

10-1-2018

## Assessment of Flood Vulnerability in Arid Basins from a Geomorphological Prospective (Wadi Musa in Southern Jordan: Case Study)

Noah Muhammad Ali Hassan Sababaha  
*Assistant Professor - Yarmouk University - Jordan*

Follow this and additional works at: <https://jfa.cu.edu.eg/journal>



Part of the [Geography Commons](#)

---

### Recommended Citation

Sababaha, Noah Muhammad Ali Hassan (2018) "Assessment of Flood Vulnerability in Arid Basins from a Geomorphological Prospective (Wadi Musa in Southern Jordan: Case Study)," *Journal of the Faculty of Arts (JFA)*: Vol. 78: Iss. 4, Article 10.

DOI: 10.21608/jarts.2018.83522

Available at: <https://jfa.cu.edu.eg/journal/vol78/iss4/10>

This Book Review is brought to you for free and open access by Journal of the Faculty of Arts (JFA). It has been accepted for inclusion in Journal of the Faculty of Arts (JFA) by an authorized editor of Journal of the Faculty of Arts (JFA).

# تقييم قابلية حدوث السيول في الأقاليم الجافة من منظور جيومورفولوجي (وادي موسى- جنوب الأردن : دراسة حالة) (\*)

د/ نوح "محمد علي" الصبابة  
أستاذ مساعد - قسم الجغرافيا،  
جامعة اليرموك، إربد، الأردن

## ملخص الدراسة

تهدف الدراسة إلى تقييم خطر الفيضان في الأقاليم الجافة من منظور جيومورفولوجي لحوض وادي موسى جنوب الأردن باستخدام طريقة الرتب المورفومترية (Morphometric Ranking Method) من خلال التكامل ما بين نظم المعلومات الجغرافية والنماذج الهيدرولوجية لتسعة أحواض ثانوية (روافد). حيث اعتمد الباحث على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لاستخراج القياسات المورفومترية المتعلقة بالأحواض الثانوية (الروافد) والتي تتضمن المتغيرات المساحية والطولية، والمتغيرات الشكل رقمية، والمتغيرات التضاريسية، والمتغيرات المتعلقة بالشبكة المائية. كما صنفت المتغيرات المورفومترية إلى مجموعتين من حيث علاقتها بدرجة الخطورة حسب معاملات ارتباط بيرسون حيث تضمنت المجموعة الأولى المتغيرات ذات العلاقة الإيجابية بدرجة الخطورة، أما المجموعة الثانية فتضمنت المتغيرات التي تتناسب عكسياً مع درجة الخطورة ليصار بعد ذلك إلى تصنيف المتغيرات المورفومترية إلى خمس رتب من حيث قابلية الخطورة من (١) غير خطر إلى (٥) خطر جداً، ومن ثم تجميع قيم هذه الرتب

(\*) مجلة كلية الآداب، جامعة القاهرة، المجلد (٧٨) العدد (٧) أكتوبر ٢٠١٨.

وتصنيفها في ثلاث درجات خطورة من حيث قابلية حدوث الفيضان (٦٩.٧-٥٧) منخفض الخطورة، (٦٩.٧١-٨٢.٣) متوسط الخطورة و(٨٢.٣١-٨٥) مرتفع الخطورة. وتوصلت الدراسة إلى أهمية المتغيرات المورفومترية في تحديد قابلية الأحواض النهرية لحدوث الفيضانات حيث كان وادي سيق الغراب هو الأكثر خطرا في قابلية تعرضه للفيضانات المفاجئة حيث بلغ مجموع درجات الرتب المورفومترية لهذا الوادي ٩٥ درجة، كما توصلت الدراسة إلى أن وادي سيل وادي موسى ووادي الطاحونة من أقل الأودية من حيث القابلية لحدوث الفيضان حيث بلغ مجموع درجات الرتب المورفومترية لقابلية الخطورة ٦٧ درجة و٥٧ درجة على التوالي. أخيرا توصلت الدراسة إلى أن الأحواض الثانوية والتي تضم أودية قرنة ابن سعد، والدلاية، والحي، والنبي هارون، السيق وأم مثلا فنراوح مجموع درجات الرتب المورفومترية ما بين ٧٣ درجة لوادي النبي هارون و ٨١ درجة لوادي الدلاية وهي ذات قابلية متوسطة لخطر الفيضان. أخيرا بناء على نتائج الدراسة، توصي الدراسة بضرورة التوسع في مشاريع الحصاد المائي على الأودية الأكثر قابلية لحدوث الفيضانات كوادي سيق الغراب. كلمات مفتاحية: الأقاليم الجافة، قابلية الفيضان، الرتب المورفومترية، وادي موسى.

**Assessment of Flood Vulnerability in Arid Basins from a  
Geomorphological Prospective  
(Wadi Musa in Southern Jordan: Case Study)  
Nouh. M.A. AL-SABABHAH\*  
ABSTRACT**

This study aims to assess flood risk in an arid environment located in the southern part of Jordan (i.e., Wadi Musa) from a geomorphological prospective. The morphometric ranking method was used through integrating hydrologic models with geographical information systems. DEM files were used to extract the morphometric variables which included the areal, vector, shape, terrain, and hydrologic network.

These variables were grouped into two groups according to their correlation to risk levels. The groups were classified into five risk classes ranging from 1 (no risk) to 5 (very risky). After that, the risky

levels were reclassified into three classes of flood vulnerability such as (i) low (57-69.7), medium (69.71-82.3), and high (82.31-85).

Results show the importance of morphometric variables in defining flood vulnerability in arid basins; for example, Wadi Siq Al-Gurab was found to have the highest level of flood vulnerability (95 degrees). Wadi Sail Wadi Musa and Wadi Altahona had the lowest degrees of flood vulnerability such as 67 and 57 degrees, respectively. The secondary basins of Wadi Qernat bin Saad, Aldlayah, Alhay, Alnabi Haroun, Alsiq, and Um Methla had medium levels between 73-81 degrees.

Finally, the study recommends increasing water harvesting projects on basins with higher levels of flood vulnerability such as Wadi Siq Al-Ghurab.

Keywords: Arid Regions, Flood Vulnerability, Morphometric Orders, Wadi Musa

## ١. المقدمة:

تشكل الأخطار الطبيعية إحدى القضايا التي يتم تناولها بالدراسة على جميع المستويات المحلية، الإقليمية والعالمية (IPCC,2008). وتعتبر الفيضانات المفاجئة (Flash Floods) أحد هذه الأخطار الأكثر تكرارا في الأقاليم الجافة وشبه الجافة، حيث تعتبر الفيضانات المفاجئة الكبرى في المناطق الجافة وشبه الجافة عملية هيدرولوجية تشكل مصدرا للمياه السطحية، وتغذية المياه الجوفية مع الأخذ بعين الاعتبار بأن الفيضانات في الأقاليم الجافة وشبه الجافة مصدرا متاحا للمياه في الوقت الحاضر وفي المستقبل بالإضافة لكونها الأساس في تحقيق التنمية المستدامة في تلك الأقاليم وتأثيرها في سبل معيشة سكان هذه الأقاليم من خلال ما توفره من المياه، (Al-Qudah&Abu-Jaber,2009). من جهة أخرى تعد الفيضانات المفاجئة من المسببات الرئيسة للخسائر في البنية التحتية والممتلكات العامة والخاصة، كما تعتبر من الأخطار التي تهدد حياة الإنسان في الكثير من المناطق الجافة من العالم. كما تؤدي الفيضانات دورا أساسيا في تعديل البيئة النهرية في المناطق الصحراوية من خلال ما يرافقها من عمليات حت ونقل

وترسيب خلال فترات زمنية قصيرة، (Inbar,1987). وتختلف الظروف الجوية السطحية والعلوية (السينوبتيكية) المرافقة للفيضانات الفجائية التي تتأثر بها البيئات الجافة الواقعة في الجزء الشرقي والجنوبي الشرقي من حوض البحر الأبيض المتوسط. من حيث شدتها وطبيعتها والعوامل المسببة لها. وترتبط معظم هذه الفيضانات بوقوع تلك المناطق الجافة تحت تأثير حالات عدم الاستقرار الجوي والتي تعتبر مظهرًا من مظاهر الاضطرابات الجوية التي يندر أن يخلو منها أي فصل من فصول السنة، (Kahana et al.,2002، النوايسة و الصبايحة،٢٠١٧). كما ترتبط الفيضانات في المناطق الصحراوية بخصائص العواصف المطرية من حجم الأمطار، وشدة العاصفة الماطرة، ومدة توزيعها على حوض التصريف المائي (Schick, 1971، Greenboun, 2009، 1988.، وقد تكون الفيضانات ناتجا لأنماط الأمطار السائدة، (Kahana et al, 2002).

