

تقدير قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د/ عمر المجد علي عنيبة
عضو هيئة تدريس بقسم الجغرافيا
كلية التربية جامعة مصراتة

ملخص الدراسة :

تهدف هذه الدراسة إلى تقدير قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) Geographical Information System ، اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Models بدقة تمييزية 30*30 متر، لتحديد حدود حوض وادي ماجر، وحدود الأحواض الفرعية به، واستخلاص شبكة المجاري المائية بما وتصنيف رتبها وفقاً لـ (Strahler, 1957) كذلك استخراج وبشكل مباشر بعض خصائصها المورفومترية المساحية، وخصائصها التضاريسية مثل تضرس الحوض، كما تم استخدام المعادلات الرياضية الخاصة بهذا الشأن في حساب قيم العديد من المتغيرات المورفومترية الداخلة في هذه الدراسة، كمتغيرات الخصائص التضاريسية، والخصائص الشكلية، وخصائص الشبكة المائية للأحواض الفرعية. ومن تم تطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية Morphometric ranking method في تقدير قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة.

وقسمت الدراسة إلى ستة محاور، حيث يشمل المحور الأول الإطار النظري للدراسة، وخصص المحور الثاني للخصائص الطبيعية العامة لحوض وادي ماجر (الجيولوجية، والمناخية، والتربة) ويتناول المحور الثالث خطوات تقدير قابلية الأحواض المائية للفيضانات الوامضة، أما المحور الرابع فخصص لتحليل الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر، وخصص المحور الخامس لتقدير قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة ، بينما تضمن المحور السادس النتائج والتوصيات. وتوصلت الدراسة إلى تقدير قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة في حوض وادي ماجر، حيث تدرجت قابليتها للفيضانات الوامضة من منخفضة إلى متوسطة ، وعالية، إضافة إلى انشاء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر يمكن الاستفادة منها ومن نتائج الدراسة في الدراسات المتعلقة بالفيضانات، وإدارتها، والتقليل من مخاطرها، وغيرها الدراسات البيئية الأخرى.

أولاً: الإطار النظري للدراسة:

1.1. المقدمة:

عرفت هيئة الارصاد الجوية الأمريكية الفيضانات الوامضة Flash Flood بأنها فيضانات محلية مفاجئة تحدث خلال فترة زمنية قصيرة، نتيجة لهطول الأمطار الغزيرة على مساحة صغيرة، وتتميز بقوة تصريفية عالية⁽¹⁾، وتعد الفيضانات عامةً والفيضانات الوامضة خاصةً من أكثر المخاطر البيئية شيوعًا، وأكثرها تأثيرًا على العديد من جوانب الحياة البشرية، والطبيعية، وتحدث الفيضانات بسبب زيادة كمية المياه في الأحواض المائية الناتجة عن غزارة الأمطار، أو عن الأمطار الفُجائية التي تحدث في المناطق الجافة، وشبه الجافة، بشكل لا يتناسب مع القدرة الاستيعابية للمجري في الحوض، ومما ساهم في زيادة حدوث الفيضانات خاصةً الوامضة منها، وزيادة مخاطرها، وأضرارها، وصعوبة التعامل معها، الأنشطة البشرية المتمثلة في تغيير استخدامات الأرض، والاستخدام الخاطئ لها في كثيرٍ من الأحيان⁽²⁾.

وللحدّ من مخاطر وأضرار الفيضانات بُذلت الكثير من الجهود، وأجريت العديد من الدراسات المعتمدة على أسلوب الجيومورفولوجية التقليدية مثل دراسة (Rudrialah, et al, 2008) وغيرها⁽³⁾، إذ يشمل هذا الأسلوب دراسة خصائص الأحواض المائية التضاريسية، والجيولوجية، والمناخية، وتحديد رُتبتها النهرية، وخصائص شبكتها المائية، ودراسة استخدامات الأرض، والتغيرات التي طرأت على هذه الاستخدامات، وهذا يحتاج إلى جهد كبير ووقت طويل، وأما في الوقت الحاضر تعتمد الكثير من الدراسات الخاصة بالفيضانات والتنبؤ بها، وطُرق الحد من آثارها، وتقدير درجة مخاطرها، ودرجة قابلية الأحواض المائية للفيضانات الوامضة، على استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إعداد قاعدة بيانات للمتغيرات المورفومترية المساحية، والهيدرولوجية، والشكلية، والتضاريسية للأحواض المائية، واستخدام هذه المتغيرات المورفومترية في التنبؤ بالفيضانات، وتقدير مدى قابلية الأحواض للفيضانات الوامضة، والحد من آثارها، فيما يعرف بطريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية ممّا وُقِر الجهد والوقت، ودقة العمل⁽⁴⁾.

وتهتم هذه الدراسة بتقدير قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة وذلك من خلال حساب وتحليل الخصائص المورفومترية لتلك الأحواض الفرعية، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتطبيق طريقة ترتيب

المتغيرات المورفومترية Morphometric ranking method

2.1 . مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في حساب وتحليل الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر، وتطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية **Morphometric ranking method** لتقدير قابلية هذه الأحواض للفيضانات الوامضة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتتلخص مشكلة الدراسة في التساؤلات التالية :

أ. هل يمكن انشاء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية لحوض وادي ماجر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) يمكن من خلالها تطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية في تقدير قابلية هذه الأحواض للفيضانات الوامضة؟

ب. هل يوجد اختلاف في قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة؟

ج. هل يمكن إنشاء خرائط رقمية لحوض وادي ماجر، ولأحواضه الفرعية توضح خصائصها الطبيعية، والمورفومترية، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وإنشاء خرائط رقمية توضح مستوى قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة، من خلال تطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية؟

3.1 . فرضيات الدراسة:

تتمثل فرضيات الدراسة في الآتي:

أ. يمكن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية لحوض وادي ماجر، ان تفيد في تطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية لتقدير قابلية الأحواض للفيضانات الوامضة.

ب. تختلف قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة.

ج. يمكن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM إنشاء خرائط رقمية تبين الخصائص الطبيعية والمورفومترية لحوض وادي ماجر، ولأحواضه الفرعية، إضافة إلى إنشاء خريطة رقمية توضح قابلية تلك الأحواض للفيضانات الوامضة.

