JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ
العدد الثالث والثلاثون
(٤٤٥) (٤٧٧)

تصميم وتطوير خرائط جيومكانية متقدمة لتقييم مخاطر الانهيارات الأرضية في قضاء عقرة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

م.د. عبد الرحمن عبد الكريم يحيى جاسم
جامعة تكريت / كلية التربية للبنات/ قسم الجغرافية
abdulrahman.yahya@tu.edu.iq

المستخلص:

يهدف البحث إلى تصميم وتطوير خرائط لمخاطر الانهيارات الأرضية في قضاء عقرة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. تم الاعتماد على مرئيات القمر الاصطناعي Landsat-8 ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لعام ٢٠٢٥ لبناء قاعدة بيانات مكانية شاملة. تم في هذا البحث استخدام طريقة التحليل بالوزن المرجح (Weighted Overlay) والتحليل الهرمي (AHP) لتحديد المناطق المعرضة للمخاطر. ولتحسين التمثيل المكاني، تم تطوير خرائط تصنيفية مثل الخرائط الشبكية(Raster Classified Maps) والسداسية (Hexagonal Maps) وخرائط البزل(Puzzle Maps). أظهرت النتائج أن الفئة ذات القابلية المنخفضة للانهيارات الارضية كانت الأكثر انتشاراً بنسبة ٣٤%، تلتها المنخفضة جداً بنسبة ٢٦%، ثم الفئة المتوسطة بنسبة ١٧%، والعالية بنسبة ١٥%، وأخيراً الفئة العالية جداً بنسبة ٩%. كما أثبت نتائج الاختبار الإدراكي والإحصائي للخرائط المطورة أن خرائط السداسية هي الأكثر دقة وكفاءة في تمثيل المخاطر، لما تتميز به من وضوح بصري وتكامل وظيفي مع بيئة نظم المعلومات الجغرافية، مما يجعلها أداة مهمة في إدارة المخاطر والتخطيط المكاني المستدام.

الكلمات المفتاحية: الخرائط الجيومكانية، الانهيارات الأرضية، قضاء عقرة، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

Design and Development of Advanced Geospatial Maps for Landslide Risk Assessment in Aqrah District Using Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS)

Dr. Abdul Rahman Abdul Kareem Yahya
Salah al-Din Governorate Education Directorate - Tikrit Section
abdulrahman.yahya@tu.edu.iq

Abstract

This research aims to design and develop landslide hazard maps for the Aqrah District using remote sensing techniques and Geographic Information Systems (GIS). Satellite imagery from Landsat-8 and the Digital Elevation Model (DEM) for the year 2025 were utilized to build a comprehensive spatial database. The study employed the Weighted Overlay analysis method and the Analytical Hierarchy Process (AHP) to identify areas at risk. To enhance spatial representation, various classified maps were developed, including Raster Classified Maps, Hexagonal Maps, and Puzzle Maps. The results indicated that areas with low susceptibility to landslides were the most widespread at 34%, followed by very low susceptibility at 26%, moderate at 17%, high at 15%, and very high at 9%. Cognitive and statistical testing of the developed maps demonstrated that hexagonal maps provided the highest accuracy and efficiency in representing landslide hazards due to their visual clarity and functional compatibility with the GIS environment, making them a valuable tool for risk management and sustainable spatial planning.

Keywords: Geospatial mapping, Landslides, Aqrah District, Remote sensing, Geographic Information Systems (GIS).

المقدمة:

تعد الانهيارات الأرضية من بين أخطر الكوارث الطبيعية التي تهدد حياة الإنسان وممتلكاته، خاصة في المناطق الجبلية والوعرة مثل قضاء عقرة في شمال العراق. تتميز هذه المنطقة بتضاريسها الصعبة وهطول الأمطار الغزيرة، التي تشهد تزايداً ملحوظاً في شدتها وتكرارها نتيجة التغيرات المناخية، مما يجعلها عرضة لخطر الانهيارات الأرضية بشكل متكرر. لذلك، يعد تصميم وتطوير

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

خرائط جيومكانية متقدمة لتقييم مخاطر الانهيارات الأرضية أمراً بالغ الأهمية للتخطيط العمراني وإدارة الكوارث بشكل فعال.

في هذا الإطار، يسهم الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) بدور أساسي في جمع البيانات وتحليلها، مما يتيح تطوير خرائط ذات دقة عالية وتفصيل معمق لدراسة الظواهر الجيومكانية بفعالية. إذ تتيح تقنيات الاستشعار عن بعد الحصول على بيانات حديثة ودقيقة عن التضاريس والغطاء الأرضي، بينما توفر نظم المعلومات الجغرافية الأدوات اللازمة لتحليل هذه البيانات وإنشاء خرائط تفاعلية. ومن خلال دمج هذه التقنيات، يمكن تحديد المناطق الأكثر عرضة للانهيارات الأرضية وتقييم مستوى الخطورة بدقة عالية، خاصة في ظل المتغيرات المناخية المتسارعة.

لزيادة دقة خرائط الانهيارات الأرضية، يتم استخدام طرق خرائطية متقدمة مثل خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map)، والبزل (Puzzle)، والسداسية (Hexagonal). تعد واحدة من أكثر التقنيات دقة، حيث يؤدي إلى تقسيم الخريطة إلى صفوف وأعمدة من الخلايا المربعة الصغيرة (بكسلات)، كل خلية تمثل مساحة محددة من فئة الانهيارات الارضية في المنطقة، أما خرائط البزل، فتستخدم لتقسيم المنطقة إلى وحدات صغيرة تسمح بتحليل أكثر تفصيلاً للعوامل المؤثرة في حدوث الانهيارات، مثل نوع التربة ودرجة الانحدار، والتي قد تتغير أيضاً بفعل تأثير التغيرات المناخية على العمليات الجيومورفولوجية. في حين أن الخرائط السداسية توفر طريقة فعالة لتمثيل البيانات المكانية بشكل منتظم، مما يسهل عملية التحليل المكاني ويزيد من دقة النتائج.

من خلال تطوير خرائط جيومكانية متقدمة باستخدام هذه الطرق، يمكن تحديد المناطق ذات الخطورة العالية وتوجيه جهود الوقاية والتخفيف من الكوارث بشكل أكثر فعالية، خاصة في ظل ازدياد وتيرة الظواهر الجوية المتطرفة الناتجة عن التغير المناخي. كما يمكن استخدام هذه الخرائط في التخطيط العمراني وتحديد مواقع آمنة للبناء، مما يساهم في تقليل الخسائر البشرية والمادية الناجمة عن الانهيارات الأرضية. وبالتالي، فإن هذه الخرائط ليست مجرد أداة تحليلية، بل هي أداة استراتيجية تساهم في تعزيز السلامة العامة وحماية البيئة في ظل بيئة مناخية متغيرة.

مشكلة الدراسة: تعد الانهيارات الأرضية من الكوارث الطبيعية التي تهدد الأرواح والممتلكات والبنية التحتية، خاصة في المناطق الجبلية أو ذات التضاريس الصعبة. ومع تزايد حدوث هذه الظواهر بسبب التغيرات المناخية التي تؤدي إلى زيادة هطول الأمطار الغزيرة وتغير نمطها، بالإضافة إلى

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

الأنشطة البشرية، أصبحت الحاجة ملحة لتحسين دقة خرائط الانهيارات الأرضية لتحديد المناطق المعرضة للخطر بدقة أكبر. ومع ذلك، فإن الطرق التقليدية في رسم الخرائط قد لا توفر الدقة الكافية أو التفاصيل اللازمة لاتخاذ قرارات فعالة في إدارة المخاطر.

فرضية الدراسة: يمكن تحسين دقة خرائط الانهيارات الأرضية من خلال استخدام طرق خرائطية متقدمة مثل خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map)، والبزل (Puzzle)، والسداسية (Hexagonal)، بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS). تساعد هذه الطرق في التعامل مع التغيرات المناخية وتأثيراتها المتزايدة على الأنماط البيئية، حيث تساهم في تحليل البيانات الجيومكانية بشكل أكثر تفصيلاً ودقة، مما يؤدي إلى تحسين القدرة على التنبؤ بالمناطق المعرضة للانهيارات الأرضية تحت ظروف مناخية متغيرة ومتقلبة.

اهداف الدراسة:

١- استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتصميم خرائط أكثر دقة باستخدام طرق خرائطية متقدمة مثل خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map)، والبزل (Puzzle)، والسداسية (Hexagonal).

٢- تحسين دقة خرائط الانهيارات الأرضية من خلال تطبيق الطرق الخرائطية المتقدمة والمقارنة بينها لتحديد الأكثر فعالية في ظل التغيرات المناخية المتزايدة.

٣- استخدام البيانات الجيومكانية المتاحة من الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحليل العوامل المؤثرة في حدوث الانهيارات الأرضية.

٤- تطوير نماذج تنبؤية تعتمد على البيانات الجيومكانية والطرق الخرائطية المتقدمة لتحسين دقة التنبؤ بحدوث الانهيارات الأرضية، مع مراعاة التغيرات المناخية كعوامل مؤثرة رئيسية.

٥- تقديم توصيات لتحسين إدارة الكوارث من خلال استخدام الخرائط الجيومكانية المتقدمة في التخطيط للاستجابة السريعة وتخفيف الآثار،

منهجية الدراسة: تم استخدام عدة مناهج في الدراسة الحالية بما يتناسب مع موضوع البحث، حيث تم الاعتماد على المنهج الوصفي الذي يهدف إلى وصف وتحليل الخصائص الجغرافية والبيئية في المنطقة، مثل الخصائص الطبوغرافية، الغطاء النباتي، ونوعية التربة، والتي تؤثر على حدوث الانهيارات الأرضية. كما تم تطبيق المنهج الكمي الذي يعتمد على جمع وتحليل البيانات الرقمية

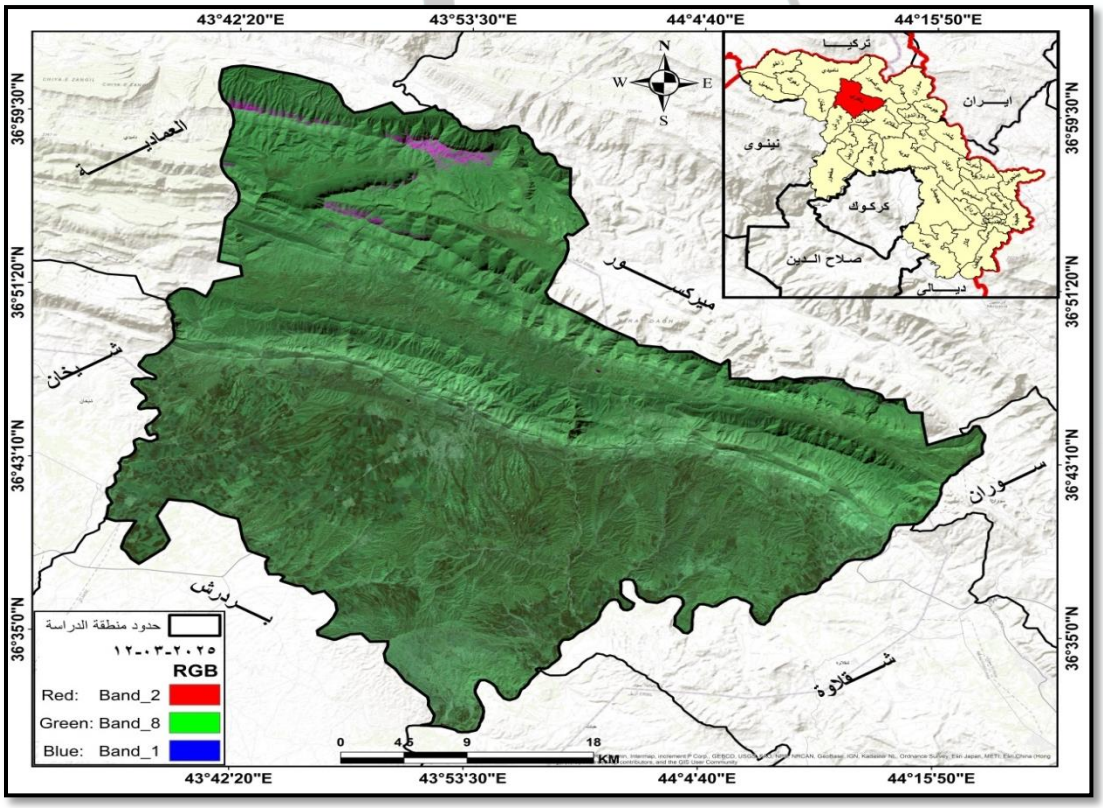
JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

واستخدام الأدوات الإحصائية والنمذجة الرياضية لتحديد مستوى خطر الانهيارات الأرضية في المنطقة. بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام المنهج التقني الذي يعتمد على التقنيات الحديثة مثل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) للحصول على البيانات وتحليلها، بهدف تصميم وتطوير خرائط المخاطر الجيومكانية التي تحدد المناطق الأكثر عرضة للانهيار.