كما يمكننا اعتبار الخصائص المورفومترية للأحواض المائية من العناصر المهمة التي تمكننا من التنبؤ بالعمليات الهيدرولوجية كقمة الفيضان، مناطق الترسيب ومعدلات التعرية وانجراف التربة (Gardiner,1990). حيث تعتبر المتغيرات المورفومترية للأحواض المائية انعكاسا لظروف البيئة الطبيعية، ولا يمكن دراسة هذه المتغيرات بمعزل عن البيئة الطبيعية للحوض (الصبايحة وزيتون،٢٠١٨). إذ يعد التحليل المورفومتري للأحواض المائية من المعايير الهامة للدلالة على القياسات والخصائص الهندسية لسطح الأرض والتي تساهم الأنهار ونظمها المختلفة في تشكيلها. كما تعتبر من الأدوات العلمية ذات الفعالية في تقييم وإدارة الموارد المائية من خلال اختيار أفضل المواقع لمشاريع الحصاد المائي، وإدارة خطر الفيضان، واختيار المواقع الملائمة لتغذية الأحواض الجوفية (Magesh et al., 2011., Thomas et al., 2012). وتعد عملية التحليل والكشف عن العلاقات ما بين المتغيرات المورفومترية ذات فعالية في التقييم

المكاني لمناطق خطر الفيضان، وأهم المناطق لإقامة مشاريع الحصاد المائي، والمناطق الأكثر احتمالية للتعرض لانجراف التربة وحوادث الانزلاقات الأرضية، (Farhan & Anaba,2016., Abdalla.et al,2014., Abdel Ghaffar et al,2015). كما تساعدنا دراسة الخصائص البيئية للأحواض المائية المتمثلة بالظروف المناخية السائدة، والتساقط، وجيولوجية، وجيومورفولوجية والمورفولوجية في فهم آلية تكون الفيضانات وحوادثها، (Al-Qudah,2011). ويعتبر التحليل المكاني متعدد المعايير (Multi Criteria)، ونظم المعلومات الجغرافية والنماذج الرياضية من الطرق الأكثر فعالية في دراسة مخاطر الفيضانات والآثار الناتجة عنها، (Cooke et al, 1978., Doornkamp et al, 1979., Golany, 1993., Potter et al, 2010) واستخدمت تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من قبل العديد من الباحثين لتقييم الأحواض المائية، وثبت بأنها أدوات فعالة للحصول على المعلومات والبيانات الخاصة بالقياسات المورفومترية للأحواض المائية (Grohmann, 2004; Korkalainen et al., 2007; Hlaing et al, 2008., Javed et al., 2009; Rai et al, 2014.,Pankaj and Kumar,2009) حيث تعتبر الأحواض النهرية نظماً مورفولوجية تحكمها وتضبط خواصها الهندسية قوانين ذات علاقات وظيفية متبادلة. إذ لا يمكن التعرف على تلك العلاقات إلا بعد دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية لها بهدف ضمان استدامة الموارد المائية والموارد الأرضية واستخدامها وإدارتها بطريقة متكاملة وشاملة، (Strahler & Chow,1964., Singh& Dubey,1994., Sangita & Nagarajan, 2010).

وتقوم هذه الدراسة على تقييم قابلية الفيضان في الأقاليم الجافة من منظور جيومورفولوجي لحوض وادي موسى جنوب الأردن باستخدام طريقة الرتب المورفومترية (Morphometric Ranking) لإعداد خريطة قابلية الفيضان بالتكامل ما بين النماذج الهيدرومترية ونظم المعلومات الجغرافية،

بالاعتماد على القرائن والمعادلات الرياضية الخاصة بحساب قيم المتغيرات المورفومترية والتي تتضمن المتغيرات المساحية والطولية، والمتغيرات الشكل رقمية، والمتغيرات التضاريسية، والمتغيرات المتعلقة بالشبكة المائية. إذ يعتبر كل حوض مائي ثانوي نظاماً قائماً بذاته له خصائصه المورفومترية والبيئية الخاصة به.

## ٢. مشكلة الدراسة:

يسعى هذا البحث إلى تقييم قابلية الفيضان في الأقاليم الجافة من منظور جيومورفولوجي باستخدام طريقة درجة الرتب المورفومترية (Ranking score for morphometric parameters) من خلال التكامل ما بين نظم المعلومات الجغرافية والنماذج الهيدرولوجية المتعلقة بالمتغيرات المورفومترية لتسعة أحواض ثانوية (روافد). حيث اعتمد الباحث على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لاستخراج القياسات المورفومترية، والتي تعكس خصائص الأقاليم الجافة وشبه الجافة، ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، والقرائن والمعادلات الرياضية لتحديد قيم القياسات المورفومترية. كما اعتمد الباحث على الطرق الحسابية البسيطة لتحديد درجات الرتب للمتغيرات المورفومترية بهدف إعداد خريطة قابلية حدوث الفيضان للأودية الثانوية .

## ٣. أهداف الدراسة:

يهدف هذا البحث إلى إعداد خريطة قابلية الفيضان للأودية الثانوية لحوض وادي موسى جنوب الأردن باستخدام طريقة الرتب المورفومترية وبالاعتماد على الخصائص المورفومترية لهذه الأودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث تقدم الخصائص المورفومترية الدلالات الهيدرولوجية التي يمكن أن تساعد في اتخاذ التدابير المناسبة لدرء مثل هذه الأخطار، وخاصة أن مدينة البتراء الأثرية تعتبر من المعالم السياحية

د/نوح "محمد على" الصباحة: تقييم قابلية حدوث السيول في الأقاليم الجافة \_\_\_\_\_ ٢٧٣

الرئيسة في الأردن والتي تتأثر باستمرار بخطر الفيضان والذي ينجم عنه خسائر مادية وخسائر بشرية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال:

- استخراج القياسات المورفومترية للأحواض الثانوية في حوض وادي موسى بالإضافة إلى استخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) من خلال مرئيات ASTER GDEM.
- تحديد خصائص البيئة الطبيعية لحوض وادي العرب المتعلقة بالموقع والمناسيب، والجيولوجيا، والتربة، والهيدرولوجيا والمناخ بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري الأردنية، وسلطة المصادر الطبيعية، ووزارة الزراعة.
- تحليل الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي باستخدام مرئيات (Landsat-8).
- الاعتماد على القرائن والمعادلات الرياضية لاستخراج وتحليل المتغيرات المورفومترية المساحية والطولية، والشكل رقمية، والتضاريسية وخصائص الشبكة المائية.
- إعداد خريطة قابلية الفيضان لمنطقة الدراسة باستخدام طريقة الرتب المورفومترية.

#### ٤. تساؤلات الدراسة:

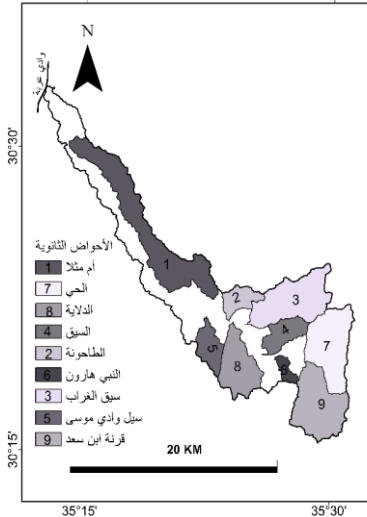
- ما فاعلية المتغيرات المورفومترية في تحديد قابلية الأودية لحدوث الفيضانات؟
- ما هو تصنيف الأودية الثانوية في منطقة الدراسة من حيث قابليتها لحدوث الفيضانات؟

#### ٥. خصائص منطقة الدراسة:

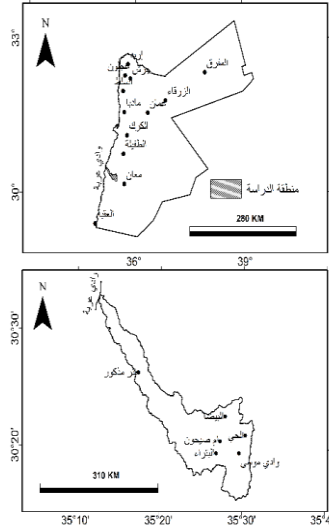
##### ٥.١ الموقع والطبوغرافيا وقابلية الفيضان:



