضيها، وكثيراً ما يتعرض لحدوث السيول التي تسبب خسائر بشرية ومادية فادحة، كما تشكل خطراً على حياة السكان، ومعوقاً لعمليات التنمية الاقتصادية والاجتماعية، مما يحتم ضرورة الاهتمام بدراسة أخطار السيول، والتعرف على أسباب حدوثها، وطبيعتها ومساراتها، والتنبؤ بمعدل تكرارها؛ لدرء أخطارها، والتخفيف من أثارها السلبية، فضلاً عن إمكانية الاستفادة من مياه السيول لإعادة شحن خزانات المياه الجوفية، أو عن طريق التخزين أمام السدود للاستفادة منها في توفير الموارد المائية اللازمة للتنمية الزراعية والحيوانية، وتوفير المياه اللازمة للاستهلاك المنزلي والصناعي. وتأمل هذه الدراسة أن تقدم تفسيراً وافياً لأسباب حدوث السيول في محافظة بيشة، وتحديد درجات خطورتها، وكيفية الوقاية منها، والاستفادة من مياه السيول، وذلك باستخدام أساليب النمذجة المكانية باعتماد التقنيات الحديثة المتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، لدعم بيانات متخذي القرار في الجهات المعنية للحفاظ على الأرواح والممتلكات، واستثمار الموارد الطبيعية في المملكة العربية السعودية.

منهجية الدراسة:

- سوف يتم اتباع المناهج الآتية تبعاً لحاجة الدراسة، وهي:
- المنهج الإقليمي: حيث حددت الدراسة مجالها المكاني على وادي بيشة في محافظة بيشة بمنطقة عسير جنوب غرب المملكة العربية السعودية، وهو حوض تصريف قائم بذاته وله ما يميزه عن غيره من الأحواض المجاورة.
 - المنهج الأصولي: سوف يتم استخدامه عند دراسة ظاهرة محددة، تتمثل في ظاهرة السيول والعوامل المؤثرة في حدوثها والآثار الناجمة عنها.
 - المنهج الوصفي التحليلي: وسيتم استخدام هذا المنهج في دراسة العوامل المسببة لظاهرة السيول، والنتائج المترتبة عليها، وكيفية محاربة الأخطار المرتبطة بها، وذلك بالاستعانة بالملاحظات الميدانية، والخرائط الطبوغرافية، والمرئيات الفضائية والصور الفوتوغرافية.
 - كما سيتم استخدام العديد من أساليب البحث وتشمل:
 - أسلوب نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد: الذي شمل تطبيق برمجيات (Arc GIS 10.3)، وبرنامج (8.4 Erdas Imagine) لإنتاج الخرائط ومعالجة الصور والبيانات المكانية.

- الأسلوب الإحصائي: وذلك في التحليل المورفولوجي لأبعاد أحواض التصريف، باستخدام الخرائط الطبوغرافية والصور الفضائية.
- الأسلوب الكارتوجرافي: سوف يتم استخدامه في التمثيل البياني لعرض نتائج التحليلات المورفومترية والإحصائية، ورسم الخرائط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وفي إنشاء الخرائط الرقمية، وتحليل المرئيات الفضائية، وتوزيع البيانات المكانية والوصفية وتحليلها.

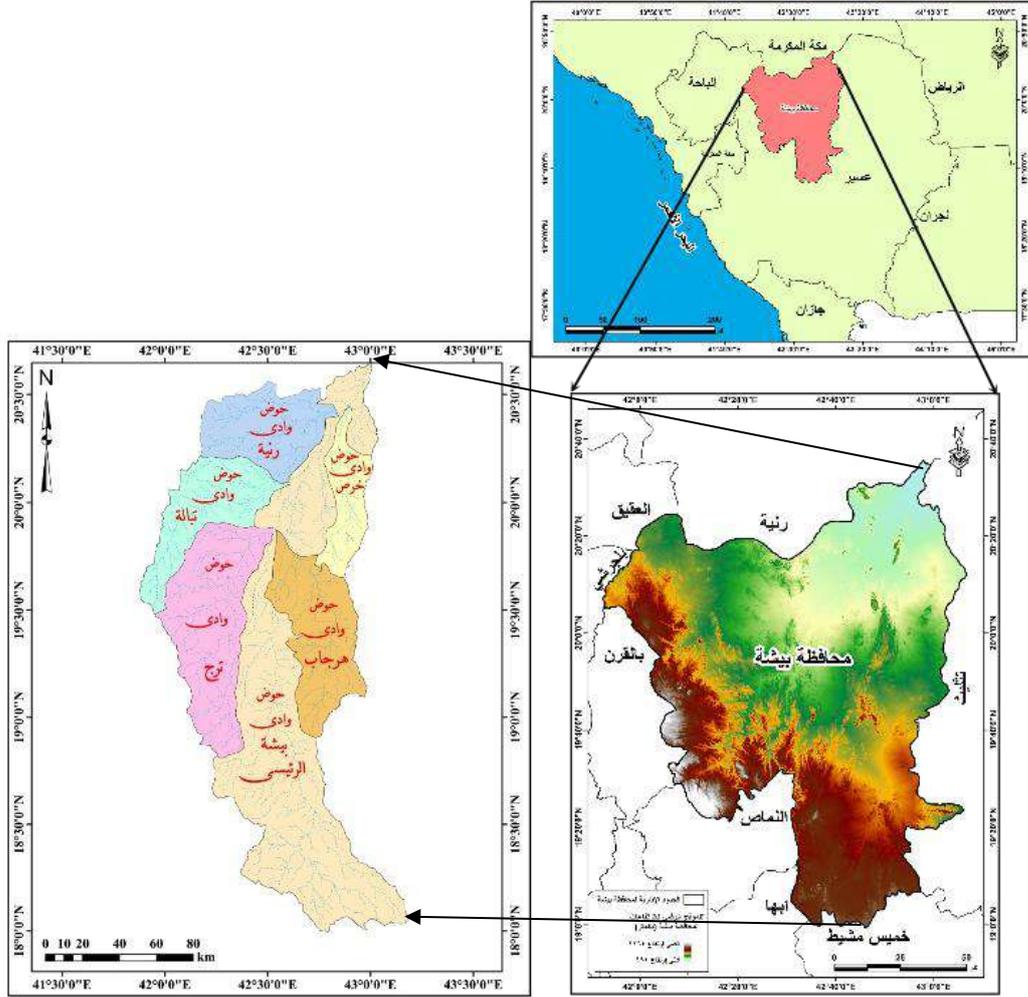
منطقة الدراسة:

يخترق وادي بيشة محافظة بيشة، ويعد من أكبر أودية الإقليم الجنوب الغربي من المملكة العربية السعودية، حيث يبلغ طوله حوالي 460 كم (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، 2012)، ويبدأ من جنوب غرب محافظة سراة عبيدة متجهًا نحو الشمال إلى أن يمر بمحافظة أحد رفيدة، ثم يصل إلى محافظة خميس مشيط، حيث يرفده في هذه المنطقة عدة روافد أهمها: (أودية عتود، وحجلا، وأبها)، وبعد ذلك يتجه نحو الشمال ويلتقي بوادي تندحة، ثم وادي ابن هشبل، ويتابع سيره حتى يصل أخيرا إلى بيشة، حيث يلتقي برافدين هامين هما وادي ترح، ووادي هرجاب، وفي الجهة الشمالية من مدينة بيشة يغير اتجاهه نحو الشمال الشرقي ليلتقي برافده المهم وادي تباله، ثم يواصل سيره إلى الشرق من قرية الجنينة، وبعدها يخرج من الحدود الشمالية للمحافظة ويتابع سيره حتى يلتقي بوادي رانية (الشهراني، 2010م)، ويمتد حوض الوادي بين دائرتي عرض (20° 19') و(21° 15') شمالا، وبين خطي طول (42°) و(43°) شرقًا (شكل رقم (1)).

المبحث الأول-الدراسات السابقة:

أولاً-الدراسات العربية:

- دراسة (درويش، 2013م) عن مخاطر الفيضانات المحتملة في حوض وادي بيشة جنوب غرب المملكة العربية السعودية، وهدفت الدراسة إلى تحديد حجم وتوزيع خصائص الفيضانات مكانياً، وتوصلت إلى تحديد العوامل الطبيعية والبشرية التي تساهم في زيادة حدة مخاطر السيول، ووضع تصور للتقليل من الأخطار المتوقعة للسيول في ضفاف وادي بيشة وداخل قاعه وروافده، وتبين أن هناك اتجاه مطرد نحو التوسع العمراني لم تراع فيه طبوغرافية الأراضي وتحديد مجاري المياه الطبيعية وحمايتها؛ مما أدى إلى تعرض بعض تلك التجمعات للسيول المتكررة.
- دراسة (شرف، 2013م) عن دور نظم المعلومات الجغرافية في إدارة التدفق المائي السطحي، ونمذجة مخاطر السيول، وهدفت الدراسة إلى توفير أساليب متعددة لتحليل وتفسير نظام السيول لتحديد أفضل السبل للاستفادة منها، وتفسير علاقاتها بالظواهر المجاورة لها أو المرتبطة بها التي تشكل إحدى الكوارث والمخاطر الطبيعية، وتوصلت الدراسة إلى إنتاج خرائط اتجاه الجريان المائي وتدفعه وتجمعه، وخرائط شبكة التصريف المائي وأحواض التصريف التي تنتهي عندها المجاري المائية، وتحليل مساحة الأحواض وحجم تدفقها التراكمي، وتصنيف رتبها وأحواضها.



شكل رقم (1) الموقع العام لأحواض التصريف الفرعية في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، باستخدام برنامج (Arc GIS، 10.3).

- دراسة (الودعاني، 2014م) عن مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غرب المملكة العربية السعودية من منظور جيومورفولوجي، هدفت الدراسة إلى تقييم مخاطر السيول في منطقة جازان من خلال الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية، وتوزيع المطر وتأثيرها على الوسط البيئي، وتوصلت الدراسة إلى تصنيف الأحواض حسب درجة خطورتها (شديدة الخطورة، متوسطة الخطورة، قليلة الخطورة). كما تم تصنيف الأودية تبعاً لاحتمالية حدوث السيول إلى: (أحواض ذات سيول ضعيفة، أحواض ذات سيول عالية، أحواض ذات احتمالية سيول متوسطة)، إضافة إلى تحديد الأحواض ذات الفرصة الأكبر لوجود مياه جوفية في التكوينات التي تغطي سطحها.

- دراسة (الكومي، 2016م) عن الأبعاد الهيدرولوجية والبيئية للتنمية في حوض وادي بيشة بالمملكة العربية السعودية، وهي دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، وقد أبرزت العلاقة التفاعلية بين الجيومورفولوجيا والتنمية، وشمل ذلك كل من الدراسة الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للمنطقة، واستكشفت الدراسة مدى مساهمة المعالم الجيومورفولوجية في تنمية الحوض، حيث أوضحت إمكانية الاستفادة بقدر كبير من مياه الحوض في عمليات التنمية، وتم إنشاء خريطة للمناطق الصالحة للتنمية بالمنطقة طبقاً للمقومات والمحددات الجيومورفولوجية بها.

- دراسة (الكبيسي، 2017م) عن النمذجة الآلية للجريان السطحي لحوض وادي عظيميتين في الهضبة الغربية، باستخدام التقنيات الجغرافية، وهدفت الدراسة إلى بيان كفاءة وأهمية برامج نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الأحواض النهرية، وتوظيف هذه التقنية لاستخراج القياسات المورفومترية لحوض التصريف، وقياس وتحديد حجم الجريان المائي، وتوصلت الدراسة إلى أن نظام النمذجة الهيدرولوجية يعد أهم الخطوات العملية في التحليلات المكانية والهيدرولوجية، نظرًا لما تمتاز به من كفاءة عالية في إنتاج الخرائط.