موقع منطقة الدراسة:

قضاء عقرة هو أحد الأقضية التابعة لمحافظة دهوك في شمال العراق. يقع في الجزء الشمالي من العراق بالقرب من الحدود مع تركيا، تقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض (٣٦° ٥٩َ ٠ً – ٣٥° ٣٦َ ٠ً) شمالاً، وخطي طول (٤٤° ١٥َ ٥٠ً – ٤٣° ٤٢َ ٢٠ً) شرقاً، وتحدها من الشمال قضاء العمادية ومن الشرق قضاء ميركسور والغرب قضاء شيخان ومن الجنوب قضائي شقلاوة وبردرش، خريطة (١).

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، الخريطة الطبوغرافية، ١:١٠٠٠٠٠٠، ١٩٩٢، ومخرجات برنامج ArcGIS.

آلية وطرق العمل:

١- التحليل الببليومتري (Bibliometric analysis):

هو أسلوب كمي منهجي يستخدم لدراسة الإنتاج العلمي وتحليل المعرفة في مجال بحثي محدد من خلال بيانات المنشورات العلمية مثل عدد الأوراق البحثية، الاستشهادات بها، المؤلفين، المؤسسات، المجلات، والبلدان المنتجة للمعرفة، ويتيح هذا التحليل تقييم الأداء العلمي، تحديد الاتجاهات البحثية الأكثر نشاطاً، واكتشاف شبكات التعاون بين الباحثين والمؤسسات والمجلات العلمية، كما يوفر مؤشرات موضوعية لتحديد الفجوات البحثية والاتجاهات الناشئة في أي حقل علمي(عثمان، ٢٠٢٤، ٢٢٠). وفي سياق دراسة الانهيارات الأرضية، يمثل التحليل الببليومتري أداة قوية لفهم مدى الاهتمام البحثي العالمي بهذه الظاهرة الطبيعية، حيث يمكن من خلاله دراسة تطور الإنتاج العلمي عبر الزمن والمكان وتحديد التقنيات والأساليب المستخدمة في الرصد والتقييم، مثل تقنيات الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بالإضافة إلى أساليب النمذجة والتحليل المكاني المختلفة.

تم في هذا البحث إجراء التحليل الببليومتري لـ(٦٠،٥٧٠) ورقة بحثية منشورة عالمياً خلال المدة (٢٠٠٠ – ٢٠٢٥) بهدف استكشاف تطور الإنتاج العلمي في مجال الانهيارات الأرضية وتصميم الخرائط وربطه بالتحليلات المكانية والكشف عن الاتجاهات العلمية والتوزيع الجغرافي للبحوث والمؤسسات والدول الأكثر إنتاجاً، وكذلك شبكات التعاون البحثي بين المؤسسات المختلفة. وقد تم التركيز على المواضيع البحثية الرئيسة المرتبطة بتطبيق نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مع جمع البيانات من قاعدة بيانات سكوبس باستخدام الكلمات المفتاحية المرتبطة بالدراسة وتصفيتها وفق معايير محددة شملت نوع المنشور واللغة وفترة النشر، وأسفر ذلك عن تحليل الأوراق البحثية الموزعة على ١٦٠ دولة حول العالم. فقد تم تحليل

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

١-١ **الأداء البحثي:** يشير الأداء البحثي إلى مستوى الإنتاج العلمي حول الانهيارات الأرضية وتصميم الخرائط. إذ تم تحليل أكثر من ٦٠ ألف ورقة بين ٢٠٠٠ و٢٠٢٥ لتحديد الاتجاهات البحثية والفجوات العلمية، مع التركيز على تقنيات الاستشعار عن بعد وGIS لرسم خرائط دقيقة للمناطق المعرضة للانهيارات. ويظهر شكل (١) زيادة ملحوظة في عدد الأوراق منذ ٢٠١٠، مما يعكس الاهتمام العالمي المتنامي بموضوع الانهيارات الارضية وتصميم الخرائط.

١-٢ **المجلات الناشرة للأبحاث العلمية:** يتضح من تحليل شكل (٢) أن البحوث حول الانهيارات الأرضية وتصميم الخرائط وزعت على(٢٧) مجلة متعددة التخصصات، تتصدرها مجلة علوم الأرض والكوكب (Earth and Planetary Sciences) ومجلة (العلوم البيئية Environmental Science) ومجلة (الهندسة Engineering) من حيث عدد المنشورات.

١-٣ **تصنيف حسب نوع البحث المنشور:** يبين الشكل (٣) تصنيف نوع البحوث ضمن (١٤) حالة مختلفة، حيث تحتل المقالات العلمية المرتبة الأولى من حيث العدد، تليها الأوراق البحثية المقدمة في المؤتمرات العالمية، ثم الكتب العلمية. ويعكس هذا التوزيع طبيعة الإنتاج العلمي في مجال الانهيارات الأرضية، موضحاً التركيز الأكبر على المقالات العلمية كوسيلة رئيسية لنشر النتائج البحثية.

١-٤ **تصنيف البحوث حسب عنوان المصدر والكلمات المفتاحية:** يتضح من شكل (٤) أن البحوث حول الانهيارات الأرضية تصدرت الإنتاج العلمي، تلتها الجيولوجيا الهندسية والمخاطر الطبيعية، ثم الأرض وعلوم البيئة، يليه الجيومورفولوجيا والاستشعار عن بعد، مما يبرز المجالات العلمية الأكثر نشاطًا وأولويات البحث فيها. كما يوضح شكل (٥) تكرار الكلمات المفتاحية، حيث تصدرت انهيار والانهيارات الأرضية، تلاها استقرار المنحدر وتقييم المخاطر والاستشعار عن بعد، مما يعكس الموضوعات البحثية الأهم ويحدد أولويات الدراسات المستقبلية.

١-٥ **تصنيف البحوث الانتساب والجهة الممولة:** يتبين من الشكل (٦) أن الأكاديمية الصينية للعلوم تصدرت عدد البحوث حول الانهيارات الأرضية وتصميم الخرائط، تلتها وزارة التربية والتعليم في الصين ثم جامعة الصين لعلوم الأرض وجامعة تشنغدو للتكنولوجيا، مما يعكس ارتباط الإنتاج العلمي بمؤسسات أكاديمية وبحثية رائدة. أما من حيث التمويل، فيبين الشكل (٧) تصدر المؤسسة الوطنية للعلوم الطبيعية في الصين، تليها البرنامج الوطني للبحث والتطوير الرئيسي ثم المؤسسة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

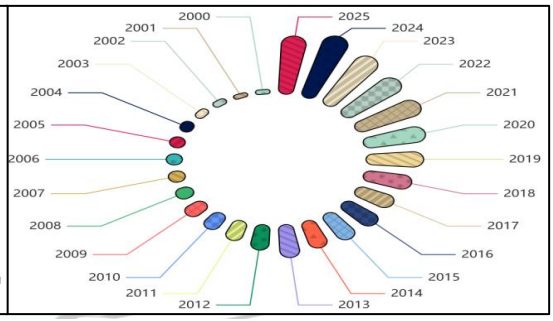
الوطنية للعلوم، مشيراً إلى اعتماد البحوث على جهات تمويل متخصصة تدعم تطوير أدوات وتقنيات متقدمة لرصد وتحليل الانهيارات الأرضية.

٦-١ **تصنيف البحوث حسب دولة النشر واللغة المستخدمة:** يتبين من الشكل (٨) أن الصين تصدرت عدد البحوث المنشورة حول الانهيارات الأرضية وتصميم الخرائط، تلتها إيطاليا ثم الولايات المتحدة، وصولاً إلى ليتوانيا في أدنى القائمة، بينما جاء العراق في المرتبة ٦٩ من أصل ١٠٠ دولة، مما يعكس التوزيع الجغرافي للإنتاج العلمي والفجوات بين الدول. أما من حيث لغة النشر، فقد يتبين من شكل (٩) ن اللغة الإنكليزية جاءت في الصدارة، تلتها الصينية ثم الروسية والإسبانية، بينما جاءت السويدية في أدنى القائمة، واحتلت العربية المرتبة ٢٤ من أصل ٣٤ لغة، مما يدل على محدودية الإسهام البحثي باللغة العربية مقارنة باللغات الأخرى.

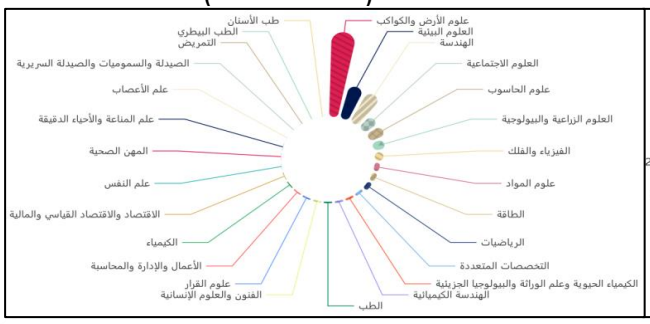
مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

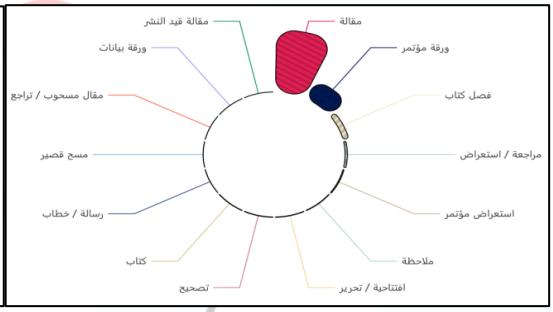
شكل (١) تطور عدد الدراسات العلمية للانهيارات الأرضية



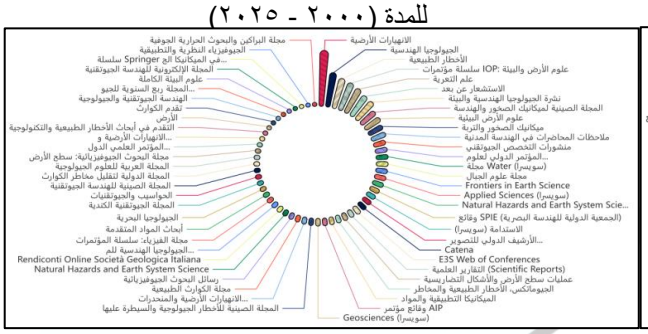
شكل (٢) المجلات الاكثر نشراً لموضوع البحث للمدة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٥)



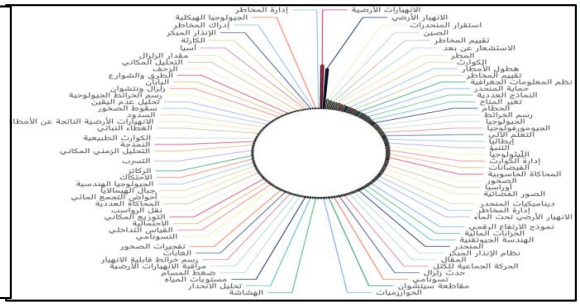
شكل (٣) تصنيف نوع النشر للبحوث للمدة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٥)