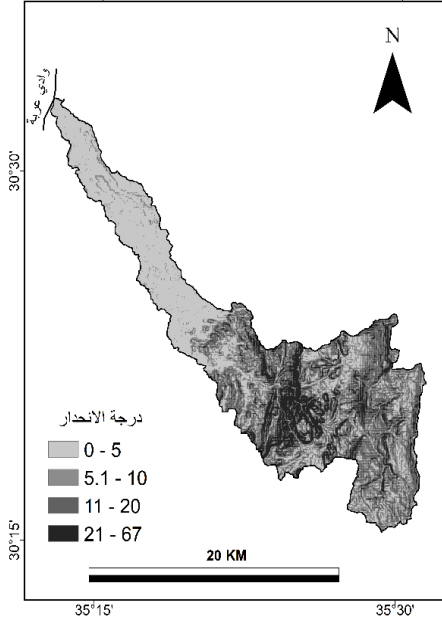
يقع وادي موسى والذي تبلغ مساحته (٢٣٤.١ كم<sup>2</sup>) في الجزء الجنوبي الغربي من الأردن بين خطي عرض (30° 15' و 30° 33' شمالاً، وبين خطي طول (35° 12' و 35° 31' شرقاً، الشكل رقم (١). ويتضمن حوض وادي موسى تسعة أحواض ثانوية تضم أحواض أودية (أم مثلاً، الطاحونة، وسيق الغراب، والسيق، والحي، وقرنة ابن سعد، والنبي هارون، والدلاية وسيل وادي موسى)، الشكل رقم (٢). كما يتراوح منسوب الارتفاع في حوض وادي موسى ما بين (١٧٢٤م) فوق مستوى سطح البحر في الأجزاء الشرقية من الحوض و(٢٢م) دون مستوى سطح البحر عند مستوى الأساس في وادي عربة في الجهة الغربية من الحوض، الشكل رقم (٣). وأدى تباين منسوب الحوض إلى تباين الخصائص المناخية للحوض وتزايد معدلات التساقط خاصة في الأجزاء الشمالية الشرقية والشرقية من الحوض. وتتراوح درجات الانحدار في حوض وادي العرب ما بين (0° و ٦٧°)، الشكل رقم (٤). وتؤدي زيادة درجات الانحدار إلى زيادة سرعة الجريان السطحي لمياه الأمطار وسرعة حدوث الفيضانات.



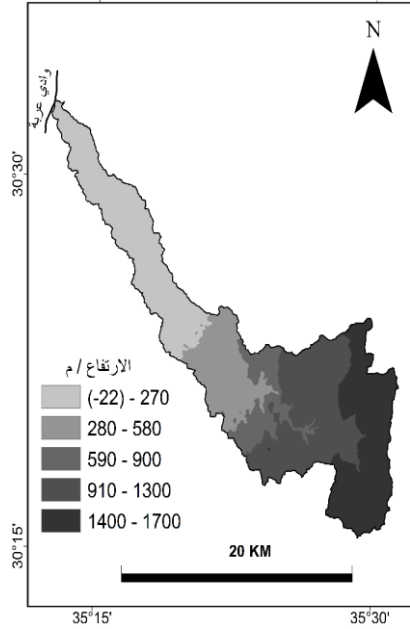
الشكل رقم (٢) الأحواض الثانوية



الشكل رقم (١) موقع منطقة الدراسة



الشكل رقم (٤) درجة انحدار



الشكل رقم (٣) مناسيب الارتفاع

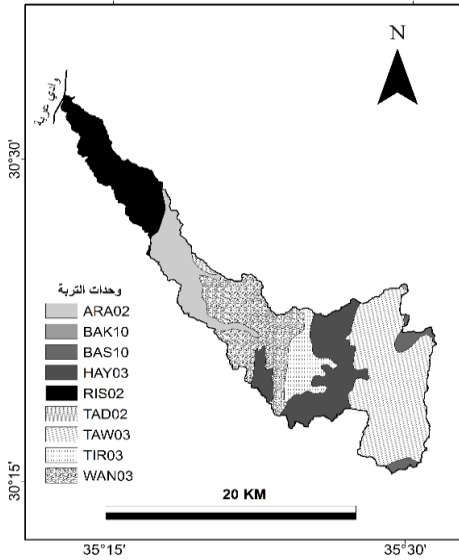
## ٥.٢ الجيولوجيا والتربة وقابلية الفيضان:

يرتبط خطر الفيضان في منطقة الدراسة بانتشار التكتشفات الصخرية والتي تزيد من احتمالية حدوث الفيضانات المفاجئة وزيادة الناتج الرسوبي لها والناتجة عن انفتاح وتوسع صدع البحر الميت، حيث تتكشف الصخور الجرانيتية في أجزاء واسعة من وادي الطاحونة ووادي الدلاية، والتي تعود إلى فترة ما قبل الكامبري (٦٥٠) مليون سنة، (عابد، ٢٠٠٠). كما تمتاز منطقة الدراسة بتكتشفات الصخور الرسوبية والرملية والتي تتكون من معادن الفلدسبار والتي تعود لعصري الكامبري والأوردوفيشي، ومن ثم للأعلى تتكشف مباشرة صخور العصر الكريتاسي بوجود صخور رملية متعددة الألوان تعود إلى رمال الكربن من العصر الكريتاسي الأسفل والتي تلوها الصخور الجيرية بسماكات كبيرة وتنتهي بصخور جيرية متبادلة مع صخور

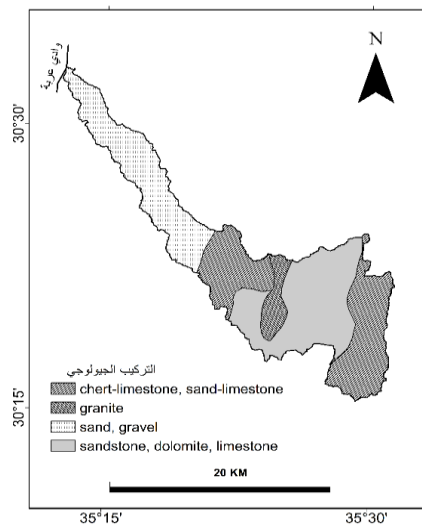
صوانية تعود للكريتاسي الأعلى، وتعكس جميعها ترسبات بحرية متعددة الأعماق ناجمة عن تقدم وتراجع البحر المشهور (التيثس)، ومن أهم التراكيب الجيولوجية في منطقة الدراسة صدع وادي موسى وهو صدع يتجه شمال - جنوب، ويعتبر من الصدوع الرئيسية في جنوب الأردن، الشكل رقم (٥) (سلطة المصادر الطبيعية، ٢٠١٢). وأدت الحركات الأرضية ممثلة بعمليات الرفع والهبوط والإزاحة إلى تكوين وادي عربة وروافده، ومن ضمنها وادي موسى، فأخذت ملامح السطح الخارجية وضعها الحالي، (Bender, F, 1974). وبدأت هذه الحركات في عصر الميوسين من حقب الحياة الحديثة، واستمرت حتى العصر الرباعي في البلايستوسين (البحيري، ١٩٩).

وارتبطت خصائص التربة في منطقة الدراسة بخصائص البيئة الطبيعية السائدة وتشكل الناتج الرسوبي لمياه الأمطار، حيث صنفتم إلى تسع وحدات رئيسية حسب تصنيف (الأكساد)، (Ministry of Water Agriculture, 1993) وتضم وحدات (ARA02, TAD02, RIS02) والتي تنتشر في الأجزاء الدنيا من الحوض في منطقة وادي عربة الناتجة عن عملية التعرية المائية والتي تشكل بقايا المراوح الفيضية القديمة التي تعود إلى عصر الكامبري والتي يغلب عليها تكوينها الحجر الرملي، والطفل الرملي، والطفل الطيني والغريني (Silty Clay Loam, Stony Sandy Loam, Stony Sandy Clay Loam) كما تتضمن التربة وحدات (WAN03, TIR03, HAY03, TAW03) والتي تنتشر فوق الحواف والجروف شديدة الانحدار المطللة على وادي عربة، إذ تنتشر وحدة (WAN03) فوق المناطق المتخرسة المكونة من الصخور الكلسية والتي تعود إلى عصر الكربون والتي تتكون من الطفل الرملي (Sandy Loam) على المنحدرات والطفل الطيني (Clay Loam) في مناطق الأودية. أما وحدة (TIR03) فتنتشر فوق الحواف المقطعة العميقة فوق صخور الجرانيت المعراة والتي تتكون من الطفل الطيني الرملي

(Sandy Clay Loam) والمواد الحصوية (Stony)، أما وحدة (HAY03) فتنتشر فوق الجروف شديدة الانحدار المكونة من المواد الرسوبية كالطفل الطيني (Clay Loam)، وتنتشر وحدة (TAW03) في الأجزاء الشمالية من وادي موسى المكون من مزيج من الطفل والطين والحصى (Gravelly Silty Loam) فوق الصخور الرسوبية. أخيرا تنتشر فوق الأجزاء العليا من الحوض حول القمم وبقايا الهضاب الصغيرة المكونة من الحجر الجيري وفوق الحافة الصدعية المطلة على وادي عربة كتل صغير من وحدات (BAK10,BAS10) المكونة من المواد الطينية الغرينية والطينية الغرينية الحصوية (Silty Clay,Stony Silty Clay)، الشكل رقم (٦).