ثانيًا-الدراسات الأجنبية:

- دراسة (Dawod, et.al., 2011) عن الخرائط المكانية المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية لمخاطر السيول في مدينة مكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية، وهدفت الدراسة إلى رسم خريطة أخطار السيول في مدينة مكة المكرمة من خلال تطوير منهجية قائمة على نظم المعلومات الجغرافية لتحديد خصائص السيول وتوزيعها المكاني، باستخدام طريقة تقييم السيول التي طورتها دائرة الحفاظ على الموارد الطبيعية الأمريكية (NRCS)، وتوصلت الدراسة إلى أن ذروة الجريان القصوى تختلف من (1063م/3ثانية) إلى (4489 م/3ثانية)، ومن المتوقع أن يصل إجمالي حجم السيول إلى (172.97 مليون م³) في منطقة مكة المكرمة.
- دراسة (Kheder, 2013) عن تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم مخاطر السيول، وهي دراسة حالة لحوض وادي الخرج بالمملكة العربية السعودية، وهدفت الدراسة إلى تطوير منهجية للتنبؤ بالسيول وتخطيطها وإدارتها في حوض وادي الخرج جنوب منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية، باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، لتقدير نطاق منطقة السيول خاصة بالقرب من المناطق الحضرية، واستخدمت الدراسة نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وبرمجيات النمذجة الهيدرولوجية، وتوصلت الدراسة إلى إنتاج الخرائط الرقمية للتنبؤ بالسيول ومخاطرها، وكشفت أن تدفق مياه السيول يمكن أن يغرق المنطقة السكنية كل (100 عام) من مدة العودة.
- دراسة (Shi, 2014) عن تقييم مخاطر السيول على طول المناطق الغربية بالمملكة العربية السعودية، باستخدام التقنيات المورفومترية المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وهدفت الدراسة إلى إنتاج خرائط لمخاطر السيول المحتملة في المناطق الواقعة في المحافظات الغربية من المملكة العربية السعودية التي شهدت سيولاً كارثية، وتقدير ذروة الجريان السطحي لستة أحواض تصريف كبيرة هي: (ينبع، رابغ، خليص، القنفذة، بيش، جازان)، وتوصلت الدراسة إلى أن حوض وادي ينبع يحتوي على أعلى درجة خطورة، يليه حوض وادي رابغ، ثم أحواض الخلع والقنفذة وبيش، وكان حوض وادي جازان الأقل خطورة، في حين كان حوض ينبع وبيش الأعلى في ذروة التصريف.
- دراسة (Youssef, et.al., 2016) عن تحليل أسباب السيول في مدينة جدة بالمملكة العربية السعودية لعامي (2009م، 2011م)، باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد المتعددة ونظم المعلومات الجغرافية، وهدفت الدراسة إلى تحليل العوامل المختلفة التي تسبب في إحداث السيول التي تقع في مدينة جدة، وتوصلت إلى أن أسباب السيول تتعلق بالخصائص الجيومورفولوجية، والأنشطة البشرية، والعوامل المورفومترية لشبكات التصريف، والتغيرات المناخية خاصة المطر؛ وزيادة الممارسات الهندسية الشاملة والمناسبة للتعامل مع هذه الأنواع من المخاطر الطبيعية، وإنشاء نظام للإنذار من مخاطر السيول في جميع المناطق التي تتعرض لها، وإجراء دراسات مماثلة لتقييم مخاطر السيول في أنحاء مختلفة من المملكة العربية السعودية.

- دراسة (Abdel-Fattah, et.al., 2016) عن النمذجة الهيدرولوجية للسيول في وادي سمائل بسلطنة عمان، وهدفت الدراسة إلى محاكاة النمذجة الهيدرولوجية لتقييم السيول في حوض وادي سمائل على الساحل الشمالي لسلطنة عمان باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وتوصلت الدراسة إلى إنشاء خريطة التوزيع المكاني لحالات السيول، والتغير المكاني الكبير للجريان السطحي، كما تبين أن السدود المقامة تتمتع بميزة كفاءة إدارة الموارد المائية في جميع أنحاء حوض التصريف؛ مما يشير إلى إمكانية تطبيق نماذج جريان مياه الأمطار من أجل تقييم أفضل لسيناريوهات الإدارة المختلفة كجزء من معالجة مشاكل السيول والتقليل من مخاطرها.

المبحث الثاني-تحليل أحواض التصريف في وادي بيشة:

أولاً-التحليل المورفومتري لأحواض التصريف في وادي بيشة:

يقوم التحليل المورفومتري لأحواض التصريف على البيانات الرقمية المتوفرة عن النظام الفعلي لشبكات التصريف المائية، التي تحدد طبيعة العلاقة بينها وشبكاتها المائية، مما يفيد في المقارنة بين أحواض التصريف المختلفة للوصول إلى القوانين التي تحكم العلاقة بين الأحواض والمجري المائية بأساليب موضوعية ورياضية (الطريقي، 2016، ص333)، كما يهدف التحليل المورفومتري إلى المساعدة في تحديد خصائص شبكات التصريف وتحديد العوامل والقوى المؤثرة في تشكيلها، وتأثيراتها على الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف، وذلك من خلال مجموعة من المعادلات الرياضية التي تمثل العلاقات النسبية بين الخصائص المورفومترية لها (بوروبة، 2016، ص1357).

جدول رقم (1) الخصائص المساحية لأحواض التصريف في وادي بيشة

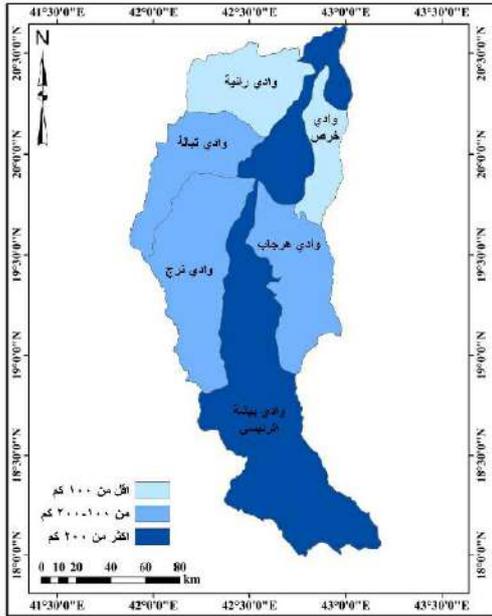
الحوض	المساحة		الطول		العرض		المحيط	
	كم ²	%	كم	%	كم	%	كم	%
وادي بيشة الرئيس	10478.5	42.9	311.24	37.9	29.46	19.4	1034.66	41.4
حوض وادي رانية	2521.5	10.3	73.92	9.0	31.34	20.6	245.72	9.8
حوض وادي تباله	2536.3	10.4	101.04	12.3	23.68	15.6	298.91	12.0
حوض وادي ترج	4312.7	17.6	127.22	15.5	29.19	19.2	355.94	14.2
حوض وادي هرجاب	3162.0	12.9	114.80	14.0	23.54	15.5	329.65	13.2
حوض وادي خرص	1426.0	5.8	93.78	11.4	14.93	9.8	234.50	9.4
المتوسط	4072.8	-	137.0	-	25.4	-	416.6	-

المصدر: من حساب الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS، 10.3).

1- الخصائص المساحية لأحواض التصريف في وادي بيشة:

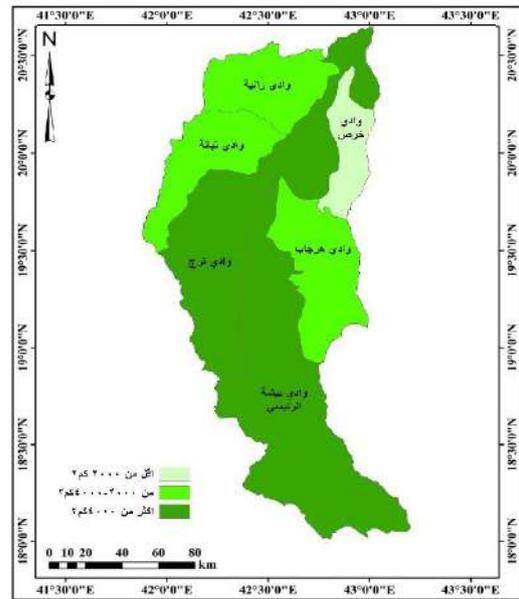
بلغ إجمالي مساحة أحواض التصريف في وادي بيشة (24437 كم²)، وبلغ متوسط مساحة أحواض التصريف الفرعية (4072.8 كم²)، حيث تراوحت بين (1426 كم²) لحوض وادي خرص، و(10478.5 كم²) لحوض وادي بيشة الرئيس، ويوضح الجدول رقم (1) والشكل رقم (2) اختلاف مساحة أحواض التصريف، وبلغ إجمالي أطوال أحواض التصريف في وادي بيشة (822 كم)، وبمتوسط طول بلغ (1الباحثة37 كم) لكل حوض، حيث

تراوحت بين (73.92 كم) لحوض وادي رانية، و(311.24 كم) لحوض وادي بيشة الرئيس، ويوضح الجدول رقم (1) والشكل رقم (3) تباين أطوال أحواض التصريف في وادي بيشة، وبلغ المتوسط العام لعرض أحواض التصريف في وادي بيشة (25.4 كم)، حيث تراوحت بين (14.93 كم) لحوض وادي خرص، و(31.34 كم) لحوض وادي رانية، ويتضح من الجدول رقم (1) والشكل رقم (4) اختلاف عرض أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، وبلغ متوسط محيط أحواض التصريف في وادي بيشة (416.6 كم)، حيث تراوحت بين (234.5 كم) لحوض وادي خرص، و(1034.66 كم) لحوض وادي بيشة الرئيس، ويتضح من الجدول رقم (1) والشكل رقم (5) اختلاف محيط أحواض التصريف في وادي بيشة.



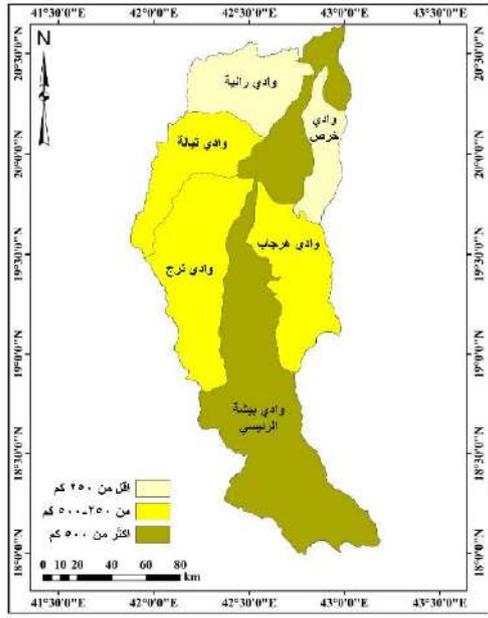
شكل رقم (3) تصنيف أطوال أحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS، 10.3).

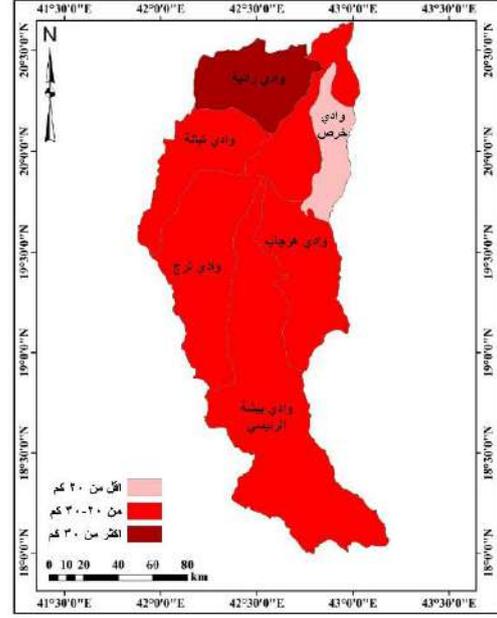


شكل رقم (2) تصنيف مساحة أحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS، 10.3).



شكل رقم (5) تصنيف محيط أحواض التصريف في وادي بيشة
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



شكل رقم (4) تصنيف عرض أحواض التصريف في وادي بيشة
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).

2- الخصائص الشكلية لأحواض التصريف في وادي بيشة:

جدول رقم (2) الخصائص الشكلية لأحواض التصريف في وادي بيشة

اسم الحوض	نسبة الاستطالة	نسبة الاستدارة	معامل الشكل	معامل الانبعاث	نسبة الطول / العرض
وادي بيشة الرئيس	0.21	0.12	0.11	2.31	10.56
حوض وادي رانية	0.43	0.52	0.46	0.54	2.36
حوض وادي تبالا	0.32	0.36	0.25	1.01	4.27
حوض وادي ترج	0.33	0.43	0.27	0.94	4.36
حوض وادي هرجاب	0.31	0.37	0.24	1.04	4.88
حوض وادي خرص	0.26	0.33	0.16	1.54	6.28
المتوسط	0.31	0.36	0.25	1.23	5.45

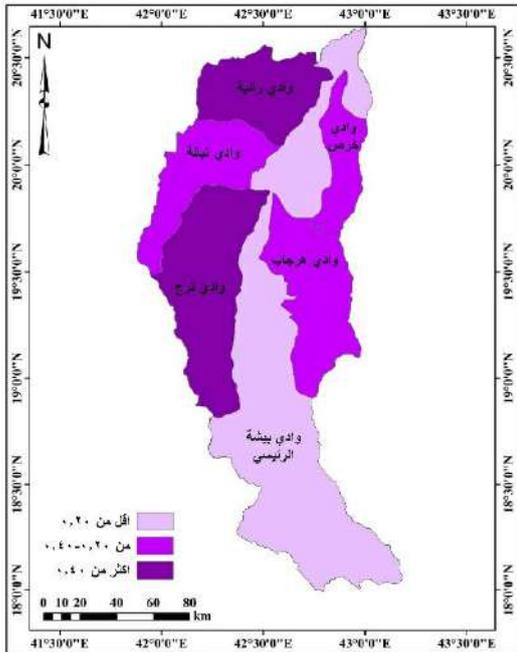
المصدر: من حساب الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS, 10.3).

