

النمذجة المكانية للسيول في حوض وادي زبيد- اليمن

بلقيس مبخوت ناصر صلاح

جامعة صنعاء/ كلية الآداب والعلوم الإنسانية

bb.mm.ss.7731@gmail.com

+967773141503

مستخلص البحث:

تهدف هذه الدراسة إلى بناء نموذج مكاني لتحديد المناطق المعرضة للسيول في حوض وادي زبيد، وذلك للتخفيف من حدة السيول عن طريق التقليل من الأضرار التي تلحق بالأرواح والممتلكات والبنية التحتية، من خلال تحديد مدى قابليتها للتأثر ولتحقيق أهداف الدراسة فقد اعتمدت على تقنيات الجيوماتكس المتمثلة بالاستشعار عن بعد (Remote Sensing (RS ونظم المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems (GIS لإجراء التحليلات المكانية، وعن طريق استخدام عملية التحليل الهرمي (AHP) والنمذجة المكانية (Spatial Modeling) وطريقة نظم دعم القرار متعددة المعايير (MCDA) مع طريقة المطابقة الموزونة (Weighted Overlay)، وذلك بالاعتماد على 13 عاملاً أو معياراً طبيعياً وبشرياً، وبلغت نسبة الثبات (CR=0.06) وهي نسبة مقبولة تدل على اتساق الأوزان التي استخدمت في التحليل، تم تصنيف المناطق لمعرضة للسيول إلى ثلاثة مستويات، تتركز المناطق شديدة التأثير والمعرضة للسيول في المناطق القريبة من المجرى الرئيس للحوض، وفي قيعان الأودية، والمناطق القريبة من الشبكة المائية، والمناطق التي يشغلها العمران والأراضي الزراعية والسهل الفيضي، وتتميز هذه المناطق بانحدارات خفيفة وارتفاعات منخفضة، وأوصت الدراسة بأهمية وضع الإجراءات اللازمة ويكون ذلك من خلال التحكم الفعال في التخطيط في المناطق المعرضة للسيول، وتحسين الإنذار والتخطيط للإخلاء والتنبؤات بالسيول من خلال الأقمار الصناعية والتقنيات الحديثة في الجيوماتكس.

الكلمات المفتاحية: النمذجة المكانية، الجيوماتكس، المطابقة الموزونة، عملية التحليل الهرمي.

المقدمة:

تعد السيول إحدى الظواهر الطبيعية المتكررة التي تحدث أثاراً تدميرية إذا ما تحولت إلى فيضانات مسببة خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات، ونتيجة للتغيرات المناخية العالمية المؤثرة على نظام هطول الأمطار تتعرض مناطق مختلفة من العالم للسيول والفيضانات الفجائية، وتعد دراسة السيول ومدى الاستفادة من مواردها المائية هدفاً حيوياً للتنمية المستدامة خاصة في البيئات الجافة وشبه الجافة، التي تتميز السيول فيها التي غالباً ما تنتج عن عواصف مطرية موسمية كثيفة لمدة قصيرة، بسرعة تصريف مياهها خلال وقت قصير مدمرة كل شيء في طريقها، وقد أولتها المنظمات الدولية والإقليمية في الوقت الحاضر نصيباً وافراً من الاهتمام حيث أظهرت الكثير من التقارير والدراسات بأن الخسائر الاقتصادية الناجمة عن كوارث الفيضانات والسيول تساوي ثلث إجمالي مجموع الخسائر الناتجة عن جميع الكوارث الطبيعية، وقد عقد في جنيف مايو 2019م المنتدى العالمي للحد من مخاطر الكوارث، وقد أبرز التقدم المحرز في استخدام العلوم المتكاملة والتطبيقية والتقنيات الحديثة لفهم مخاطر الكوارث بشكل أفضل، وقد أشترك في تنظيمه مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث (UNISDR)، وتعد خرائط المناطق المعرضة للسيول ذات فائدة للتخفيف من حدة السيول عن طريق التقليل من الأضرار التي تلحق بالأرواح والممتلكات والبنية التحتية، من خلال تحديد مدى قابليتها للتأثر، بالاعتماد على تقنيات الجيوماتكس، وعن طريق بناء نموذج مكاني (Spatial

Modeling) واستخدام طريقة نظم دعم القرار متعددة المعايير (MCDM) Multicriteria Decision Making مع طريقة المطابقة الموزونة (Weighed Overlay)، لتحديد المناطق المعرضة للسيول والمخاطر المصاحبة لها.
مشكلة البحث:

يتعرض حوض وادي زبيد سنوياً لكميات كبيرة من مياه السيول وبصورة متكررة؛ نتيجة لسقوط كميات كبيرة من الأمطار الموسمية على الأجزاء العليا من الحوض (المرتفعات الجبلية)، التي تؤدي إلى زيادة كمية مياه السيول وتدفقها باتجاه السهل الفيضي للحوض (المصب)، وجرف كميات كبيرة من التربة والخصبة وتدمير الأراضي الزراعية، وذلك نتيجة لعدم وجود محطات رصد وإنذار مبكر للسيول الفجائية؛ الذي يؤدي إلى حدوث الفيضانات الموسمية المتكررة، مما يعرض حوض وادي زبيد إلى خسائر مادية وبشرية كبيرة وبصورة متكررة، ويمكن صياغة مشكلة الدراسة كالآتي:
- هل للتقنيات الجغرافية الحديثة القدرة على بناء نموذج مكاني لتحديد المناطق المعرضة للسيول والمخاطر المصاحبة لها؟

فرضية البحث:

للتقنيات الجغرافية الحديثة المتمثلة بتقنيات الجيوماتكس القدرة على بناء نموذج مكاني لتحديد المناطق المعرضة للسيول.

أهداف البحث:

تهدف هذه الدراسة إلى بناء نموذج مكاني لتحديد المناطق المعرضة للسيول وتصنيف درجة خطورتها المكانية في حوض وادي زبيد، باستخدام عملية التحليل الهرمي (AHP) والنمذجة المكانية، وطريقة نظم دعم القرار متعددة المعايير (MCDA) مع طريقة المطابقة الموزونة بالاعتماد على تقنيات الجيوماتكس.

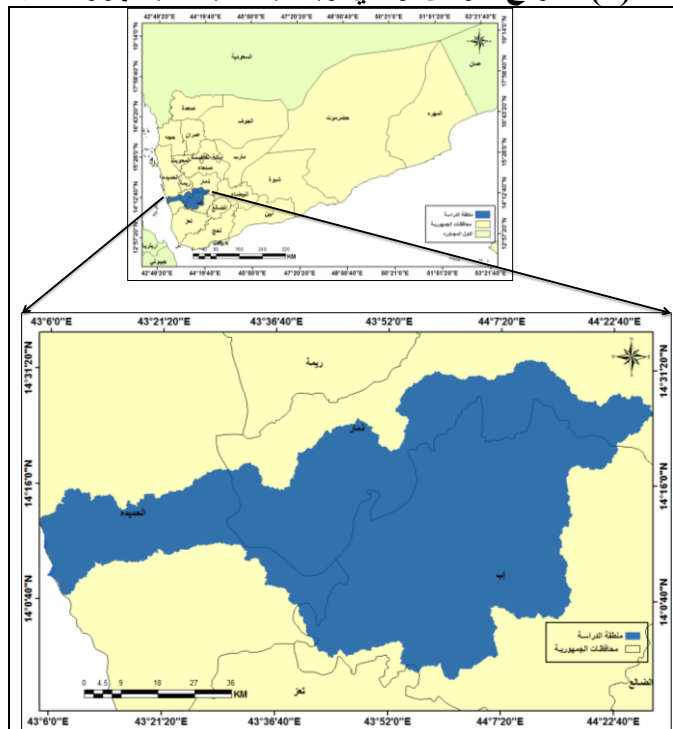
أهمية البحث:

تتمثل أهمية الدراسة في أن حوض وادي زبيد يعد أحد ثاني الأحواض المائي في سهل تهامة، وأكثرها تدفقاً لمياه السيول، ولكونه من المناطق الزراعية الهامة نظراً لاحتوائه على التربة الخصبة والمياه الجوفية والمساحة الواسعة لاستغلالها، بالإضافة إلى مساعدة صناع القرار والجهات الحكومية المعنية لاتخاذ القرارات المناسبة والمبنية على خطط مدروسة للتخفيف من حدة تدفق السيول والاستفادة منها.

منطقه البحث:

يقع حوض وادي زبيد في الجزء الشمالي الغربي من المرتفعات الغربية لليمن وجزء من سهل تهامة، حيث يمتد في أراض جبلية وعرة، وينحدر إلى الجنوب الغربي ليشمل الأراضي السهلية المنبسطة والساحلية المطلّة على البحر الأحمر، يمتد حوض وادي زبيد إدارياً في أربع محافظات هي ذمار، إب، الحديدة، تعز، بمساحة (5364.96) كم²، ويقع بين دائرتي عرض 13° - 14° 34' 10" وخطي طول (43° 04' 12" - 44° 28' 15") شرقاً خريطة (1).

خريطة (1): موقع حوض وادي زبيد بالنسبة للجمهورية اليمنية



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على قاعدة بيانات الجهاز المركزي للإحصاء، صنعاء، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

إجراءات البحث أولاً: البيانات

- خريطة جيولوجية مقياس 1:250000 سم لعام 1991م، صادرة عن مشروع الموارد الطبيعية (وزارة النفط والثروات المعدنية) وشركة روبنسون، لثلاث لوحات رقمها (14F-14G-13G).
- الخريطة الوطنية للتربة والأراضي اليمنية، مقياس 1:5000000 سم لعام 2006م، صادرة عن الهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي (AREA) ذمار، لوحة رقم (D38A, D38C).
- بيانات سكانية (Shape file) للقرى في حوض وادي زبيد من الجهاز المركزي للإحصاء لعام 1994-2004م.
- بيانات مناخية من موقع وكالة ناسا (NASA Power/Prediction of Worldwide Energy Resources) للفترة من 1985-2020م.
- نموذج الارتفاعات الرقمي DEM، بدقة تمييز مكاني 30م من القمر الصناعي SRTM.
- مرئيات فضائية LANDSAT8، بدقة تمييز مكاني 30م من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS.

ثانياً: منهجية الدراسة والدراسات السابقة:

اتبعت الدراسة المنهج التحليلي والكمي، بالاعتماد على التكامل بين تقنيات الجيوماتكس (Geoinformatics) المتمثلة بنظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System) والاستشعار عن بعد (Remote Sensing) التي تعمل على دمج البيانات الجغرافية المكانية والوصفية، حيث تم أولاً تحديد العوامل المؤثرة في هذه العملية الهيدرولوجية، التي قد تختلف ما بين منطقة وأخرى والمتمثلة (13) عاملاً طبيعياً وبشرياً (الأمطار، وتراكم التدفق، وكثافة التصريف، والمسافة من الشبكة المائية، والارتفاعات، والانحدار، والتكوينات الجيولوجية، والتربة، واستخدام الأرض Land use، ومؤشر كثافة الغطاء النباتي NDVI، والتجمعات السكانية، ومؤشر الرطوبة الطبوغرافية TWI، ومؤشر نقل الرواسب STI)، وبالاعتماد على طريقة التحليل متعدد المعايير Multi-Criteria Analysis (MCA)، وعلى طريقة التحليل الهرمي (AHP) التي تم فيها تحليل هذه العوامل مجتمعة، وباستخدام تحليل المطابقة الموزونة (Weighed Overlay) ضمن أدوات التحليل المكاني (Spatial Analysis)، وباستخدام الخرائط التي أُنتجت وأعيد تصنيفها وترتيبها حسب درجة الأهمية، ومن ثم دمج هذه العوامل المؤثرة لتحديد المناطق المعرضة للسيول وتطوير خرائط لملاحظة أحداث السيول والتنبؤ بأحداث السيول وسلوكها.