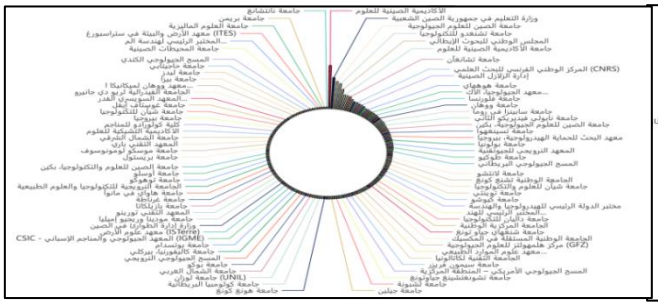
شكل (٤) تصنيف البحوث المنشورة حسب عنوان المصدر للمدة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٥)



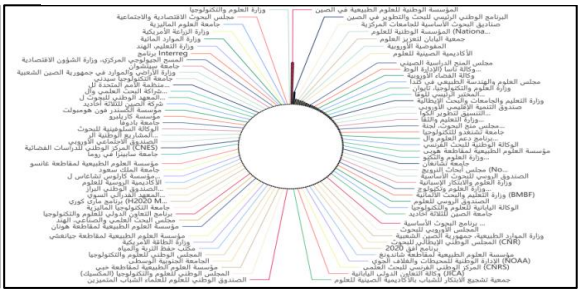
شكل (٥) تصنيف البحوث المنشورة حسب تكرار الكلمات المفتاحية للمدة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٥)



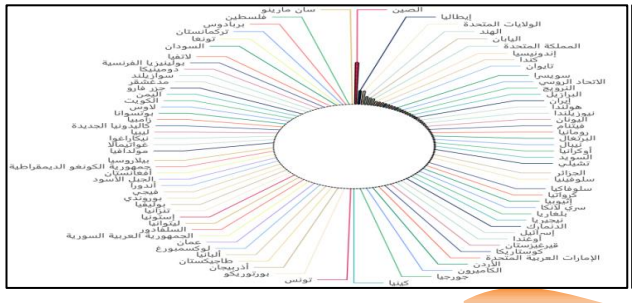
شكل (٦) تصنيف البحوث المنشورة حسب جهة الانتساب للمدة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٥)



شكل (٧) تصنيف البحوث المنشورة حسب جهة التمويل للمدة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٥)

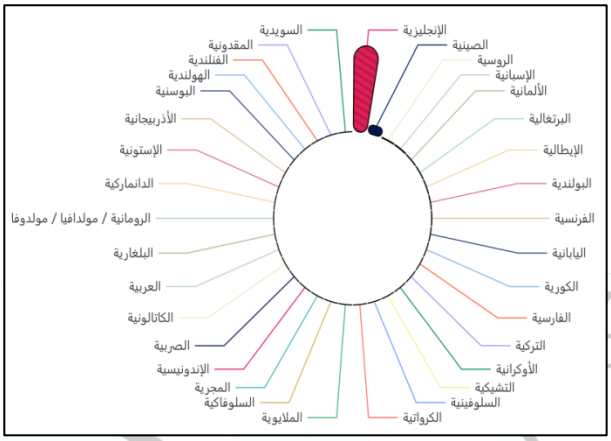


شكل (٨) تصنيف البحوث المنشورة حسب دولة النشر للمدة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٥)



JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

شكل (٩) تصنيف البحوث المنشورة حسب لغة
البحث للمدة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٥)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد قاعدة بيانات Scopus.

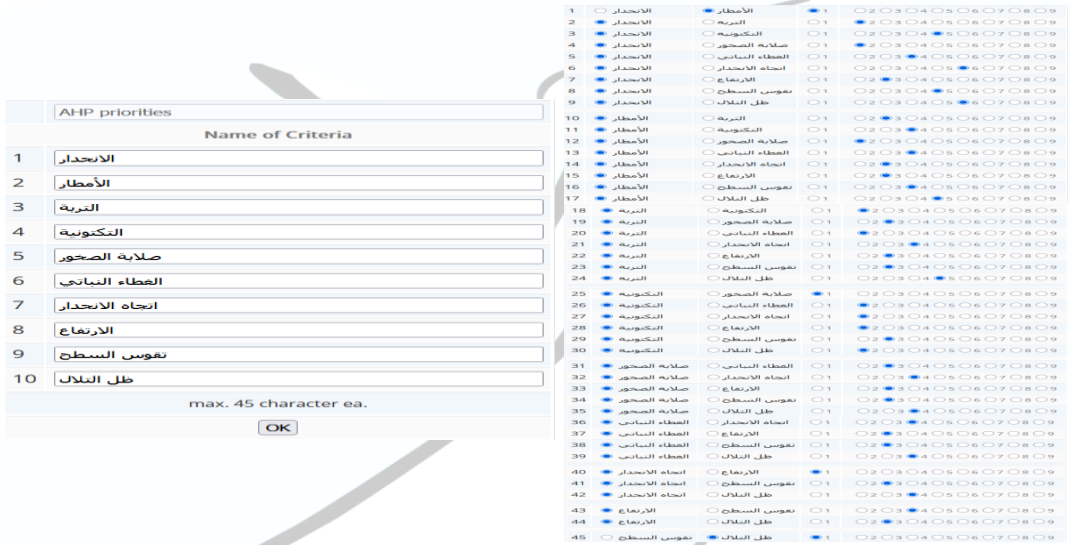
١- تصميم خرائط الانهيارات الأرضية في منطقة الدراسة:

تعتمد عملية تصميم خرائط الانهيارات الأرضية في قضاء عقرة على استخدام المعايير النسبية لتحديد مخاطر الانهيارات الأرضية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، حيث يتم في البداية جمع البيانات الطبوغرافية والجيولوجية والمناخية والهيدرولوجية اللازمة، بما في ذلك نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) الذي يستخدم لاستخراج معايير مثل درجة الانحدار (Slope) واتجاهها (Aspect)، بالإضافة إلى تحليل معدلات الهطول المطري وكثافته وتأثيرها المتزايد نتيجة التغيرات المناخية على استقرار التربة. بعد ذلك يتم تحديد وتصنيف العوامل المؤثرة وفقاً لدرجة تأثيرها، مثل نوع التربة، والخصائص الجيوتكنيكية، والتغطية النباتية، ومدى قرب المنطقة من الأودية والشبكات المائية، مع مراعاة التغيرات المناخية التي تؤثر على هذه العوامل (العتابي، ٢٠٢١، ٨٦٤). ثم تم تطبيق المعايير النسبية لهذه العوامل باستخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP) شكل (١٠)، أو النماذج الإحصائية الأخرى لتحديد الأوزان النسبية لكل عامل كما في الجدول (١) وشكل (١١) وبمجرد تحديد القيم المرجحة، يتم إدخال البيانات إلى نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإنشاء الطبقات المكانية المختلفة، حيث تستخدم أوامر مثل (Reclassify) لإعادة تصنيف القيم وفقاً لدرجة الخطورة، كما يتم استخدام (Weighted Overlay) لدمج الطبقات المختلفة بناءً على الأوزان

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

المحددة، شكل (١٢)، مما يؤدي إلى إنتاج خريطة نهائية تصنف المناطق وفقاً لمستويات الخطورة المختلفة من عالية إلى متوسطة ومنخفضة شكل (١٣). ويتم بعد ذلك تحسين إخراج الخريطة باستخدام أدوات مثل (Map Layout) لتنسيق وعرض البيانات بشكل مرئي و(Symbology) لتحسين التمثيل البصري للخريطة، مما يسهم في تقديم تصور واضح لمخاطر الانهيارات الأرضية، التي قد تتفاقم مع استمرار التغيرات المناخية، وتحديد المناطق التي تتطلب اتخاذ تدابير وقائية مناسبة للحد من تأثيرها، إضافةً إلى دعم القرارات التخطيطية المتعلقة باستخدام الأراضي والبنية التحتية في المنطقة.

شكل (١٠) مصفوفة المقارنة الزوجية لأوزان مؤشرات الانهيارات الأرضية في منطقة الدراسة



مجلة العلوم الاساسية
للعلوم الاساسية وطرائق التدريس

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على (AHP).

جدول (١) المعايير النسبية لتصميم خريطة مخاطر الانهيارات الارضية في قضاء عقرة

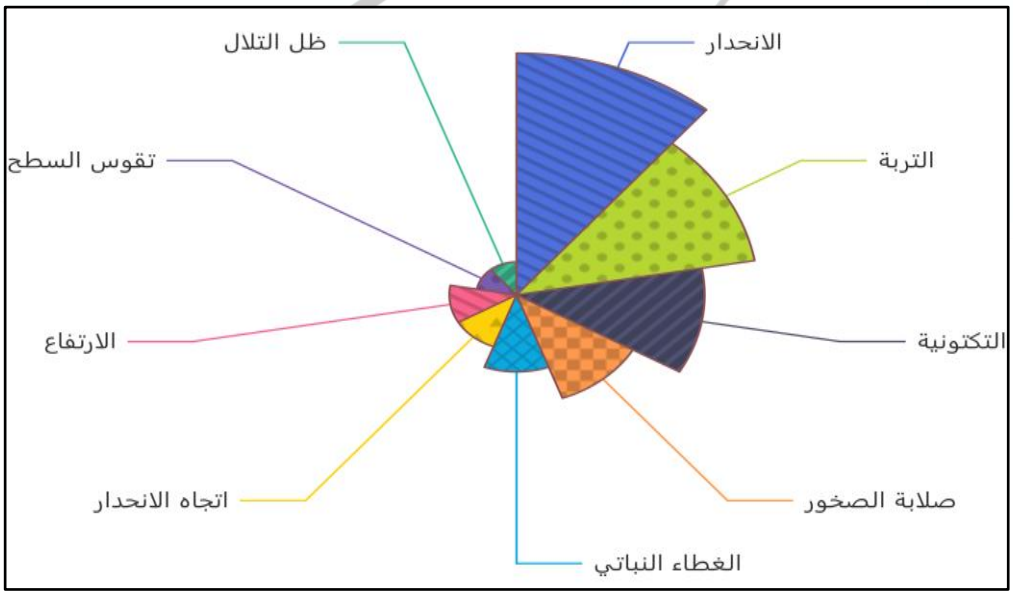
العامل	الوزن النسبي (%)	أثر العامل على الانهيارات الأرضية
الانحدار (Slope)	22	زيادة الانحدار تؤدي إلى تقليل الاستقرار وزيادة احتمالية الانهيارات.
الأمطار (Rainfall)	18	الأمطار الغزيرة تؤدي إلى تشبع التربة بالماء وتقليل تماسكها، مما يزيد من خطر الانهيارات.
التربة (Soil)	18	نوع التربة يؤثر على نفاذية المياه واستقرار المنحدرات، مما يؤثر على احتمالية الانهيارات.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

التكتونية (Tectonics)	14	النشاط التكتوني يسبب تصدعات وانزلاقات أرضية.
صلابة الصخور Rock Strength	10	الصخور الضعيفة أو المتشققة تزيد من قابلية الانحدارات للانهيار.
الغطاء النباتي (Vegetation Cover)	7	الغطاء النباتي يحد من تآكل التربة ويعزز تماسكها، مما يقلل من الانهيارات.
اتجاه الانحدار (Slope Aspect)	5	يؤثر على توازن الرطوبة ودرجات الحرارة في التربة، وبالتالي على استقرار المنحدرات.
الارتفاع (Elevation)	5	يؤثر على توزيع المياه والتجوية والغطاء النباتي، ما قد يؤدي إلى زعزعة استقرار المنحدرات.
تقوس السطح الأرضي (Curvature of Surface)	3	يحدد مناطق تجمع المياه أو تصريفها، ما قد يؤدي إلى تشبع التربة في مناطق محددة.
ظل التلال (Hillshade)	3	يؤثر على التوازن الحراري والرطوبي للسطح، ما قد يؤثر على استقرار بعض المنحدرات بمرور الزمن.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على التحليل الهرمي (AHP).