الشكل رقم (٦) وحدات التربة

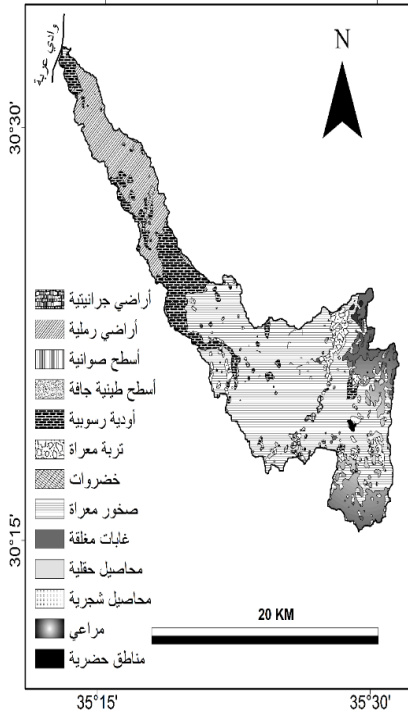


الشكل رقم (٥) جيولوجية منطقة الدراسة

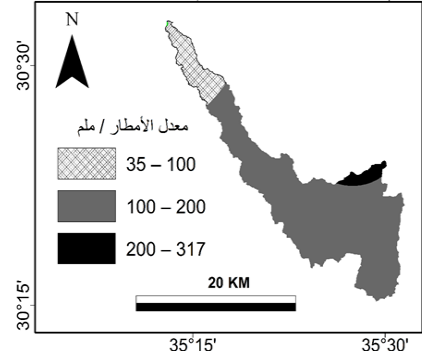
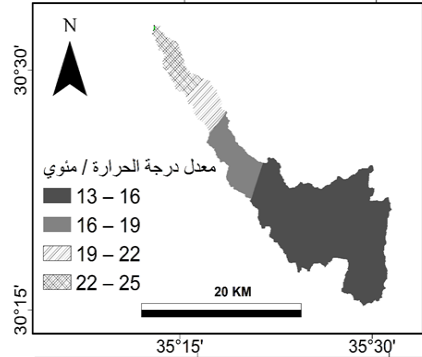
### ٥.٣ المناخ وقابلية الفيضان:

تتبع منطقة الدراسة المناخ الجاف في الأردن نظرا لانخفاض معدلات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة بشكل عام، حيث يتأثر النظام الهيدرولوجي لحوض وادي موسى بكميات الأمطار ودرجات الحرارة، إذ

تزداد كميات الأمطار الهاطلة فوق المرتفعات الشمالية الشرقية والشرقية من الحوض والتي تعد من الأسباب المباشرة لحدوث الفيضانات، حيث تهطل هذه الأمطار بكميات كبيرة وخلال فترات زمنية قصيرة ويتراوح المعدل السنوي للأمطار ما بين ٣٢٠ ملم في منطقة الشوبك في الجزء الشمالي الشرقي من الحوض، وأقل من ٥٠ ملم في الأجزاء الدنيا من الحوض في منطقة وادي عربة. كما تتأثر هيدرولوجية منطقة الدراسة بارتفاع درجات الحرارة وخاصة في الأجزاء الوسطى والدنيا والتي بدورها تزيد من الفاقد المائي عن طريق التبخر، ويتراوح معدل درجة الحرارة ما بين ١٢.٧م° في منطقة الشوبك و ٢٤.٦ م° في منطقة وادي عربة، (وزارة المياه والري الأردنية، ٢٠١٧)، الشكل رقم (٧).



الشكل رقم (٨) استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي



الشكل رقم (٧) معدل كمية الأمطار ومعدل درجة الحرارة

#### ٥.٤ استعمالات الأرض / الغطاء الأرضي وقابلية الفيضان:

تتنوع استعمالات الأرض والغطاء الأرضي في حوض وادي موسى، وهذا يرتبط بطبيعة الخصائص الطبيعية، الأمر الذي ينعكس على سرعة الجريان المائي وحدوث الفيضانات المفاجئة، حيث تغطي الصخور المعرأة حوالي ٥٤ % من مساحة الحوض، وهذا يزيد من سرعة الجريان المائي ووصول الفيضان إلى قمته خلال فترة زمنية قصيرة. ويمكن الاستدلال على ذلك من خلال انتشار الأراضي الرملية والأودية الرسوبية في الأجزاء الدنيا من الحوض والتي تشكل حوالي ٢٧ % من مساحة الحوض كنتاج رسوبي للفيضانات، أما الأراضي الزراعية فهي محدودة الانتشار وتقتصر على المرتفات الجبلية التي ترتفع فيها معدلات الأمطار، الشكل رقم (٨).

#### ٦. طريقة وأدوات الدراسة:

##### ٦.١ المتغيرات المورفومترية:

استخدم نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بقدرة تمييزية (٣٠×٣٠) من خلال (ASTER-GDEM) من خلال الموقع الإلكتروني (<http://gdem.aster.erdas.or.jp/>) لاستخراج الخصائص الهيدرولوجية الخاصة بمنطقة الدراسة باستخدام برمجية (ArcGIS10.4.1)، على النحو التالي:

- ١- القياسات المساحية والخطية المتعلقة بشبكة التصريف النهري والمتمثلة بأعداد، وأطوال ورتب المجاري المائية.
- ٢- القياسات الشكل رقمية كمعامل شكل الحوض، ونسبة الاستدارة، ونسبة الاستطالة وغيرها.
- ٣- القياسات المتعلقة بالخصائص التضاريسية كدرجات الانحدار، وتضرس الحوض ونسبة التضرس وغيرها.

٤- القياسات المتعلقة بالشبكة المائية كالرتب النهرية أطوالها وأعدادها، والكثافة التصريفية، والتكرار النهري وغيرها. وتم استخراج القياسات المتعلقة بالمتغيرات المورفومترية اعتمادا على مجموعة من المعادلات والقرائن الرياضية... الجدول رقم (١).

**الجدول رقم (١) المعادلات والقرائن الرياضية للمتغيرات المورفومترية**

الطريقة	المصدر/المرجع	الرمز	المتغيرات المورفومترية	الرقم
Arc Gis 10.4.1	DEM	A	مساحة الحوض	1
Arc Gis 10.4.1	DEM	P	محيط الحوض	2
Arc Gis 10.4.1	DEM	L	طول الحوض	3
$Wb=A/Lu$	(Horton,1932)	Wb	متوسط عرض الحوض	4
Arc Gis 10.4.1	DEM	Z	أعلى ارتفاع	5
Arc Gis 10.4.1	DEM	z	أدنى ارتفاع	6
Arc Gis 10.4.1	Spatial Analysis Tools-Hydrology	u	الرتبة النهرية	7
Arc Gis 10.4.1	Spatial Analysis Tools-Surface	Sm	متوسط انحدار الحوض	8
Arc Gis 10.4.1	DEM	Em	متوسط ارتفاع الحوض	9
Arc Gis 10.4.1	Spatial Analysis Tools-Hydrology	La	طول المجرى الرئيسي الحقيقي	10
Arc Gis 10.4.1	Spatial Analysis Tools-Hydrology	Lt	طول المجرى الرئيسي النموذجي	11
Arc Gis 10.4.1	Spatial Analysis Tools-Contour	Cp	متوسط عدد الفتوات البارزة لخطوط الكنتور	12
Arc Gis 10.4.1	Spatial Analysis Tools-Hydrology	Nu	مجموع أعداد المجاري المائية	13