الدراسات السابقة

يختلف عدد المعايير المستخدمة لتحديد المناطق المعرضة للسيول بحسب الدراسات والأبحاث العلمية، ومن أمثلة المعايير التي تم اختيارها في بعض الدراسات لدراسة المناطق المعرضة للسيول كالاتي:

- استخدم (Argaz,et,al, Flood Hazard Mapping Using Remote Sensing and GIS) سبعة معايير لتحديد المناطق الأكثر عرضة للسيول، وقد توصلت الدراسة إلى أن معيار كثافة التصريف والارتفاعات هما المعياران المؤثران في حدوث السيول بنسبة وزن بلغت (0.239) و (0.239) على التوالي ويمثلان (47.9%) من مجموع المعايير المستخدمة.

- أما دراسة (Ouma,et,al, Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS)، فقد استخدمت ستة معايير وباستخدام طريقة (AHP) لإعداد خريطة عامة للفيضانات وتقدير مخاطر الفيضانات في المناطق الحضرية المتنامية والتنبؤ بحجم المناطق المعرضة للخطر، وقد توصلت الدراسة إلى أن أهم المعايير المؤثرة في حدوث الفيضانات هي: التربة، واستخدام الأرض، والانحدار.

- وفي دراسة (Talha, prediction of Flash Flood Susceptibility Using Fuzzy)، استخدم سبعة معايير بالاعتماد على طريقة (AHP)، لتحديد المناطق المعرضة للسيول المفاجئة، وقد وجدت الدراسة أن أهم المعايير المؤثرة في حدوث السيول هي مؤشر رطوبة التربة والتساقط المطري وكثافة التصريف، وتمثل هذه القيم حوالي (76.8%) من مجموع المعايير المستخدمة في الدراسة.

- وفي دراسة (Elsheikh,et,al, Flood Risk Map Based on GIS, and Multi Criteria Techniques)، استخدم أربعة معايير واعتمد على طريقة (AHP)، وقد وجدت الدراسة أن أهم المعايير المؤثرة في حدوث الفيضانات هي التساقط المطري وشبكة التصريف المائي وبلغت نسبة الثبات (CR) (0.05)، والتي تم قبولها لأنها أقل من (0.1).

- وقد تضمنت دراسة (Swain,et,al, Flood S usceptibility Mapping through the GIS-AHP Technique Using the Cloud)، معيار مؤثر في حدوث السيول، واعتمد

على طريقة (AHP) وبلغت نتيجة اختبار نسبة الثبات (CR) (0.09)، وتم قبول الأوزان بإعطاء الأولوية النسبية الأعلى للمعايير الهيدرولوجية، التي بلغت (0.497).

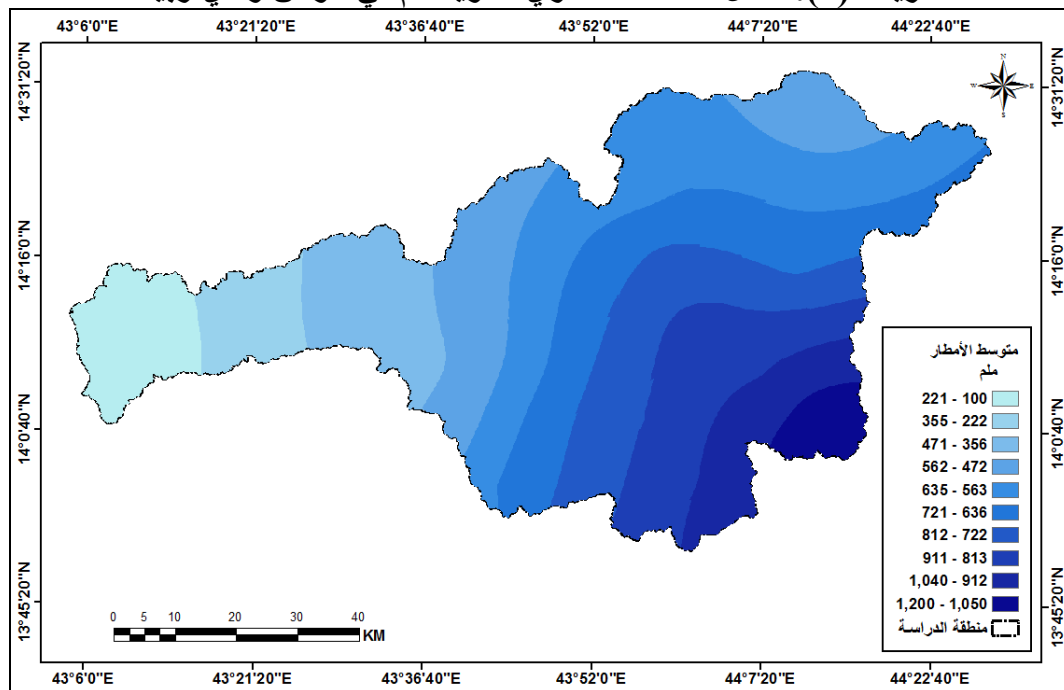
ثالثاً: العوامل المؤثرة في حدوث السيول في حوض وادي زبيد

تُعد السيول أحد أنواع المخاطر الطبيعية متعددة المعايير (العوامل) المؤثرة في حدوثها، وقد اعتمدت هذه الدراسة على طريقة التحليل متعدد المعايير (Multi-Criteria Analysis (MCA)، وتعد عملية صنع القرار متعدد المعايير (Multicriteria Decision Making (MCDM) القائم على نظم المعلومات الجغرافية (GIS-MCDA)، وهي تُعد أداة مهمة لصنع القرارات المعقدة، حيث تم تصميم هذه الطريقة لمساعدة صانعي القرار على دمج الخيارات المختلفة⁽¹⁾، التي غالباً ما تتضمن معايير أو بيانات متعددة، ويعتمد تحليل النماذج المكانية المختلفة على برمجيات متخصصة تستخدم قاعدة بيانات في نظم المعلومات الجغرافية كنموذج للواقع، التي تقدم أفضل إطار تحليلي علمي لمتخذي القرار، حيث تقوم هذه الطريقة على تقديم قرارات أكثر مرونة ودقة، بحيث يسهل معها حل المشكلات الراهنة والمتوقعة ومراقبتها ووضع الخطط المستقبلية أو التوقعات أو التنبؤات المستقبلية، وبالاعتماد على التحليل الهرمي (AHP)، تم بناء نموذج مكانية (Spatial Modeling) لتحديد المناطق المعرضة للسيول في حوض وادي زبيد، وتعد طريقة النمذجة عن طريق المعايير المتعددة الأكثر شيوعاً، والمستخدم من قبل العديد من الباحثين في جميع أنحاء العالم، لتحديد المناطق المعرضة لمخاطر السيول، وتعرف النمذجة المكانية (Spatial Modeling) أنها طريقة أو أسلوب لدراسة وتقييم نظام ما بهدف تقريب العالم الواقعي الذي يصعب توفيره بسبب التكلفة المادية أو الصعوبات التطبيقية، لبناء المعرفة بناءً على فهم البيانات والوصول إلى استنتاجات⁽²⁾، اعتماداً على دمج البيانات المكانية الرقمية والبيانات الوصفية، ويختلف عدد المعايير المستخدمة لتحديد المناطق المعرضة للسيول حسب الدراسات والأبحاث العلمية، ويعد اختيار العوامل التي تؤثر على حدوث السيول من أهم الخطوات لتحديد المناطق المعرضة للسيول، ونتيجة لتنوع الخصائص الطبيعية والبشرية في حوض وادي زبيد تم تحديد المعايير الأكثر تأثيراً في حدوث السيول وعددها (13) عاملاً طبيعياً وبشرياً مؤثراً في حدوث السيول وهي كالآتي:

1. الأمطار

تتصف الأمطار في البيئات الجافة وشبه الجافة بتساقطها على شكل زخات قوية غزيرة خلال مدة قصيرة، مما يؤدي إلى سرعة تولد وحركة الجريان وتفاقم خطره، لذا تعد الأمطار من أهم المعايير الرئيسة لحدوث السيول، وتتصف أمطار الحوض بعدم انتظامها مكانياً وزمنياً، وهي أمطار ناتجة عن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، وتتباين كمية الأمطار زمنياً من عام لآخر ومكانياً ضمن النطاق الواحد كما توضح خريطة (2)، ففي نطاق سهل تهامة يتراوح معدل الأمطار السنوية في محطة زبيد غرب النطاق السهلي بين (100-200) ملم، ووسطه بمحطة فحيم (الجربة) بين (200-400) ملم شرق هذا النطاق، وتختلف كمية الأمطار في نطاق الهضاب التي تتميز بقلّة الأمطار ويتراوح فيها المعدل السنوي للأمطار بين (350-500) ملم بمحطة فليح ورحاب، ويدخل ضمن هذا النطاق محطة إب التي تمثل مركز التساقط المطري، وبلغ فيها معدل الأمطار السنوية (1900) ملم، ويرجع ذلك إلى أن الرياح المحملة بالرطوبة بعد دخولها من غرب حوض وادي زبيد، وتبردها بفعل الارتفاع تصطدم بالكتل والحواف الجبلية في شرق حوض وادي زبيد، ثم تُغير من حركتها إلى الجنوب باتجاه إب وما جاورها، حيث تلتقي بالكتل الهوائية الآتية من الجنوب، وهذا يوضح سبب عدم تأثيرها الواضح على شمال حوض وادي زبيد، مما جعلها منطقة تركّز مطري، وأكثرها كثافة على مستوى اليمن.