4.1 . أهمية الدراسة:

تؤثر الفيضانات الوامضة باعتبارها إحدى المخاطر البيئية تأثيراً كبيراً على الحياة الطبيعية والبشرية، وتسبب خسائر كبيرة في المناطق التي تحتاحها لاسيما في المناطق شبه الجافة، والجافة التي تتميز بتذبذب أمطارها ونمطها الفجائي

والعاصفي في كثير من الأحيان، وتأتي أهمية هذه الدراسة في كونها تقوم على تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر أحد الأحواض المائية في ليبيا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM ، وتطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية Morphometric ranking method لتقدير قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة بحيث يمكن الاستفادة من نتائج هذه الدراسة في العديد من الدراسات الخاصة بالفيضانات وإدارتها، والدراسات المتعلقة بالبيئة، والأنشطة البشرية، والإنشاءات الهندسية المختلفة في أحواض الأودية، خاصةً وأن اجزاء كبير من أحواض وادي ماجر الفرعية مأهولة بالسكان، ومستغلة في العديد من الأنشطة البشرية.

5.1. أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

- 1 . استخراج وحساب وتحليل قيم الخصائص، أو المتغيرات المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM .
- 2 . تقدير قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM ، وتطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية.
- 3 . إنشاء خرائط رقمية لحوض وادي ماجر، ولأحواضه الفرعية توضح حدودها، وشبكة التصريف المائية فيها، وخصائصها المورفومترية، والطبيعية، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM ، وإنشاء خريطة رقمية تبين مستوى قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة.
- 4 . إنشاء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر.

6.1 .. حدود منطقة الدراسة:

تتمثل منطقة الدراسة في حوض وادي ماجر البالغ مساحته 830.144 كم² الذي يقع جنوب مدينة زليتن، حيث يمتد من الجنوب الغربي في اتجاه الشمال الشرقي ليصب في منطقة نعيمة وما جاورها، ويقع حوض وادي ماجر فلكياً ما بين خطي طول 14.16.32° - 14.46.32° شرقاً، وما بين دائرتي عرض 32.08.29° - 32.27.00° شمالاً (شكل 1).

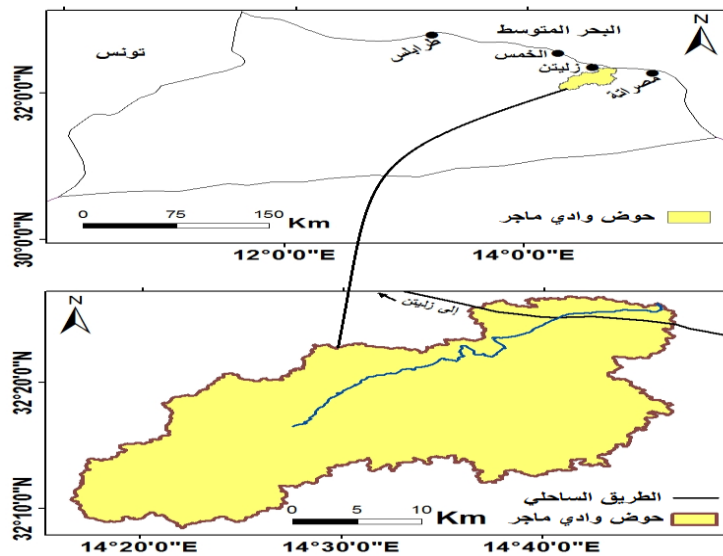
7.1 . منهجية الدراسة:

1.7.1. منهج الدراسة: اتبع في هذه الدراسة المنهج التحليلي الكمي في تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر، واستخدم تقنية نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.1) اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) الخاص بكل حوض من الأحواض الفرعية في استخراج المتغيرات التالية: محيط الحوض . حدوده . ومساحته، وطوله، وارتفاعه، وانحداره، واستخلاص شبكة المجاري المائية في الحوض، وتحديد عدد المجاري المائية، وطولها، ورتبة الحوض النهرية باستخدام طريقة (Strahler 1957)، إضافة إلى استخدام المعادلات الرياضية في حساب قيم المتغيرات المورفومترية الأخرى الداخلة في هذه الدراسة، بناءً على دراسات Schumm، Horton ، Strahler ، وغيرهم.

2.7.1. البيانات المستخدمة في الدراسة : تشمل البيانات المستخدمة في هذه الدراسة الآتي:

1. المصادر، والمراجع المكتبية، والدوريات العلمية ، والتقارير المنشورة وغير المنشورة ذات العلاقة بموضوع الدراسة.
2. البيانات المناخية، كمية الأمطار السنوية في حوض وادي ماجر (خريطة المتوسط السنوي للأمطار في ليبيا) .
3. خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة الخمس الجيولوجية مقياس 1 : 250000 (مركز البحوث الصناعية)
4. خريطة التربة في ليبيا.

شكل (1) موقع حوض وادي ماجر



المصدر: من عمل الباحث باستخدام GIS

5 . نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية 30*30 متر يغطي منطقة الحوض من بيانات القمر الصناعي ASTER للعام 2014 لوحة N31E14 . ASTGTM

3.7.1 التقنيات المستخدمة في الدراسة :

استخدمت تقنية نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.1) اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لاستخراج وحساب وتحليل الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر وإعداد الخرائط الرقمية لهذه الأحواض، وإنشاء قاعدة بيانات جغرافية لخصائصها المورفومترية، واستخدام قاعدة البيانات هذه في تقدير قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الواضمة، وذلك بتطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية

. Morphometric ranking method

8.1 . الدراسات السابقة:

لم تلق الدراسات المتعلقة بظاهرة فيضانات الأودية عامة، والفيضانات الواضمة خاصة اهتمام واسع في ليبيا خاصة تلك التي تستخدم التقنيات الحديثة مثل تقنية نظم المعلومات الجغرافية، وتطبق الطرق الحديثة المتبعة حالياً في تحديد قابلية الأحواض المائية للفيضانات الواضمة، لذلك تم في هذا الجانب الاطلاع على العديد من الدراسات العربية والأجنبية ذات العلاقة بالموضوع ومنها.

. دراسة أبو سليم (2009)

اهتمت الدراسة بالمعطيات الطبيعية المؤثرة في ظاهرة الفيضانات في وادي جردان في الأردن، من خلال تحليل الخصائص الطبيعية للحوض، والخصائص المورفومترية، والخصائص الهيدرولوجية، والنباتية، ودورها في زيادة حدة الفيضانات واستمراريتها، وخُصت الدراسة إلى العديد من النتائج من أهمها: زيادة احتمالية حدوث الفيضانات، وتكرارها في الروافد الفرعية للوادي، مع زيادة رتبته⁽⁵⁾.

. دراسة (النفيعي، 2010) :

اهتمت هذه الدراسة بتقدير الجريان السطحي، ومخاطره السيولية في الحوض الأعلى لوادي عرنة، شرق مكة المكرمة، باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، وقد حددت الدراسة الجريان السطحي في المنطقة

المدرسة ضمن ثلاثة مستويات مكانية، وكذلك توصلت إلى تحديد الأماكن الأكثر عرضة للسيول التي بلغ عددها 11 موقعًا في الحوض المدروس⁽⁶⁾.