الطريقة	المصدر/المرجع	الرمز	المتغيرات المورفومترية	الرقم
Arc Gis 10.4.1	Spatial Analysis Tools-Hydrology	Lu	مجموع أطوال المجاري	14
$R = N / N + 1$	(Strahler, 1957)	Rbm	معدل نسبة التشعب	15
$Br = Z - z$	(Strahler-1957)	Br	تضرس الحوض	16
$Rh = H / Lb$	(Schumm, 1956)	Rr	نسبة التضرس	17
$H = (H - h) / (H - h)$	(wilson, 2009)	Hi	المعامل الهيسومتري	18
$Gn = Bn \times Dd / D$	(Strahler, A. 1958)	Gn	الرقم الهندسي	19
$Re = (2/Lb) * (A/3 .14)^{0.5}$	(Schumm, 1956)	Re	نسبة الاستطالة	20
$Rc = 4 * 3.14(A/p 2)$	(Miller, 1953)	Rc	نسبة الاستدارة	21
$Fr = A/Lb^2$	(Horton, 1932)	Sf	معامل شكل الحوض	22
$Dd = Lu/A$	(Horton, 1932)	Dd	الكثافة التصريفية	23
$Fs = Nu/A$	(Horton-1932)	Fs	التكرار النهري	24
$Lg = A/2 * Lu$	(Horton, 1945)	Lo	طول التدفق السطحي	25
$C = 0.2821 * p/A^{0.5}$	(Gravelius, 2014)	Cc	معامل الاندماج	26
$T = Nu/p$	(Horton, 1945)	T	النسيج التصريفي	27
$Di = Fs/Dd$	(Faniran, 1968)	Di	الشدة التصريفية	28
$D = Bh / (Lb * 60)$	(Gravelius, 1914)	D	درجة انحدار الحوض	29
$(Z - z) / Z$	(Singh & Dubey, 1994)	Dind	معامل التقطع	30
$Lsm = Lu / Nu$	(Horton, 1945)	Lsm	متوسط طول الحوض	31
$Dc = La / Lt$	(Gravelius, 1914)	Dc	معامل الانعطاف	32
$Rt = Cp / p$	(Schumm, 1956)	Tr	معدل القوام الحوضي	33
$Rn = Br * Dd$	(Strahler, 1957)	Rn	قيمة الوعورة	34



## ٦.٢ قابلية حدوث الفيضان:

أُعدت على طريقة الرتب المتعلقة بالمتغيرات المورفومترية لتحديد درجة خطورة الفيضان لتسعة أحواض ثانوية على النحو الآتي :

١. تصنيف المتغيرات المورفومترية إلى مجموعتين من حيث علاقتها بدرجة الخطورة حسب معاملات ارتباط بيرسون، الجدول رقم (٢) . حيث تضمنت المجموعة الأولى المتغيرات ذات العلاقة المباشرة بدرجة الخطورة فكلما ارتفعت قيم هذه المتغيرات كلما زادت درجة الخطورة، وتضم هذه المتغيرات مساحة الحوض، والرتبة النهرية، ومتوسط انحدار الحوض، ومجموع أعداد المجاري المائية، ومجموع أطوال المجاري المائية، ومعدل نسبة التشعب، وتضرس الحوض، ونسبة الاستدارة، والكثافة التصريفية، والتكرار النهري، وطول التدفق السطحي، ودرجة انحدار الحوض، وقيمة الوعورة والنسيج التصريفي.

أما المجموعة الثانية فتتضمن المتغيرات التي تتناسب عكسيا مع درجة الخطورة، فكلما زادت قيم هذه المتغيرات كلما قلت درجة الخطورة، وتضم هذه المتغيرات محيط الحوض، وطول الحوض، ومتوسط عرض الحوض، والمعامل الهيسومتري، والرقم الهندسي، ونسبة الاستطالة، ومعامل شكل الحوض، ومعامل الاندماج، ومؤشر التقطع، ومتوسط طول الحوض، ومعامل الانعطاف، ومعدل القوام الحوضي، ونسبة التضرس والشدة التصريفية.

د/ نوح "محمد على" الصباجة: تقييم قابلية حدوث السيول فى الأقاليم الجافة \_\_\_\_\_ ٢٨٣

الجدول رقم (٢) معاملات ارتباط بيرسون للعلاقة ما بين المتغيرات المورفومترية ودرجة خطورة الفيضان

معامل ارتباط بيرسون	المتغير	معامل ارتباط بيرسون	المتغير	معامل ارتباط بيرسون	المتغير	معامل ارتباط بيرسون	المتغير
-0.23	الشدة التصريفية	0.13+	نسبة الاستدارة	0.54+	مجموع أطوال المجاري	0.50+	مساحة الحوض
*١.6+	درجة انحدار الحوض	-0.05	معامل شكل الحوض	0.38+	معدل نسبة التشعب	0.35-	محيط الحوض
0.10-	مؤشر التقطع	*٣.6+	الكثافة التصريفية	*٧.٠+	تضرس الحوض	0.32-	طول الحوض
-0.23	متوسط طول الحوض	١0.+	التكرار النهري	-0.20	نسبة التضرس	0.48-	متوسط عرض الحوض
0.39-	معامل الانعطاف	*٣.6+	طول التدفق السطحي	0.42-	المعامل الهيسومترى	*٣0.6+	الرتبة النهريّة
-0.20	معدل القوام الحوضي	-0.7	معامل الاندماج	0.36-	الرقم الهندسي	+٠.٣٢	متوسط انحدار الحوض
*٧.4+	قيمة الوعورة	*٦.6+	النسيج التصريفي	-0.05	نسبة الاستطالة	0.66*+	مجموع أعداد المجاري

♦ ذات دلالة إحصائية عند مستوى ثقة ٠.٠٥

٢. بالاستناد للعلاقة ما بين المتغيرات المورفومترية ودرجة خطورة الفيضان، فقد تم الاعتماد على الطرق الإحصائية البسيطة لتحليل المتغيرات المورفومترية، (Youssef et al,2009) لتصنيف المتغيرات المورفومترية إلى خمس رتب من حيث قابلية الخطورة من (١) غير خطر إلى (٥) خطر جدا، الجدول رقم (٣)، من خلال المعادلة التالية :

(أعلى قيمة - أدنى قيمة)

5

= طول الفئة

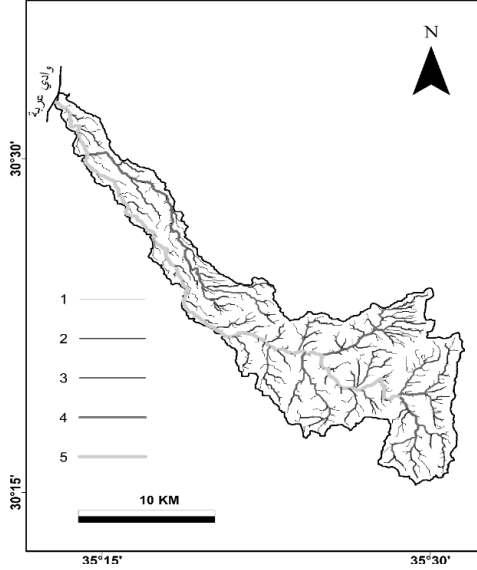
**الجدول رقم (٣) قابلية الخطورة للمتغيرات المورفومترية لحوض وادي موسى**

المتغير المورفومتري	أعلى قيمة	أدنى قيمة	طول الفئة	غير خطر	منخفض الخطر	متوسط الخطر	خطر جدا	خطر
مساحة الحوض	40.9	2.9	7.6	10.5	18.1	25.7	33.3	40.9
محيط الحوض	70.4	10.4	12.0	22.4	34.4	46.4	58.4	70.4
طول الحوض	20.0	3.0	3.4	6.4	9.8	13.2	16.6	20.0
متوسط عرض الحوض	3.6	1.0	0.5	1.5	2.0	2.5	3.1	3.6
الرتبية النهرية	4.0	3.0	0.2	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
متوسط انحدار الحوض	17.6	4.6	2.6	7.2	9.8	12.4	15.0	17.6
مجموع اعداد المجاري	93.0	13.0	16.0	29.0	45.0	61.0	77.0	93.0
مجموع أطوال المجاري	97.8	5.5	18.5	24.0	42.4	60.9	79.3	97.8
معدل نسبة التشعب	5.4	3.6	0.4	4.0	4.3	4.7	5.1	5.4
تضريس الحوض	1182	505	135	640	776	911	1047	1182
نسبة التضريس	185	39	29	68	97	126	156	185
المعامل الهيسومتري	0.7	0.2	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
الرقم الهندسي	2.9	0.3	0.5	0.8	1.4	1.9	2.4	2.9
نسبة الاستطالة	0.8	0.4	0.1	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8
نسبة الاستدارة	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
معامل شكل الحوض	0.5	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5
الكثافة التصريفية	2.5	1.9	0.1	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5
التكرار النهري	4.5	2.3	0.4	2.0	3.2	3.6	4.0	4.5
طول التدفق السطحي	1.2	0.9	0.1	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
معامل الاندماج	0.3	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
النسيج التصريفي	2.6	1.1	0.3	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6
الشدّة التصريفية	2.4	1.0	0.3	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
درجة انحدار الحوض	3.1	0.6	0.5	1.1	1.6	2.1	2.6	3.1
مؤشر التقطع	1.0	0.4	0.1	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0
متوسط طول الحوض	2.4	1.0	0.3	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
معامل الانعطاف	1.7	1.1	0.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7
معدل القوام الحوضي	4.5	0.2	0.9	1.1	1.9	2.8	3.7	4.5
قيمة الوعورة	2.9	1.0	0.4	1.4	1.7	2.1	2.5	2.9

## ٧. التحليل والمناقشة:

### ٧.١ الخصائص المورفومترية :

تتكون الشبكة المائية لأي حوض مائي من الروافد الرئيسية والثانوية بالإضافة للمجرى الرئيسى فى الحوض المائى، الشكل رقم (٩).