خريطة (2): معدل التساقط المطري سنوياً ملم في حوض وادي زبيد

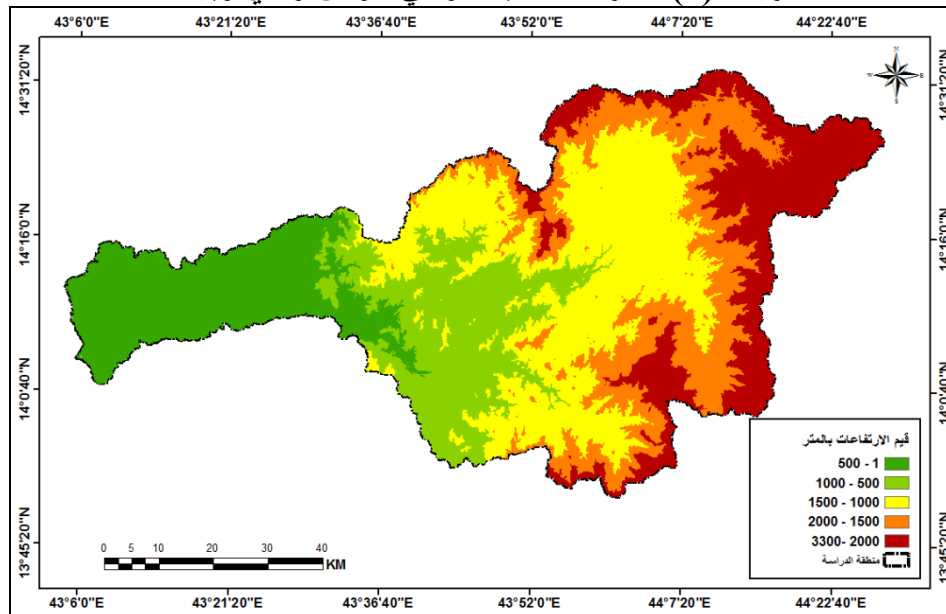


المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على بيانات (NASA Power/Prediction of Worldwide Energy Resources) باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

2. الارتفاعات

تلعب الارتفاعات دوراً مهماً في حدوث السيول، وفي تحديد المناطق المعرضة للسيول، حيث إن لها تأثيراً مباشراً على حجم التدفق وسرعة الجريان السطحي، فيتدفق الماء من المناطق المرتفعة إلى المنخفضة، حيث تزيد مخاطر السيول مع تناقص الارتفاعات، وباعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، تبين أن الارتفاعات في حوض وادي زبيد تتباين حيث تزداد كلما اتجهنا شرقاً وتقل كلما اتجهنا غرباً كما هو واضح في خريطة (3)، وتتراوح قيم الارتفاعات بين 1 إلى 3300 متر، تم تصنيف حوض وادي زبيد إلى ثلاثة نطاقات، نطاق السهل الساحلي الذي يتراوح ارتفاعه بين مستوى سطح البحر وأقل من (500م) الذي يقع غرب حوض وادي زبيد، وتعد أكثر المناطق تعرضاً للغمر بالسيول، وتبلغ مساحته (900.84) كم² بنسبة (16.79%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، وينحدر هذا النطاق من الشرق نحو الغرب حيث لا يزيد انحداره عن (19.6°)، أما نطاق الهضاب فيمثل الحافة الانكسارية للمرتفعات الجبلية، ويشمل هذا النطاق المناطق الواقعة في منطقة التقاء السهول الساحلية المنخفضة والمناطق الجبلية المرتفعة، التي تقع في الجزء الأوسط من حوض وادي زبيد، يتراوح ارتفاعها بين 500 إلى 1500 م، وتغطي مساحة تبلغ (2486.98) كم² بنسبة (46.37%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، في حين يمثل نطاق المرتفعات الجبلية خط تقسيم المياه الرئيس، ويضم السلاسل الجبلية التي يتخللها قمم جبلية تتوزع على الصخور البركانية الثلاثية التي تتألف من الصخور البازلتية، يتسم هذا النطاق بانحدارات شديدة تتراوح بين (29.8°) إلى (69.54°)، تبلغ مساحته (1977.13) كم² بنسبة (36.85%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد.

خريطة (3): الارتفاعات بالمتري في حوض وادي زبيد

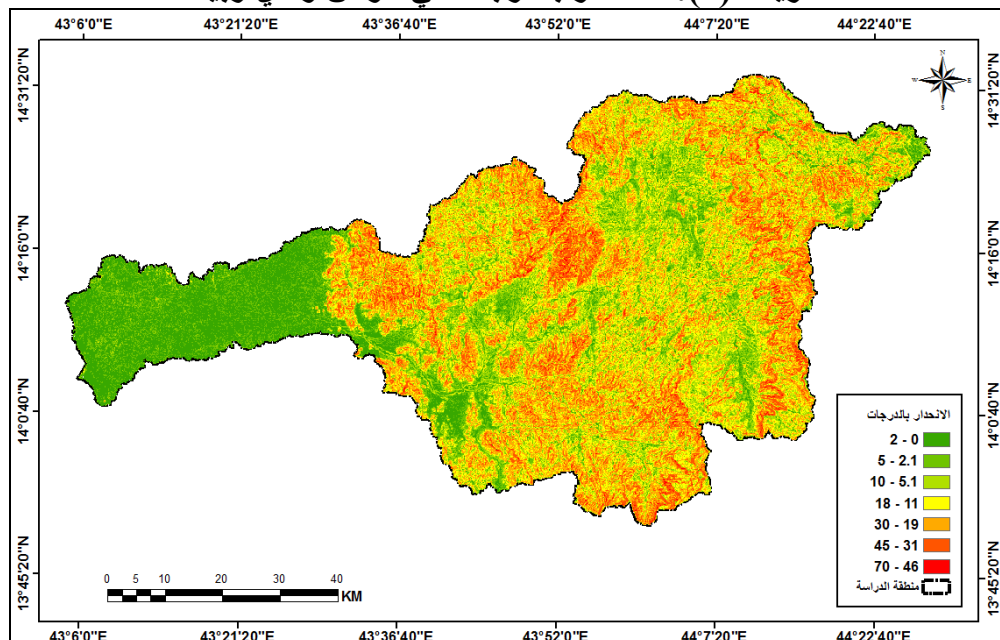


المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

3- الانحدار

يُعد الانحدار معياراً أساسياً وله تأثير كبير في حدوث السيول، وتم اشتقاق خريطة الانحدار من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، ويتضح من خريطة (4) أن الانحدارات في حوض وادي زبيد تتراوح بين أدنى انحدار (0°) في منطقة المصب، وأعلى انحدار (70°) في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية في منطقة جبل نقض، تتجه الانحدارات في حوض وادي زبيد نحو الغرب، وتم تصنيف الانحدارات في حوض وادي زبيد إلى 7 فئات حسب تصنيف Young, 1972⁽³⁾، وقد تبين أن (26.5%) من مساحة حوض وادي زبيد تصنف على أنها أسطح خفيفة الانحدار إلى شبه مستويه أقل من (5°)، وتظهر في الجزء الأدنى والأوسط والسهل الساحلي من حوض وادي زبيد، وحوالي (38.39%) من مساحة حوض وادي زبيد ذات انحدارات متوسطة من (5°) إلى (18°)، وتظهر موزعة في جميع أجزاء حوض وادي زبيد وبشكل متفرق، عدا الجزء الغربي من حوض وادي زبيد، وحوالي (34.54%) شديدة الانحدار من (18°) إلى (45°)، وتظهر في الأجزاء القريبة من المناطق الجبلية، وحوالي (0.57%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد انحداراتها جرفية من (45°) إلى (70°)، وتظهر في مناطق الارتفاعات الجبلية العالية، ومع زيادة درجة الانحدار تزيد سرعة الجريان السطحي للمياه، مما يؤدي إلى تعرية التربة وانجرافها، فتعمل على رفع نسبة المواد المترسبة المصاحبة لمياه الجريان، التي تنعكس سلباً على المنشآت إلا في حالة عمل حواجز ترسيب تعمل على التخفيف من سرعة الجريان المائي وكمية الإرسابات.

خريطة (4): الانحدار بالدرجات في حوض وادي زبيد

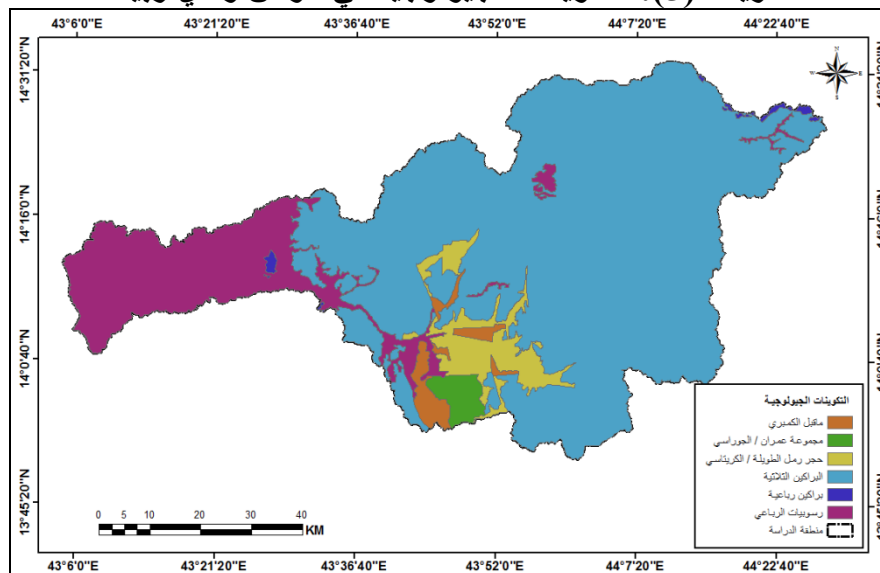


المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

4- الجيولوجيا

يُعد معيار الجيولوجيا من المعايير المهمة، حيث يتأثر الجريان السطحي بخصائص ونوع التكوينات، حيث تؤثر درجة مسامية ونفاذية الصخور في تحديد كمية الفاقد من المياه قبل وأثناء الجريان عن طريق التسرب، وتتكون حوض وادي زبيد من عدة تكوينات صخرية، التي تكونت خلال الأزمنة والعصور الجيولوجية المختلفة، فتكوينات ما قبل الكامبري تعد من أقدم الصخور وتسمى بصخور الأساس وصخور القاعدة، وتعد هذه الصخور امتداداً طبيعياً للدرع العربي- النوبي، وتشغل مساحة بلغت (103.51) كم² بنسبة (1.92%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، أما حقبة الحياة المتوسطة (الزمن الثاني) فتشمل تكوين عمران الجيرية (العصر الجوراسي الأوسط والمتأخر) البالغ مساحته (76.257) كم² بنسبة (1.42%)، وتكوين الطويلة الرملية (العصر الكريتاسي) بمساحة (267.39) كم² بنسبة (4.98%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، بينما تشمل حقبة الحياة الحديثة، تكوين الزمن الثلاثي الذي يغطي حوالي (4040.43) كم² بنسبة (74.63%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد خريطة (5)، وتكوين الزمن الرابع الذي يشمل تكوين البراكين الرباعية التي تغطي مساحة تبلغ (23.7) كم² بنسبة (0.44%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، والرواسب الرباعية بمساحة (889.66) كم² بنسبة (16.58%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد.