بلغ متوسط نسبة الاستطالة في أحواض التصريف في وادي بيشة (0.31)، حيث تراوحت بين (0.21) لحوض وادي بيشة الرئيس، و(0.43) لحوض وادي رانية، وتسهم زيادة نسبة الاستطالة في أحواض التصريف في تأخير زمن الاستجابة، وزمن التركيز، وتأخير الوصول إلى ذروة التصريف المائي (البارودي، 2012، ص12)، ويوضح الجدول رقم (2) والشكل رقم (6) تباين أحواض التصريف في وادي بيشة في نسبة الاستطالة، فقد بلغ متوسط نسبة الاستدارة في أحواض التصريف في وادي بيشة (0.36)؛ مما يشير إلى ابتعاد أحواض التصريف عن الشكل الدائري، حيث تتراوح بين (0.12) لحوض وادي بيشة الرئيس، و(0.52) لحوض وادي رانية، ويتضح من الجدول رقم (2)

والشكل رقم (7) تباين نسبة الاستدارة في أحواض التصريف، فمتوسط قيمة معامل الشكل في أحواض التصريف في وادي بيشة (0.25)، حيث تراوح بين (0.11) لحوض وادي بيشة الرئيس، و(0.46) لحوض وادي رانية، مما يدل على اختلاف التناسق العام بين أبعاد الأحواض التصريفية، فالقيم المنخفضة لمعامل الشكل تدل على زيادة طول أحد بعدي حوض التصريف على حساب البعد الآخر (مثلا زيادة الطول الحوضي عن العرض الحوضي أو العكس)، ويؤدي ذلك إلى تشابه شكل حوض التصريف مع الشكل الهندسي المثلث (الرئيس، 2018، ص56)، ويوضح الجدول رقم (2) والشكل رقم (8) تباين معامل الشكل في أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، فبلغ متوسط قيمة معامل الانبعاج في أحواض التصريف في وادي بيشة (1.23)، حيث تراوح بين (0.54) لحوض وادي رانية، و(2.31) لحوض وادي بيشة الرئيس، كما يتضح من الجدول رقم (2) والشكل رقم (9) تباين قيم معامل الانبعاج في أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، حيث بلغ متوسط نسبة الطول / العرض في أحواض التصريف في وادي بيشة (5.45)، فقد تراوحت بين (2.36) لحوض وادي رانية، و(10.56) لحوض وادي بيشة الرئيس.

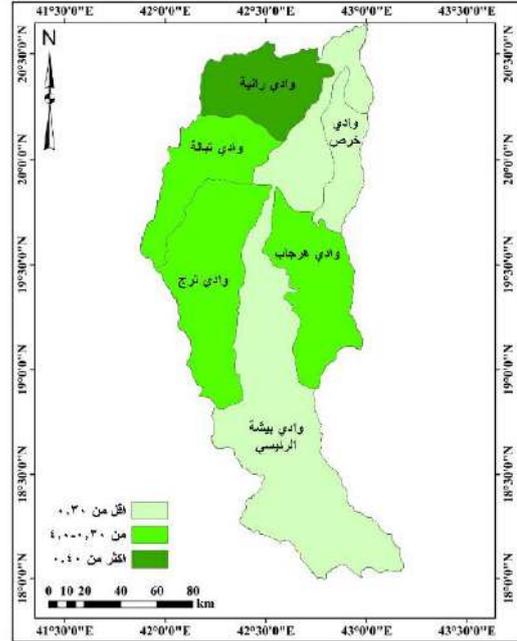
3- الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف في وادي بيشة:

تفيد دراسة الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف في وادي بيشة في التعرف إلى طبوغرافية سطح الأرض ومدى وعورة سطح أحواض التصريف، ومدلولاتها الجيومورفولوجية التي تعكس مدى نشاط عمليات التعرية، وعلاقة ذلك بالظروف الصخرية والبنوية، كما أنها تدل على المرحلة الجيومورفولوجية التي بلغتها أحواض التصريف، فضلا عن أهميتها التطبيقية في تقدير مخاطر السيول المحتملة (الربيعي، 2021، ص94). ويوضح الجدول رقم (3) أهم الخصائص المورفومترية التضاريسية في أحواض التصريف في وادي بيشة.



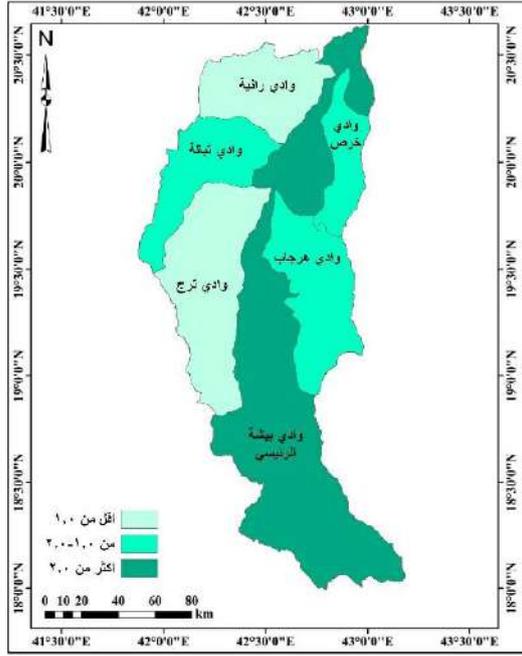
شكل رقم (7) تصنيف نسبة الاستدارة لأحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



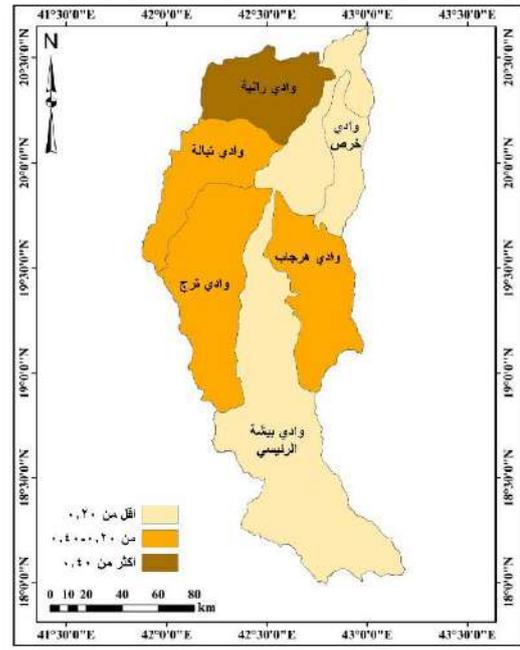
شكل رقم (6) تصنيف نسبة الاستطالة لأحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



شكل رقم (9) تصنيف نسبة الانبعاث لأحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



شكل رقم (8) تصنيف معامل الشكل لأحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).

جدول رقم (3) الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف في وادي بيشة

حوض التصريف	نسبة التضرس	التضاريس النسبية	درجة الوعورة	الرقم الجيومتري	التكامل الهيسومتري
وادي بيشة الرئيس	6.47	0.195	0.45	69.15	5.20
حوض وادي رانية	4.73	0.142	0.08	16.79	7.20
حوض وادي تباله	7.42	0.251	0.19	24.93	3.38
حوض وادي تراج	10.22	0.365	0.29	27.94	3.32
حوض وادي هرجاب	3.05	0.106	0.08	27.76	9.03
حوض وادي خرص	4.27	0.171	0.10	22.57	3.57
المتوسط	6.03	0.21	0.20	31.52	5.28

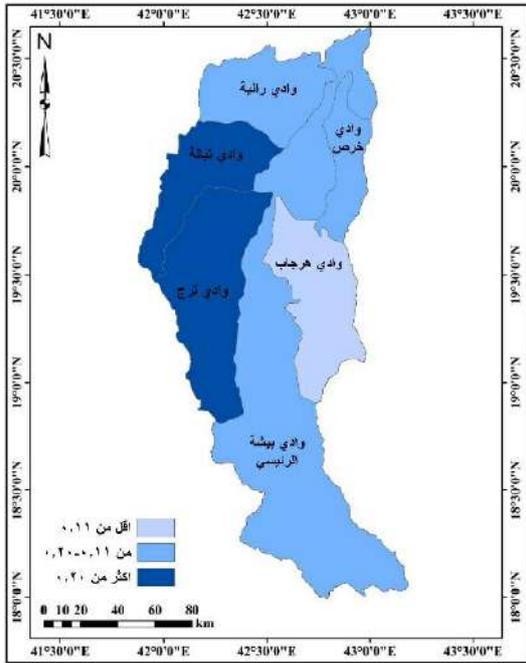
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS)

بلغ متوسط نسبة التضرس في أحواض التصريف في وادي بيشة (6.03 م/كم)، حيث تراوحت بين (3.05 م/كم) لحوض وادي هرجاب، و(10.22 م/كم) لحوض وادي تراج، ويوضح جدول رقم (3) والشكل رقم (10) تباين أحواض التصريف بمنطقة الدراسة في نسبة التضرس، وبلغ متوسط التضاريس النسبية في أحواض التصريف في وادي بيشة (0.21)، حيث تراوحت بين (0.106) لحوض وادي هرجاب، و(0.365) لحوض وادي تراج، ويوضح جدول رقم (3) والشكل رقم (11) اختلاف قيم التضاريس النسبية في أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، حيث بلغ متوسط درجة الوعورة في أحواض التصريف في وادي بيشة (0.20)، تتراوح بين (0.08) لحوض وادي رانية ووادي هرجاب، و(0.45) لحوض وادي بيشة الرئيس، ويوضح الجدول رقم (3) والشكل رقم (12) تباين درجة الوعورة في أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، وبلغ متوسط الرقم الجيومتري في أحواض التصريف في وادي بيشة (31.52).

ويتراوح بين (16.79) لحوض وادي رانية، و(69.15) لحوض وادي بيشة الرئيس، ويوضح جدول رقم (3) والشكل رقم (13) تباين قيم الرقم الجيومتري في أحواض التصريف في منطقة الدراسة، وبلغ متوسط قيمة التكامل الهيسومتري في أحواض التصريف في وادي بيشة (5.28)، يتراوح بين (3.32) لحوض وادي ترح، و(9.03) لحوض وادي هرجاب، كما يوضح جدول رقم (3) تباين أحواض التصريف في وادي بيشة.

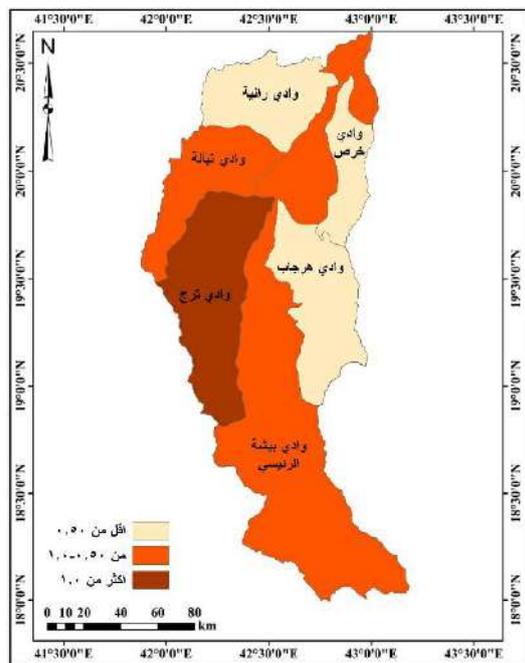
ثانيًا-التحليل المورفومتري لشبكات التصريف في وادي بيشة:

يتضح تأثير الخصائص المورفومترية في تعديل الشكل العام لشبكات التصريف المائية في أحواض التصريف، كما تلقي الضوء على النشاط التحتي والمرحلة التطورية لأحواض التصريف، فضلا عن تأثيراتها على حجم التصريف المائي وبالتالي درجة خطورة السيول التي يمكن أن تحدث، حيث تتأثر شبكات التصريف المائي بالخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية لأحواض التصريف مع ثبات عوامل المناخ والنبات الطبيعي (Alkhuraji, et al., 2020, p.137). فسرعة استجابة الجريان المائي السطحي ووصوله إلى ذروة التصريف يعد انعكاسًا لمدى تطور شبكة التصريف، وعلى العكس من ذلك فإن تأخر زمن الاستجابة لذروة التصريف يشير إلى عدم اكتمال تطور شبكة التصريف، وفي هذا السياق فإن طول المجرى الرئيس له الأثر الأكبر في تحديد ذروة التصريف المائي إذا ما اقترن بزيادة انحدار المجرى الرئيس (البارودي، 2012، ص13).