شكل (١١) الوزن النسبي لمؤشرات الانهيارات الارضية



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (١).

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

جدول (٢) مصفوفة المقارنة الزوجية المستخدمة لتحديد أوزان مؤشرات الانهيارات الأرضية

الطبقات	الانحدار	الأمطار	التربة	التكتونية	صلابة الصخور	الغطاء النباتي	اتجاه الانحدار	الارتفاع	تقوس السطح	ظل التلال
الانحدار	1	1.22	1.22	1.57	2.2	3.14	4.4	4.4	7.33	7.33
الأمطار	0.82	1	1	1.29	1.8	2.57	3.6	3.6	6	6
التربة	0.82	1	1	1.29	1.8	2.57	3.6	3.6	6	6
التكتونية	0.64	0.78	0.78	1	1.4	2	2.8	2.8	4.67	4.67
صلابة الصخور	0.45	0.56	0.56	0.71	1	1.43	2	2	3.33	3.33
الغطاء النباتي	0.32	0.39	0.39	0.5	0.7	1	1.4	1.4	2.33	2.33
اتجاه الانحدار	0.23	0.28	0.28	0.36	0.5	0.71	1	1	1.67	1.67
الارتفاع	0.23	0.28	0.28	0.36	0.5	0.71	1	1	1.67	1.67
تقوس السطح	0.14	0.17	0.17	0.21	0.3	0.43	0.6	0.6	1	1
ظل التلال	0.14	0.17	0.17	0.21	0.3	0.43	0.6	0.6	1	1

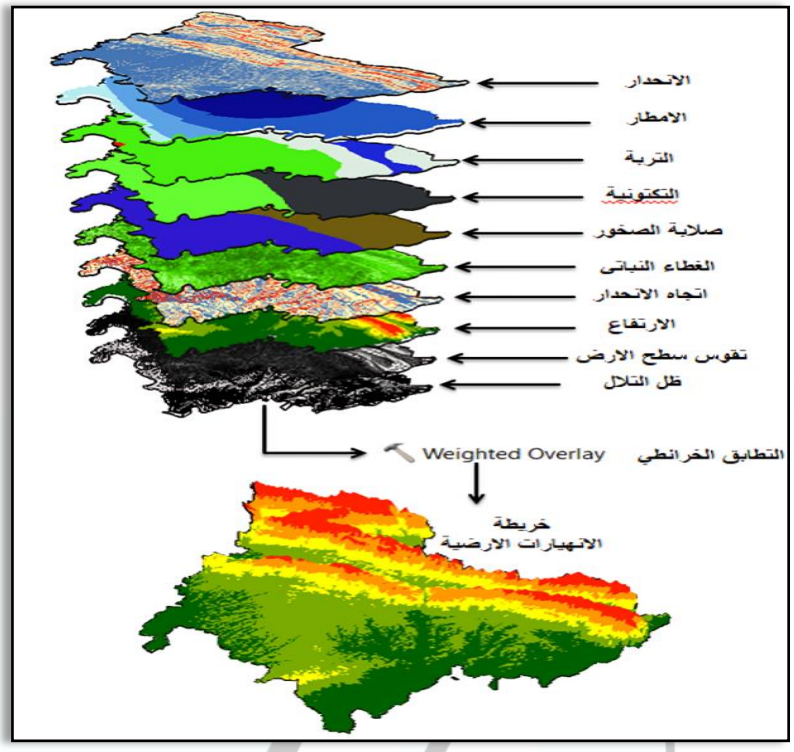
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على (AHP).

شكل (١٢) تطابق الخرائطي Weighted Overlay لتصميم خريطة

خريطة الانهيارات الارضية في منطقة الدراسة

مجلة العلوم الأساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

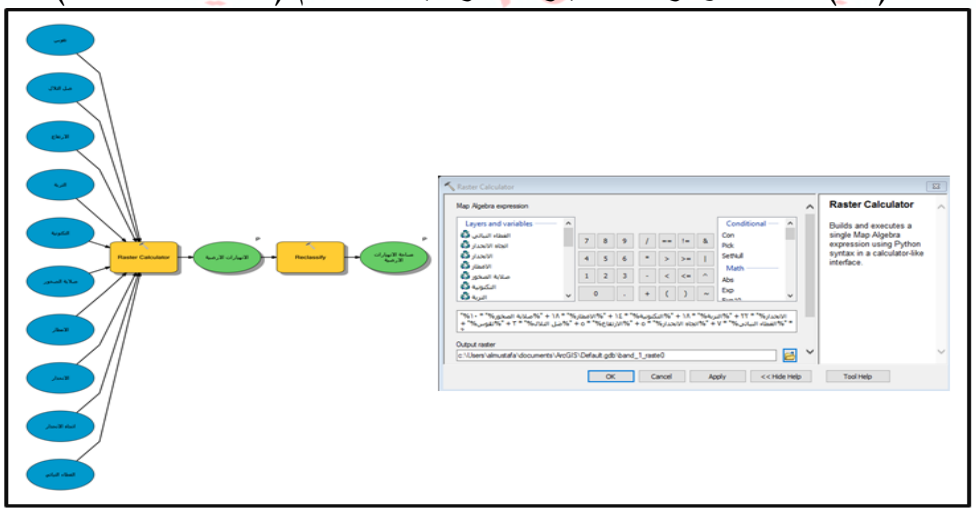
JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على Arc Scene.

تم تصميم خريطة الانهيارات الأرضية في قضاء قرة باستخدام Model Builder في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال نمذجة البيانات أو المؤشرات التي تؤثر على حدوث الانهيارات الأرضية، كما في الشكل (١٣).

شكل (١٣) نمذجة مؤشرات الانهيارات الارضية باستخدام (Model Builder)



JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على ArcGIS.

يتضح من خلال الجدول (٣) والشكل (١٤) أن منطقة الدراسة قد تم تصنيفها إلى خمس فئات من حيث درجة الخطورة في حدوث الانهيارات الارضية، إذ احتلت فئة ذات خطورة المنخفضة (Low) المساحة الاكبر في منطقة الدراسة والتي بلغت (٥٩١,٠٨) كم²، ما يعادل (٣٤%) من إجمالي مساحة المنطقة. وتشمل هذه الفئة الأراضي ذات الانحدارات الطفيفة والتربة المستقرة التي لا تتأثر بشكل كبير بالعوامل المناخية أو الجيولوجية. هذه المناطق غالباً ما تكون مسطحة أو ذات انحدار بسيط، مما يقلل من احتمالية حدوث الانهيارات الأرضية. علاوة على ذلك، قد تكون هذه المناطق محمية بنظام بيئي طبيعي مثل الغطاء النباتي الذي يساعد في تثبيت التربة. تلي هذه الفئة في المرتبة الثانية الصنف منخفض جداً (Very Low) ، الذي بلغت مساحته (٤٤٧,٣٠٥٣) كم²، بنسبة (٢٦%). تشمل هذه الفئة المناطق الأكثر استقراراً من الناحية الجيولوجية والطوبوغرافية، التي عادة ما تكون مسطحة أو تحتوي على انحدارات طفيفة للغاية. تتمتع هذه المناطق بتربة متماسكة غير قابلة للتعرية، ويعزز وجود الغطاء النباتي الكثيف والممارسات الزراعية الجيدة من استقرار التربة، مما يقلل بشكل كبير من احتمالية حدوث الانهيارات الأرضية. أما الفئة الثالثة فهي الصنف المتوسطة (Moderate)، التي تبلغ مساحتها (٢٩٨,٦٠٣٩) كم²، أي (١٧%) من إجمالي المساحة. خريطة (٢) تحتوي هذه الفئة على مناطق ذات انحدارات أقل حدة وتربة أكثر استقراراً، لكن هذه المناطق قد تتعرض لظروف محلية مثل التغيرات المناخية أو الأنشطة البشرية التي قد تؤدي إلى تدهور التربة. على الرغم من ذلك، تظل هذه المناطق أقل عرضة للخطر مقارنة بالفئات الأعلى. في المرتبة الرابعة يأتي الصنف عالي الخطورة (High) ، الذي بلغت مساحته (٢٥٥,٣٣٥٦) كم²، ما يعادل (١٥%). تتميز هذه المناطق بانحدارات شديدة إلى متوسطة وتربة ضعيفة أو صخور قابلة للتعرية. بالإضافة إلى ذلك، قد تكون هذه المناطق أكثر عرضة للفيضانات الموسمية أو هطول الأمطار الغزيرة، مما يزيد من درجة الخطورة. وتعود خطورة هذه المناطق إلى عدم استقرار العوامل الجيولوجية والطوبوغرافية فيها مقارنة بالفئات الأكثر استقراراً. وأخيراً احتل الصنف عالي جداً (Very High) المرتبة الخامسة والاخيرة من حيث المساحة والبالغة (١٤٨,٧٩٥٥) كم²، وبنسبة (٩%). تعد هذه الفئة الأكثر خطورة في المنطقة، حيث تتميز بمناطق ذات انحدارات حادة جداً، مع خصائص جيولوجية ضعيفة مثل التربة الهشة أو الصخرية غير

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

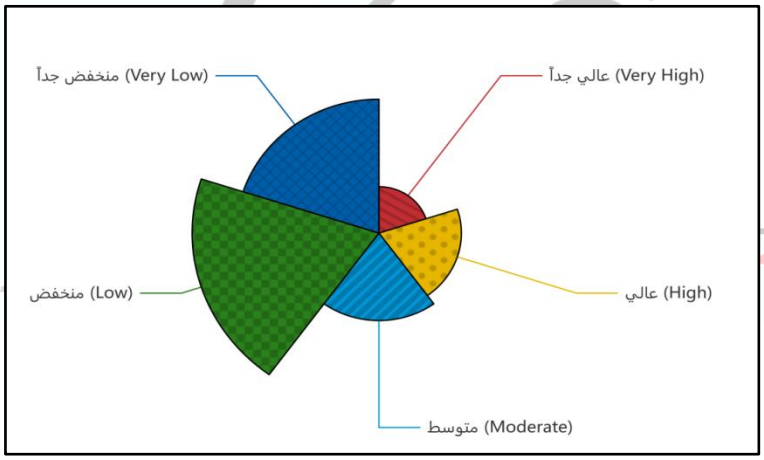
المتماسكة. علاوة على ذلك، قد تتعرض هذه المناطق لأمطار غزيرة أو تدفق مائي، مما يزيد من احتمالية حدوث الانزلاقات الأرضية، ويجعل هذه المناطق الأكثر عرضة للمخاطر.

جدول (٣) أصناف خريطة مخاطر الانهيارات الارضية في قضاء عقرة

الصنف	اللون الخرائطي	المساحة كم٢	%
عالي جداً (Very High)	Red	148.7955	9
عالي (High)	Walnut	255.3356	15
متوسط (Moderate)	Yellow	298.6039	17
منخفض (Low)	Light Green	591.08	34
منخفض جداً (Very Low)	Dark Green	447.3053	26
المجموع		**1741.12**	**100**

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (٢) ومخرجات برنامج ArcGis.