خريطة (5): التكوينات الجيولوجية في حوض وادي زبيد

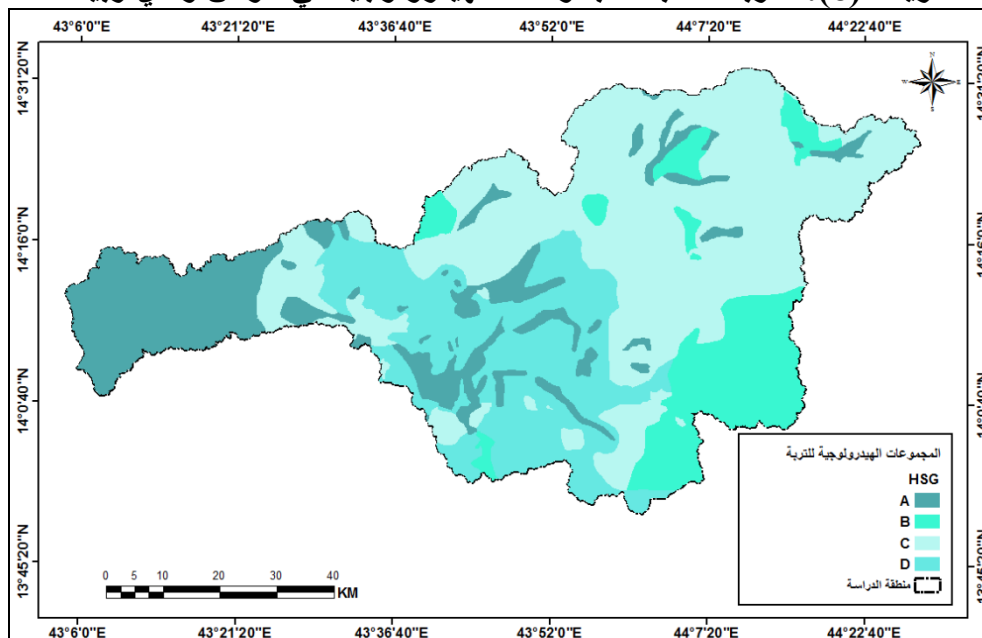


المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على الخريطة الجيولوجية بمقياس 1:250000 وشركة روبنسون (1991)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

5- التربة (المجموعات الهيدرولوجية للتربة)

تُعد التربة من المعايير المهمة في تحديد المناطق المُعرّضة للسيول، وتشير مجموعة التربة الهيدرولوجية إلى قدرة التربة على امتصاص الماء، فلقوام التربة وقدرتها على التسرب تأثير على كفاءة التربة حيث تزداد فرص التعرض للسيول مع انخفاض قدرة التربة على التسرب، مما يؤدي إلى زيادة الجريان السطحي، وقد حددت مصلحة التربة الأمريكية (SCS) المجموعات الهيدرولوجية للتربة (Hydrologic Soil Groups HSG) بأربع مجموعات هيدرولوجية للتربة (HSG)، وفقاً لمعيار معدل وسرعة انتقال الماء من خلالها، وهي تكشف عن مدى تأثير نسيج التربة في نشوء الجريان السطحي⁽⁴⁾، وقد تم تطبيق أصناف الترب الهيدرولوجية لحوض وادي زبيد استناداً إلى معطيات Jack, et, al, 1985⁽⁵⁾، ويغطي حوض وادي زبيد بأربعة من المجموعات الهيدرولوجية كما هو واضح في خريطة (6)، تأتي المجموعة الهيدرولوجية للتربة (C) في المرتبة الأولى بمساحة بلغت (2411.68) كم² وبنسبة (44.95%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، تتمتع هذه المجموعة بمعدلات تسرب منخفضة نسبياً وجريان سطحي مرتفع إلى حد ما⁽⁶⁾، وجاءت المجموعة الهيدرولوجية للتربة (D) في المرتبة الثانية، بمساحة بلغت (1201.19) كم² وبنسبة (22.39%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، وهي ترب يكون الجريان السطحي فيها مرتفع، وبذلك فإن معدلات التسرب فيها منخفضة جداً، ولهذه الفئة أهمية كبيرة لأنها مسؤولة عن نشوء معظم الجريان السطحي، التي تنبئ بخطورة الوضع الهيدرولوجي في الحوض، ثم تليها المجموعة الهيدرولوجية للتربة (A) بمساحة (1007.55) كم²، بنسبة (18.78%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، تتصف بارتفاع معدل التسرب ويقل فيها الجريان السطحي، تمثل الفئة الأقل تأثيراً في حدوث السيول، وجاءت المجموعة الهيدرولوجية للتربة (B) التي تتصف بمعدلات تسرب عالية نسبياً إلى متوسطة، ويكون الجريان السطحي فيها منخفضاً نسبياً، في المرتبة الأخيرة بمساحة بلغت (744.54) كم² بنسبة (13.88%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد.

خريطة (6): التربة حسب المجموعات الهيدرولوجية في حوض وادي زبيد



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على الخريطة التي أعدتها الهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي (2006)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

6- مؤشر كثافة الغطاء النباتي

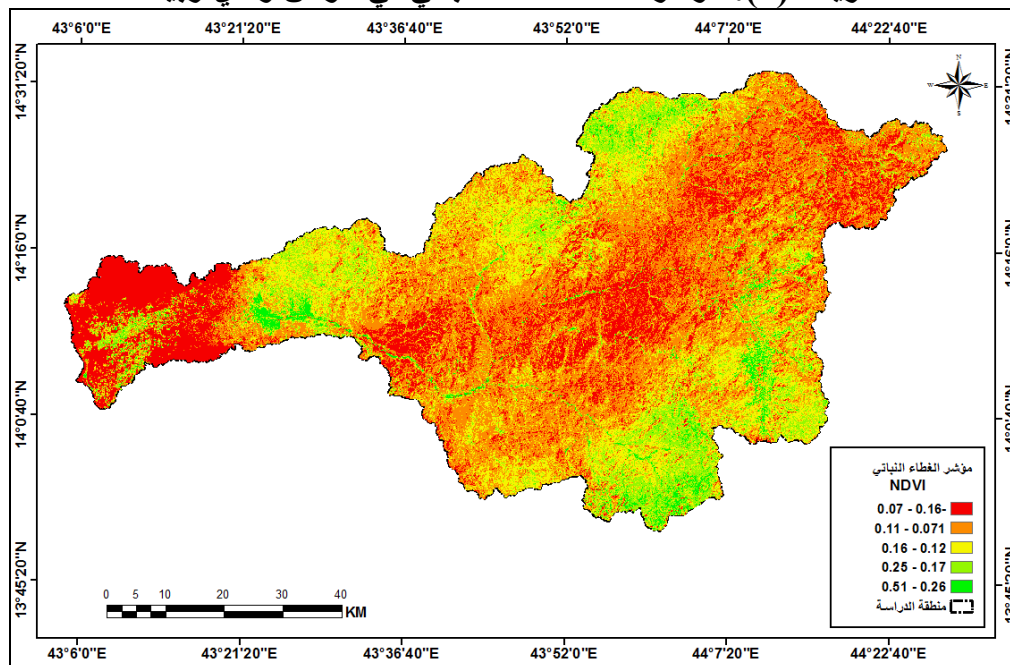
للنبات الطبيعي أثر في حدوث السيول، حيث يعمل الغطاء النباتي الكثيف على زيادة معدل تسرب مياه الجريان السطحي، أما المناطق قليلة الكثافة فيزيد فيها سرعة وحجم الجريان السطحي، وتقل كمية المياه المتسربة للتربة، مما يزيد من خطر السيول، ثم أن انتشار الغطاء النباتي في مجرى الوادي تعمل على زيادة فيضان مياه السيول نحو جوانب الأودية، وقد تمت دراسة مؤشر كثافة الغطاء النباتي Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) من مرئية فضائية (Landsat8)، وبالاعتماد على برنامج (Erdas Imagine)، وبرنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS10.8.1) للكشف عن الغطاء النباتي، ومؤشر كثافة الغطاء النباتي هو فرق الانعكاسات الطيفية عند الطول الموجي تحت الحمراء والطول الموجي الأحمر على مجموع هذه الانعكاسات⁽⁷⁾، وقد صيغة المعادلة كالآتي:

$NDVI(Landsat8)$

$$= \frac{[NIR (Band 5) - RED(Band 4)]}{[NIR(Band 5) + RED(Band 4)]}$$

وقد تبين من تحليل المرئية الفضائية (Landsat8) خريطة (7) أن قيمة مؤشر كثافة الغطاء النباتي تراوحت بين (-0.16- 0.51)، واتضح أن مؤشر (NDVI) يغطي ما يعادل (19.35%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، تتركز في الأجزاء الشمالية والجنوبية، وعلى ضفاف المجرى الرئيسية للوادي ومجاري وبطون الأودية الفرعية، والمروحة الفيضية، بالإضافة إلى أجزاء متفرقة على المرتفعات الجبلية، يتخللها العديد من المناطق الزراعية.

خريطة (7): مؤشر كثافة الغطاء النباتي في حوض وادي زبيد

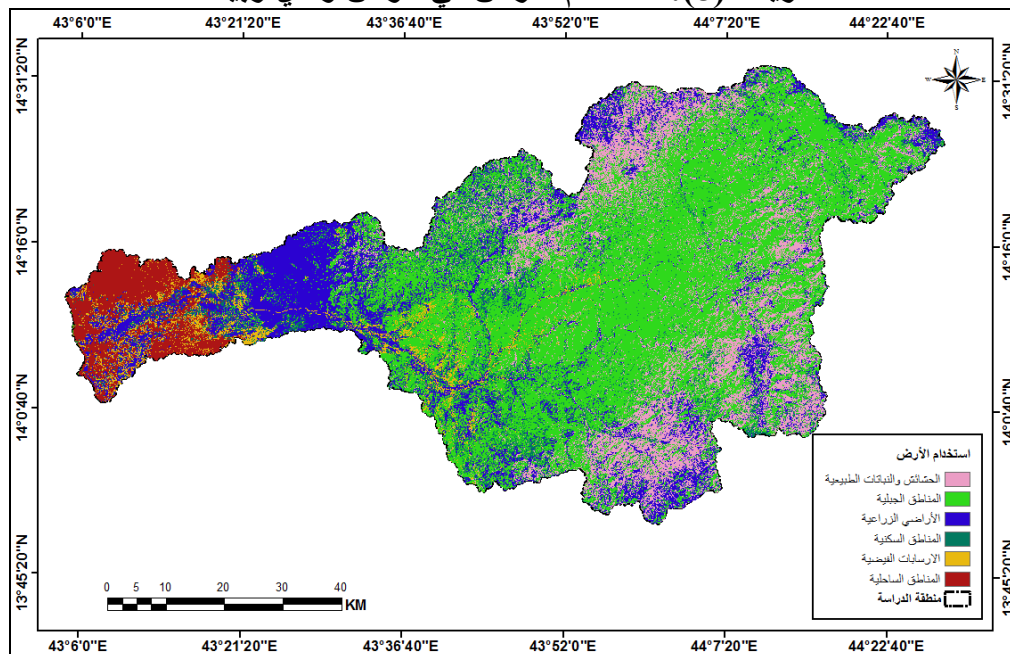


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على مرئيات فضائية (landsat8)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

7- استخدام الأرض

إن استخدامات الأرض من المعايير التي تسهم في تحديد احتمالات حدوث السيول، وتحديد المناطق الأكثر عُرضة للسيول، وقد تم تصنيف الغطاء الأرضي في حوض وادي زبيد بالاعتماد على مرئية فضائية من القمر الصناعي (Landsat8)، وباستخدام التصنيف الموجه (Supervised Classification) في برنامج (ERDAS IMAGINE 2014)، وبالاعتماد على نظام تصنيف استعمالات الأرض والغطاء الأرض لأندرسون وآخرون⁽⁸⁾، تم تصنيف حوض وادي زبيد إلى ستة أصناف من الغطاءات الأرضية، وتبين خريطة (8) أن الصنف السائد في حوض وادي زبيد هي المناطق الجبلية والفضاء بمساحة واسعة بلغت (2693.44) كم² بنسبة (50.2%)، تليه المناطق الزراعية التي تتوزع على جوانب الأودية وبطون الأودية الفرعية والمدرجات الزراعية التي تتلقى كميات أمطار كافية وعلى المروحة الفيضية لوادي زبيد بمساحة (945.39) كم² بنسبة (17.63%)، تليه المناطق التي تغطيها الحشائش والنباتات الطبيعية، التي تتخلل المناطق الزراعية وعلى جوانب الأودية، تغطي مساحة (915.73) كم² بنسبة (17.6%)، تليه المناطق السكنية التي تمثل المناطق الحضرية والتجمعات المنتشرة في المرتفعات والمناطق السهلية والساحلية وتشغل حوالي (379.57) كم² بنسبة (7.70%)، تليه المناطق الساحلية المطلة على البحر الأحمر التي تتخلل بعض المناطق الزراعية في الجزء الغربي من حوض وادي زبيد بمساحة (265.3) كم² بنسبة (4.94%)، ومن ثم الإرسابات الفيضية تتمثل بمجاري الأودية المائية وأقدام الجبال بمساحة (164.95) كم² بنسبة (3.07%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد.