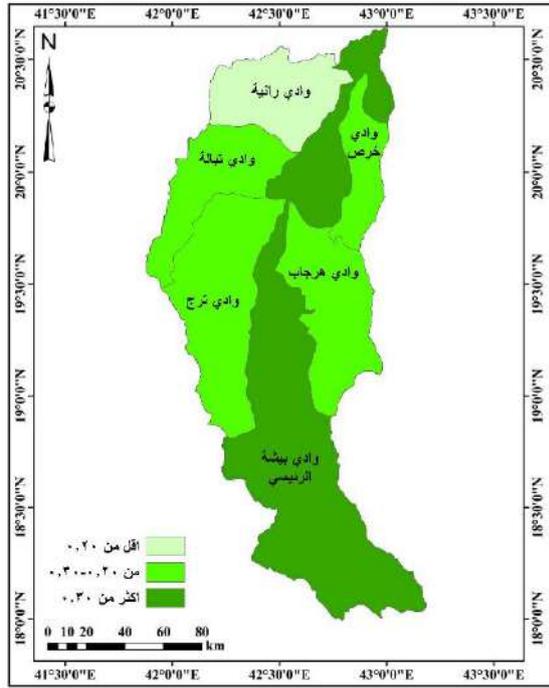
شكل رقم (11) تصنيف التضاريس النسبية لأحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



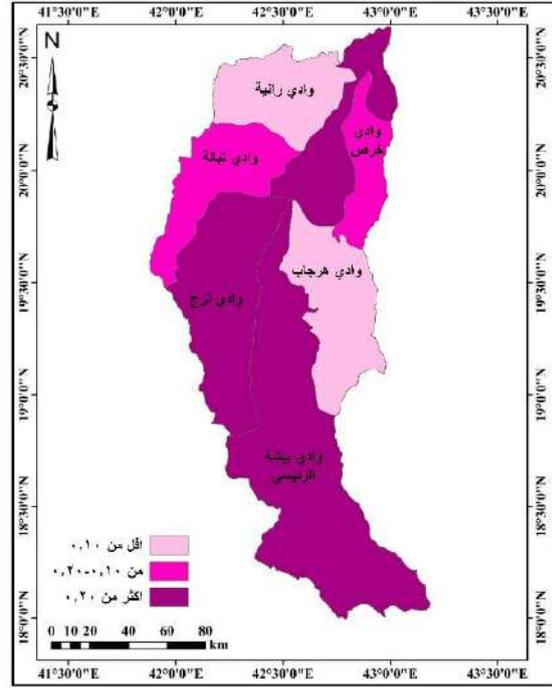
شكل رقم (10) تصنيف نسبة التضاريس لأحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



شكل رقم (13) تصنيف الرقم الجيومترى لأحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



شكل رقم (12) تصنيف درجة الوعورة لأحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).

جدول رقم (4) الخصائص التصريفية لأحواض التصريف في وادي بيشة

اسم الحوض	كثافة التصريف (كم ² /كم ²)	تكرار المجاري (مجرى / كم ²)	معدل بقاء المجاري (كم ² /كم ²)	معدل النسيج (مجرى/كم)
وادي بيشة الرئيس	0.22	0.03	4.50	0.28
حوض وادي رانية	0.23	0.03	4.40	0.31
حوض وادي تباله	0.25	0.03	4.05	0.24
حوض وادي ترح	0.22	0.03	4.55	0.39
حوض وادي هرجاب	0.24	0.03	4.13	0.30
حوض وادي خرص	0.24	0.04	4.15	0.21
المتوسط	0.23	0.03	4.30	0.29

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS)

لقد بلغ مجموع أعداد مجاري الأودية في أحواض التصريف في وادي بيشة (728) مجرى، ويؤثر عامل مساحة أحواض التصريف بشكل أساسي في أعداد المجاري المائية، بالإضافة إلى مجموعة من العوامل الأخرى مثل: (الخصائص التضاريسية، نوعية التكوينات الصخرية، كثافة الصدوع والفواصل)، وتأثيراتها على أنماط التصريف وشكل الأحواض (خطاب ومحسوب، 2020، ص40)، وبلغ مجموع أطوال مجاري الأودية في أحواض التصريف في وادي بيشة (5581.6 كم)، وتتباين أطوال مجاري الأودية في أحواض التصريف كما يوضحه الشكل رقم (15)، فقد بلغ متوسط نسبة التفرع في أحواض التصريف في وادي بيشة (4.2)، وتراوح القيم بين (3.7) لحوض وادي خرص، و(4.8) لحوض وادي ترح، وبلغ متوسط كثافة التصريف في أحواض التصريف في وادي بيشة (0.23)

كم/كم²)، وتراوح بين (0.22 كم/كم²) في حوض وادي بيشة الرئيس وحوض وادي ترج، و(0.25 كم/كم²) في حوض وادي تباله، وهي قيم منخفضة تشير إلى انخفاض كثافة التصريف في أودية وادي بيشة بسبب زيادة أطوال مجاري الأودية بالنسبة إلى مساحة أحواض التصريف، وبلغ متوسط تكرار المجاري في أحواض التصريف في وادي بيشة (0.03 مجرى/كم²)، وتراوح بين (0.03 مجرى/كم²) لأحواض أودية بيشة الرئيس ورانية وتباله وترج وهرجاب، و(0.04 مجرى/كم²) لحوض وادي خرص، ويتضح من الجدول رقم (4) والشكل رقم (16) تباين تكرار المجاري في أحواض التصريف بوادي بيشة، وبلغ متوسط معدل بقاء المجاري في أحواض التصريف في وادي بيشة (4.30 كم²/كم)، بمعنى أن كل كيلومتر واحد من أطوال مجاري الأودية تغذيها مساحة تبلغ (4.30 كم²). وقد تراوحت القيم بين (4.05 كم²/كم) لحوض وادي تباله، و(4.55 كم²/كم) لحوض وادي ترج، ويتضح من الجدول رقم (4) تباين معدل بقاء المجاري في أحواض التصريف بوادي بيشة، وبلغ متوسط معدل النسيج الطبوغرافي في أحواض التصريف في وادي بيشة (0.29 مجرى/كم)، وتراوحت القيم بين (0.21 مجرى/كم) لحوض وادي خرص، و(0.39 مجرى/كم) لحوض وادي ترج، ويتضح من الجدول رقم (4) تباين معدل النسيج الطبوغرافي في أحواض التصريف.

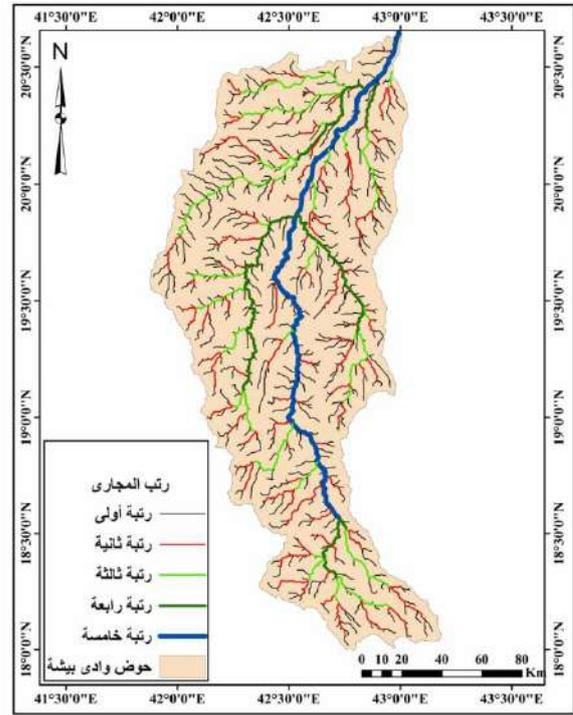
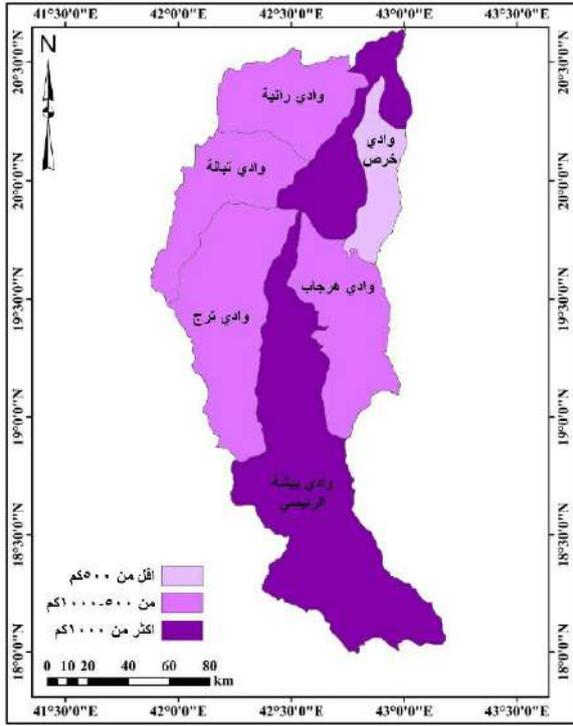
ثالثاً- التحليل الهيدرولوجي لأحواض التصريف في وادي بيشة:

تعتبر الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف من أهم المؤشرات التي تدل على تأثير العوامل المناخية وخصائص أحواض التصريف في حجم الموارد المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما أنها تمثل المحددات الأساسية لتقدير درجات الخطورة للسيول التي تحدث داخل أحواض التصريف (الخرجي، 2016، ص41)، لذلك يعتمد التحليل الهيدرولوجي لأحواض التصريف على دراسة العديد من المتغيرات الهيدرولوجية ذات الصلة المباشرة بعملية الجريان المائي وتكوين السيول في أحواض التصريف؛ وذلك بسبب صعوبة وصف الظروف الهيدرولوجية في أحواض تصريف في المناطق الجافة وشبه الجافة بالدقة الكبيرة، حتى يمكن التعرف إلى كميات المياه المتجمعة في مجاري الأودية، التي يمكن تفادي أخطار السيول التي تحدث بها من ناحية، والاستفادة منها في النواحي البشرية من نواحٍ أخرى (عبدالله، 2017، ص164).