الشكل رقم (٩) الرتب النهرية لحوض وادي موسى

وتؤثر الظروف الطبيعية (المناخ، والجيولوجيا، والتربة، والغطاء الأرضي، والطبوغرافيا) فى الخصائص المورفومترية للحوض المائى، وتشمل الخصائص المورفومترية أربع خصائص أساسية تضم الخصائص الطولية والمساحية، والمتغيرات الشكل رقمية، والمتغيرات التضاريسية والمتغيرات المتعلقة بالشبكة المائية، حيث تم استخراج قيم المتغيرات المورفومترية لتسعة أحواض فرعية تغذى وادي موسى وتؤثر فى درجة خطورة الفيضانات المفاجئة التى تحدث ضمن هذا الحوض، الجدول رقم (٤).

الجدول رقم (٤) الخصائص المورفومترية للأحواض الثانوية لحوض وادي موسى

الوادي المتغيرات	قرنة ابن سعد	الدلاية	الحي	النبي هارون	سيل وادي موسى	السيق	الغراب	الطاحونة	أم مثلا
مساحة الحوض (كم <sup>٢</sup> )	25.5	٣17.	25.2	2.9	8.2	8.75	26.4	6.9	40.9
محيط الحوض (كم)	29.9	25.6	29.1	10.4	17.9	19.6	34.7	17.2	70.4
طول الحوض (كم)	7.5	7	7	3	5.5	5	9.5	4	20
متوسط عرض الحوض (كم)	3.4	2.5	3.6	1.0	1.5	1.8	2.8	1.7	2.0
الرتبة النهرية	4	4	4	3	3	3	4	3	4
متوسط انحدار الحوض	10.0	17.6	10.5	13.5	12.0	14.8	11.7	14.9	4.6
مجموع اعداد المجاري	78	52	68	13	25	36	86	19	93
مجموع أطوال المجاري	48.5	32.6	49.8	5.5	15.3	21.3	65.6	13.3	97.8
معدل نسبة التشعب	4.3	5.43	4.95	4.4	4.04	4.6	4.3	3.6	5.3
تضرس الحوض	627	848	631	505	637	700	1182	739	778
نسبة التضرس	83.6	121.1	90.1	168.3	115.8	140.0	124.4	184.8	38.9
المعامل الهيسومري	0.67	0.56	0.63	0.38	0.31	0.37	0.57	0.47	0.22
الرقم الهندسي	0.86	0.79	0.83	0.34	0.62	0.73	1.42	0.46	2.87
نسبة الاستطالة	0.76	0.67	0.81	0.64	0.59	0.67	0.61	0.74	0.36
نسبة الاستدارة	0.36	0.33	0.37	0.34	0.32	0.29	0.28	0.29	0.10
معامل شكل الحوض	0.45	0.35	0.51	0.32	0.27	0.35	0.29	0.43	0.10
الكثافة التصريفية	1.90	1.89	1.98	1.90	1.87	2.43	2.48	1.93	2.39
التكرار النهرى	3.06	3.01	2.70	4.48	3.05	4.11	3.26	2.75	2.27
طول التدفق السطحي	0.95	0.94	0.99	0.95	0.93	1.22	1.24	0.96	1.20
معامل الاندماج	0.26	0.26	0.25	0.26	0.27	0.21	0.20	0.26	0.21
النسيج التصريفى	2.61	2.03	2.34	1.25	1.40	1.84	2.48	1.10	1.32
الشدة التصريفية	1.61	1.60	1.37	2.36	1.63	1.69	1.31	1.43	0.95
درجة انحدار الحوض	1.39	2.02	1.50	2.81	1.93	2.33	2.07	3.08	0.65
مؤشر التقطع	0.38	0.65	0.38	0.37	0.62	0.46	0.69	0.62	0.97
متوسط طول الحوض	1.61	1.60	1.37	2.36	1.63	1.69	1.31	1.43	0.95
معامل الانعطاف	1.23	1.27	1.16	1.30	1.17	1.68	1.30	1.14	1.37
معدل القوام الحوضى	0.67	0.78	0.41	4.52	2.63	3.93	1.93	1.98	0.21
قيمة الوعرة	1.19	1.60	1.25	0.96	1.19	1.70	2.94	1.42	1.86

## ٧.٢ طريقة الرتب المورفومترية:

تعتمد طريقة الرتب المورفومترية لتحديد قابلية الفيضان على علاقة المتغيرات المورفومترية بدرجة الخطورة لتصنيف هذه المتغيرات في مجموعتين من حيث درجة تأثيرها في حدوث الفيضانات كما ذكر سابقاً، حيث تضمنت المجموعة الأولى المتغيرات ذات العلاقة المباشرة بدرجة الخطورة، فكلما ارتفعت قيم هذه المتغيرات كلما زادت درجة الخطورة، أما المجموعة الثانية فتتضمن المتغيرات التي تتناسب عكسياً مع درجة الخطورة، فكلما زادت قيم هذه المتغيرات كلما قلت درجة الخطورة، بالاستناد للعلاقة ما بين المتغيرات المورفومترية ودرجة خطورة الفيضان، فقد تم الاعتماد على الطرق الإحصائية البسيطة لتحليل المتغيرات المورفومترية، (Youssef et al.2009 لتصنيف المتغيرات المورفومترية إلى خمس رتب من (١)

(أعلى قيمة -أدنى قيمة)  $\frac{5}{5}$  ، الجدول منخفضة الخطورة إلى (٥)، من خلال المعادلة  $\frac{5}{5}$  ، الجدول رقم (٥). وبناء على ذلك فقد كان حوض وادي سيق الغراب الأعلى من حيث مجموع درجات الرتب (Ranking Score) بين الأحواض الثانوية، حيث بلغ ٩٥ درجة، أما أقل مجموع لدرجات الرتب بين الأحواض الثانوية، فكان وادي الطاحونة وسيل وادي موسى حيث بلغ مجموع درجات الرتب لقابلية الخطورة ٦٧ درجة و٥٧ درجة على التوالي. أما باقي الأحواض الثانوية فتراوح مجموع درجات الرتب ما بين ٧٣ درجة لوادي النبي هارون و٨١ درجة لوادي الدلاية.

### الجدول رقم (٥) درجات الرتب للمتغيرات المورفومترية المختلفة

م مثلا	الطاحونة	سيق الغراب	السيق	سيل و ادى موسى	النبى هارون	الحي	الدلاية	قرنة ابن سعد	الوادي المتغيرات
	1	4	1	1	1	3	2	3	مساحة الحوض
	1	3	1	1	1	2	2	2	محيط الحوض
	1	2	1	1	1	2	2	2	طول الحوض
	2	5	2	2	1	5	3	5	متوسط عرض الحوض
	3	4	3	3	3	4	4	4	الرتبة النهريه
	4	3	4	3	4	3	5	3	متوسط انحدار الحوض
	1	5	2	1	1	4	3	5	مجموع أعداد المجاري
	1	4	1	1	1	3	2	3	مجموع أطوال المجاري
	1	2	3	2	3	4	5	2	معدل نسبة التشعب
	2	5	2	1	1	1	3	1	تضرس الحوض
	5	3	4	3	5	2	3	2	نسبة التضرس
	3	4	2	1	2	5	4	5	المعامل الهيسومتري
	1	3	1	1	1	1	1	2	الرقم الهندسي
	5	3	4	3	4	5	4	5	نسبة الاستطالة
	4	4	4	4	5	5	5	5	نسبة الاستدارة
	4	3	3	2	3	5	3	5	معامل شكل الحوض
	1	5	5	1	1	1	1	1	الكثافة التصريفية
	2	3	5	2	5	1	2	2	التكرار النهري
	1	5	5	1	1	1	1	1	طول التدفق السطحي
	5	1	1	5	5	4	5	5	معامل الاندماج
	1	5	3	1	1	4	4	5	النسيج التصريفي
	2	2	3	3	5	2	3	3	الشدة التصريفية
	5	3	4	3	4	2	3	2	درجة انحدار الحوض
	3	3	1	3	1	1	3	1	مؤشر التقطع
	2	2	3	3	5	2	3	3	متوسط طول الحوض
	1	2	5	1	2	1	2	1	معامل الانعطاف
	3	2	5	3	5	1	1	1	معدل القوام الحوضي
	2	5	2	1	1	1	2	1	قيمة الوعورة
8	67	95	80	57	73	75	81	80	مجموع الدرجات

### ٧.٣ خريطة قابلية الفيضان:

تم تصنيف المتغيرات المورفومترية إلى خمس درجات خطورة وإعطاء كل قيمة تصنيف من (١-٥)، ومن ثم تجميع قيم هذه الرتب وتصنيفها في ثلاث درجات خطورة من حيث قابلية حدوث الفيضان على النحو التالي:

- (٥٧-٦٩.٧) منخفض الخطورة.