خريطة (8): استخدام الأرض في حوض وادي زبيد

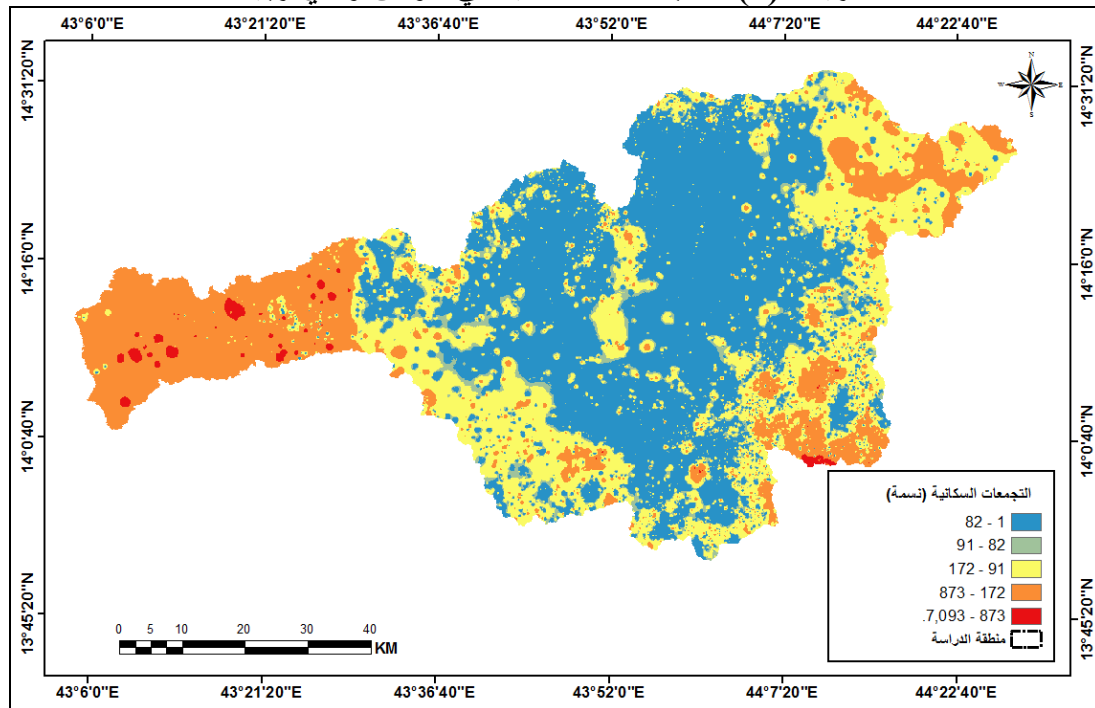


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على مرئيات فضائية (landsat8)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

8- التجمعات السكانية

يتوزع السكان في تجمعات سكانية ثابتة، ووفقاً لإسقاطات الجهاز المركزي للإحصاء لعام 2004م، هنالك (14432) قرية تقع ضمن حوض وادي زبيد، يتوزعون على (26) مديرية ضمن أربع محافظات، وتعد التجمعات السكانية من المعايير المؤثرة في تزايد حدوث أضرار السيول، فكلما زادت التجمعات السكانية، زادت معها المناطق السكنية، حيث يغفل السكان مخاطر وأضرار السيول فيعملون على تشييد منازلهم وسط الوادي خريطة (9)، وفيما يتعلق بنمط توزيعها المكاني وحسب تحليل الأنماط (Spatial Autocorrelation) معامل موران (Moran's I) تبين أن نمط توزيع مراكز الاستيطان البشري في حوض وادي زبيد هو النمط المتجمع (Clustered) وهو نمط يتلاءم مع توزيع السكان حسب الوحدات الإدارية، وأن جميع أنواع الإحصائيات تميل للتوزيع المتجمع بدلالة أن نتائج تحليل قيمة معامل موران (Moran's I) بلغت (0.2695)، التي تقترب من القيمة (+1) وابتعادها عن (-1)، ووقوع قيمة الدرجة المعيارية (Z-score) (8.628) خارج نطاق القيمة الحرجة ((-2.58) - (+2.58))، وبذلك يكون نمط التوزيع المكاني لمراكز الاستيطان البشري في حوض وادي زبيد هو النمط المتجمع.

خريطة (9): التجمعات السكانية في حوض وادي زبيد



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على قاعدة بيانات الجهاز المركزي للإحصاء، صنعاء، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

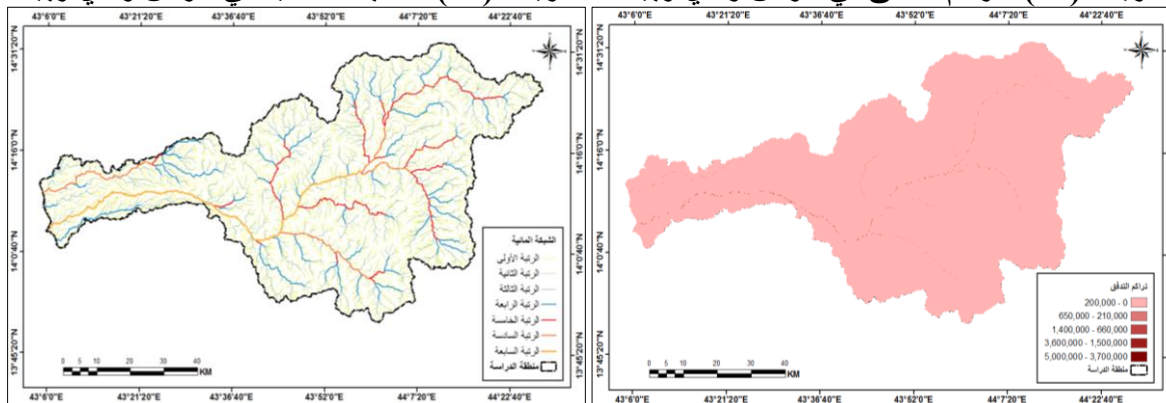
9- تراكم التدفق

يُعد تراكم التدفق أحد أهم المعايير في تحديد المناطق المُعرَّضة للسيول، وتشير القيم العالية لتراكم التدفق إلى مناطق التدفق المركز أسفل المنحدر، التي لها احتمالية عالية لتعرضها للسيول، بينما تشير القيم المنخفضة إلى انخفاض حدوث السيول، وتم اشتقاق خريطة التراكم من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وبيّن خريطة (10) أن قيم التراكم المتدفق تتراوح بين (0-5000000) م³، تتركز القيم المرتفعة في مصبات الأودية الكبيرة، مما يتسبب في غمر القرى والمزارع المجاورة، بينما تتركز قيم تراكم التدفق المنخفضة بالمناطق الواقعة بين الأودية.

10- الشبكة المائية

تُعد المجاري المائية عاملاً رئيساً في حدوث السيول، حيث تحدث السيول نتيجة غمر شبكة التصريف المائي في الحوض، ويزداد أثر هذا الغمر في المناطق القريبة من الأودية، التي تكون أكثر عرضة للسيول، في حين تتخفف في المناطق البعيدة منها، وبلغ إجمالي عدد المجاري في الحوض (6539) مجرى، وتتباين أعداد المجاري المائية كما يوضح خريطة (11) من رتبة إلى أخرى، وبلغ مجموع أطوال المجاري (6744.37) كم، وبلغت نسبة التشعب (3.98) وكثافة التصريف (1.3) كم/كم².

خريطة (10): تراكم التدفق في حوض وادي زبيد خريطة (11): الشبكة المائية في حوض وادي زبيد

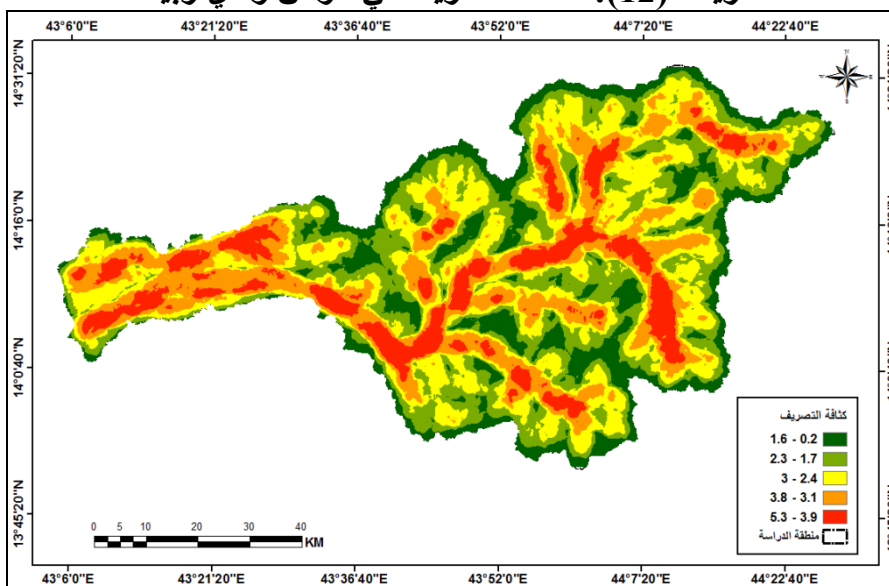


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

11- كثافة التصريف

تُعد أحد أهم المعايير الرئيسة المؤثرة في حدوث السيول، ويرجع ذلك إلى أن المناطق ذات الكثافة التصريفية العالية تشير إلى ارتفاع الجريان السطحي، الذي يصاحبه مواد غرينيه، التي تزيد من كميات المواد الترسيبية، حيث تعمل على رفع المياه فتفيض إلى المناطق الزراعية المجاورة، لذا فإنها أكثر عرضة للسيول من المناطق ذات الكثافة التصريفية المنخفضة، وقد تراوحت قيم الكثافة التصريفية في حوض وادي زبيد بين 0.2 إلى 5.3 كم²/كم (خريطة (12)).