جدول رقم (5) زمن التباطؤ والتركيز لأحواض التصريف (دقيقة) في وادي بيشة

حوض التصريف	زمن التباطؤ	زمن التركيز	حجم التصريف المائي (مليون م ³)	حجم السريان المائي (م ³ ، ث)	حجم التصريف المائي (ساعة)	سرعة الجريان المائي (كم/ساعة)
وادي بيشة الرئيس	1098.39	1830.64	6228.17	111.4	16.3843	0.170
حوض وادي رانية	937.30	1562.17	1728.16	31.4	6.0988	0.047
حوض وادي تباله	725.06	1208.44	1737.29	40.8	6.5397	0.084
حوض وادي ترج	707.53	1179.21	2801.34	71.2	6.9159	0.108
حوض وادي هرجاب	1194.04	1990.06	2118.64	30.9	10.1181	0.058
حوض وادي خرص	820.46	1367.44	1034.66	20.3	7.6218	0.069
المتوسط	913.80	1522.99	2608.0	51.0	8.946	0.089

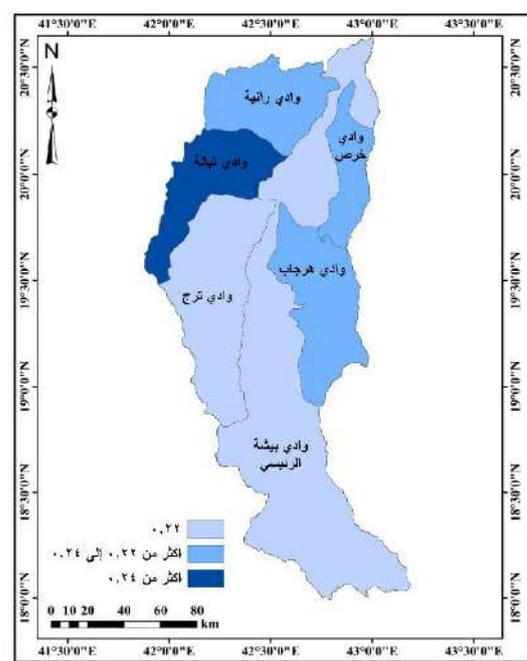
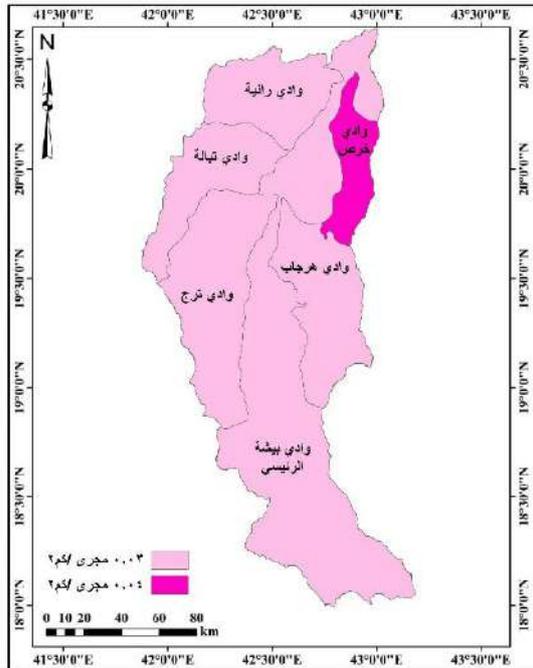
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS)



شكل رقم (14) تصنيف شبكة التصريف في وادي بيشة شكل رقم (15) تصنيف أطوال المجاري لأحواض التصريف في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



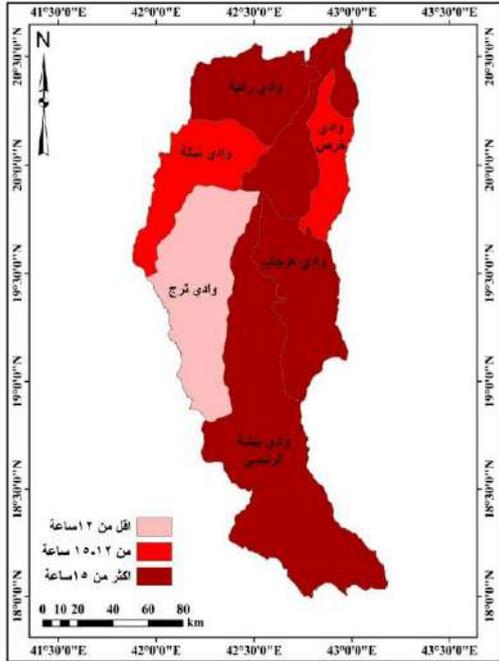
شكل رقم (16) تصنيف كثافة التصريف لأحواض التصريف في وادي بيشة

شكل رقم (17) تصنيف تكرار المجاري لأحواض التصريف في وادي بيشة

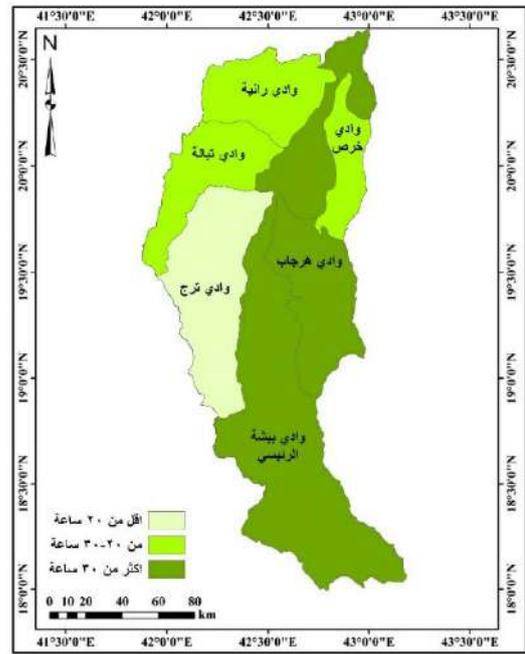
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).

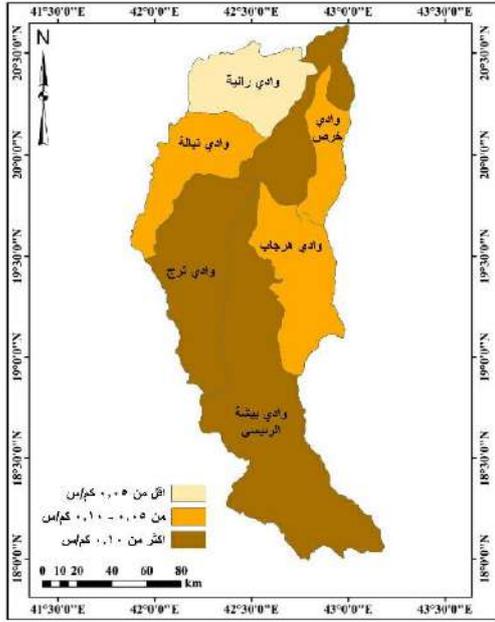
إنّ متوسط زمن التركيز في أحواض التصريف في وادي بيشة قد بلغ (25.4) ساعة، منذ بدء توالد الجريان المائي السطحي وحتى وصوله إلى منطقة المصب؛ تتراوح بين (19.7) ساعة لحوض وادي ترج، و(33.3) ساعة لحوض وادي هرجاب، ويوضح جدول رقم (5) والشكل رقم (18) تباين زمن التركيز في أحواض التصريف في وادي بيشة، وبلغ متوسط زمن التباطؤ في أحواض التصريف في وادي بيشة (15.2) ساعة؛ تتراوح بين (11.8) ساعة في حوض وادي ترج، و(19.9) ساعة في حوض وادي هرجاب، كما يوضح الجدول رقم (5) والشكل رقم (19) تباين زمن التباطؤ في أحواض التصريف في وادي بيشة، فقد بلغ متوسط حجم التصريف المائي في أحواض التصريف في وادي بيشة (2608.0 مليون م³)، حيث تتراوح بين (1034.66 مليون م³) لحوض وادي خرص، و(6228.17 مليون م³) لحوض وادي بيشة الرئيس، ويوضح جدول رقم (5) والشكل رقم (20) تباين حجم التصريف المائي في أحواض التصريف في وادي بيشة، حيث بلغ متوسط حجم السريان المائي في أحواض التصريف في وادي بيشة (51 م³/ث): تراوحت القيم بين (20.3 م³/ث) في حوض وادي خرص، و(111.4 م³/ث) في حوض وادي بيشة الرئيس، ويوضح جدول رقم (5) تباين حجم السريان المائي في أحواض التصريف في وادي بيشة؛ فبلغ متوسط زمن التصريف المائي في أحواض التصريف في وادي بيشة (8.946) ساعة، ويوضح جدول رقم (5) تباين زمن التصريف المائي في أحواض التصريف في وادي بيشة، حيث تراوحت القيم بين (6.099) ساعة في حوض وادي رانية، و(16.38) ساعة في حوض وادي بيشة الرئيس، وبلغ متوسط سرعة الجريان المائي في أحواض التصريف في وادي بيشة (0.089 كم/س)، وتتراوح القيم بين (0.047 كم/س) لحوض وادي رانية، و(0.17 كم/ص) لحوض وادي بيشة الرئيس، ويوضح الجدول رقم (5) والشكل رقم (21) تباين سرعة الجريان المائي في أحواض التصريف في وادي بيشة.



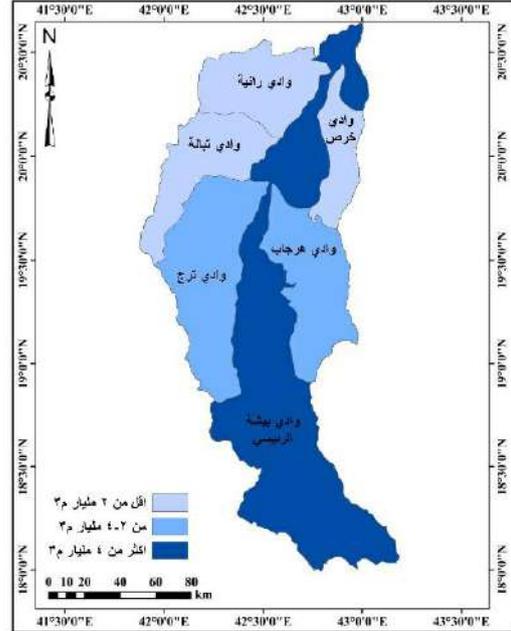
شكل رقم (19) تصنيف زمن التباطؤ لأحواض التصريف في وادي بيشة
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



شكل رقم (18) تصنيف زمن التركيز لأحواض التصريف في وادي بيشة
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



شكل رقم (21) تصنيف سرعة الجريان لأحواض التصريف في وادي بيشة
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).



شكل رقم (20) تصنيف حجم التصريف لأحواض التصريف في وادي بيشة
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).

المبحث الثالث-العلاقات الارتباطية بين المتغيرات الهيدرولوجية في وادي بيشة:

للتعرف إلى أخطار السيول في الأحواض الفرعية في وادي بيشة لابد من دراسة العلاقات الارتباطية بين المتغيرات الهيدرولوجية لأحواض التصريف وشبكاتها في وادي بيشة، حيث تم إعداد أربع مصفوفات لدراسة المعاملات الارتباطية بين متغيرات أحواض التصريف، وشبكات التصريف، ومصفوفة المعاملات الارتباطية بين المتغيرات الهيدرولوجية، تمهيدا لإجراء التحليل العاملي لتحديد العوامل التي تؤثر في متغيرات أحواض وشبكات التصريف في وادي بيشة، وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي (24.SPSS. Ver).

1- العلاقات الارتباطية بين متغيرات أحواض التصريف في وادي بيشة:

تم إعداد مصفوفة المعاملات الارتباطية بين (13) متغيراً لأحواض التصريف في وادي بيشة، شملت كلا من المتغيرات: الشكلية (8 متغيرات)، والتضاريسية (3 متغيرات)، عند مستوى الدلالة (0.01، 0.05)، حيث يتضح في الجدول رقم (6) الآتي:

جدول رقم (6) العلاقات الارتباطية بين متغيرات أحواض التصريف في وادي ببشة

		المساحة	الطول	العرض	المحيط	الاستطالة	الاستدارة	الشكل	الانبعاث	التضرس	التضاريس	الوعورة	الجيومتري	الهبسومتري
المساحة	Correlation	1	.980	.503	.986	-.581	-.777	-.493	.752	.262	.120	.907	.970	.002
	Sig. (2-tailed)		.001		.000	.069	.321	.085	.616	.821	.013	.001	.997	
الطول	Correlation		1	.323	.995	-.724	-.885	-.643	.866	-.186	.066	.892	.998	-.055
	Sig. (2-tailed)			.532	.000	.104	.019	.169	.026	.724	.901	.017	.000	.918
العرض	Correlation			1	.382	.398	.133	.473	-.178	.404	.234	.432	.287	.249
	Sig. (2-tailed)				.455	.435	.802	.344	.735	.426	.656	.392	.581	.634
المحيط	Correlation				1	-.667	-.858	-.577	.834	.166	.030	.879	.993	-.014
	Sig. (2-tailed)					.148	.029	.230	.039	.754	.955	.021	.000	.979
الاستطالة	Correlation					1	.934	.991	-.937	-.015	-.035	-.597	-.747	.303
	Sig. (2-tailed)						.006	.000	.006	.978	.947	.211	.088	.560
الاستدارة	Correlation						1	.887	-.974	.002	.058	-.721	-.906	.176
	Sig. (2-tailed)							.018	.001	.998	.914	.106	.013	.739
الشكل	Correlation							1	-.883	-.040	-.082	-.542	-.668	.345
	Sig. (2-tailed)								.020	.940	.877	.267	.147	.503
الانبعاث	Correlation								1	-.016	-.055	.702	.878	-.228
	Sig. (2-tailed)									.976	.918	.120	.021	.664
التضرس	Correlation									1	.977	.609	.158	-.704
	Sig. (2-tailed)										.001	.200	.765	.119
التضاريس	Correlation										1	.501	.040	-.761
	Sig. (2-tailed)											.311	.940	.079
الوعورة	Correlation											1	.878	-.391
	Sig. (2-tailed)												.022	.443
الجيومتري	Correlation												1	-.047
	Sig. (2-tailed)													.929
الهبسومتري	Correlation													1
	Sig. (2-tailed)													

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS)

أ- العلاقات الارتباطية القوية (أكثر من 0.5): ظهرت مجموعة من العلاقات الطردية ذات معاملات الارتباط القوية بين المتغيرات الشكلية لأحواض التصريف في وادي ببشة عند مستوى الدلالة (0.01)، وتضمنت العلاقات بين المساحة الحوضية والطول الحوضي (0.980)، وبين المساحة والعرض (0.503)، وبين المساحة والمحيط (0.986)، مما يشير إلى أنه كلما زادت المساحة زادت أبعاد أحواض التصريف، كما ظهرت العلاقات بين أبعاد أحواض التصريف الطردية ذات الارتباط القوي؛ حيث بلغت بين الطول والمحيط (0.995)، كما ظهرت معاملات الارتباط القوية بين مساحة أحواض التصريف والرقم الجيومتري (0.970)، وبين المساحة ودرجة الوعورة (0.907)، مما يشير إلى أنه كلما زادت مساحة أحواض التصريف؛ تقدمت الأحواض في دورتها الجيومورفولوجية.