. دراسة (Youssef, et al. 2011) :

استخدمت هذه الدراسة نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي فيرين في جنوب سيناء، لتقدير قابلية هذه الأحواض لمخاطر الفيضانات الوامضة، وذلك بتطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية، وتمّ في هذه الدراسة تقدير قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة، ومدى خطورتها على الطرق وغيرها من الإنشاءات⁽⁷⁾.

. دراسة عنيبة (2016):

تناولت هذه الدراسة تحليل الخصائص الطبيعية، والمورفومترية لعدد تسع أحواض مائية في الأردن، باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، إضافة إلى تحديد قابلية الأحواض المائية الفرعية في ثلاث أحواض منها للفيضانات الوامضة، وتوصلت الدراسة إلى تقدير قابلية هذه الأحواض للفيضانات الوامضة، وإلى توصيات، وحلول لإدارة الفيضانات والتقليل من آثارها⁽⁸⁾.

. دراسة (Farhan, Anaba. 2016) :

استخدمت هذه الدراسة نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد في تقدير قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي اليتيم في الأردن للفيضانات الوامضة، حيث خلصت الدراسة إلى تحديد مستوى قابلية تلك الأحواض للفيضانات الوامضة، ووضع العديد من التوصيات واقتراح العديد من التدابير للتقليل من أخطار الفيضانات⁽⁹⁾.

ثانياً . خطوات تقدير قابلية الأحواض المائية للفيضانات الوامضة :

في هذه الدراسة تمّ تقدير درجة قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة في حوض وادي ماجر، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، والاعتماد على الخصائص المورفومترية المؤثرة في درجة قابلية الأحواض المائية للفيضانات الوامضة، بناءً على الخطوات التالية :

1 . استُخدم نظم المعلومات الجغرافية (GIS) اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ، في تحديد حدود الأحواض الفرعية، وحساب مساحتها، ومحيطاتها، وطولها، وارتفاعاتها، وانحداراتها، وحساب عدد وطول المجاري فيها.

2 . حساب قيم المتغيرات المورفومترية الداخلة في تقدير قابلية الأحواض المائية الفرعية للفيضانات الوامضة، وعددها 17 متغيرًا، وفقًا للمعادلات الواردة ب (جدول 1 أ، ب).

ويمكن تقسيم المتغيرات الداخلة في حساب وتقدير القابلية الأحواض المائية للفيضانات الوامضة إلى مجموعتين:

أ . المتغيرات التي لها علاقة طردية مع قابلية الأحواض للفيضانات الوامضة، فكلما زادت قيم هذه المتغيرات زادت درجة القابلية للفيضانات الوامضة، وهي: مساحة الحوض، وتضرس الحوض، ونسبة التضرس، والانحدار، ونسبة استتالة الحوض، ونسبة استدارة الحوض، وكثافة التصريف، والتكرار النهري، والترتبة النهري، وطول وعدد المجاري المائية في الحوض (جدول 1 أ).

ب . المتغيرات التي لها علاقة عكسية مع قابلية الأحواض للفيضانات الوامضة، وهي: مُعامل الشكل، ومُعامل الاندماج، ودرجة الوُعمورة، والتكامل الهبسومتري، والرقم الهندسي، وطول الجريان الصفائحي، فكلما زادت قيم هذه المتغيرات انخفضت درجة القابلية للفيضانات الوامضة (جدول 1 ب).

3 . اعتمدت هذه الدراسة في تقدير قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة على تطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية **Morphometric ranking method** (Youssef, et al 2011) وتعتمد هذه الطريقة في حساب وتقدير قابلية الأحواض للفيضانات الوامضة على حساب قيم المتغيرات المورفومترية وعددها 20 متغير، ثم يُؤخذ من هذه المتغيرات المورفومترية عدد 17 متغيرًا (جدول 1، أ، ب) ليتم تصنيف قيم كل متغير منها إلى خمس فئات 1- 5 ، بناءً على المعادلة التالية: $(Max - Min)/5$ حيث إن : $Max =$ أعلى قيمة للمتغير $Min =$ أقل قيمة للمتغير، ويزداد مستوى الخطورة للمتغير من حيث الفيضانات الوامضة مع زيادة الفئة التي يتحصل عليها من خلال التصنيف.

4 . بعد تصنيف المتغيرات الداخلة في حساب قابلية الأحواض للفيضانات الوامضة لكل حوض فرعي، بواسطة المعادلة السابقة، يتم جمع القيم التي تحصل عليها كل حوض فرعي، ويكون الحوض الأعلى مجموع هو الحوض الأعلى قابلية للفيضانات الوامضة.

جدول (1) المتغيرات المورفومترية الداخلة في تقدير قابلية الأحواض المائية للفيضانات الوامضة:

(أ) المتغيرات المورفومترية ذات العلاقة الطردية مع قابلية الأحواض للفيضانات الوامضة

م.ر	المتغيرات المورفومترية	رمز المتغير	المعادلة	المصدر
1	مساحة الحوض	A	مساحة الحوض كم ²	برامج GIS
2	تضرس الحوض	B _h	B _h = H - h H = أعلى ارتفاع في الحوض h = أدنى ارتفاع في الحوض	Schumm (1963)
3	نسبة التضرس	R _r	R _r = H / L _b H = تضرس الحوض (م) (الفرق بين أعلى ارتفاع وأقل ارتفاع في الحوض) L _b = طول الحوض (كم) .	Schumm (1963)
4	انحدار الحوض (درجة)	S _w	S _w = B _h / L _b * 60 Bh = الارتفاع (المسافة الرأسية) Lb = طول الحوض (المسافة الأفقية)	Horton (1945)
5	نسبة الاستدارة	R _c	R _c = 4*3.14*A/P ² A = مساحة الحوض (كم ²) P ² = مربع محيط الحوض (كم ²)	Miller(1953), Strahler(1964)
6	نسبة الاستطالة	R _e	R _e = 1.128*√ A / L _b ² A = مساحة الحوض (كم ²) . L _b = طول الحوض (كم) .	Schumm (1956)
7	كثافة التصريف	D _d	D _d = L _u / A L _u = المجموع الكلي لطول المجاري المائية في الحوض. A = مساحة الحوض (كم ²) .	Horton (1945)
8	التكرار النهري	F _s	F _s = N _u / A N _u = إجمالي عدد المجاري المائية في الحوض . A = مساحة الحوض (كم ²)	Horton (1932)
9	الرتبة النهري	u	حسبت وفقاً لطريقة (Strahler 1957)	برامج GIS
10	عدد المجاري المائية	N _u	المجموع الكلي لعدد المجاري في الحوض	برامج GIS
11	طول المجاري المائية	L _u		برامج GIS