خريطة (12): كثافة التصريف في حوض وادي زبيد



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

12- مؤشر الرطوبة الطبوغرافية

يظهر مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (Topographic Wetness Index (TWI) التوزيع المكاني لتركز الرطوبة، ومقدار التدفق المتراكم في أي نقطة في حوض التصريف وقدرة الماء على الحركة المنحدرة مع الجاذبية للتنبؤ بمناطق التشبع ومحتوى التربة المائي، ويعبر مؤشر الرطوبة الطبوغرافية عن مدى السيطرة الطبوغرافية على العمليات الهيدرولوجية، يستخدم هذا المؤشر كنموذج لتحديد مواضع نشوء الجريان السطحي وتجميع مياه السيول، حيث تتوافق القيم العالية لمؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) مع المناطق التي يزيد فيها تراكم المياه والجريان السطحي العالي، وتشير قيم (TWI) المرتفعة إلى انخفاض الصرف⁽⁹⁾، مما يمثل المزيد من الأراضي المشبعة التي تساعد في حدوث السيول، وباعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، وبالعامل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية ببرنامج (ArcGIS10.8.1)، تم حساب المؤشر بالاعتماد على معادلة (Beven, Kirkby, 1979) التي صيغت كالآتي⁽¹⁰⁾:

$$TWI = \ln(A_s / \tan \beta)$$

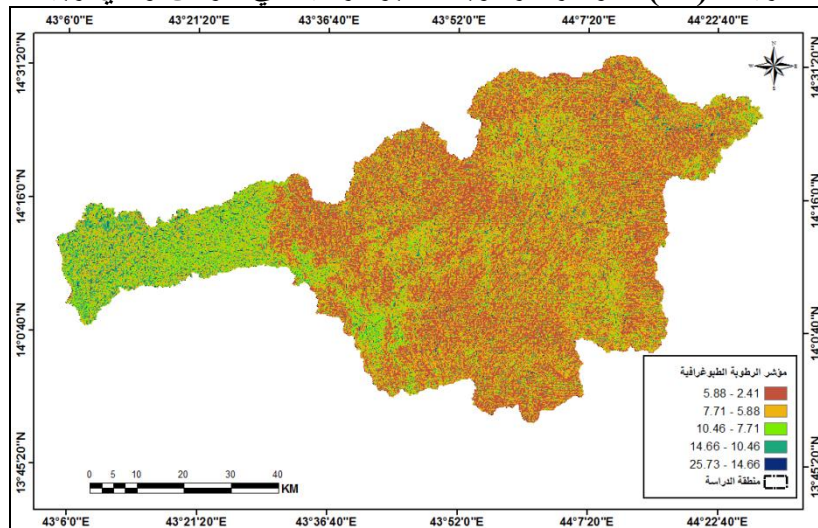
حيث إن:

A = المساحة الساكنة الفعلية للمسقط المائي (م²)

β = الانحدار لكل خلية بالدرجات

وبتطبيق المعادلة يتضح من خريطة (13) أن قيم مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) تتراوح بين (2.4-25.7) وتشير القيم العالية (TWI) إلى احتمالية أكبر للتشبع، وتتركز القيم المرتفعة في المناطق شديدة الانحدار وفي الجزء الشمالي الشرقي، وكذلك في الجزء الغربي على الساحل الغربي، وأيضاً على طول المجاري المائية، وتزيد قيمته في المجاري ذات الرتب العالية بالحوض، في حين تنخفض قيمة مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) ضمن المناطق ذات الانحدارات الخفيفة على أكتاف الأودية والمجاري ذات الرتب المنخفضة.

خريطة (13): مؤشر الرطوبة الطبوغرافية في حوض وادي زبيد



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على معادلة (Beven, Kirkby) ونموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

13- مؤشر نقل الرواسب

يُستخدم مؤشر نقل الرواسب (STI) لتعرف لعمليات الحت والترسيب على أحواض التصريف المائي، ويستخدم لتحديد مناطق تجمع الرواسب⁽¹¹⁾، ويُعد هذا المؤشر من المعايير المهمة لتحديد المناطق المُعرّضة للسيول حيث تتسبب تدفقات الحطام في قدر هائل من الضرر، فالمناطق ذات الترسيب العالي هي أكثر عرضة للسيول، وبالاغتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، وبالعَمَل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ببرنامج (ArcGIS10.8.1)، تم حساب المؤشر بالاغتماد على معادلة (Bevan and Kirkby) التي صيغة كالآتي⁽¹²⁾:

$$STI = \left(\frac{As}{22.13} \right)^{0.6} * \left(\frac{\sin \beta}{0.0896} \right)^{1.3}$$

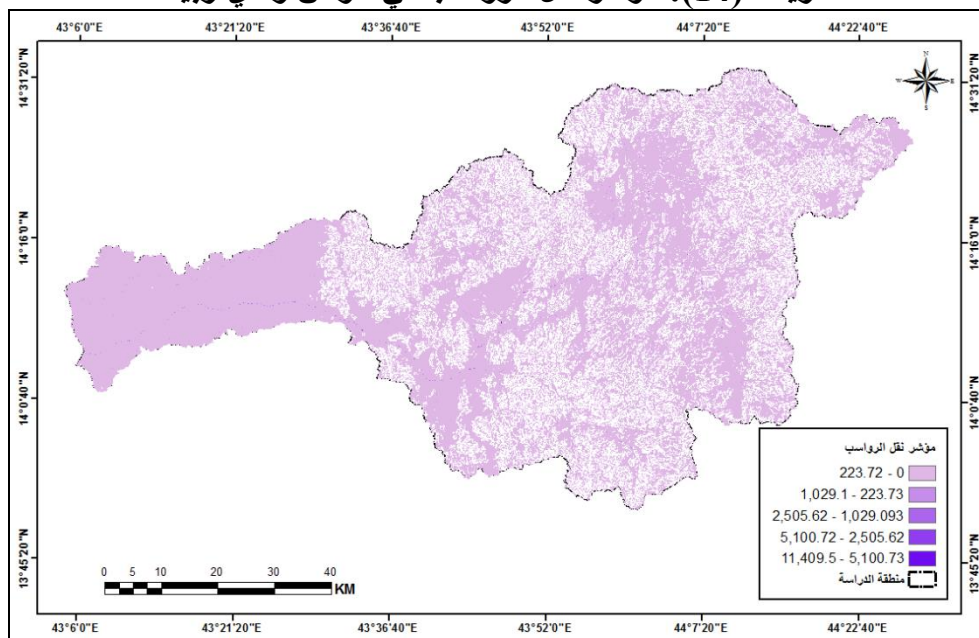
حيث إن:

A = المساحة الساكنة الفعلية للمسقط المائي (م²)

β = الانحدار لكل خلية بالدرجات

وبتطبيق المعادلة يتضح من خريطة (14) أن قيم مؤشر نقل الرواسب تتراوح بين (0 – 11409.5)، وتتركز أعلى قيم (STI) على طول المجاري المائية وفي المناطق الشمالية الشرقية وجنوب غرب الحوض وفي السهل الساحلي الغربي، وهي تظهر الحركة البطيئة للجريان، ومن ثم تراكم الرواسب ويرتفع الخطر مع ارتفاع المياه التي تعمل على غمر المناطق الزراعية المجاورة للمجاري المائية، وهي أكثر المناطق عرضة لمخاطر السيول، كما تملأ بحيرات السدود بالرواسب مما يقلل من قيمتها وعمرها الافتراضي.

خريطة (14): مؤشر نقل الرواسب في حوض وادي زبيد



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على معادلة (Bevan, Kirkby) ونموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، باستخدام برنامج (ArcGIS v.10.8.1)

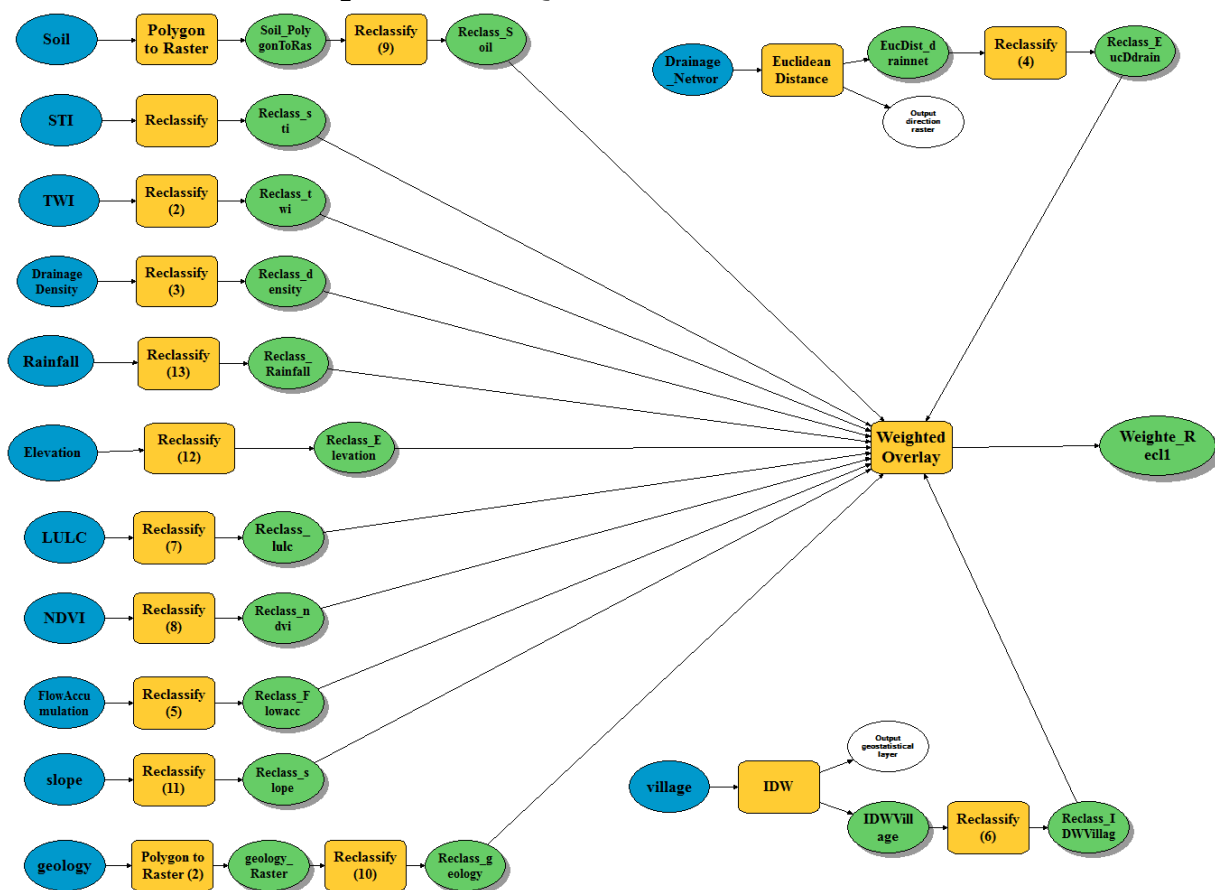
رابعاً: تطبيق وبناء النموذج Modeling Spatial