وظهرت مجموعة من العلاقات العكسية ذات معاملات الارتباط القوية خاصة بين المساحة ونسبة الاستدارة (-0.777)، وبين المحيط ونسبة الاستدارة (-0.858)، وبين الطول ونسبة الاستدارة (-0.885)، كما تظهر علاقات عكسية ذات معاملات ارتباط قوية بين نسبة الاستدارة ومعامل الانبعاث (-0.974)، وبين معامل الشكل ومعامل الانبعاث (-0.883)، مما يشير إلى أنه كلما انخفضت نسبة الاستدارة؛ زادت نسبة عدم التناسق في الشكل العام وزيادة تعرجات خطوط تقسيم المياه في الأحواض الكبيرة المساحة.

ب- العلاقات الارتباطية الضعيفة (أقل من 0.5): توجد مجموعة من العلاقات الطردية ذات معاملات الارتباط الضعيفة، حيث كانت العلاقة طردية ضعيفة بين المساحة والتضاريس النسبية (0.262)، وبين الطول والتضاريس النسبية (0.066)، وبين العرض والتضاريس النسبية (0.234)، وكذلك كانت العلاقة طردية ضعيفة بين العرض والرقم الجيومتري (0.287)، وبين نسبة الاستطالة والتكامل الهبسومتري (0.303).

وظهرت بعض العلاقات العكسية ذات معاملات الارتباط الضعيفة بين معامل الانبعاث والتكامل الهيسومتري (-0.228)، وبين المحيط والتكامل الهيسومتري (-0.014)، وبين الرقم الجيومتري والتكامل الهيسومتري (-0.047).

2- العلاقات الارتباطية بين متغيرات شبكات التصريف في وادي بيشة:

تم دراسة مصفوفة المعاملات الارتباطية بين سبعة متغيرات لشبكات التصريف في وادي بيشة يوضحها الجدول رقم (7) الآتي:

جدول رقم (7) العلاقات الارتباطية بين متغيرات شبكات التصريف في وادي بيشة

	احداد	اطوال	الفرع	الكثافة	التكرار	البقاء	النسيج
احداد Pearson Correlation	1	.995**	.304	-.710	-.399	.648	.264
Sig. (2-tailed)		.000	.558	.114	.433	.164	.614
اطوال Pearson Correlation		1	.252	-.642	-.403	.580	.185
Sig. (2-tailed)			.631	.169	.428	.228	.726
الفرع Pearson Correlation			1	-.376	-.692	.420	.808
Sig. (2-tailed)				.462	.127	.407	.052
الكثافة Pearson Correlation				1	.270	-.981**	-.679
Sig. (2-tailed)					.605	.001	.138
التكرار Pearson Correlation					1	-.338	-.615
Sig. (2-tailed)						.513	.194
البقاء Pearson Correlation						1	.719
Sig. (2-tailed)							.107
النسيج Pearson Correlation							1
Sig. (2-tailed)							

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

أ- العلاقات الارتباطية القوية (أكثر من 0.5): ظهرت مجموعة العلاقات الطردية ذات معاملات الارتباط القوية بين أعداد المجاري المائية في أحواض التصريف وأطوال المجاري المائية (0.995)، وبين أعداد المجاري المائية ومعدل بقاء المجاري (0.648)، وبين النسيج الطبوغرافي ونسبة التفرع (0.808)، وبين معدل البقاء للمجاري والنسيج الطبوغرافي (0.719)، كما توجد بعض العلاقات العكسية ذات معاملات الارتباط القوية بين أعداد المجاري وكثافة التصريف (-0.710)، وبين نسبة التفرع وتكرار المجاري (-0.692)، وبين كثافة التصريف ومعدل بقاء المجاري (-0.981)، وبين كثافة التصريف والنسيج الطبوغرافي (-0.679).

ب- العلاقات الارتباطية الضعيفة (أقل من 0.5): ظهرت مجموعة من العلاقات الطردية الضعيفة بين أعداد المجاري مع نسبة التفرع (0.304)، وبين أعداد المجاري والنسيج الطبوغرافي (0.264)، وبين أطوال المجاري ونسبة التفرع (0.252)، بينما توجد مجموعة من العلاقات العكسية الضعيفة بين أطوال المجاري وتكرار المجاري (-0.403)، وبين تكرار المجاري ومعدل بقاء المجاري (-0.338).

3- العلاقات الارتباطية بين المتغيرات الهيدرولوجية لأحواض التصريف في وادي بيشة:

تم دراسة مصفوفة المعاملات الارتباطية بين المتغيرات الهيدرولوجية لأحواض التصريف في وادي بيشة، شملت خمسة متغيرات هيدرولوجية لأحواض التصريف، يوضح الجدول رقم (8) النتائج الآتية:

جدول رقم (8) العلاقات الارتباطية بين المتغيرات الهيدرولوجية لأحواض التصريف في وادي بيشة

	التركيز	التباطؤ	التصريف	السرطان	السرعة
التركيز	1	1.000**	.419	.165	.093
Pearson Correlation					
Sig. (2-tailed)		.000	.408	.754	.861
التباطؤ		1	.419	.165	.093
Pearson Correlation					
Sig. (2-tailed)			.408	.754	.861
التصريف			1	.959**	.920**
Pearson Correlation					
Sig. (2-tailed)				.003	.009
السرطان				1	.959**
Pearson Correlation					
Sig. (2-tailed)					.002
السرعة					1
Pearson Correlation					
Sig. (2-tailed)					

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام البرنامج الإحصائي (24.SPSS. Ver)

- أ- العلاقات الارتباطية القوية (أكبر من 0.5): ظهرت مجموعة من العلاقات الطردية ذات معاملات الارتباط القوية بين حجم التصريف المائي وحجم السرطان المائي (0.959)، وبين حجم التصريف المائي وسرعة الجريان المائي (0.920)
- ب- العلاقات الارتباطية الضعيفة (أقل من 0.5): ظهرت مجموعة من العلاقات ذات معاملات الارتباط الضعيفة التي تخضع لظروف محلية خاصة من البنية والتكوينات الجيولوجية بين زمن التركيز وحجم التصريف المائي (0.419)، وبين زمن التباطؤ وحجم السرطان المائي (0.165)، وبين زمن التركيز وسرعة الجريان (0.093).

المبحث الرابع-التحليل العاملي للمتغيرات الهيدرولوجية في وادي بيشة:

تفيد دراسة التحليل العاملي (Factor Analysis) للمتغيرات الهيدرولوجية في حوض وادي بيشة بعد دراسة العلاقات الارتباطية بينها في تكثيف واختزال هذه المتغيرات، التي بلغت (25) متغيراً، وتقسيمها إلى عدد من المجموعات التي يطلق على كل مجموعة منها اسم العامل (Factor)، بهدف تحديد العوامل الأساسية التي تؤثر في حدوث السيول في وادي بيشة؛ اعتماداً على أسلوب تحليل المكونات الأساسية (Principal Components Analysis) باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS)، ويعتبر هذا الأسلوب هو الأكثر شيوعاً في الدراسات الجغرافية؛ لأنه الأكثر ملاءمة لطبيعة المشكلات الجغرافية بما تتضمنه من عشرات المتغيرات ومئات الحالات، وقد تم إتباع الخطوات الآتية (المعداوي، 2020، ص 377):

1. إعداد قاعدة البيانات الأساسية التي تشتمل على (25) متغيراً من المتغيرات الهيدرولوجية، التي تتضمن: (متغيرات أحواض التصريف، ومتغيرات شبكات التصريف، والمتغيرات الهيدرولوجية لأحواض التصريف).
2. قياس درجة العلاقات الارتباطية بين مجموع المتغيرات الهيدرولوجية عن طريق إعداد مصفوفة العلاقات الارتباطية (Correlation Matrix)، واختبار مدى قوة العلاقات الارتباطية عند مستوى الدلالة (0.01، 0.05).
3. حساب قيم الجذور الكامنة (Eigen Value)، وتحديد العوامل الرئيسة المعتمدة على الجذور الكامنة التي تساوى أو تزيد عن الواحد الصحيح، أو حسب أهميتها، وتعتمد هذه الأهمية على نسبة التباين المفسر (Variance) التي يجب ألا تقل عن (5%).

4. تحديد قيم التشعب للمتغيرات (Factor Loading)، وهي القيم التي تمثل مقدار الارتباط بين المتغيرات الأصلية والمتغيرات المشتقة، وعلى أساس هذه القيم يتم تحديد وتسمية العوامل الرئيسية التي تتبعها المتغيرات الأصلية، والدلالة الإحصائية للتشعب على العوامل هي (0.5) بغض النظر عن الإشارة.
5. تحديد وتسمية العوامل الرئيسية على أساس اختبار المتغيرات ذات القيم العالية في العلاقة العملية، ودمج المتغيرات تحت اسم عامل واحد مناسب لها.

ويوضح الجدول رقم (9) المصفوفة العملية لمتغيرات أحواض وشبكات التصريف وهيدرولوجية الأحواض في وادي بيشة، حيث يتبين ظهور ثلاثة عوامل أساسية تؤثر في حدوث السيول في وادي بيشة، وقد تم تسمية العامل الأول: "المتغيرات المورفومترية لأحواض التصريف"، والعامل الثاني: "المتغيرات الهيدرولوجية لأحواض التصريف"، والعامل الثالث: "المتغيرات المورفومترية لشبكات التصريف"، وتفسر هذه العوامل الثلاثة (90.5%) من تباين البيانات في المتغيرات المؤثرة على حدوث السيول في وادي بيشة على النحو الآتي:

جدول رقم (9) المصفوفة العملية للمتغيرات الهيدرولوجية المورفومترية في حوض وادي بيشة

المتغيرات	العامل الأول	العامل الثاني	العامل الثالث	اسم العامل المؤثر
أعداد المجاري	0.957	0.0746	0.177	المتغيرات المورفومترية لأحواض التصريف
العرض الحوضي	0.953	0.139	0.239	
المحيط الحوضي	0.951	0.106	0.267	
أطول المجاري	0.949	0.077	0.202	
المساحة الحوضية	0.928	0.090	0.224	
الطول الحوضي	0.928	0.208	0.285	
الرقم الجيومتري	0.927	0.315	0.130	
التكامل الهيسومتري	0.923	0.113	0.255	
النسيج الطبوغرافي	0.913	0.303	0.032	
التضاريس النسبية	0.639	0.291	0.574	المتغيرات الهيدرولوجية
زمن التركيز	0.202	0.959	0.005	
زمن التباطؤ	0.197	0.930	0.066	
حجم التصريف	0.279	0.908	0.099	
حجم السريان	0.179	0.896	0.077	
سرعة الجريان	0.393	0.856	0.163	المتغيرات المورفومترية لشبكات التصريف
كثافة التصريف	0.331	0.069	0.897	
نسبة التفرع	0.180	0.165	0.858	
بقاء المجاري	0.498	0.045	0.810	
تكرار المجاري	0.451	0.122	0.789	
درجة الوعورة	0.403	0.284	0.783	
انحدار المجاري	0.594	0.364	0.631	
نسبة التضرس	0.574	0.357	0.621	المتغيرات المورفومترية لشبكات التصريف
الجذر الكامن	13.133	6.513	2.986	
التباين المفسر %	52.533	26.052	11.944	
النسبة التراكمية %	52.533	78.585	90.529	