جدول (1) المتغيرات المورفومترية الداخلة في تقدير قابلية الأحواض المائية للفيضانات الوامضة:

(ب) المتغيرات المورفومترية ذات العلاقة العكسية مع قابلية الأحواض للفيضانات الوامضة

ر.م	المتغيرات	رمز المتغير	المعادلة	المصدر
1	Shape factor / حسب طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية لتقدير قابلية الأحواض للفيضانات الوامضة تم استخدام هذه المعادلة لاستخراج قيمة هذا المتغير (Pradhan, 2010; Youssef, et al 2009)	S_f	$S_f = A / L_b^2$ A = مساحة الحوض (كم ²) L_b^2 = مربع طول الحوض (كم ²)	Horton (1945)
2	معامل الاندماج	C_c	$C_c = 0.2812 * P / A^{0.5}$ P = محيط الحوض، A = مساحة الحوض	Horton (1945)
3	درجة الوعورة	R_n	$R_n = D_d * (H / 1000)$ D_d = كثافة التصريف . H = الفرق بين أعلى نقطة وأقل نقطة (تضرس الحوض).	Strahler (1957)
4	التكامل الهيسومتري	H_i	$H_i = (H - h) / (H - h)$ H = متوسط الارتفاع . H = أعلى ارتفاع في الحوض . h = أقل ارتفاع في الحوض.	Strahler (1957, 1964)
5	Geometry number	G_n	$G_n = B_h * D_d / S_w$ B_h = الارتفاع (تضرس الحوض) D_d = كثافة التصريف S_w = انحدار الحوض (درجة)	Strahler (1958)
6	طول الجريان الصفائحي	L_o	$L_o = 1/2 D_d$ $L_o = 1/2 D_d$ = نصف قيمة كثافة التصريف	Horton (1945)

ثالثاً: الخصائص الطبيعية العامة لحوض وادي ماجر:

تتمثل التكوينات الجيولوجية في الأجزاء الجنوبية الغربية والوسطى من حوض وادي ماجر في تكوين نالوت المكون من الصخور الجيرية المتداخلة مع احجار الصوان⁽¹⁰⁾، إذ يغطي مساحة تقدر بـ 380.102 كم²، أي ما يعادل 45.78% من المساحة الكلية لهذا الحوض (جدول 2، شكل 2)، في حين يظهر تكوين الخمس الذي يعود إلى الميوسين الأوسط في الأجزاء الشمالية الشرقية من هذا الحوض وهو يتألف من صخور جيرية مسامية، وكارنيت،

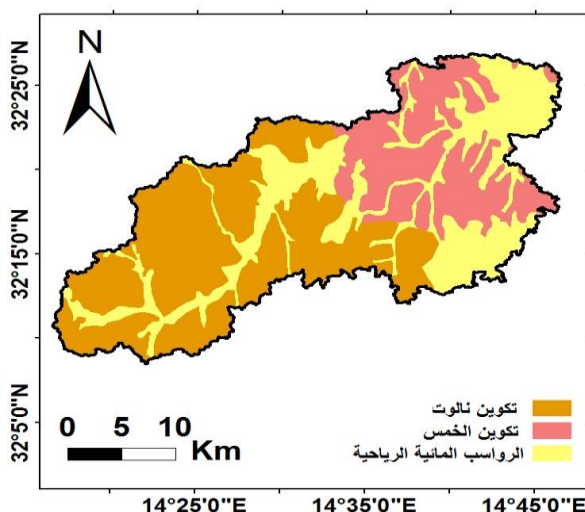
وكاكارنيت رملي⁽¹¹⁾، وتبلغ المساحة التي يغطيها هذه التكوين من حوض وادي ماجر 196.298 كم² أي ما يعادل 23.65% من مساحة الكلية (جدول 2، شكل 2)، أما باقي مساحة حوض وادي ماجر البالغة 253.744 كم²، التي تشكل نسبته 30.56% من المساحة الكلية لهذا الحوض، فتغطيها الرواسب المائية والرياحية التي تعود إلى العصر الرابع (جدول 2، شكل 2)، وهي رواسب تتميز بسمكها الكبير، وتتألف من رواسب رياحية، وطفال رملي فيضي، مع تداخلات من الحصى صغير الحجم⁽¹²⁾.

جدول (2) التكوينات الجيولوجية في حوض وادي ماجر

المساحة ونسبتها في الحوض		التكوينات الجيولوجية
%	كم ²	
45.78	380.102	تكوين نالوت: (صخور جيرية ، احجار الصوان).
23.65	196.298	تكوين الخمس: (صخور جيرية مسامية، وكاكارنيت، وكاكارنيت رملي)
30.56	253.744	تكوينات الهولوسين رواسب رياحية، وطفال رملي فيضي، مع تداخلات من الحصى صغير الحجم)

المصدر: من عمل الباحث باستخدام GIS

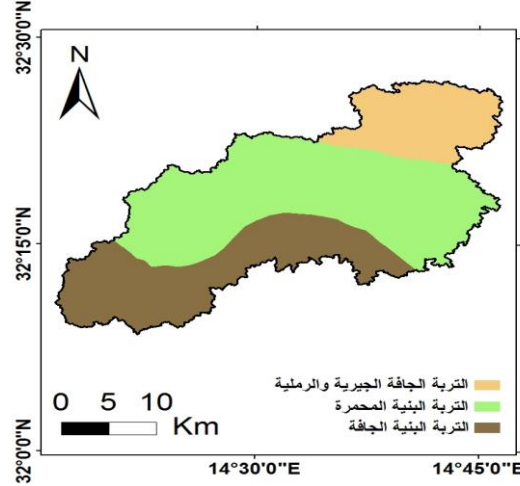
شكل (2) جيولوجية حوض وادي ماجر



المصدر: من عمل الباحث باستخدام GIS استناداً إلى خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة الخمس، مركز البحوث الصناعية، طرابلس 1975. وتشغل التربة الجافة الجيرية والرملية التي تكونت تحت تأثير مناخ البحر المتوسط، والتربة البنية المحمرة التي تتميز بنفاذية من متوسطة إلى عالية، والتربة البنية الجافة التي تكونت بفعل الترسيب المائي⁽¹³⁾ ما نسبته 17.22%،

51.92%، 30.84% على التوالي من المساحة الكلية لحوض وادي ماجر (شكل 3، جدول 3)، وأما المتوسط السنوي للأمطار في هذا الحوض فيتراوح ما بين 200 - 300 ملم (شكل 4) (14).