بناءً على ما سبق اعتمدت الدراسة على المتغيرات المكانية السابقة واختيرت كمعايير لتحديد المناطق المعرضة للسيول بناءً على العديد من الدراسات، وتم وضع الأوزان لها بالاعتماد على عملية التحليل الهرمي Analytical Hierarchy Process (AHP) التي طورت بواسطة Saaty (1980)، وتعد من أهم الطرق الرياضية الحديثة، ومن أهم الأدوات التي تستخدم في أنظمة دعم القرار متعدد المعايير (MCDM) والقرار متعدد المعايير، والمستخدم في مساعدة صناع القرار على اتخاذ القرارات المتعددة لحل المشاكل الموجودة في المكان الجغرافي، لا سيما عند تطبيقها في نظم المعلومات الجغرافية (GIS) للعديد من المجالات المختلفة، ومنها مياه السيول التي حظيت باهتمام كبير، وحقت نتائج دقيقة ساعدت صناع القرار على تطبيقها مكانياً، وبتطبيق عملية التحليل الهرمي (AHP) يتم استخدام تقنية المقارنة الزوجية لاشتقاق أولويات المعايير من حيث أهميتها في تحقيق الهدف، وتم إدراج البيانات المستخدمة والمعايير الرئيسية المسببة لحدوث السيول في حوض وادي زبيد بشكل هرمي. بعد عملية ترتيب وتحديد وتحليل المعايير الرئيسية هرمياً، تم إنشاء مصفوفة المقارنة الزوجية Pairwise Comparison Matrix (PCM) للمعايير، عن طريق تحديد نسبة الأهمية لكل معيار بقيمة عددية لكل معيار يمثل وزن المعيار تبعاً للأهمية بالمقارنة مع المعايير الأخرى، باستخدام برنامج (Expert Choice)، حيث تقارن كل المعايير ببعضها البعض اعتماداً على مقياس الأهمية الذي اقترحه (Saaty, 2008)⁽¹³⁾، وبناءً على ذلك تم إنشاء مصفوفة مقارنة رأسية وأفقية، ثم تم جمع قيم الأوزان لكل عمود في المصفوفة، وتم حساب نسبة الثبات Consistency Ratio وهي مؤشر لمدى صحة الوزن أثناء مقارنة أهمية كل زوج من المعايير، والتي تعد الحكم المتعلق بالقرار المتخذ في التحليل، وبلغت نسبة الثبات (CR=0.06) وهي نسبة مقبولة تدل على اتساق الأوزان التي استخدمت في التحليل، وقد بُني النموذج المكاني (Modeling Spatial) لتحديد المناطق المعرضة للسيول في بيئة نظم المعلومات الجغرافية باستخدام برنامج (ArcGIS 10.8.1)، وتطبيق تحليل المطابقة الموزونة (Weighed Overlay) ضمن أدوات التحليل المكاني (Spatial Analysis) للطبقات (Layers) التي أُنتجت، كما تم تصنيف كل المعايير الفرعية حسب تأثير كل معيار على حدى، وأعيد تصنيفها (Reclassification) وترتيبها حسب درجة الأهمية والتأثير وحسب اختلافها من معيار لآخر، وأعطى قيمة وزنية لكل عامل منها بناءً على مقدار تأثيره في حدوث السيول كما هو موضح في جدول (1) التي تم حسابها سابقاً، ويوضح الشكل (1) آلية العمل التي اتبعت في بناء الموديل بعد تحديد المعايير الرئيسية والفرعية وتحديد أوزانها ودرجة أهميتها، وتبين بأن كلاً من معيار (الأمطار، وكثافة التصريف، والتدفق المتراكم، والمسافة من الشبكة المائية) المعايير الأكثر تأثيراً في حدوث السيول، وبلغت نسبتهما (12.2%، 13.4%، 14.6%، 11.3%) على التوالي جدول (1)، وبلغ مجموع نسبة تأثيرها (52.6%)، بينما بلغت نسبة بقية المعايير (47.4%).

جدول (1): الأوزان المعيارية

المعايير	الوزن	النسبة	التصنيف	المعايير	الوزن	النسبة	التصنيف
تراكم التدفق	0.146	14.6	5	التربة	0.054	5.4	4
كثافة التصريف	0.134	13.4	5	STI	0.047	4.7	5
المسافة من الشبكة المائية	0.113	11.3	5	NDVI	0.043	4.3	5
الأمطار	0.122	12.2	5	استخدام الأرض	0.039	3.9	6
الارتفاعات	0.105	10.5	5	التجمعات السكانية	0.031	3.1	5
الانحدار	0.078	7.8	5	TWI	0.028	2.8	5
الجيولوجيا	0.059	5.9	6	المجموع	10	100%	

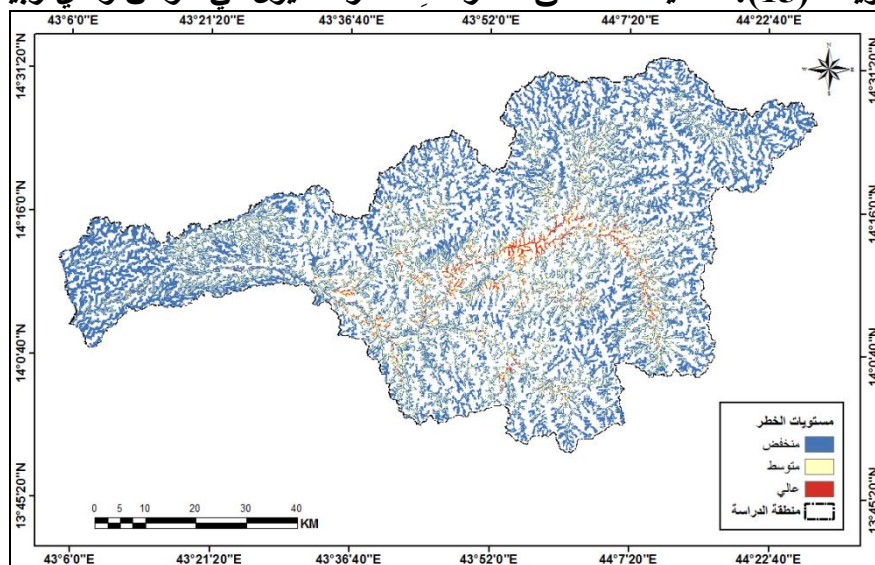
المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على برنامج Expert Choice



شكل (1): النموذج المكاني لبناء خريطة المناطق المعرضة للسيول في حوض وادي زبيد
المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على برنامج ArcGIS10.8.1

وبعد عملية تطبيق النموذج المكاني ظهرت نتيجة التحليل، وتم تصنيف المناطق لمعرضة للسيول إلى ثلاثة مستويات كما هو واضح في خريطة (15)، وتتركز المناطق شديدة التأثير والمعرضة للسيول في المناطق القريبة من المجرى الرئيس للحوض، وفي قيعان الأودية، والمناطق القريبة من الشبكة المائية، والمناطق التي يشغلها العمران والأراضي الزراعية والسهل الفيضي، وتتميز هذه المناطق بانحدارات خفيفة وارتفاعات منخفضة وبلغت مساحتها (604.35) كم² بنسبة (11.27%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، بينما حوالي (533.19) كم² أي نسبة (9.94%) من إجمالي المساحة تتعرض لمخاطر السيول بشكل متوسط والتي تتوزع في أجزاء مختلفة من الحوض بين المناطق شديدة التأثير والمنخفضة التأثير بمخاطر السيول، بينما تقع المناطق منخفضة التأثير والأقل تعرضاً لمخاطر السيول في المناطق البعيدة عن الشبكة المائية وبالقرب من المناطق ذات كثافة التصريف المنخفضة، التي تتميز بانحدارات شديدة وتشغل مساحه بلغت (1011.19) كم² أي بنسبة (18.85%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد، في حين لا تتعرض المناطق الواقعة في محيط الحوض ومناطق تقسيم المياه بين الأحواض، والمناطق المستوية في أقصى غرب حوض وادي زبيد؛ ويرجع ذلك لعدة أسباب منها قلة التساقط المطري فيها ولأنها مناطق مفتوحة حيث تنتشر المياه فيها، بالإضافة للمناطق شديدة الانحدار التي لا تستقر المياه الساقطة فيها وقد بلغت مساحتها (3216.24) كم² بنسبة (59.95%) من إجمالي مساحة حوض وادي زبيد.

خريطة (15): تصنيف المناطق المعرضة لخطر السيول في حوض وادي زبيد



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على برنامج (ArcGIS10.8.1)

وقد لوحظ وجود تطابق بين مواقع تجمع السيول والمناطق الأكثر تأثراً بالسيول، حيث تعرضت المناطق الواقعة في المجرى الرئيس لوادي زبيد الواقع بمديرية حزم العدين في وسط الحوض وبمديرية الجراحي وجبل رأس ووادي السحول ووادي عنه للسيول الجارفة، التي تنتشر فيها مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية وعلى ضفاف الأودية وفي مراوحها الفيضية وقيعان الأودية والسهول الفيضي، لذلك تتعرض هذه المناطق لخطر السيول وفيضاناتها، فيعرض النباتات المزروعة والأشجار فيها للانجراف، مما ينتج عنه خسائر اقتصادية كبيرة، ففي عام 2018م تعرضت أكثر من 100 ألف شجرة موز في منطقة الصنيفة وبيت الجعور في الأطراف الشرقية لمديرية الجراحي، وقد

أشار (تقرير مكتب الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية، أكتوبر، 2019م)، إلى تضرر (109) أسرة في مديرية وصاب السافل إثر السيول؛ ويرجع ذلك إلى زيادة التوسع العمراني على مناطق الأودية خاصة في ضفاف الأودية، ومما زاد من مشكلة السيول أن سكان المنطقة تناسوا السيول نتيجة حدوث تذبذب الأمطار في السنوات الأخيرة، فأخذوا يتعايشون مع وضع بيئي مؤقت، وبدءوا بتشديد منازلهم في مناطق أخطار محتملة، وغالباً ما تتعرض المناطق السكنية والزراعية لجرف السيول على الرغم من وجود سدود وحواجز مائية في هذه الأودية، كما تتعرض الطرق التي تمثل شريان الاتصال بين المراكز العمرانية بعضها ببعض للانقطاع نتيجة لتساقط الصخور التي تُعد أحد مخاطر السيول حيث إن كثير ما ينقطع سكان المناطق الجبلية عن المناطق الأخرى، وغالباً ما تمتد الطرق إلى بطون الأودية وتعرضها للسيول مما يؤدي إلى قطع حركة النقل، بالإضافة إلى تآكل الطرق من جوانبها، مما يؤدي إلى تدمير جزء منها، وغالباً ما تتعرض المركبات للانجراف مما يلحق الضرر بالأرواح والممتلكات؛ ويرجع السبب في ارتفاع الخسائر المادية والبشرية إلى عدم وجود التحكم الفعال في التخطيط في المناطق المعرضة للسيول، ولعدم تحسين طرق الإنذار والتنبؤ المبكر بالسيول.

التوصيات:

1. إقامة محطات هيدرولوجية لقياس تصريف الجريان السطحي عند مخارج الأحواض الفرعية لقياس كمية المياه التي تتدفق في وقت واحد إلى المجرى الرئيس في الحوض.
2. الاستفادة من تقنيات الجيوماتكس المتمثلة بالاستشعار عن بعد (Remote Sensing (RS ونظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System (GIS في الدارسات المائية لما لها من دور بارز ومهم في الحصول على نتائج عالية الدقة.
3. أهمية العمل على إنشاء مجموعة من التدابير التي تتحكم في تدفق السيول كبناء المدرجات والحواجز والاستزراع، وبناء السدود على الأودية الرئيسة لتقليل سرعة الجريان السطحي، والتي تسهم في تطوير وتنمية الأحواض المائية، وتحسين الإنذار والتخطيط للإخلاء والتنبؤات بالسيول باستعمال التقنيات الحديثة.