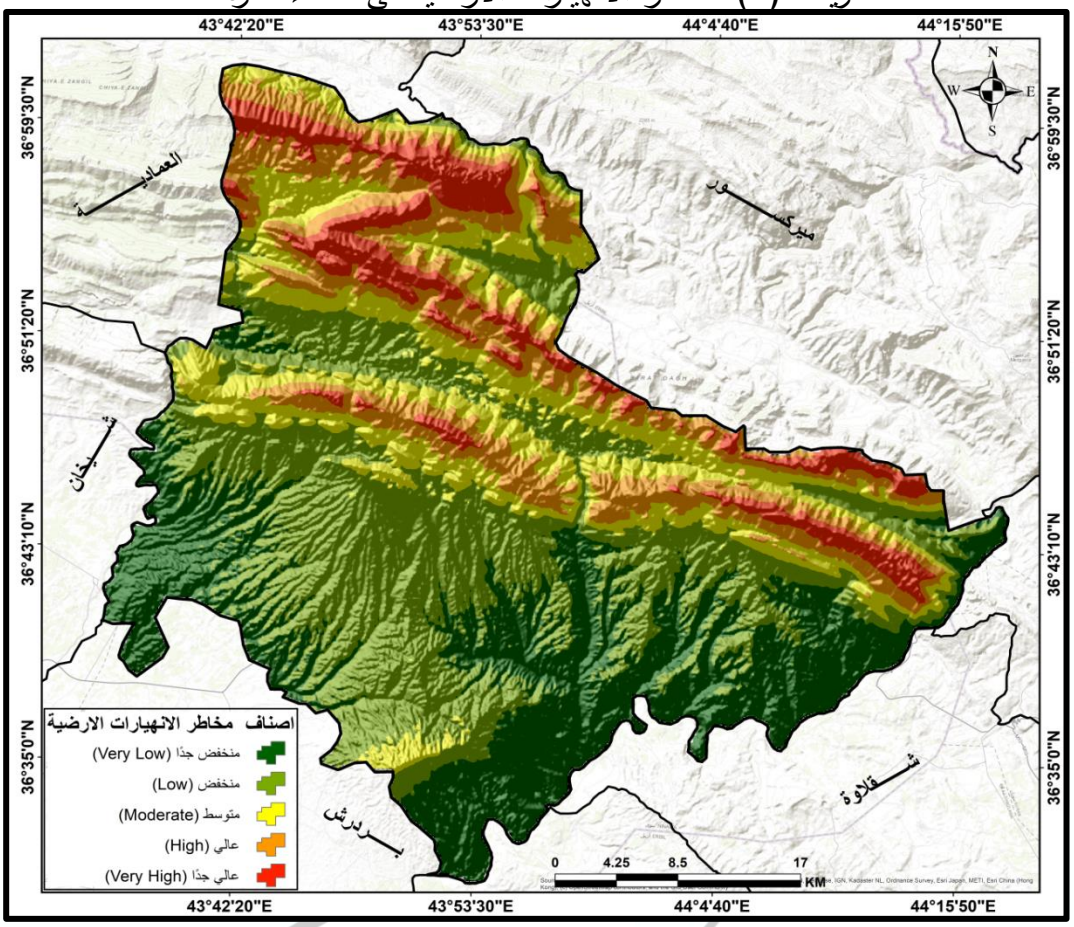
شكل (١٤) النسبة المئوية لمخاطر الانهيارات الارضية في قضاء عقرة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (٢).

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

خريطة (٢) مخاطر الانهيارات الارضية في قضاء عقرة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (١) وأداة (Weighted Overlay) ومخرجات برنامج ArcGis.

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

٢- تطوير خرائط الانهيارات الارضية في منطقة الدراسة

لتطوير خرائط الانهيارات الأرضية في منطقة الدراسة يتطلب استخدام عدة طرائق وتقنيات جغرافية لزيادة سرعة ودقة الإدراك الخرائطي لهذه الظاهرة. الهدف الأساسي من هذا التطوير هو تحسين تمثيل الظاهرة البيئية والتأكد من أنها تعرض بأكبر قدر من الوضوح والدقة. يمكن تحقيق ذلك من خلال استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والتحليل المكاني، حيث توفر هذه الأدوات القدرة على دمج بيانات متعددة، مثل التضاريس، التربة، والمناخ، لتحديد المناطق الأكثر عرضة للانهيارات الأرضية.

JOBS مجلة العلوم الأساسية Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

من الطرائق المستخدمة لزيادة سرعة الإدراك الخرائطي هي خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) وخرائط البزل (Puzzle MAP) (Lego Maps) والخرائط السداسية (Hexagonal Maps) التي تعد من الأساليب الفعالة التي تساهم في زيادة سرعة إدراك الخرائط وفهم البيانات الجغرافية، وخاصة عندما يتعلق الأمر بتحليل الانهيارات الأرضية. خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) تستخدم بشكل مبتكر، حيث تتيح عرض المعلومات الجغرافية بشكل مكعبات يمكن تحريكها أو تجميعها، مما يسهل فهم التوزيع المكاني والمكونات المختلفة للمنطقة بشكل أكثر تفاعلية. أما خرائط البزل فهي تمثل قطعاً متفرقة من المعلومات الجغرافية التي يمكن تجميعها بطريقة منظمة، مما يساعد على فهم الروابط بين العناصر المكانية ويعزز من سرعة معالجة المعلومات. من جانب آخر، توفر الخرائط السداسية تنسيقاً يسمح بتمثيل البيانات الجغرافية بطريقة تسهل فهم التوزيعات المعقدة مثل النهيارات الأرضية، حيث تتميز الخلايا السداسية بقدرتها على تجميع البيانات بشكل أكثر دقة من الأنماط الأخرى.

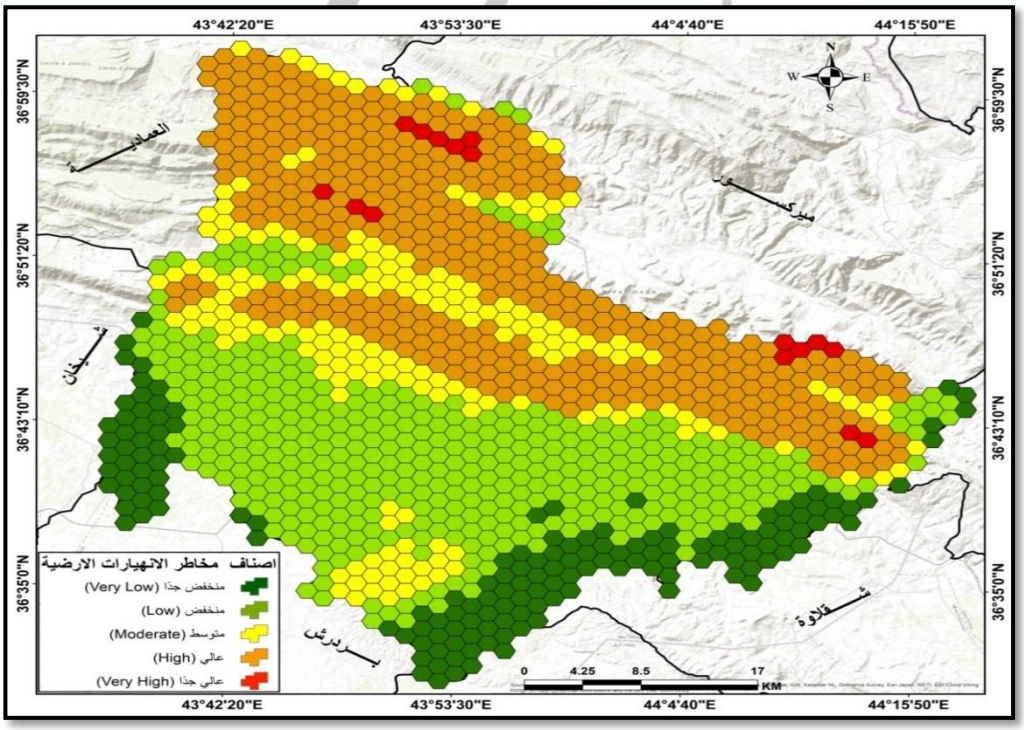
٣-١ انشاء خريطة جيومكانية متقدمة باستخدام الاشكال السداسية(Hexagonal Maps):

تمثل الانهيارات الأرضية ظاهرة طبيعية معقدة تتطلب تحليلاً دقيقاً لفهم آلياتها والتنبؤ بمواقع حدوثها(Birch, 2007 , 348). ويعتمد التحليل الجيومكاني لهذه الظاهرة على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونماذج التحليل المكاني. وتعد الأشكال السداسية Hexagonal) (Gridsمن الأدوات الفعالة في تحليل البيانات المكانية وتصورها بدقة تفوق الشبكات المربعة التقليدية، حيث توفر توزيعاً متجانساً للنقاط داخل الخريطة، مما يقلل من تشوهات التغطية التي قد تنشأ في الشبكات المربعة. كما تسهم هذه الأشكال في تقليل التباينات الحادة وتعزز سلاسة التفسير المكاني، بفضل امتلاك كل خلية سداسية عدداً متساوياً من الخلايا المجاورة، مما يرفع من دقة النمذجة (يحيى، ٢٠٢٣، ٢٤٤)، إضافةً إلى ذلك، تساهم هذه التقنية في زيادة كفاءة المعالجة الحاسوبية وتحسين سرعة تحليل البيانات الضخمة، لا سيما عند استخدام تقنيات التعلم الآلي. وتعتمد منهجية إنشاء الخرائط الجيومكانية باستخدام الأشكال السداسية على جمع البيانات المكانية، مثل صور الأقمار الصناعية عالية الدقة وبيانات نموذج الارتفاع الرقمي (Douass, 2020,10082) (DEM) ، يلي ذلك إعداد وتحليل البيانات عبر تحويلها إلى شبكة سداسية متجانسة باستخدام أدوات (GIS)، بعد هذه المرحلة، يتم تصنيف الخلايا السداسية بناءً على مستوى الخطر، مما يساعد في تقديم تقييم دقيق للمناطق المعرضة للانهيارات الأرضية(Polisciuc, 2016,2).

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

أظهرت خريطة (٣) الجيومكانية المعتمدة على الأشكال السداسية دقة أعلى في التمثيل المكاني المتجانس مقارنة بالشبكات المربعة التقليدية. وتتميز هذه الخرائط بقدرتها الفائقة على تحسين دقة تحديد المواقع المعرضة للخطر من خلال الحد من تأثير التداخل بين الوحدات المكانية، مما يتيح رؤية أوضح واستنتاجات أكثر دقة، إذ يسهم الشكل السداسي أيضاً في تبسيط المعالجة الحسابية وتحليل البيانات الجغرافية، إذ يتيح تدفقاً سلساً للمعلومات ويقلل من الأخطاء في النمذجة المكانية. بالإضافة إلى ذلك، تعزز الخرائط السداسية سرعة إيصال المعلومات إلى المستخدمين بفضل تمثيلها البصري الفعال، مما يمكن القراء من التعرف بسهولة وسرعة على مناطق الخطورة دون الحاجة إلى تحليلات معقدة. وبفضل هذه المزايا، تعد الخرائط السداسية أداة قوية لتحليل المخاطر الطبيعية، حيث تجمع بين الدقة في التحديد، وسهولة الإدراك البصري، والقدرة على إيصال المعلومات بوضوح، مما يجعلها الخيار الأمثل لتقييم ورصد المناطق المعرضة للانهيارات الأرضية بكفاءة عالية.