شكل (3) التربة في حوض وادي ماجر



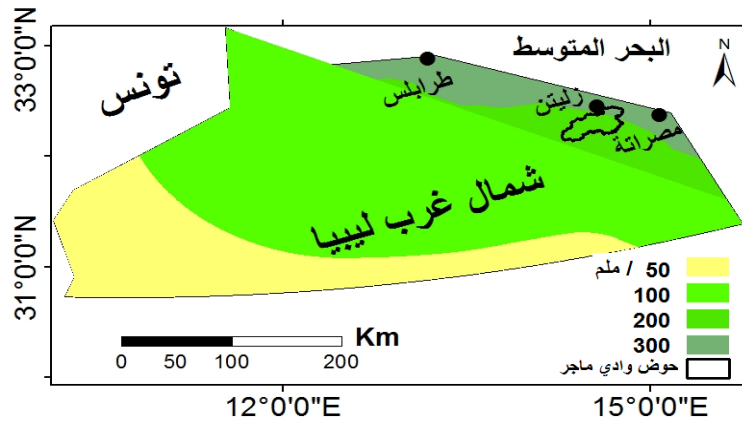
المصدر: من عمل الباحث باستخدام GIS استناداً إلى خريطة التربة، الأطلس الوطني، أمانة التخطيط، مصلحة مساحة، 1978.

جدول (3) التربة في حوض وادي ماجر

المساحة		نوع التربة
%	كم ²	
17.22	143.024	التربة الجافة الجيرية والرملية
51.92	431.038	التربة البنية المحمرة
30.84	256.082	التربة البنية الجافة

المصدر: من حسابات الباحث باستخدام GIS

شكل (4) المتوسط السنوي للأمطار في حوض وادي ماجر

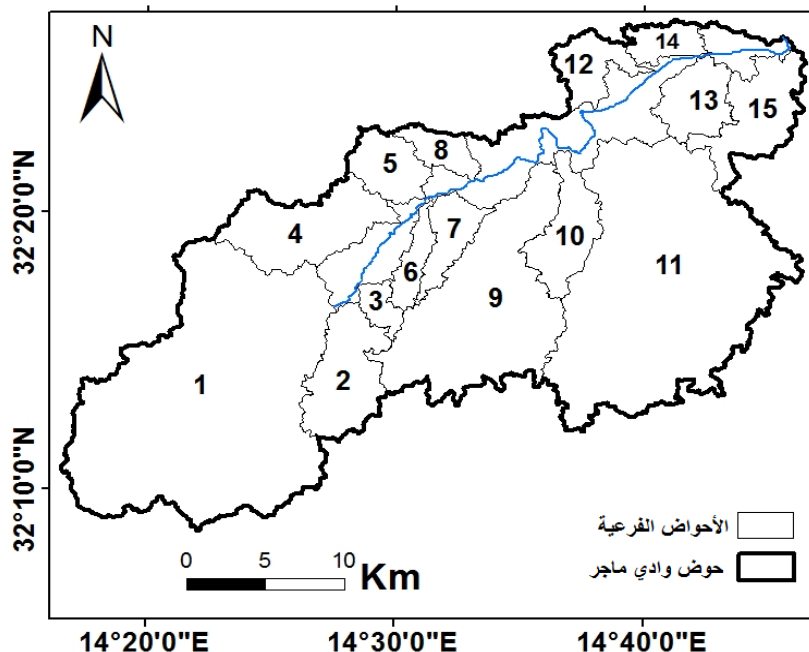


المصدر: من عمل الباحث باستخدام GIS استناداً إلى خريطة المتوسط السنوي للأمطار في ليبيا،

الأطلس الوطني، أمانة التخطيط، مصلحة المساحة، 1978.

رابعاً: تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر:
 بلغ عدد الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر 15 حوضاً بمساحة إجمالية قدرها 740.309 كم² أي: ما يعادل 89.17% من المساحة الكلية لهذا الحوض موزعة على كافة أجزائه من المنبع إلى المصب (شكل 5).

شكل (5) الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر



المصدر: من عمل الباحث باستخدام GIS

1.4. الخصائص المورفومترية المساحية:

1. المساحة (A):

تتراوح مساحة الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر ما بين 6.633 - 216.293 كم²، إذ إن أكبرها مساحةً الحوض 1، وأصغرها مساحةً الحوض 3 (جدول 4).

2. المحيط (P):

يتراوح طول محيط الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر ما بين أقصره للحوض 3 ويبلغ 15.377 كم، وأطولها للحوض 11 ويبلغ 94.959 كم (جدول 4).

3. طول الحوض (L_b):

يتضح من (جدول 4) أن أقل الأحواض الفرعية طولاً في حوض وادي ماجر الحوض 3 إذ يبلغ طوله 4.548 كم، في حين سجل الحوض 1 أكبر طولاً حيث بلغ طوله 20.497 كم.

4. 2. الخصائص المورفومترية الشكلية:

1. نسبة الاستطالة (R_e):

يتضح من (جدول4) أن نسبة استطالة الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر تتراوح ما بين 0.318 . 0.832، ووفقاً لتصنيف (Schumm, 1956) للأحواض المائية بناءً على نسبة الاستطالة⁽¹⁵⁾، تُعد هذه الأحواض مستطيلة الشكل ممتدة، باستثناء الأحواض 1، 11، 13 فإنها ذات شكل ببيضاوي، أي يقترب من الشكل الدائري .

2. نسبة الاستدارة (R_c):

تتراوح نسبة استدارة الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر ما بين 0.199 . 0.466 (جدول4) إذ إنّ أقلها من حيث نسبة الاستدارة الحوض 15، وأعلىها الحوض 5.

3. معامل الشكل (S_f):

يتضح من (جدول4) أن قيم معامل الشكل للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر تتراوح ما بين 0.080 . 0.599، وبناءً على قيم معامل الشكل يلاحظ أن كل الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر أحواض ممتدة مستطيلة الشكل، باستثناء الأحواض 1، 11، 13 التي زادت قيمة معامل الشكل لها عن 0.500، مما يشير إلى أن هذه الأحواض أقرب إلى الاستدارة، وبذلك تتفق مع نتائج نسبة الاستطالة.

4. معامل الاندماج (C_c):

يتبين من (جدول4) أن قيم هذا المتغير في الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر تتراوح ما بين أقلها 1.458 في الحوض 5، وأعلىها 2.228 في الحوض 15 .