المصدر: من إعداد الباحثة في التحليل الإحصائي باستخدام برنامج (SPSS)، (وبالاحظ تجاهل الإشارة السالبة)

1. العامل الأول: يطلق عليه "عامل المتغيرات المورفومترية لأحواض التصريف"، وقد بلغت قيمة الجذر الكامن لهذه المتغيرات (13.1)، وهو أكثر العوامل تأثيراً في حدوث السيول، حيث تبلغ نسبة التباين العاملي المفسر لهذا العامل (52.5%)، أي أنه هو المسؤول عن أكثر من نصف تباين المتغيرات بنسبة (52.5%)، وقد استقطب العامل (10) متغيرات، وتتراوح قيم تشعبها بين (0.639 - 0.957)، وهي حسب قيم التشعب على الترتيب الآتي: (أعداد المجاري، العرض الحوضي، المحيط الحوضي، أطوال المجاري، المساحة الحوضية، الطول الحوضي، الرقم الجيومتري، التكامل الهيسومتري، النسيج الطبوغرافي، التضاريس النسبية)، ويتضح من المصفوفة العاملية أن هذه المتغيرات ذات ارتباط طردي قوى ببعضها البعض، ويلاحظ أن تسعة متغيرات ترتبط بالأبعاد الحوضية، أما المتغيرين الآخرين وهما (أعداد المجاري، أطوالها) فإن وجودهما ضمن هذا العامل يظهر ارتباطهما بمساحة أحواض التصريف وأبعادهما.
2. العامل الثاني: يطلق عليه "عامل المتغيرات الهيدرولوجية"، وقد بلغت قيمة الجذر الكامن فيه (6.5)، بينما بلغت نسبة التباين العاملي المفسر لهذا العامل نحو (26.1%)، بمعنى أنه هو المسؤول عن نحو ربع تباين المتغيرات المؤثرة في حدوث السيول، ويفسر مع العامل الأول نحو أربعة أخماس التباين في المتغيرات بنسبة (78.6%) المؤثرة في حدوث السيول، وقد استقطب العامل خمسة متغيرات، تتراوح قيم تشعبها بين (0.856 - 0.959)، وهي حسب قيم التشعب على الترتيب الآتي: (زمن التركيز، زمن التباطؤ، حجم التصريف، حجم السريان، سرعة الجريان)، ويلاحظ أن هذه المتغيرات ذات ارتباط بقياس خصائص التدفق المائي السيلي في أحواض التصريف.
3. العامل الثالث: يطلق عليه "المتغيرات المورفومترية للشبكات"، وقد بلغت قيمة الجذر الكامن فيه (2.9)، بينما بلغت نسبة التباين العاملي المفسر للعامل نحو (11.9%) من المتغيرات المؤثرة في حدوث السيول، وبذلك تفسر العوامل الثلاثة السابقة (90.5%) من التباين في بيانات المتغيرات المؤثرة في حدوث السيول، وقد استقطب العامل سبعة متغيرات، تتراوح قيم تشعبها بين (0.621 - 0.897)، وحسب قيم التشعب تكون على الترتيب الآتي: (كثافة التصريف، نسبة التفرع، معدل بقاء المجاري، تكرار المجاري، درجة الوعورة، انحدار المجاري، نسبة التضرس)، ويلاحظ أن خمسة من هذه المتغيرات تتعلق بشبكات التصريف، وهي ذات ارتباط طردي قوى باستثناء معدل بقاء المجاري الذي يظهر علاقة عكسية.

نتائج الدراسة:

- 1- النتائج (تصنيف المناطق المعرضة لأخطار السيول في وادي بيشة):
تُعرف النمذجة الهيدرولوجية لأحواض التصريف بأنها عملية محاكاة لعمليات الجريان المائي السطحي التي تحدث في أحواض التصريف منذ بداية حدوث التساقط المطري وحتى انتهاء الجريان السطحي، ويسبب التعقيد الكبير في النظم الهيدرولوجية إلى صعوبة وصف ودراسة الخصائص الفعلية للعمليات الهيدرولوجية في الطبيعة؛ فضلاً عن صعوبة القياسات الحقلية. (Tulu, 2005, p.9)
وتعتبر دراسة مخاطر السيول من المجالات التطبيقية المهمة للدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية، التي تتطلب توفير كم كبير ومتنوع من البيانات والمعلومات، حيث مرت دراسة مخاطر السيول بتطورات تقنية كبيرة،

ارتبطت بمدى توفر وتنوع مصادر البيانات في ظل التطورات التقنية في نظم المعلومات الجغرافية، وتقنيات الاستشعار عن بعد وتوظيفها في النماذج الهيدرولوجية التي تفيد في نمذجة مخاطر السيول بدقة عالية، وتقدير كميات الفواقد، وصافي الجريان المائي، ورصد القنوات المائية النشطة للسيول، وكذلك في تحديد المناطق المتوقع ضررها من حدوث السيول، مما يساعد في درء خطر السيول والاستفادة من مياهها. (خطاب وسليم، 2021، ص2).

وتقوم فكرة تقدير مخاطر السيول في أحواض التصريف في المناطق الجافة وشبه الجافة على التحليل المورفومتري والهيدرولوجي لشبكات التصريف، حيث يعتبر تحديد أحواض التصريف المائي وشبكاتها الخطوة الأولى في دراسات إدارة الموارد الطبيعية والمائية، بالمقارنة مع المسح الميداني والملاحظات البصرية من الصور الجوية أو الخرائط الطبوغرافية، حيث يعد الإنتاج الآلي لشبكات التصريف المائية من نماذج الارتفاع الرقمية (DEMs) وسيلة فاعلة ومهمة ودقيقة (Chakraborty, et.al., 2018, p.113)، خاصة بعد الانتشار الواسع في السنوات الأخيرة لاستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في التحليل المورفومتري والهيدرولوجي كأدوات فعالة لا سيما في المناطق البعيدة. (Bhunia, et.al., 2012, p.350).

وتتأثر أخطار السيول بعدة عوامل منها: (حجم أحواض التصريف المائية، مساحة المناطق التي تتعرض لتساقط الأمطار، بالإضافة إلى الظروف المناخية السائدة من حيث كمية المطر وموسميته، بينما العامل الأكثر أهمية هو طبوغرافية سطح الأرض، فكلما زادت المنحدرات انخفضت فرصة التبخر والتسرب إلى باطن الأرض، وبالتالي زادت سرعة الجريان المائي السطحي بتأثير الجاذبية الأرضية التي سببت الجريان المائي (الجنابي، 2016، ص69)، بالإضافة إلى تأثير البنية الجيولوجية والتركيبية لأحواض التصريف، حيث إن التراكيب الجيولوجية تؤثر على اتجاهات شبكة التصريف وأنماطها، بينما تؤثر التكوينات الجيولوجية بالتباين النوعي والكمي للمياه الجوفية من حيث نوع المكونات الصخرية، حيث إن لمسامية الصخور أثرها الواضح، فكلما انخفضت أدى ذلك إلى انخفاض تسرب الماء إلى باطن الأرض؛ وبالتالي زاد الجريان السطحي والعكس بالعكس (المحمد، 2010، ص116).

توجد العديد من الطرق التي تستخدم لتصنيف درجات الخطورة في أحواض التصريف، ومنها طريقة النموذج الجيواحصائي لتقدير درجة خطورة السيول في أحواض التصريف في المناطق الجافة وشبه الجافة، تُعرف بمدى ملاءمة ظروف أحواض التصريف لحدوث السيول بها، تبعاً للخطوات الآتية (المعداوي، 2020، ص380):

- 1- تحديد (14) متغيراً ذا علاقة مباشرة بحدوث السيول تشمل: المتغيرات المورفومترية لأحواض التصريف (المساحة، نسبة الاستطالة، نسبة الاستدارة، معامل الشكل)، والمتغيرات المورفومترية لشبكات التصريف (أطوال المجاري، نسبة التفرع، كثافة التصريف، تكرار المجاري، النسيج الطبوغرافي)، والمتغيرات الهيدرولوجية لأحواض التصريف (زمن التركيز، زمن التباطؤ، حجم التصريف، حجم السريان وسرعة الجريان).
- 2- تقسيم أحواض التصريف إلى ثلاث فئات توضح درجات الخطورة (الأولى، الثانية، الثالثة) تبعاً للمدلول الجيومورفولوجي لكل متغير من المتغيرات السابقة كلا على حدة.
- 3- حساب النسبة المئوية الأكبر عدد من المتغيرات تبعاً لدرجة الخطورة في كل حوض من أحواض التصريف، ثم تقسيم الأحواض إلى ثلاث فئات للخطورة (شديدة، متوسطة، منخفضة الخطورة).

وتصنف أحواض التصريف في وادي بيشة إلى ثلاث فئات تبعاً لدرجة خطورة السيول جدول رقم (10)

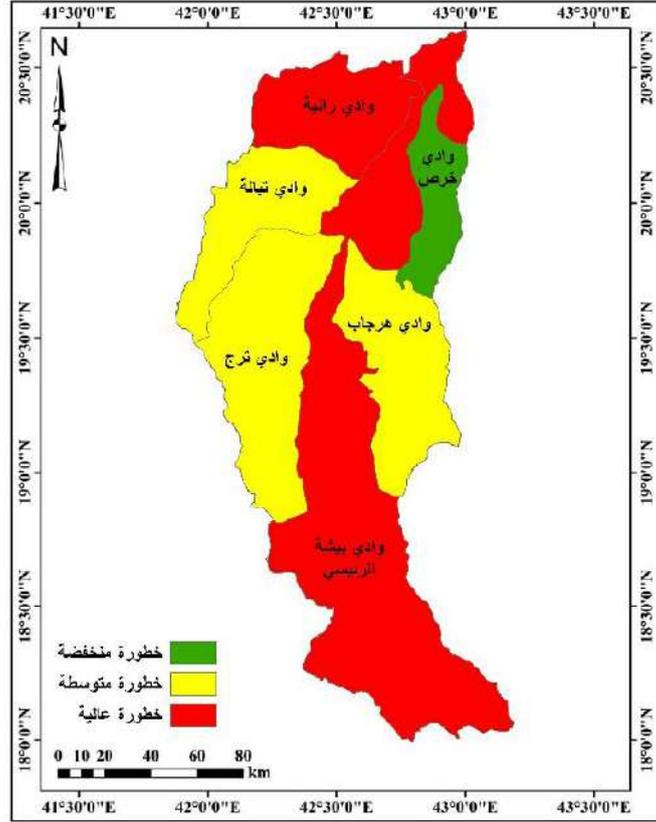
شكل رقم (22) :

جدول رقم (10) مصفوفة النموذج الجيوإحصائي لتصنيف درجة خطورة السيول في أحواض التصريف بوادي بيشة

الحوض	مساحة الحوض	نسبة الاستطالة	نسبة الاستدارة	معامل الشكل	أطول المجاري	نسبة التفرع	كثافة التصريف	تكرار المجاري	النسيج الطبوغرافي	زمن التركيز	زمن التبطل	حجم التصريف	حجم السريان	سرعة الجريان	إجمالي الحوض
بيشة	1	3	3	3	1	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1
رائية	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	3	2	3	1
تبالة	2	2	2	2	2	2	1	3	3	2	2	3	2	2	2
ترج	1	2	2	1	2	1	3	3	1	3	3	2	1	1	2
هرجاب	2	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1	2	2	2	2
خرص	3	3	2	3	3	3	2	1	3	2	2	3	3	2	3

1 - خطورة من الدرجة الأولى 2 - خطورة من الدرجة الثانية 3 - خطورة من الدرجة الثالثة

- أحواض شديدة الخطورة: تتضمن هذه الفئة أحواض التصريف التي تلائم معظم خصائصها حدوث سيول قوية من الدرجة الأولى، وهي تضم حوضين هما: حوض وادي بيشة الرئيس التي تلائم خصائصه حدوث السيول بنسبة (100%)، يليه حوض رائية بنسبة ملاءمة (90%).
- أحواض متوسطة الخطورة: تتضمن هذه الفئة أحواض التصريف التي تلائم معظم خصائصها حدوث سيول متوسطة من الدرجة الثانية، وهي تضم ثلاثة أحواض هي: (حوض وادي تبالة، حوض وادي ترج، حوض وادي هرجاب)، حيث تتراوح نسبة ملاءمة خصائصها بين (50%، 80%)، ويلاحظ أن هذه الأحواض تعد من الأحواض متوسطة المساحة، كما تزيد بها أزمنا التركز والتباطؤ لانخفاض درجة الانحدار وطول شبكتها التصريفية، مما أدى إلى زيادة الفواقد بالتبخر والتسرب وتقليل سرعة الجريان ومعدل الجريان السيلي داخل الأحواض.
- أحواض منخفضة الخطورة: تتضمن هذه الفئة حوض وادي خرص فقط، الذي يعد من أكثر الأحواض التي تلائم ظروفها حدوث سيول ضعيفة من الدرجة الثالثة، ويعزى ذلك إلى صغر مساحته الحوضية، وضيق شبكته التصريفية وقلة انحدارها، مع انخفاض كثافة التصريف وتكرار المجاري، مما يؤدي إلى تناقص نصيب الوحدة المساحية من التصريف المائي، والتقليل من فائض الجريان السطحي، وبذلك تنخفض معدلات التصريف المائي.