خريطة (٣) تقييم مخاطر الانهيارات باستخدام الاشكال السداسية

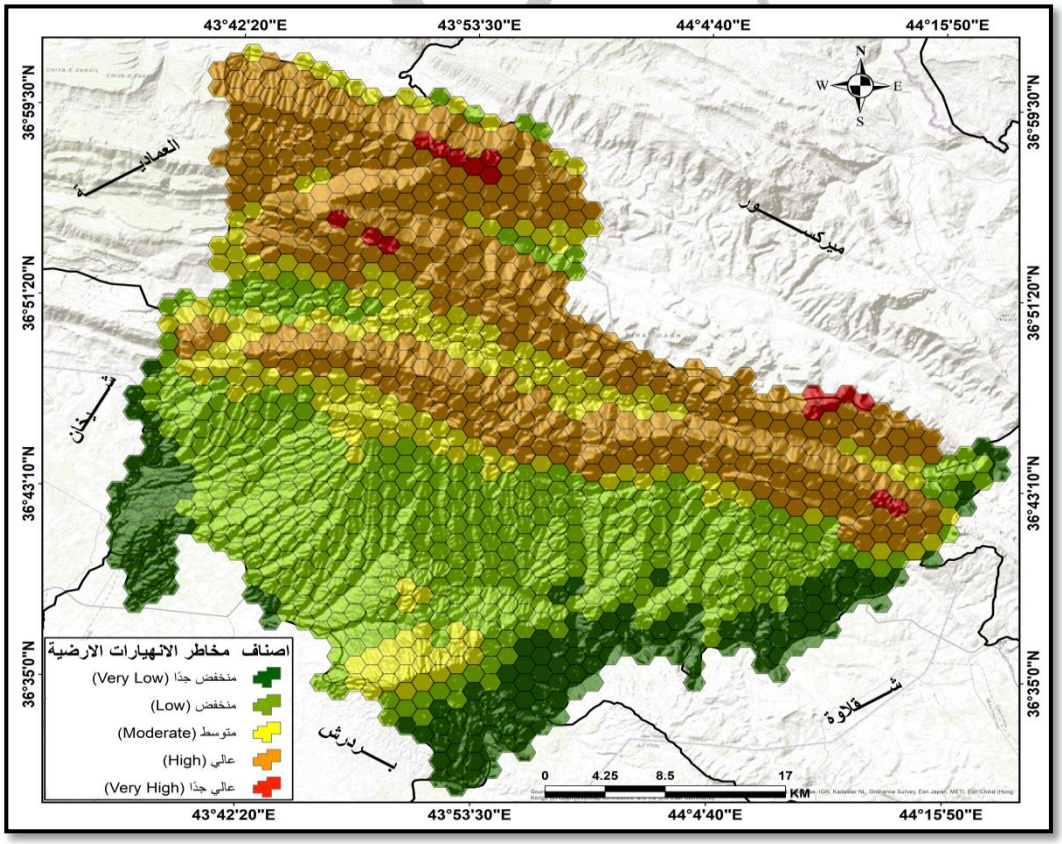


JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على (Generate Tessellation) وطريقة (Hexagon Tessellation) ومخرجات برنامج (ArcGIS).

عند دمج الأشكال السداسية للانهيارات الأرضية مع التجسيم الخرائطي للمنطقة، تتحسن كفاءة التحليل الجغرافي، حيث يتم تمثيل التضاريس والانهيارات الأرضية بطريقة أكثر تفصيلاً ودقة، مما يوفر رؤية ثلاثية الأبعاد واضحة للمناطق المعرضة للخطر. يتيح هذا التمثيل التجسيمي للمستخدمين فهم العلاقة بين العوامل المؤثرة في الانهيارات الأرضية، مثل انحدار التضاريس، نوعية التربة، العوامل الهيدرولوجية، والتشققات الجيولوجية، مما يسهم في تسهيل عملية اتخاذ القرارات المناسبة للحد من المخاطر، كما هو موضح في خريطة (٤).

خريطة (٤) تقييم مخاطر الانهيارات باستخدام الاشكال السداسية والتجسيم الخرائطي



JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على (Generate Tessellation) وطريقة (Hexagon Tessellation) ومخرجات برنامج (ArcGIS).

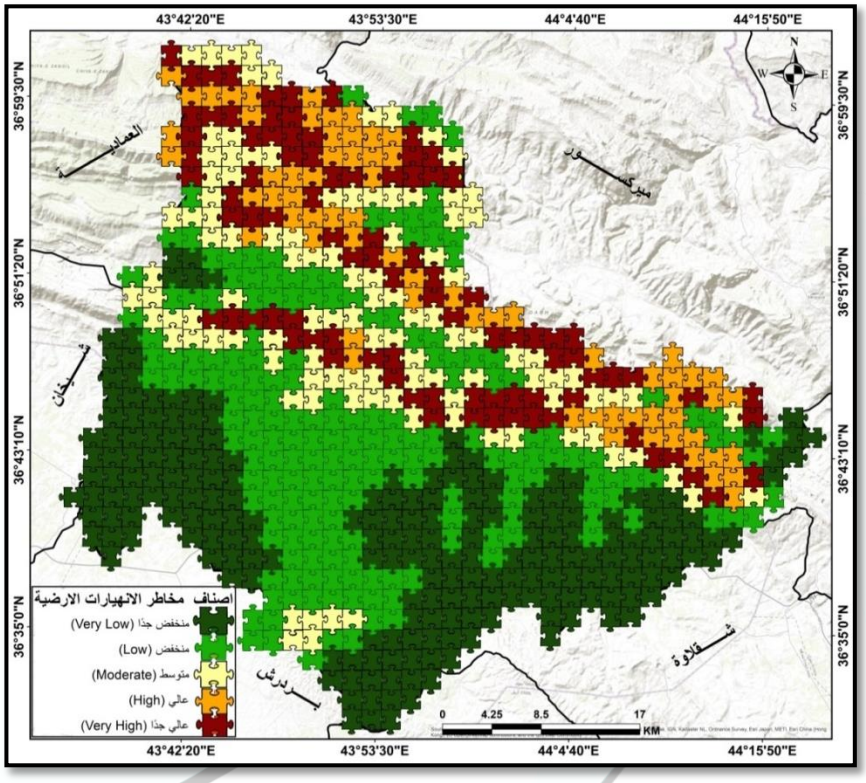
٣-٢ انشاء خريطة جيومكانية متقدمة باستخدام طريقة (Puzzle MAP):

تعد طريقة Puzzle MAP من الأساليب الحديثة في عرض الظواهر المكانية بطريقة بصرية تفاعلية تساعد في تسهيل إدراك المعلومات الجغرافية المعقدة، إذ تعتمد هذه الطريقة على تقسيم الظاهرة إلى وحدات أو أجزاء تشبه قطع الأحجية (Puzzle)، بحيث يتكامل كل جزء مع الآخر ليشكل في النهاية الصورة الكاملة للظاهرة الممثلة على الخريطة(ابراهيم، ٢٠٢٥، ٢٠٢). ومن خلال هذه التقنية، يتم تقديم المعلومات الجغرافية بطريقة تدريجية ومنظمة بصرياً، ما يساهم في تعزيز الفهم المكاني وزيادة سرعة الإدراك لدى القارئ، خاصة في الحالات التي تكون فيها البيانات متداخلة أو ذات طبيعة تحليلية مركبة(Slocum, 2008, 90).

يتضح من خلال الخريطة (٥) التي تعتمد على طريقة Puzzle MAP في تمثيل الانهيارات الأرضية في منطقة الدراسة، أن هذه التقنية تعد وسيلة فعالة في تعزيز الإدراك البصري للظواهر الجيومكانية. إذ تظهر الدراسات أن أسلوب Puzzle يحسن من إيصال المعلومة للقارئ نظراً لاعتماده على التفاعل العقلي والبصري في آنٍ واحد، مما يجعل البيانات الجغرافية أكثر جذباً وسهولة في الفهم مقارنةً بالخرائط التقليدية التي قد تعرض بشكلٍ جامد وغير تفاعلي. ويكمن جوهر هذه الطريقة في تقسيم الظاهرة الجغرافية إلى أجزاء متكاملة تشبه قطع الأحجية، حيث يمكن التركيز على كل جزءٍ من الظاهرة بشكل مستقل ثم دمجه ضمن السياق الكامل، مما يساهم في رفع دقة التمثيل المكاني، وتحليل التفاصيل الدقيقة للانهيارات الأرضية من حيث التوزيع، الكثافة، وشدة التأثير في أجزاء مختلفة من المنطقة المدروسة، فضلاً عن ذلك فإن خريطة Puzzle تحفز الدماغ البشري على عمليات التحليل والتجميع البصري، وهو ما ينعكس إيجاباً على سرعة الإدراك وتحليل الظواهر المعروضة، ويزيد من كفاءة الفهم الجغرافي لدى المستخدم (MacEachren, 2004, 218).

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

خريطة (٥) تقييم مخاطر الانهيارات باستخدام طريقة Puzzle



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على طريقة (Puzzle MAP) ومخرجات برنامج (ArcGIS).

٣-٣ انشاء خريطة جيومكانية متقدمة باستخدام طريقة تصنيفية شبكية (Raster Classified Map):

تعد طريقة (Raster Classified Maps) من أكثر الأدوات فاعلية في تمثيل الظواهر الجيومكانية المعقدة، مثل الانهيارات الأرضية، خصوصاً عند توفر بيانات مكانية كمية دقيقة (Chang, 2016, 357). تقوم هذه الطريقة على تقسيم سطح الأرض إلى خلايا شبكية (Pixels) تعطى كل خلية منها قيمة تصنيفية محددة بناءً على شدة أو نوع الظاهرة، مما يجعل التمثيل المكاني للانهيارات أكثر دقة ووضوحاً(van Westen, 2008, 114). في حالة الانهيارات الأرضية، يتم استخدام بيانات متعددة (Multivariate Data) مثل الطبوغرافيا، الميل، التعرية، والغطاء النباتي لتصنيف المنطقة إلى مناطق عالية، متوسطة، ومنخفضة الخطورة. هذه التصنيفات تمكن المستخدم

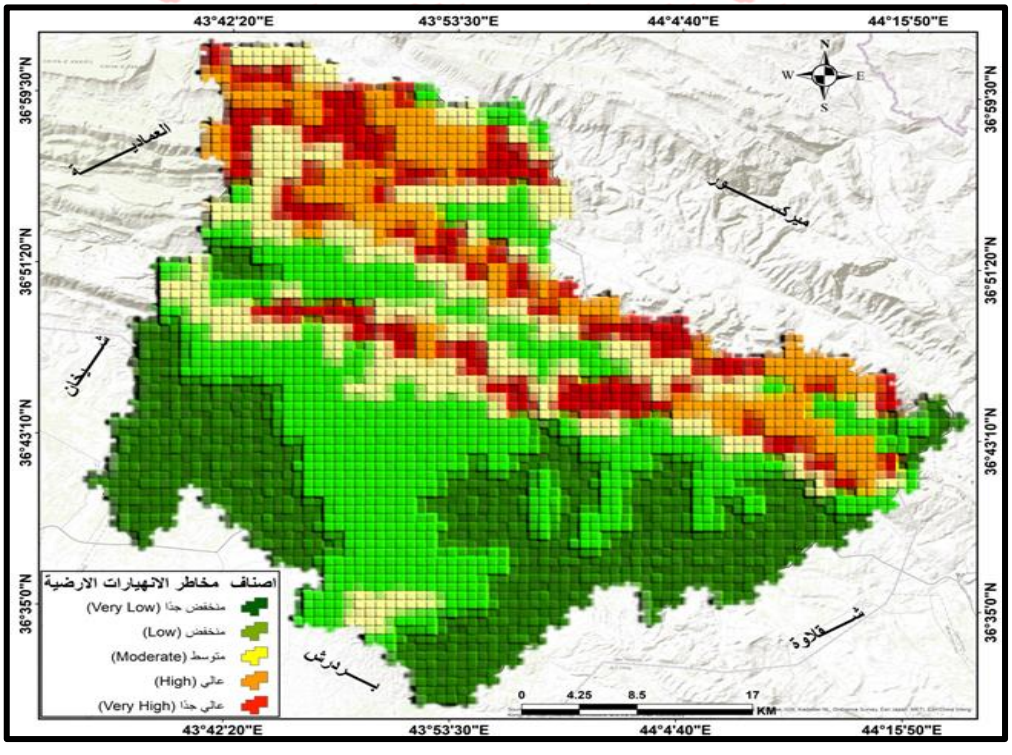
JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

من إدراك التوزيع المكاني للخطر بسهولة وبسرعة، وتساعد على اتخاذ قرارات أكثر فاعلية في إدارة المناطق المعرضة للانهيارات(Ayalew, 2005, 17).