4. 3. الخصائص المورفومترية التضاريسية:

1. تضرس الحوض (B_h):

جدول (4) الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر

الأحواض الفرعية														التعريفات	
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	التعريفات
31.860	10.733	19.826	16.165	189.901	23.899	97.983	10.131	14.838	9.828	17.862	40.671	6.633	33.686	216.293	A
44.738	21.611	25.826	27.165	94.959	31.788	73.462	18.171	26.051	23.372	21.923	40.423	15.377	37.135	88.504	P
11.029	11.531	6.099	6.790	18.653	9.947	17.340	5.874	8.073	7.662	6.261	12.000	4.548	9.054	20.497	Lb
102	42	94	43	151	112	130	91	99	105	83	97	88	96	141	r, Bh
0.009	0.004	0.015	0.006	0.008	0.011	0.007	0.015	0.012	0.013	0.013	0.008	0.019	0.010	0.007	Rr
0.55	0.22	0.92	0.37	0.48	0.67	0.44	0.92	0.73	0.82	0.79	0.48	1.16	0.63	0.42	Sw
0.158	0.085	0.150	0.062	0.213	0.160	0.191	0.132	0.142	0.155	0.117	0.137	0.123	0.134	0.201	Rn
0.710	0.768	0.660	0.757	0.828	0.767	0.836	0.809	0.772	0.795	0.822	0.833	0.809	0.799	0.787	Hi
0.288	0.388	0.163	0.168	0.443	0.239	0.435	0.143	0.195	0.189	0.150	0.286	0.106	0.223	0.480	Gn
4	4	4	3	5	4	5	3	3	3	3	3	2	4	6	U
45	24	30	19	235	28	114	11	14	12	26	47	7	36	297	Nu
49.611	21.827	31.712	23.424	268.076	34.186	144.211	14.707	21.304	14.561	25.275	57.705	9.311	47.150	309.914	Lu
3.388	2.500	2.833	3.750	3.837	4.250	3.385	3.500	3.750	3.250	4.580	6.370	6.00	2.600	3.144	Rb
1.557	2.033	1.599	1.449	1.411	1.430	1.471	1.451	1.435	1.481	1.415	1.418	1.403	1.399	1.432	Dd(Km/K m2)
1.141	2.236	1.513	1.175	1.237	1.171	1.163	1.085	0.943	1.221	1.455	1.155	1.055	1.068	1.373	fs (Nu/Km2)
0.778	1.016	0.799	0.724	0.705	0.715	0.735	0.725	0.717	0.740	0.707	0.709	0.701	0.699	0.716	(م) Lo
0.575	0.318	0.822	0.666	0.832	0.552	0.642	0.610	0.536	0.460	0.760	0.598	0.637	0.721	0.807	Re
0.199	0.288	0.373	0.275	0.264	0.297	0.228	0.385	0.274	0.225	0.466	0.312	0.352	0.306	0.346	Rc
0.261	0.080	0.532	0.350	0.545	0.241	0.325	0.293	0.227	0.167	0.455	0.282	0.320	0.410	0.514	Sf
2.228	1.855	1.631	1.900	1.937	1.828	2.087	1.605	1.901	2.097	1.458	1.782	1.679	1.799	1.692	Cc

يتضح من (جدول4) أن قيم تضرس الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر تتراوح ما بين 0.004 م ، إذ يُعد

الحوض 11 من أكثر الأحواض تضرسًا، في حين يُعد الحوض 14 من أقلها تضرسًا.

2. نسبة التضرس (R_r):

يتبين من (جدول4) أن نسبة التضرس في الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر، تتراوح ما بين 0.004 .

0.019، حيث أن أقل قيمة لهذا المتغير كانت في الحوض 14، وإعلاها كانت في الحوض 3 .

3. درجة الانحدار (S_w):

تتراوح درجة الانحدار في الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر ما بين أقلها 0.22 في الحوض 14، وأعلىها 1.16 في الحوض 3 (جدول 4).

4. درجة الوعورة (R_n):

يتضح من (جدول 4) أن درجة وعورة الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر تتراوح ما بين 0.062 . 0.213، وتعد قيم هذا المتغير منخفضة، تدل على أن أسطح هذه الأحواض الفرعية قليلة التضرس وفقاً لتصنيف (Frhan) لأسطح الأحواض المائية بناءً على درجة الوعورة⁽¹⁶⁾.

5. التكامل الهيسومتري (H_i):

تتراوح قيم هذا المتغير في الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر ما بين 66.00% . 83.60% (جدول 4) مما يدل على أن هذه الأحواض في مرحلة الشباب من دورتها الحثية، ولا زالت أجزاء كبيرة من موادها الصخرية، تنتظر الإزالة بفعل عوامل التعرية.

6. الرقم الهندسي (G_n):

يتضح من (جدول 4) أن قيم هذا المتغير تتراوح ما بين أقلها 0.106 في الحوض 3، وأعلىها 0.480 في الحوض 1.

4.4. الخصائص المورفومترية ذات العلاقة بالشبكة المائية:

1. رُتب المجاري المائية (u) وأعدادها (N_u):

وفقاً لطريقة (Strahler, 1957) لتحديد رُتب المجاري المائية، تصنف الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر من حيث الرتبة النهرية إلى: الحوض الفرعي 1، يعد حوضاً من الرتبة السادسة، في حين يصنف الحوضين الفرعيين 9، 11، أحواضاً من الرتبة الخامسة، أما الأحواض الفرعية 2، 10، 13، 14، 15، فتعد أحواضاً من الدرجة الرابعة بينما تصنف الأحواض 4، 5، 6، 7، 8، 12، أحواضاً من الرتبة الثالثة، والحوض 3 حوضاً من الرتبة الثانية، أما عدد المجاري المائية في الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر فيتراوح ما بين أقله في الحوض 3 وعددها 8 مجاري، وأعلىها في الحوض 1 وعددها 297 مجرى (جدول 4).

2. طول المجاري المائية (L_{II}):

يتضح من (جدول4) أن مجموع أطوال المجاري المائية في الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر يتراوح ما بين 9.311 . 309.914 كم، وأن أقل طول لها في الحوض 3 ، وأكبر طول في الحوض 1.

3. نسبة التشعب (R_b):

تم حساب نسبة التشعب على أساس المتوسط الحسابي لنسبة التشعب في كل حوض من الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر، إذ يتضح من (جدول4) أن نسبة التشعب في هذه الأحواض تتراوح ما بين أقلها 2.500 في الحوض 14، وأعلىها 6.00 في الحوض 3.

4. كثافة التصريف (D_d):

يتضح من (جدول4) أن كثافة التصريف في الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر تتراوح ما بين 1.399 . 2.033 كم²/كم²، حيث سجل الحوض 2 أقل قيمة لكثافة التصريف، في حين سجل الحوض 14 أعلى قيمة لها.

5. التكرار النهري (F_s):

تتراوح قيم التكرار النهري للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر ما بين أدناها 0.943 مجرى/كم² في الحوض 7، وأعلىها 2.236 مجرى/كم² في الحوض 14، (جدول4).