شكل (22) تصنيف أحواض التصريف حسب درجة خطورة السيول في وادي بيشة

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (Arc GIS).

وتشتمل نظم حصاد المياه على ثلاث مكونات رئيسية هي (الجبوري والدوري، 2020، ص 217):

1. منطقة المستجمع المائي: وهي جزء من الأرض الذي يسهم في بعض أو كامل حصة الحوض المائي من مياه الأمطار لصالح المنطقة المستهدفة الواقعة خارج حدود ذلك الجزء، ويمكن أن تكون منطقة التجمع صغيرة بحيث لا تتجاوز بضعة أمتار مربعة، أو كبيرة تصل إلى عدة كيلو مترات مربعة.
 2. منطقة التخزين: وهي المكان الذي تُحجز فيه المياه الجارية من وقت جمعها وحتى استخدامها، ويمكن أن يكون التخزين في خزانات أرضية أو تحت الأرض مثل الخزانات الجوفية أو شبه الجوفية، أو في التربة ذاتها كرطوبة تربة، أو في طبقات المياه الجوفية.
 3. المنطقة المستهدفة: وهي المنطقة التي تستخدم فيها المياه التي جرى حصادها ليتم الاستفادة منها في الإنتاج الزراعي والاستخدامات البشرية الأخرى.
- وتتم مراحل نظام حصاد المياه بثلاثة أجزاء وهي كما يأتي (الشيخ، 2006، ص 2):
1. منطقة حجز المياه (Catchment area): وهي المنطقة التي يتم تحديدها لتجميع المياه وتكون على شكل منخفضات تجميعية.
 2. وسيلة التخزين (Collection device): وهو المكان الذي تحجز به المياه من وقت جمعها وحتى استخدامها، وتختلف أحجام هذه الأماكن تبعاً لكمية الهطول المطري السنوي، وقد تكون هذه الخزانات عبارة عن حفر تحت أرضية أو منخفضات أرضية تتموضع على طبقات صخرية ذات صلابة مناسبة.

3. نظام النقل (Conveyance System): حيث تتطلب أنظمة حصاد المياه في بعض الأحيان إلى نقلها من مناطق الحجز إلى منطقة التجميع عن طريق قنوات أو أحادييد.

توصيات الدراسة:

- إنشاء مركز لرصد الخصائص الهيدرولوجيوميورفولوجية في حوض وادي بيشة، تتيح توفير البيانات الدقيقة والخرائط الرقمية للنظم الهيدرولوجية وخصائصها، وتقديمها لمتخذي القرار في الجهات المعنية.
- متابعة التصريفات الشهرية والسنوية لسد الملك فهد، وملاحظة أي تغيرات تتطراً عليها بسبب التغيرات المناخية وتذبذب سقوط الأمطار لمواجهة تناقص التصاريح في الأحواض المائية.
- استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لتوفير البيانات الأساسية لإدارة حصاد المياه في وادي بيشة، ودمجها مع نظم إدارة التربة والموارد المائية والمرعي وإدارة الأراضي الزراعية والحضرية.
- مواجهة ظاهرة التوسع العمراني العشوائي على المناطق الزراعية ومناطق المرعي الطبيعية، لا سيما حول التجمعات العمرانية في وادي بيشة الرئيس؛ للمحافظة على التربة من الانجراف وتنظيم الاستهلاك المائي من الموارد المائية.
- القيام بدراسات هيدروجيوفيزيائية لمنطقة سد الملك فهد، للتعرف على نظم الخزانات الجوفية وحركة المياه الجوفية بشكل دقيق، وتحديد وجود الحواجز التركيبية التي تؤثر في النظام الهيدرولوجي لحوض وادي بيشة.
- إجراء دراسات تفصيلية لإنشاء عدد من سدود التخزين الصغيرة على مجاري الأودية الرئيسة، التي تتميز بجريان مائي غزير للمساهمة في توفير الموارد المائية واتباع نظم حصاد المياه الحديثة.

قائمة المراجع:

أولاً-المراجع بالعربية:

- البارودي، محمد سعيد (2012) تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجرى الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية، ع48.
- البوسيفي، الصادق على (2014) خصائص الجريان السطحي لوادي الأثل ومنابعه، المجلة الليبية للدراسات، دار الزاوية للكتاب، ع5.
- الجبوري، دلي خلف حميد، والدوري، رغد سهيبي حسين (2020) التحليل الهيدرولوجي لتطبيق تقانة حصاد المياه لحوض وادي اللقلق، مجلة جامعة تكريت للعلوم الإنسانية، المجلد 27، العدد 7.
- الجنابي، بسمة علي عبد الحسين (2016) التقييم الجيومورفولوجي لمنحدرات سلسلة كاره، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية، جامعة بغداد.
- الخريجي، وفاء صالح على (2016) 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، ع434، الكويت.

- الرئيس، حسنين عبد الرزاق صالح (2021) الضوابط الجيومورفولوجية لحصاد المياه في حوض وادي دهوك بالعراق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة طنطا.
- الربيعي، سجي على بركات كندی (2021) تقييم هيدروجيومورفولوجي لحوض وادي أبو دلایة في إقليم الجزيرة لأغراض الحصاد المائي، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الأنبار.
- الساعدي، حسين كريم حمد (2020) الوديان الشرقية ما بين نهر الجباب وكلال بدرة دراسة مورفومترية، مجلة لارك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية، جامعة واسط، ع36.
- الشهراني، محمد مذكر محمد (2010) أثر شرح الموارد المائية على التنمية الزراعية في وادي بيشة بمحافظة بيشة، أهما: رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم الإنسانية، جامعة الملك خالد.
- الشيخ، عبد الملك عبد الرحمن (2006) حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة، الرياض.
- الضبيحي، مها عبد الله محمد (2020) تقييم مخاطر السيول وتخفيف حدتها لوادي الصعيد والمحبس بمدينة العمار منطقة القصيم المملكة العربية السعودية، المجلة المصرية للتغير البيئي، مج12، ع2.
- الطريفي، إنتصار أبو عاقلة (2016) الخصائص المورفومترية لحوض الدندر، مجلة كلية الآداب، جامعة النيلين، السودان، مج2، ع3.
- العميري، حصة مبارك ناصر، وعبيد، محمود عبد العزيز أبو العينين (2019) الجريان السيلي بحوض وادي السوط جنوبي غربي المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، ع468.
- القرني، سلطان عايض (2008) فاعلية إجراءات الدفاع المدني في مواجهة كوارث السيول بالمملكة العربية السعودية دراسة مسحية على منطقة عسير، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض.
- الكبيسي، أحمد محمد جهاد (2017) النمذجة الآلية للجريان السطحي لحوض وادي عظنيتين في الهضبة الغربية باستخدام التقنيات الجغرافية، مجلة آداب الفراهيدي، جامعة تكريت، العدد30.
- الكومي، عبد الرزاق بسيوني (2016) الأبعاد الهيدروجيومورفولوجية للتنمية في حوض وادي بيشة بالمملكة العربية السعودية دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، مجلة كلية الآداب -جامعة طنطا، العدد29، المجلد3، طنطا.
- المحمد، سعود (2010) أشكال تضاريس الأرض، كلية العلوم، جامعة دمشق.
- المشاط، هند عبد الرحمن أحمد، والشرقاوي، محمد محمود (2012) أخطار السيول بحوض وادي الإديرع بمنطقة حائل: دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، القاهرة: مجلة بحوث الشرق الأوسط، جامعة عين شمس، العدد30.
- المعداوي، أيمن السيد (2020) جيومورفولوجية الجبال دراسة تطبيقية لجبل الراحة غربي شبه جزيرة سيناء، مكتبة جزيرة الورد، القاهرة.
- الودعاني، إدريس على سلمان (2014) مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غربي المملكة العربية السعودية منظور جيومورفولوجي، جازان: مجلة جامعة جازان، فرع العلوم الإنسانية، المجلد3، العدد1.

- بوروبة، محمد فضيل (2016) الخصائص الجيومورفولوجية لحوض وادي العقيق بمنطقة المدينة المنورة، مجلة العلوم العربية والإنسانية، جامعة القصيم، مج9، ع4.
- خطاب، محمد إبراهيم محمد، ومحسوب، عمرو محمد صبرى (2020) التحليل الهيدروجيومورفولوجي لحوض وادي علم وأثره على السيول باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، حولية كلية الآداب، جامعة بني سويف، عدد خاص.
- خطاب، محمد إبراهيم محمد، وسليم، مها كمال (2021) النمذجة الهيدرولوجية للسيول في حوض وادي القرن شرق قفط بالصحراء الشرقية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، ع77.
- درويش، سامية عبد العزيز (2013) مخاطر الفيضانات المحتملة في حوض وادي بيشة جنوب غرب المملكة العربية السعودية، اللقاء العلمي مخاطر السيول، الرياض: لقاء الجمعية العمومية للجمعية الجغرافية السعودية.
- شرف، محمد إبراهيم (2013) دور نظم المعلومات الجغرافية في إدارة التدفق المائي السطحي ونمذجة مخاطر السيول، الرياض: اللقاء العلمي مخاطر السيول، لقاء الجمعية العمومية للجمعية الجغرافية السعودية.
- عبد الله، وفاء مازن (2017) جيومورفولوجية حوض وادي الطريف، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد.
- مراد، إسراء عبد الواحد على (2018) الدلالات الهيدروجيومورفولوجية لنمذجة طرائق الحصاد المائي لحوض وادي الغنمى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد.
- هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (2012) الرياض: المملكة العربية السعودية حقائق وأرقام.

ثانياً-المراجع بالإنجليزية

- Al-khuraiji, W. et.al. (2020) GIS and DEM Based Watershed Characteristics of wadi al adaira basin KSA, Bull. Soc. Geog. Egypt, Vol.93
- Abdel-Fattah, M. et.al. (2016) Hydrological Modelling of Flash Flood at Wadi Samail, Oman, Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No.59.
- Bhunia, G.S., Samanta, S., Pal, B. (2012) Quantitative analysis of relief characteristics using space technology. International Journal of Physical and Social Sciences, 2(8): 350-365.
- Chakraborty, R., Ghosh, S., Chandra, S., Das, B., Malik, S. (2018) Morphometric Analysis for hydrological assessment using remote sensing and GIS technique: A case study of Dwarakeswar River basin of bankura district, west Bengal. Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities, 8(4): 113-142.
- Dawod, G.M; Mirza, M.N; Al-Ghamdi, K.A. (2011) GIS-Based Spatial Mapping of Flash Flood Hazard in Makkah City, Saudi Arabia, Journal of Geographic Information System, Vol.3.

- Kheder, K. (2013) Application Of Remote Sensing And Geographical Information Systems For Flood Risk Assessment A Case Study Of Al Kharj Valley, Al Kharj Saudi Arabia, Eighth National GIS Symposium in Saudi Arabia, Dammam.
- Shi, Q. (2014) Flood Hazard Assessment along the Western Regions of Saudi Arabia using GIS-based Morphometry and Remote Sensing Techniques, Master Deg. King Abdullah Univ. of Science and Technology Thuwal, Kingdom of Saudi Arabia.
- Tulu, M., (2005) SRTM DEM suitability in runoff studies, Unpublished M.Sc., International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, Netherlands
- Youssef, A.M; et.al. (2016) Analysis on Causes of Flash Flood in Jeddah City (Kingdom of Saudi Arabia) of 2009 and 2011 Using Multi-sensor Remote Sensing Data and GIS, Geomatics, Natural Hazards and Risk, Vol.7, No.3.