يتضح من خلال الخريطة (٦) التي تعتمد على طريقة التصنيف الشبكي (Raster Classified Maps) في تمثيل فئات الانهيارات الأرضية في منطقة الدراسة، أن هذه الطريقة تعد وسيلة فعالة في تحليل وتفسير الظواهر الجيومكانية. حيث تظهر الدراسات أن التصنيف الشبكي يسهم في تعزيز سرعة الإدراك البصري لدى القارئ، نظراً لاعتماده على التدرج اللوني الدقيق، ما يسمح بتوصيل المعلومات بشكل بصري مباشر يسهل فهمه حتى من قبل غير المتخصصين، فضلاً عن ذلك تمكن هذه الطريقة من تحليل العلاقات المكانية بين العوامل المسببة للانهيارات، مثل الانحدار، نوع التربة، الغطاء النباتي، والمسافة من الطرق والمجاري المائية، مما يجعلها أداة فعالة في نمذجة قابلية الانهيارات الأرضية (Landslide Susceptibility Modeling) باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والتحليل المكاني (Spatial Analysis).

إن استخدام طريقة التصنيف الشبكي لا يعزز فقط الدقة المكانية، بل يتيح أيضاً فهماً تدريجياً وشاملاً لخطورة الانهيارات الأرضية عبر المنطقة المدروسة، من خلال توزيعها إلى فئات واضحة (مثل: منخفضة، متوسطة، عالية الخطورة)، مما يساهم بشكل كبير في دعم القرارات التخطيطية والإدارية المتعلقة بالمخاطر الطبيعية.

خريطة (٦) تقييم مخاطر الانهيارات باستخدام الطريقة التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map)



JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على طريقة (Puzzle MAP) ومخرجات برنامج (ArcGIS).

١- الاختبار الادراكي لتحديد النموذج الأكثر كفاءة في تمثيل الانهيارات الأرضية:

يعد الاختبار الإدراكي أمراً بالغ الأهمية في تفسير واختيار النموذج الأمثل لتمثيل الظواهر الجغرافية، حيث يسهم في تحديد كفاءة النماذج بناءً على معايير الإدراك البصري وسرعة الفهم لدى القارئ. يعتمد هذا الاختبار بشكل أساسي على تطبيق معايير التبصير الخرائطي، وهي عملية ترتكز على مقياس جاك بريتين (Jacques Bretin) لاختبار الخرائط الموضوعية. من خلال هذا المقياس، يتم قياس سرعة إدراك القارئ للخريطة، إذ تعتبر الخريطة المدركة هي تلك التي تحقق سرعة إدراك في غضون ٢٠ ثانية أو أقل.

تظهر الأبحاث أن التأخير في إدراك الخريطة يؤدي إلى عزوف القارئ عن محاولة فهم محتوياتها، مما يجعلها غير فعالة في نقل المعلومات بشكل سريع وواضح. بناءً على هذا المقياس، يمكن تصنيف الخرائط إلى خرائط مدركة وخرائط غير مدركة؛ فإذا تجاوزت مدة الإدراك ٢٠ ثوانٍ، تعتبر الخريطة ضعيفة أو غير قادرة على إيصال الرسالة المطلوبة، لذلك، يصبح من الضروري للمصمم أن يولي اهتماماً خاصاً في تصميم الخرائط لضمان تحقيق سرعة إدراك عالية، مما يعزز من فعالية الخريطة في تحقيق الهدف المرجو منها.

يتضح من خلال الجدول (٤) و (٥) وشكل (١٥) أن الخرائط السداسية هي الأفضل في معايير الادراك البصري على سبيل المثال، في التحليل المكاني، حصلت الخرائط السداسية على أعلى درجة (٩)، بينما كانت خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) أقل تقييماً (٧). كذلك، في دقة التمثيل الجغرافي، تفوقت الخرائط السداسية بشكل ملحوظ وحصلت على درجة ٩، في حين كانت خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) أقل دقة (٤).

أما في سرعة الاتصال بين المنشئ والقارئ، فقد تساوت الخرائط السداسية والبزل في تقييمها (٩)، مما يدل على أن كلا النوعين يسهلان التواصل بين المنشئ والمستخدم بشكل جيد، بينما حصلت خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) على درجة ٧. فيما يتعلق بـ مطابقة اللون للظاهرة، كانت الخرائط السداسية أيضاً الأفضل بتقييم ٩، تليها الخرائط الأخرى التي حصلت على ٧.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

عند النظر في استيفاء عناصر الخريطة، حصلت الخرائط السداسية والبزل على أعلى تقييم (٩)، مما يشير إلى أن هذين النوعين يحتويان على معظم العناصر الأساسية، بينما كانت خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) أقل اكتمالاً. بالنسبة لـ القبول النفسي والوضوح، حصلت الخرائط السداسية والبزل على تقييمات مرتفعة (٩)، مما يعني أنها أكثر وضوحاً وأكثر قبولاً نفسياً مقارنة بالخرائط الأخرى.

فيما يتعلق بـ محتوى الخريطة، تم تقييم الخرائط السداسية والبزل بأعلى درجة (٩)، مما يشير إلى أن هذه الخرائط تحتوي على محتوى أكثر تنوعاً وثراءً مقارنة بخرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map). كما أن جمالية وجاذبية الخريطة كانت في صالح الخرائط السداسية التي حصلت على تقييم ٩، بينما كانت الخرائط الأخرى أقل جاذبية (٦).

أما بالنسبة لـ المتغيرات البصرية، فقد حصلت الخرائط السداسية على أعلى درجة (٩) أيضاً، ما يعكس تنوعاً أكبر في العناصر البصرية، بينما كانت خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) والبزل أقل تنوعاً في هذا الجانب. أخيراً، في سرعة الإدراك، تفوقت الخرائط السداسية والبزل بحصولهما على تقييم ٩، مما يشير إلى أن الإدراك البصري في هذه الخرائط أسرع مقارنة بخرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) التي حصلت على ٦.

جدول (٤) مصفوفة رقمية لمعايير الاختبار الادراكي لخرائط الدراسة

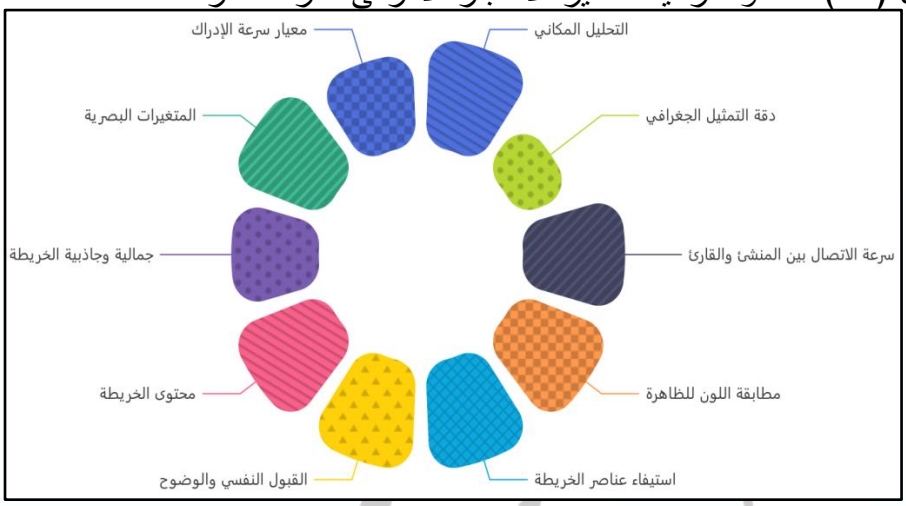
المعيار	التصنيفية الشبكية Raster) (Classified Map	خرائط البزل (Puzzle Maps)	الخرائط السداسية (Hexagonal Maps)
التحليل المكاني	7	8	9
دقة التمثيل الجغرافي	4	6	9
سرعة الاتصال بين المنشئ والقارئ	7	9	9
مطابقة اللون للظاهرة	7	7	9
استيفاء عناصر الخريطة	7	9	9
القبول النفسي والوضوح	7	9	9
محتوى الخريطة	7	9	9

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

جمالية وجاذبية الخريطة	6	6	9
المتغيرات البصرية	7	7	9
معيار سرعة الإدراك	6	9	9

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج اختبار معايير التبصير الخرائطي.

شكل (١٥) مصفوفة رقمية لمعايير الاختبار الادراكى لخرائط الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (٤).

جدول (٥) مصفوفة وصفية لمعايير الاختبار الادراكي لخرائط الدراسة

المعيار	التصنيفية الشبكية Raster) (Classified Map	خرائط البزل Puzzle) (Maps	الخرائط السداسية Hexagonal) (Maps
التحليل المكاني	جيد	جيد	ممتاز
دقة التمثيل الجغرافي	غير جيد	جيد	ممتاز
سرعة الاتصال بين المنشئ والقارئ	جيد	ممتاز	ممتاز
مطابقة اللون للظاهرة	جيد	جيد	ممتاز
استيفاء عناصر الخريطة	جيد	ممتاز	ممتاز
القبول النفسي والوضوح	جيد	ممتاز	ممتاز
محتوى الخريطة	جيد	ممتاز	ممتاز
جمالية وجاذبية الخريطة	جيد	جيد	ممتاز

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

المتغيرات البصرية	جيد	جيد	ممتاز
معيار سرعة الإدراك	جيد	ممتاز	ممتاز

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج اختبار معايير التبصير الخرائطي.

٥-الاختبار الإحصائي لتحديد النموذج الأكثر كفاءة في تمثيل الانهيارات الأرضية:

عند إجراء تحليل شامل للبيانات باستخدام مجموعة من الاختبارات الإحصائية البسيطة والمعقدة، تم التوصل إلى مجموعة من النتائج الهامة التي تبرز كفاءة النماذج الثلاثة (خرائط التصنيفية الشبكية Raster Classified Map) Lego Maps، خرائط البزل Puzzle Maps، والخرائط السداسيةHexagonal Maps) في تمثيل الانهيارات الأرضية في قضاء عقرة، إذ يوضح جدول (٦) الاختبارات الاحصائية التي تم تطبيقها على النماذج الخرائطية الثلاث الاختيار النموذج الامثل لتمثيل الانهيارات الارضية في منطقة الدراسة.

جدول (٦) الاختبارات الاحصائية لخرائط الانهيارات الارضية في منطقة الدراسة

الاختبار	خرائط التصنيفية الشبكية Raster Classified (Map	خرائط البزل Puzzle Maps	الخرائط السداسية Hexagonal Maps
اختبار كولموجروف - سميرنوف	0.0627	0.2579	-
اختبار شابيرو- ويلك	0.00006	0.0098	1
تحليل كروسكال - واليس	0.00015	-	-
مان- ويتني (Puzzle Lego vs)	0.0334	-	-
مان-ويتني (Hexagonal Lego vs)	0.00004	-	-
مان-ويتني (Hexagonal Puzzle vs)	0.0148	-	-
تحليل الارتباط (سبيرمان)	0.495	0.495	-
إحصائية F (ANOVA)	18.12	-	-
القيمة الاحتمالية (p-value) لـ ANOVA	0.00001	-	-
معيار أكايكي (AIC)	30.58	36.27	-640.49
معيار بيز (BIC)	31.18	36.87	-639.88
إحصائية F (اختبار F-test)	0.1422	0.0805	-8
القيمة الاحتمالية (p-value) لاختبار F	0.7159	0.7838	1
المعدل R^2 (Adjusted R^2)	-0.1053	-0.1138	-

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الاختبارات الاحصائية في الجدول واستخدام برنامج SPSS.v. 27.0.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

لتوضيح نتائج الجدول أعلاه، تم تصنيف الاختبارات الاحصائية إلى مجموعات لتحديد النموذج الأمثل على النحو التالي:

٥-١ اختبارات التوزيع الطبيعي (كولموجروف-سميرنوف وشابيرو- ويلك):

اختبار كولموجروف-سميرنوف أعطى قيم احتمالية (p-values) مرتفعة نسبياً لخرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) (٠,٠٦٢٧) والبزل (٠,٢٥٧٩)، مما يشير إلى أن البيانات قد لا تختلف كثيراً عن التوزيع الطبيعي، ولكنها ليست دليلاً قوياً على أن البيانات طبيعية. أما اختبار شابيرو-ويلك فقد أعطى قيم احتمالية منخفضة جداً لكل من خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) (٠,٠٠٠٠٦) وخرائط البزل (٠,٠٠٩٨)، مما يعني أن البيانات لا تتبع التوزيع الطبيعي. بالنسبة للخرائط السداسية، أعطى اختبار شابيرو-ويلك قيمة احتمالية تساوي ١,٠، مما يعكس أن جميع القيم متساوية تقريباً، أي لا يوجد تباين كبير فيها، بما أن البيانات لا تتبع التوزيع الطبيعي بشكل واضح، فهذا يعني أنه يجب استخدام الاختبارات غير المعلمية مثل تحليل كروسكال-واليس و اختبارات مان-ويتني بدلاً من الاختبارات المعلمية مثل ANOVA.