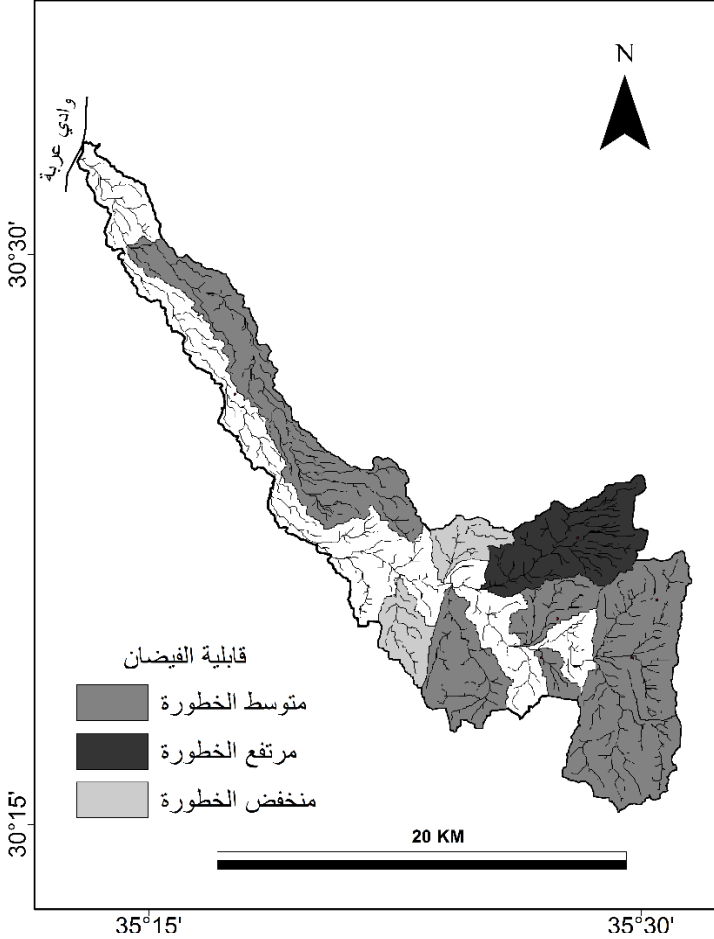
- (٦٩.٧١-٨٢.٣) متوسط الخطورة .

- (٨٢.٣١-٨٥) مرتفع الخطورة .

واعتمد الباحث على (GIS) لتحديد قابلية الفيضان للأحواض الثانوية التسعة لحوض وادي موسى من خلال إعداد خريطة قابلية الفيضان، الشكل رقم (١١). وتبين أن وادي سيق الغراب هو الأكثر خطرا في قابلية تعرضه للفيضانات المفاجئة، وتبلغ مساحة هذا الحوض ٢٦.٤ كم<sup>٢</sup>، وتتكون صخور هذا الحوض من الحجر الرملي، والحجر الكلسي والدولمايت، ويقع في الأجزاء الشمالية الشرقية من حوض وادي موسى والتي تزيد أمطارها عن ٣٠٠ ملم وتنتشر مساحات من الغابات المغلقة في الأجزاء العليا من هذا الحوض والصخور والترب المعراة في الأجزاء الوسطى والمنخفضة منه، وهو من الرتبة الرابعة، كما تعتبر الكثافة التصريفية لهذا الحوض من أعلى القيم حوالي ٢.٤٨، كما تزيد درجة الانحدار في الأجزاء العليا من الحوض عن ٦٥ درجة، وبالتالي تؤدي هذه الخصائص إلى زيادة قابلية الحوض لحدوث الفيضانات المفاجئة. أما أقل الأودية من حيث القابلية لحدوث الفيضان فشملت كل من وادي سيل وادي موسى ووادي الطاحونة، حيث تبلغ مساحة هذين الحوضين ٨.٦ كم<sup>٢</sup> و ٦.٩ كم<sup>٢</sup> على التوالي، وتتنخفض قيمة الكثافة التصريفية ١.٨٧ و ١.٩٣ على التوالي كما تحتل هذه الأودية الرتبة الثالثة حيث يزداد فيها معامل الانعطاف ١.١٧ و ١.١٤ على التوالي، وتقل معدلات الأمطار لهذه الأحواض عن ١٠٠ ملم . أما باقي الأحواض الثانوية



والتي تضم أودية قرنة ابن سعد، والدلاية، والحي، والنبي هارون، والسيق وأم مثلا، فهي ذات قابلية متوسطة لخطر الفيضان.



الشكل رقم (١١) قابلية الفيضان باستخدام طريقة الرتب المورفومترية

#### ٨. ملخص النتائج والتوصيات:

توصلت الدراسة من خلال تحليل المتغيرات المورفومترية للأحواض الثانوية باستخدام طريقة الرتب المورفومترية للأحواض الثانوية، والبالغ عددها تسعة أحواض لحوض وادي موسى جنوب الأردن والذي يقع ضمن

الأقاليم الجافة في الأردن لتقييم قابلية هذه الأودية لحدوث الفيضان إلى النتائج التالية:

- تبين أن وادي سيق الغراب هو الأكثر خطرا في قابلية تعرضه للفيضانات المفاجئة حيث توصلت الدراسة لوجود علاقة إيجابية ما بين الكثافة التصريفية، والتكرار النهري، ودرجة الانحدار، ومساحة الحوض، وقيمة الوعورة، ومعدل الأمطار، ونوع الصخر والغطاء الأرضي وقابلية الفيضان لهذا الحوض.
- تبين أن وادي سيل وادي موسى ووادي الطاحونة من أقل الأودية من حيث القابلية لحدوث الفيضان حيث تنخفض الكثافة التصريفية، والتكرار النهري، ومساحة الحوض لهذين الواديين.
- توصلت الدراسة إلى أن الأحواض الثانوية والتي تضم أودية قرنة ابن سعد، والدلاية، والحي، والنبي هارون، والسيق وأم مثلا، هي ذات قابلية متوسطة لخطر الفيضان، والتي تتباين لها قيم المتغيرات المورفومترية.
- كان حوض وادي سيق الغراب الأعلى من حيث مجموع درجات الرتب (Ranking Score) بين الأحواض الثانوية حيث بلغ ٩٥ درجة، أما أقل مجموع لدرجات الرتب بين الأحواض الثانوية فكان وادي الطاحونة وسيل وادي موسى حيث بلغ مجموع درجات الرتب لقابلية الخطورة ٦٧ درجة و٥٧ درجة على التوالي. أما باقي الأحواض الثانوية فتراوح مجموع درجات الرتب ما بين ٧٣ درجة لوادي النبي هارون و ٨١ درجة لوادي الدلاية.

وبالتالي توصي الدراسة باتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من خطر الفيضان ضمن حوض وادي موسى من خلال التوسع في إقامة مشاريع الحصاد المائي، وخاصة لوقوع إقليم البتراء والذي يعد من المواقع السياحية الهامة في الأردن والذي يستقبل أعدادا كبيرة من السياح سنويا ضمن الحوض.

## ٩. قائمة المصادر والمراجع:

### ٩.١ المراجع العربية:

- البحيري، صلاح الدين (١٩٩٠). جغرافية الأردن، مكتبة الجامع الحسيني، عمان الأردن .
- سلطة المصادر الطبيعية (٢٠١٢). خريطة التراكيب الجيولوجية مقياس (١ : ٥٠٠٠٠)، عمان، الأردن.
- الصباحة، نوح، زيتون، محمد (٢٠١٨). تحليل العلاقات الإحصائية بين المتغيرات المورفومترية للأحواض المائية في الأقاليم شبه الجافة (حوض وادي العرب: دراسة حالة)، مجلة كلية الآداب (الإنسانيات والعلوم الإجتماعية)، جامعة القاهرة، ٧٨، ٣، ٢١١-٢٥٢.
- عابد، عبد القادر (٢٠٠٠). جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه، (ط١)، عمان: منشورات نقابة الجيولوجيين الأردنيين: سلسلة الكتب العلمية ١ .
- النوايسة، سامر، الصباحة، نوح (٢٠١٧) الأحوال الجوية المرافقة للفيضان المفاجئ الذي أثر على مدينة العقبة يوم ٢٩/٣/٢٠١٥، مؤتمة للبحوث والدراسات، ٣٢، ٣، ١٧٥-٢٠٢.
- وزارة المياه والري (٢٠١٧)، بيانات هيدرولوجية ومناخية، عمان، الأردن.