6. طول الجريان الصفائحي (L_o):

تتراوح قيم هذا المتغير في الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر ما بين 0.699 كم وهي أقل قيمة، وسُجّلت في الحوض 2، أما أعلى قيمة فبلغت 1.016 كم ، وسُجّلت في الحوض 14 (جدول4).

خامسًا. تقدير قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة في حوض وادي ماجر :

تم تقدير قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة في حوض وادي ماجر باتباع طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية

Morphometric ranking method (Youssef, et al 2011) ، وذلك وفقًا للآتي:

بعد تحليل وحساب المتغيرات المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر، تم تصنيف، وترتيب قيم كل متغير من المتغيرات المورفومترية للأحواض الفرعية الداخلة في تقدير القابلية الأحواض للفيضانات الوامضة وعدده 17 متغير (جدول 4) إلى خمس فئات بناءً على معادلة:

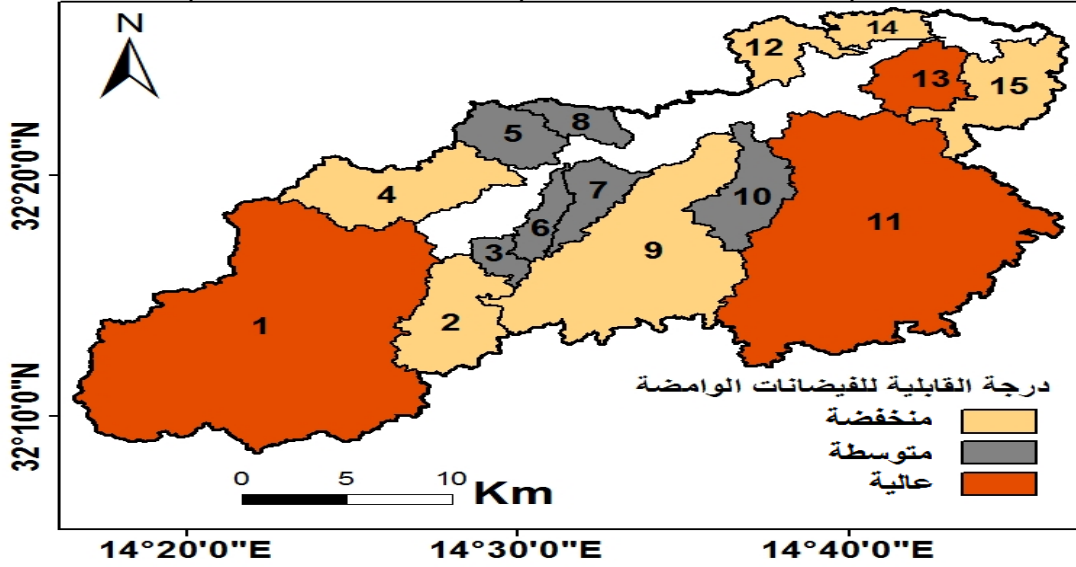
$(Max - Min)/5$ ، وجمع القيم التي تحصل عليها كل حوض فرعي (جدول 5) تبين أن من أكثر الأحواض الفرعية قابلية للفيضانات الوامضة في حوض وادي ماجر الحوض 1، ويليه الحوض 13، ثم الحوض 11، بينما يُعد الحوض 14 من أقل الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر قابلية للفيضانات الوامضة (جدول 5).

جدول (5) ترتيب المتغيرات المورفومترية الداخلة في تقدير قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة وفقاً للمعادلة $(Max - Min)/5$

الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر															المتغيرات المورفومترية	
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
1	1	1	1	5	1	3	1	1	1	1	1	1	1	5	A	المتغيرات المورفومترية ذات العلاقة الطردية مع قابلية الحوض للفيضانات الوامضة
3	1	3	1	5	4	5	3	3	3	2	3	3	3	5	B _h	
2	1	4	1	2	3	1	4	3	3	3	2	5	2	1	R _r	
2	1	4	1	2	3	1	4	3	4	4	2	5	3	2	S _w	
1	2	4	2	2	2	1	4	2	1	5	3	3	3	3	R _c	
2	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	D _d (Km/Km ²)	
1	5	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	F _s (Nu/Km ²)	
3	3	3	2	4	3	4	2	2	2	2	2	1	3	5	U	
1	1	1	1	4	1	2	1	1	1	1	1	1	1	5	N _u	
1	1	1	1	5	1	3	1	1	1	1	1	1	1	5	L _u	
3	1	5	4	5	3	5	3	3	3	5	3	4	4	5	R _e	
4	5	1	3	1	4	3	3	4	5	1	3	3	2	1	S _f	المتغيرات المورفومترية ذات العلاقة المكمية مع قابلية الحوض للفيضانات الوامضة
1	3	4	3	2	3	1	5	3	1	5	3	4	3	4	C _c	
5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	R _n	
4	2	5	3	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	H _i	
3	2	5	5	1	4	1	5	4	4	5	3	5	4	1	G _n	
4	1	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	L _o (كم)	
4	1	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
41	36	53	40	52	46	43	49	44	44	49	40	49	43	57	المجموع	

وبتصنيف المجاميع التي تحصلت عليها الأحواض الفرعية إلى ثلاث فئات متساوية حسب درجة القابلية للفيضانات الوامضة (منخفضة، متوسطة، عالية) تبين أن الأحواض 2، 4، 9، 12، 14، 15، ذات قابلية منخفضة للفيضانات الوامضة، والأحواض 3، 5، 6، 7، 8، 10، ذات قابلية متوسطة للفيضانات الوامضة، في حين الأحواض 1، 11، 13، لها قابلية عالية للفيضانات الوامضة (شكل 6).

شكل (6) قابلية الأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر للفيضانات الوامضة وفقاً لطريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية



المصدر: من عمل الباحث باستخدام GIS

سادساً : النتائج والتوصيات:

6. 1. النتائج:

1. توصلت الدراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتطبيق طريقة ترتيب المتغيرات المورفومترية، إلى تقدير قابلية الأحواض الفرعية في أحواض وادي ماجر للفيضانات الوامضة، إذ سجل 20% من هذه الأحواض قابلية عالية للفيضانات الوامضة،
2. تبين من خلال الدراسة عظم تأثير الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر، في تحديد مستوى أو درجة قابلية تلك الأحواض للفيضانات الوامضة.

3 . توصلت الدراسة إلى انشاء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية في حوض وادي ماجر، يمكن الاستفادة منها في دراسات مماثلة.