قائمة الهوامش:

- (1) Aly.M.M,AbdEhamid .A.M,Gad.M.I,Hazard Degrees Assessment of Flash Floods, Applying Multi-Criteria Analysis, Gulf of Aqaba Basins, Sinai, Egypt,(ERJ), Vol.40,No.3July 2017, P.233.
- (2) عبدالكريم، أشرف أحمد علي، أخطار السيول على مسار السكة الحديدية حوض وادي باير المؤثر على مسار قطار الشمال جنوب مدينة القريات المملكة العربية السعودية – أنموذجاً، المجلة الجغرافية العربية، المجلد (52)، العدد (77)، 2021، ص62.
- (3)Young, A, Slopes Geomorphology,Text3,Oliver and Boyd-Ltd, Edinburgh, 1972,P.173.
- (4) القيسي، حاضر ظاهر، أمين، رقية أحمد، التميمي، بشير فرحان، تحليل معطيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقدير الجريان السطحي لاختيار موقع حصاد المياه (حوض جم جمال-العراق حالة تطبيقية)، مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسانيات والاجتماع، العدد (11)، 2016، ص135.
- (5) Jack.W King.Jr.Terence R.Forbes, Abdul Elah Abu Ghanem, Benchmark Soil of the Yemen Arab Republic World Benchmark Soils Report,Soil management Support Services Department of Agronomy,New York State College of Agriculture and Life Sciences Cornell University,NO.1.October, 1985,P.22-53.

- (6) Hisham I.M.Abdel-Magid and Abdullah.MT.Shigidi, CN-REM:A GIS Model for Rainfall-Runoff Estimation Using A Soil Conservation Service Method, SESJ, March.Vol.59,No.1, 2013,p.14.
- (7) (NDVI) الغرباني، مباركة سعد، توظيف التقنيات الجيومكانية لاستخدام مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI) لتتبع التغير في الغطاء النباتي في منطقة كعام، المؤتمر والمعرض الدولي للتقنيات الجيومكانية، ليبيا، 6-8 ديسمبر، 2016، ص 240. طرابلس، ليبيا، 6-8 ديسمبر، 2016، ص 240.
- (8) Anderson,J.R.& other, Land use and Land cover Classification System use with Remote Sensor Data U.S Geological Survey Professional,1976,p.5-21.
- (9) Devi,S. Shukl, R. and Saxena,V,Modeling Susceptibility to Landslides Using Frequency Ratio and Weight of Evidence methods at Uttarakand,(IRJET),7,2020, p.6594-6600.
- (10) Buitrago E.and Martinez M, Digital elevation models (DEM) used assess Soil erosion risk: a case study in Boyaca, Colombia, Agronomia Colombia, Vol.34,2, 2016,p242.
- (11) Bannari, A. Kadhem, G. El-Battay, A.and Hameid, N, Comparison of SRTM-V4.1 and ASTER-V2.1 for Accurate Topographic Attributes and Hydrologic Indices Extraction in Flooded Area, JESE,8, 2018, p14.
- (12) Bevan and Kirkby, A physically based Variable Contributing area model of basin hydrology, *Hydrol.Sci. Bull*, 24,1979, p.6597.
- (13) Saaty, T, Decision Making with the analytic Hierarchy Process, *Int.J.Servies Sciences*,Vol.1,No.1, 2008, P.83.

قائمة المصادر:

1. عبدالكريم، أشرف أحمد علي، أخطار السيول على مسار السكة الحديدية حوض وادي بابر المؤثر على مسار قطار الشمال جنوب مدينة القريات المملكة العربية السعودية – أنموذجاً، *المجلة الجغرافية العربية*، المجلد (52)، العدد (77)، 2021، ص 61-110.
2. الغرباني، مباركة سعد، توظيف التقنيات الجيومكانية لاستخدام مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI) لتتبع التغير في الغطاء النباتي في منطقة كعام، المؤتمر والمعرض الدولي للتقنيات الجيومكانية، ليبيا، 6-8 ديسمبر، 2016، ص 237-245.
3. القيسي، حاضر ظاهر، أمين، رقية أحمد، التميمي، بشير فرحان، تحليل معطيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقدير الجريان السطحي لاختيار موقع حصاد المياه (حوض جم جمال-العراق حالة تطبيقية)، *مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسانيات والاجتماع*، العدد (11)، 2016، ص 125-139، ISSN 2414-3383.
4. قاعدة بيانات الجهاز المركز للإحصاء، 2004.
5. موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)، <http://earthexplorer.usgs.gov/>
6. موقع وكالة ناسا (NASA Power/Prediction of Worldwide Energy Resources)

<http://power.larc.nasa.gov/common/AgroclimatologyMethodology/Agro1d0-Methodology-content.html>

7. Aly.M.M,AbdEhamid .A.M,Gad.M.I, Hazard Degrees Assessment of Flash Floods, Applying Multi-Criteria Analysis, Gulf of Aqaba Basins, Sinai, Egypt,(ERJ) Engineering Research Journal, Vol.40,No.3July,2017,p.219-236.
8. Anderson,J.R.& other, Land use and Land cover Classification System use with Remote Sensor Data U.S Geological Survey Professional,1976.
9. Argaz,A,et,al, Flood Hazard Mapping Using Remote Sensing and GIS Tools: A Case Study of Souss Watershed, Journal of Materials and Environmental Sciences,Volume 10,ISSUE 2,2019,P.170-181.
10. Bannari, A. Kadhem, G. El-Battay, A.and Hameid, N,Comparison of SRTM-V4.1 and ASTER-V2.1 for Accurate Topographic Attributes and Hydrologic Indices Extraction in Flooded Area, Journal of Earth Science and Engineering, 8, 2018,p.8-30.
11. Bevan and Kirkby, A physically based Variable Contributing area model of basin hydrology, Hydrol.Sci. Bull, 24, 1979, P.43-69.
12. Buitrago E.and Martinez M, Digital elevation models (DEM) used assess Soil erosion risk: a case study in Boyaca, Colombia, Agronomia Colombia, Vol.34,2, 2016, P.239-249.
13. Devi,S. Shukl, R. and Saxena,V, Modeling Susceptibility to Landslides Using Frequency Ratio and Weight of Evidence methods at Uttarakand, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET),7,2020,p.6594-6600.
14. Hisham I.M.Abdel-Magid and Abdullah.MT.Shigidi, CN-REM:A GIS Model for Rainfall-Runoff Estimation Using A Soil Conservation Service Method, Sudan Engineering Society Journal, March.Volume 59.No1, 2013,P.11-20.
15. Elsheikh,R.FA.,Ouerghi,S. and Elhag,A.R, Flood Risk Map Based on GIS, and Multi Criteria Techniques (Case Study Terengganu Malaysia), Journal of Geographic Information System,7, 2015,P348-357.
16. Jack.W King,Jr.Terence R.Forbes,Abdul Elah Abu Ghanem,Benchmark Soil of the Yemen Arab Republic World Benchmark Soils Report,Soil management Support Services Department of Agronomy,New York State College of Agriculture and Life Sciences Cornell University,NO.1,1985,P.22-53.

17. Ouma, Y and Tateishi, R, Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment, Water, 6, 2014, P.1515-1545.
18. Roberson Group PLC, Geological Map of Yemen, Scale:250000:1 The Natural Resources Project Yemen, 1991.
19. Saaty, T, Decision Making with the analytic Hierarchy Process, Int.J.Servies Sciences, Vol.1, No.1, 2008 , P.83-98.
20. Swain, K.C., Singha, C. and Nayak, L, Flood Susceptibility Mapping through the GIS-AHP Technique Using the Cloud, International Journal of Geo-Information, ISPRS Int.J.Geo-Inf.2020, 9, 720, 2020, P.1-23.
21. Talha, S, Maanan, M, Atika, H, Rhinane, H, prediction of Flash Flood Susceptibility Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) algorithms and GIS: A study Case of Guelmim region in Southwestern of Morocco, The International Archives of the Photogrammetry RS and GIS, Vo. XLII-4/W19, 2019, P.407-414.
22. Young, A, Slopes Geomorphology, Text 3, Oliver and Boyd-Ltd, Edinburgh, 1972.

list of sources:

1. Abdul Karim, Ashraf Ahmed Ali (2021): The dangers of floods on the railway track, the Wadi Bayer Basin, affecting the track of the northern train south of the city of Qurayyat, Kingdom of Saudi Arabia - a model, Arab Geographical Journal, Volume (52), Issue (77), June, pp. 61-110.
2. Al-Ghorbani, Mubarak Saad (2016): Employing geospatial techniques to use the Natural Difference Vegetation Index (NDVI) to track the change in vegetation in the Kaam region, International Conference and Exhibition on Geospatial Technologies, Libya Geotech 2, Tripoli, Libya, December 6-8, pp. 237-245.
3. Al-Qaisi, Hader Zaher, Amin, Ruqaya Ahmed, Al-Tamimi, Bashir Farhan (2016): Analysis of remote sensing data and geographic information systems in estimating surface runoff for choosing a water harvesting site (Jim Jamal Basin - Iraq, an applied case), Journal of Arts and Literature. Humanities and Social Sciences, Issue (11), pp. 125-139, ISSN 2414-3383
4. Database of the Central Bureau of Statistics, 2004.
5. NASA Power/Prediction of Worldwide Energy Resources website

<http://power.larc.nasa.gov/common/AgroclimatologyMethodology/Agro1d0-Methodology-content.html>

6. USGS website, <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Spatial Modeling of floods in the Wadi Zabid Basin – Yemen

Belqees Mabkhoot Nasser Salah

Sana'a University

Faculty of Arts and Humanities

Department of Geography and Geoinformatics

bb.mm.ss.7731@gmail.com

Abstract:

This study aims to build a spatial model to identify the areas vulnerable to flooding in the Wadi Zabid Basin, to mitigate the severity of the floods by minimizing the damage to lives, property, and infrastructure, by determining the extent of their vulnerability. To achieve its objectives, the study relied on geomatics techniques. represented by Remote Sensing and Geographic Information Systems to perform spatial analyses, by using the Analytical Hierarchical Process and Spatial Modeling and the method of multicriteria decision support systems with the method of weighted Overlay, based on 13 natural and human factors or criteria, and the consistency ratio was (CR = 0.06), which is an acceptable ratio indicating the consistency of the weights used in the analysis. The areas exposed to floods were classified into three levels. The areas highly affected and exposed to floods are concentrated in areas close to the mainstream of the basin, at the bottoms of valleys, areas close to the water network, and areas occupied by urbanization, agricultural lands, and floodplains. These areas are characterized by light slopes and low elevations. The study recommended the importance of developing the necessary procedures, through effective control of planning in, improving warning, evacuation planning, and forecasting of floods through satellites and modern technologies in geomatics.

Keyword: Spatial Modeling, Geomatics, Weighed Overlay, Analytical Hierarchy Process.