### ٩.٢ المراجع الأجنبية:

- Abdalla.F.,El Shamy,I.,Bamoussa,A., Mansour, A., Mohamed,A., Tagoon, M (2014) Flash Floods and Groundwater Recharge Potentials in Arid Land Alluvial Basins, Southern Red Sea Coast, Egypt. International Journal of Geosciences, 5,971-982.
- Abdel-Ghaffar, M.K., Abdellatif, A.D., Azzam, M.A. and Riad, M.H( 2015). Watershed Characteristic and Potentiality of Wadi El-Arish, Sinai, Egypt, International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, Volume 4, Issue 1, pp. 1070-1091.
- Al-Qudah, K (2011). Floods as Water Resource and As a Hazard in Arid Regions: A Case Study in Southern Jordan. Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 5, No1:603-615.

- Al-Qudah, K. A. and Abu-Jaber, N (2009). A GIS database for sustainable management of shallow water resources in the Tulul Ashaqif region, NE Jordan. *Water Resources Management Journal*, 23:603-615.
- Bender, F. (1974), *Geology of Jordan, Supplementary Edition in English with Minor Revision*, Gerber Baronetage Barlin Germany.
- Bender, F. (1974), *Geology of Jordan, Supplementary Edition in English with Minor Revision*, Gerber Baronetage Barlin Germany.
- Cooke, R.U., Goudie, A.S. and Doornkamp, J.C (1978). Middle East-Review and Bibliography of Geomorphological Contributions. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 11, 9 -18. <http://dx.doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1978.011.01.02>.
- Doornkamp, J.C., Brunsden, D., Jones, D.K.C., Cooke, R.U. and Bush, P. (1979) Rapid Geomorphological Assessment for Engineering. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 12, 189-209. <http://dx.doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1979.012.03.06>.
- Faniran A (1968). The Index of Drainage Intensity - A Provisional New Drainage Factor. *Australian Journal of Science*, 31: 328-330.
- Farhan, Y. and Anaba, O. (2016) Flash Flood Risk Estimation of Wadi Yutum (Southern Jordan) Watershed Using GIS Based Morphometric Analysis and Remote Sensing Techniques. *Open Journal of Modern Hydrology*, Vo 6, 79-100.
- Gardiner, V. (1990) Drainage Basin Morphometry. In: Goudie, A., Ed., *Geomorphological Techniques*, Unwin Hyman, London, 71-81. [43] Patton, P.C. (1988).
- Golany, G. (1993) Planning Principles of Arid-Zone Settlements. *Habitat International*, 7, 147-163. [http://dx.doi.org/10.1016/0197-3975\(83\)90042-5](http://dx.doi.org/10.1016/0197-3975(83)90042-5).
- Gravelius, II. (2014) *Grundrifi der gesamten Gewässerkunde. Band I: Flufkunde (Compendium of Hydrology, vol. I. Rivers, in German)*. Goschen, Berlin, Germany.
- Greenbaum, N., Margalit, A., Schick, A. P., Sharon, D. and Baker, V. R. 1998. A high magnitude storm and flood in a hyperarid catchment, Nahal Zin, Negev desert. *Hydrological Processes*, 12:1-23.
- Greenbaum, N., Schwartz, U. and Bergman, N(2009). Extreme floods and short-term hydroclimatological fluctuations in the hyper-arid Dead Sea region. *Global and Planter Change GLOBAL-01523*; No. of Pages13.

- Grohmann, C.H., Riccomini, C., Alves, F.M(2007). SRTM-based morphotectonic analysis of the Pocos de Caldas alkaline Massif, southeastern Brazil. *Comput. Geosci.* 33, 10–19.
- Hlaing, T.K., Haruyama, S., Ave, M.M(2008). Using GIS-based distributed soil loss modeling and morphometric analysis to prioritize watershed for soil conservation in Bago river basin of lower Myanmar. *Front Earth Sci. China* 2, 465–478.
- Horton RE (1932) Drainage basin characteristics. *American Geophysical Union of Transactions* 13: 350-361.
- Horton RE (1945) Erosional Development of streams and their drainage basins, Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of American Bulletin* 56: 275-370. <http://gdem.aster.erdas.or.jp/>
- Inbar, M (1987). Effect of a High Magnitude Flood in the a Mediterranean Climate : a Case Study in the Jordan River Basin .In *Catastrophic Flooding* ,Mayer L,Nash D(eds).Allen and Unwin .London,pp.pp333-353 .
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Report. The Fourth Assessment Report (AR4) (2008). <http://www.ipcc.ch/>
- Javed, A., Khanday, M.Y., Ahmed, R (2009). Prioritization of subwatershed based on morphometric and land use analysis using remote sensing and GIS techniques. *J. Indian Soc. Remote Sens.* 37, 261–274.
- Kahana, R., Ziv, B., Enzel, Y. and Yan, U(2002). Synoptic climatology of major floods in the Negev Desert. *Int. J. Climatol.*, 22: 867-882.
- Korkalainen, T.H.J., Lauren, A.M., Kokkonen, T.S(2007). A GIS based analysis of catchment properties within a drumlin field. *Boreal Environ. Res.* 12, 489–500.
- Magesh, N., Chandrasekar, N., Soundranayagam, J.(2011). Morphometric evaluation of Papanasam and Manimuthar watersheds, parts of Western Ghats, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India: a GIS approach. *Environ. Earth Sci.* 64, 373–381.
- Miller, V. (1953) A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee. Project NR 389-402, Technical Report 3, Department of Geology, ONR, Columbia University, New York.
- Ministry of Water Agriculture. (1993), Soil Map and Land Use Project for Jordan, Hunting Technical Services LTD in Associated with Soil Survey and Land Research Center, Uk, Level.1, Vol.2.

- Pankaj, A., Kumar, P., (2009). GIS based morphometric analysis of five major sub-watershed of Song River, Dehradun district, Uttarakhand with special reference to landslide incidences. J. Indian Soc.Remote Sens. 37, 157–166.
- Potter, K.W. and Frevert, D.K., Eds. (2010) Proceedings of Watershed Management 2010: Innovations in Watershed Management under Land Use and Climate Change. Madison, 23-27 August 2010, American Society of Civil Engineers. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784411438>
- Rai,P.K., Mishra.S., Ahmad •A., MishraV.N(2014). A GIS-based approach in drainage morphometric analysis. DOI 10.1007/s13201-014-0238-y.
- Sangita Mishra.S, Nagarajan.R., (2010), Morphometric analysis and prioritization of sub-watersheds using GIS and Remote Sensing techniques: a case study of Odisha, India international journal of geomatics and geosciences, 1(3), pp 501-510.
- Schick, A. P (1971). A desert flood: physical characteristics, effects on man, geomorphic significance, human adaptation-case study in the southern Arava watershed. Jersalem Stud. Geogr., 2: 91-155.
- Schick, A. P(1988). Hydrologic aspects of floods in extreme arid environments. In: Baker, V. R., Kochel, R. C. and Patton, P. C. (Eds.), Flood Geomorphology. Wiley Interscience, New York, 189-203.
- Schumn SA (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological Society of American Bulletin 67: 597-646.
- Singh. S. and Dubey, A. (1994) Geoenvironmental Planning of Watersheds in Indian. Chugh Publications, Allahabad, 28-69.
- Strahler AN (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology. American Geophysical Union Transactions 38: 912-920.
- Strahler AN, Chow VT (1958) Quantitative geomorphology of drainage basins and channel network, In. Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill Book Company, New York, USA.
- Strahler AN, Chow VT (1964) Quantitative geomorphology of drainage basins and channel network, In. Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill Book Company, New York, USA.
- Thomas, J., Joseph, S., Thrivikramji, K., Abe, G., Kannan, N(2012). Morphometrical analysis of two tropical mountain river basins of contrasting environmental settings, the southern Western Ghats,India. Environ. Earth Sci. 66 (8), 2353–2366.

- Wilson, L.J, Vallee.,M., Montpetit .J. (2009). Comments on hydrometeorological accuracy enhancement via postprocessing of numerical weather forecasts in complex terrain. *Weather Forecast*, 24: 892–894.
- Youssef AM, Pradhan B, Gaber AFD, Buchroithner MF (2009) Geomorphological hazard analysis along the Egyptian Red Sea Coast between Safaga and Quseir. *Nat Hazards Earth Sys Science* 9:751–766.