4 . أمكن إنشاء خرائط رقمية لحوض وادي ماجر، ولأحواضه الفرعية توضح خصائصها المورفومترية، وإنشاء خرائط رقمية تبين مستوى قابلية الأحواض الفرعية للفيضانات الوامضة.

6 . 2 . التوصيات:

1. زيادة الاهتمام بالدراسات التطبيقية المتعلقة بالمخاطر البيئية (الفيضانات، وانجراف التربة، وغيرها) التي تعتمد على استخدام التقنيات المكانية الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد.
- 2 . عدم تغير استخدامات الأرض، واستغلالها بشكل يتناسب مع امكانياتها خاصة في أحواض الأودية في المناطق الجافة، وشبه الجافة، بما يضمن سهولة التعامل مع الفيضانات في حالة حدوثها، والتقليل من خسائرها ومخاطرها.

الهوامش والتعليقات

- 1- (WMO) :Guidance on Flash Flood Management - Recent Experience from Central and Eastern Europe. APFM, Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. (2007a)
- 2- Abduladheem,et al, Using GIS based Morphometry Estimation of Flood Hazard Impacts on Desert Roads in South Sinai, Egypt, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 6, Issue 7, (2015),P 1593-1599.
- 3- Rudriaih, M. et al, Morphmetry using Remote sensing Techbiques in the sub-Basins of Kagna River Basin, Gulburga District, Karnataka, India. Journal Indian Soc. Remote Sens, 36 (12), (2008), p 351-360.
- 4- Youssef, Ahmed, et al Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery, Environ Earth Sci, 62, . (2011), p 611-623.

5. علي حمدي أبوسليم، التحليل الجيومورفولوجي للمعطيات الطبيعية المحددة لظاهرة الفيضانات النهريّة في وادي جردان، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، مجلد2، العدد1، عمان، 2009م، ص ص 168.137 .

6. هيفاء مُجّد النفيعي، تقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة أم القرى، السعودية، 2010 م.

7-- Youssef, Ahmed,et al , Previous reference.

8. عمر المُجّد عنيبه، تحليل مورفومتري تطبيقي لنماذج من الأحواض المائية في الأردن باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن، 2016م.

9-Yahya Farhan, Omar Anaba, Flash Flood Risk Estimation of WadiYutum (Southern Jordan) WatershedUsing GIS Based Morphometric Analysisand Remote Sensing Techniques, Journal of Modern Hydrology, , 6, 2016, P 79-100

10. مركز البحوث الصناعية، خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة الخمس، الكتيب التفسيري، 1975م، ص 5 .

11. المرجع السابق، ص ص 6.5 .

12. المرجع السابق، ص 8 .

13. خريطة التربة، الاطلس الوطني للبيبا، أمانة التخطيط، مصلحة المساحة، 1978م، ص 49 .

14. خريطة المتوسط للأمطار في ليبيا، الاطلس الوطني للبيبا، أمانة التخطيط، مصلحة المساحة، 1978م، ص 54 .

15- Saad,Aldarraj, A.(2013), Simplify Equation to Calculate Elongation River Basin Proposed by Schumm (1956), AL-USTATH No 02,Volume, (2013) 2,P1-10,.

16- Yahya Farhan, et al, Quantitative Analysis of Geomorphometric Parameters of Wadi Kerak, Jordan, Using Remote Sensing and GIS, Journal of Water Resource and Protection, 7, 2015, P456 – 476.

المصادر والمراجع :

1. أبوسليم، علي حمدي ، التحليل الجيومورفولوجي للمعطيات الطبيعية المحددة لظاهرة الفيضانات النهرية في وادي جردان، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، مجلد2، العدد1، عمان،2009م.
2. عنيبه، عمر المجد، تحليل مورفومتري تطبيقي لنماذج من الأحواض المائية في الأردن باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، 2016م.
3. مركز البحوث الصناعية، خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة الخمس، الكتيب التفسيري، 1975م.
4. مصلحة المساحة، أمانة التخطيط، الأطلس الوطني لليبيا، خريطة التربة، 1978م.
5. مصلحة المساحة، أمانة التخطيط، الأطلس الوطني لليبيا، خريطة المتوسط السنوي للأمطار في ليبيا، 1978م.
6. النفيعي هيفاء مجد ، تقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة أم القرى، السعودية، 2010 م.
- 7 - Abduladheem, A. Elmewafey, M. Beshr, A. and Elnaggar, A, A. (2015), Using GIS based Morphometry Estimation of Flood Hazard Impacts on Desert Roads in South Sinai, Egypt, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 6, Issue 7, P 1593-1599.
- 8- Aldarraj, Saad, A, Simplify Equation to Calculate Elongation River Basin Proposed by Schumm (1956), AL-USTATH No 02, Volume 2, P1-10, 2013.
- 9 - Farhan, Yahya. Anbar Ali. Enaba Omar. and Nisrin ,Al-Shaikh, Quantitative Analysis of Geomorphometric Parameters of Wadi Kerak, Jordan, Using Remote Sensing and GIS, Journal of Water Resource and Protection, 7, 2015, P456-476.
- 10 - Farhan, Yahya, Anaba Omar, Flash Flood Risk Estimation of Wadi Yutum (Southern Jordan) Watershed Using GIS Based Morphometric Analysis and Remote Sensing Techniques, Journal of Modern Hydrology, , 6, 2016, P 79-100.
- 11- Horton, R, E. Erosional development of stream & their drainage basin, Hydrogeological approach to quantitative morphology, Bull, Geol, Societ, Am 56, P 275-370, 1945.
- 12- Miller, V. A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee, Project NR 389-402, Technical Report 3, Columbia University, Department of Geology, ONR, New York, 1953.
- 13- Rudriaih, M. Govindaiah, S. and Srinivas Vttalam S. (2008), Morphmetry using Remote sensing Techbiques in the sub-Basins of Kagna River Basin, Gulburga District, Karnataka, India. Journal Indian Soc. Remote Sens, 36 (12), p 351-360.

- 14- Schumm, S.A. Evolution of drainage system and slope in badlands of Perth Amboy, New Jersey, Bull, Geol, Soc, Am, 28, N5, 1956.
- 15 - Schumm, S, A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains, Geol, Soc, Amer, Bull, 74, p 1089-1100, 1963 .
- 16- Strahler, A, N. Quantitative analysis of watershed geomorphology, Trans, Am, Geophys, Union, 38, p 913-920, 1957.
- 17- Strahler, A, N. Dimensional analysis of erosional topography, Bull, Geol, Amer, Vol, 63, 1958.
- 18- Strahler AN. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel network. In: VT Chow (ed), Handbook of applied hydrology McGraw Hill, New York, p436-476, 1964.
- 19 - (WMO) :Guidance on Flash Flood Management - Recent Experience from Central and Eastern Europe. APFM, Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. (2007a)