١-الاختبارات غير المعلمية (كروسكال-واليس ومان-ويتني):

أظهر تحليل كروسكال-واليس قيمة احتمالية منخفضة جداً (p-value = 0.00015)، مما يدل على أن هناك فروقاً معنوية بين النماذج الثلاثة. ولمعرفة أي النماذج يختلف عن الآخر، تم تطبيق اختبار مان-ويتني، والذي أظهر أن الفروق بين خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) وخرائط البزل (p = 0.0334) وكذلك بين خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) والخرائط السداسية (p = 0.00004) وبين خرائط البزل والخرائط السداسية (p = 0.0148) كلها ذات دلالة إحصائية. وهذا يعني أن أداء الخرائط السداسية يختلف بشكل معنوي عن بقية النماذج، مما يشير إلى تفوقها.

٢-تحليل الارتباط (سبيرمان)

أظهر تحليل ارتباط سبيرمان وجود ارتباط متوسط بين خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) وخرائط البزل (٠,٤٩٥)، مما يعني أن أداء هذين النموذجين متقارب إلى حد ما، ولكنهما ليسا متماثلين. أما الخرائط السداسية، فقد أظهرت نتائج ثابتة للغاية دون تباين، مما يعني أنها الأكثر اتساقاً.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

٣- تحليل التباين (ANOVA)

أظهر اختبار ANOVA قيمة F مرتفعة (١٨,١٢) وقيمة احتمالية منخفضة جداً (p-value = 0.00001)، مما يعني أن هناك اختلافاً معنوياً بين النماذج الثلاثة. ومع ذلك، نظراً لأن البيانات لا تتبع التوزيع الطبيعي، فإن هذا الاختبار قد لا يكون الأكثر موثوقية مقارنةً بالاختبارات غير المعلمية مثل كروسكال-واليس ومان-ويتني، والتي أكدت أيضاً وجود فروق معنوية بين النماذج.

٤- معايير جودة النموذج (AIC و BIC):

معيار أكايكي (AIC) ومعيار بيز (BIC) يستخدمان لتقييم جودة النماذج، حيث أن القيم الأصغر تعني نموذجاً أفضل. أظهرت النتائج أن الخرائط السداسية حصلت على أفضل القيم، حيث كانت قيم AIC و BIC لها (-٦٤٠,٤٩ و -٦٣٩,٨٨ على التوالي)، مما يدل على أنها النموذج الأكثر ملاءمة لتمثيل البيانات مقارنة بخرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) والبزل، اللتين حصلتا على قيم AIC أعلى بكثير (٣٠,٥٨ و ٣٦,٢٧ على التوالي).

٥- اختبار F لاختبار جودة النموذج:

أظهر اختبار F للنماذج أن القيم المحسوبة كانت منخفضة جداً لكل من خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) (٠,١٤٢٢) وخرائط البزل (٠,٠٨٠٥) والخرائط السداسية (٨,٠-)، مع قيم احتمالية مرتفعة جداً (٠,٧١٥٩ و ٠,٧٨٣٨ و ١,٠ على التوالي)، مما يدل على أن النماذج المعتمدة على الانحدار الخطي لا تفسر البيانات بشكل جيد. وهذا يعزز نتيجة أن التحليل غير المعلمي هو الأفضل لهذه الحالة.

٦- R^2 المعدل (Adjusted R^2):

يشير R^2 المعدل إلى مدى تفسير النموذج للبيانات. أظهرت النتائج أن R^2 كان سلبياً لكل من خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) (٠,١٠٥٣-) والبزل (٠,١١٣٨-)، مما يعني أن هذه النماذج لا تفسر التباين في البيانات بشكل جيد، بينما كان R^2 للخرائط السداسية غير معرف (Infinity) بسبب عدم وجود تباين في البيانات، مما يدل على استقرارها وثباتها.

اختيار النموذج الامثل وفقاً للاختبارات الإحصائية:

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

بناءً على جميع الاختبارات الإحصائية التي تم إجراؤها، يمكن القول إن الخرائط السداسية (Hexagonal Maps) هي النموذج الأكثر كفاءة ودقة لتمثيل الانهيارات الأرضية في قضاء عقرة ومن أسباب تفوق الخرائط السداسية وفقاً لمعايير الأداء الإحصائي:

- أظهرت نتائج تحليل كروسكال–واليس و اختبار مان–ويتني تفوقاً واضحاً للخرائط السداسية مقارنة بالنماذج الأخرى، حيث كانت الفروق الإحصائية بينها وبين النماذج الأخرى ذات دلالة معنوية.
- وفقاً لمعايير جودة النموذج (AIC وBIC)، حصلت الخرائط السداسية على أدنى القيم، مما يشير إلى أنها النموذج الأكثر كفاءة في تمثيل الظاهرة بأقل قدر من الخطأ.
- اختبار ANOVA أظهر اختلافاً إحصائياً كبيراً بين النماذج، بينما أشار اختبار F إلى أن نماذج الليكو والبزل لم تكن قادرة على تفسير التباين في البيانات بشكل جيد.
- كما أن R^2 المعدل أظهر أن الخرائط السداسية لديها استقرار عالٍ جداً، في حين أن النماذج الأخرى لم تكن قادرة على تقديم تفسير فعال للتباين في البيانات.

واستناداً إلى التحليل الإحصائي اعلاه، فإن الخرائط السداسية تعد الخيار الأكثر دقة ووضوحاً في تمثيل الانهيارات الأرضية. ويعود ذلك إلى عدة عوامل رئيسية منها:

- **الاتساق العالي في القيم**: إذ تتميز الخرائط السداسية باتساق عالٍ في القيم الممثلة داخل الخلايا السداسية، مما يساعد في توفير تمثيل موثوق ودقيق للمعلومات الجغرافية. هذا الاتساق يعزز دقة تحليلات الانهيارات الأرضية ويقلل من الأخطاء المحتملة في التفسير.
- **التفوق في الاختبارات الإحصائية**: أظهرت الخرائط السداسية تفوقاً ملحوظاً في جميع الاختبارات الإحصائية تقريباً، وخاصة في معايير مثل AIC (مؤشر المعلومات الأكمل) وBIC (مؤشر معلومات بايز)، مما يثبت كفاءتها في تمثيل البيانات البيئية والجغرافية بشكل أكثر دقة مقارنة بالنماذج الأخرى.
- **الوضوح البصري والجمالي**: تتميز الخرائط السداسية بتصميم بصري جذاب وواضح، مما يعزز سرعة الإدراك لدى المستخدمين ويسهل قراءة وتحليل البيانات المتعلقة بالانهيارات الأرضية. هذا عامل أساسي في تسهيل اتخاذ القرارات السريعة، خاصة في حالات الطوارئ أو عند التعامل مع بيانات كبيرة ومعقدة.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

- **استيفاء معايير الخرائط الجغرافية:** تحقق الخرائط السداسية استيفاءً أفضل للمعايير الجغرافية مقارنة بالنماذج الأخرى، بما في ذلك التفاعل مع البيانات الطوبوغرافية والتكيف مع البيانات البيئية. هذا يسمح بتقديم تمثيل أكثر دقة وشمولاً لمناطق الانهيارات الأرضية.

الاستنتاجات:

١- تم تصميم خريطة الانهيارات الأرضية في منطقة الدراسة بالاعتماد على النمذجة الخرائطية باستخدام طريقتي التحليل بالوزن المرجح (Weighted Overlay) وعملية التحليل الهرمي (AHP)، وذلك لتحديد المناطق المعرضة لخطر الانهيارات الأرضية. وأظهرت نتائج الخريطة أن الأراضي ذات القابلية المنخفضة للانهيارات احتلت النسبة الأعلى (٣٤%)، تليها فئة القابلية المنخفضة جداً بنسبة ٢٦%. في حين شكلت فئة القابلية المتوسطة ١٧%، والعالية ١٥%. أما فئة القابلية العالية جداً فقد جاءت في المرتبة الأخيرة بنسبة ٩% فقط.

٢- وفقاً للاختبار الادراكي لنماذج الخرائطية التي توضح الانهيارات الارضية في منطقة الدراسة إذ تعد الخرائط السداسية هو النموذج الأمثل لتمثيل البيانات الجغرافية نظراً لقدرتها العالية على تحقيق سرعة إدراك وفهم سريعة، بالإضافة إلى توافقها الممتاز مع متطلبات التصميم الجغرافي والوظيفي.

٣- بناءً على جميع الأدلة الإحصائية والاختبارات التي تم إجراؤها، تظهر النتائج أن الخرائط السداسية (Hexagonal Maps) هي النموذج الأكثر ملاءمة ودقة لتمثيل الانهيارات الأرضية في قضاء عقرة مما يعزز قدرتها على تقديم معلومات دقيقة وموثوقة للمستخدمين في عمليات التحليل واتخاذ القرار.

التوصيات:

١- توصي الدراسة استخدام بيانات الأقمار الصناعية مثل Sentinel-2 و Landsat 8 لمراقبة التضاريس والتغيرات في الغطاء النباتي باستخدام تقنيات مثل الأشعة تحت الحمراء لتحسين نماذج مخاطر الانهيارات الأرضية.

٢- تطوير خرائط تفاعلية وتصميم نماذج جيومكانية لتقييم الاستدامة البيئية في المناطق المعرضة للانهيارات الأرضية، مع التركيز على تحسين الغطاء النباتي وأنظمة الصرف.

٣- يوصى باستخدام الخرائط السداسية بدلاً من خرائط التصنيفية الشبكية (Raster Classified Map) والبزل لأنها توفر دقة ووضوحاً أكبر في تمثيل الظواهر الجغرافية.

٤- تطوير نظام إنذار مبكر باستخدام خرائط المخاطر الجيومكانية لتقديم إشعارات مبكرة حول الانهيارات الأرضية استناداً إلى التغيرات المناخية والبيانات الجغرافية.

المصادر:

١. ابراهيم، سعد ثامر، النمذجة الخرائطية للجزيرة الحرارية في مدينة اربيل، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب ، جامعة تكريت، ٢٠٢٥.

٢. العتابي، نادية حاتم طعمة، النمذجة المكانية للمخاطر الجيومروفولوجية وانعكاساتها على طرق النقل جبل ميركه سور في محافظة اربيل انموذجاً، مجلة لارك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية، المجلد (٤)، العدد (٣٤). https://doi.org/10.31185/lark.Vol4.Iss43.2075

٣. عثمان، محمد عثمان الشحات، التكامل بين تقنيات الجيوماتكس وعملية التحليل الهرمي في رسم خرائط حساسية منحدرات جبال البحر الأحمر للانهيارات الأرضية فيما بين مرسى علم ورأس بناس، المجلة العلمية بكلية الآداب، العدد ٥٦، لسنة ٢٠٢٤ DOI: 10.21608/jartf.2024.359059

٤. يحيى، عبد الرحمن عبد الكريم ، نمذجة الخرائط الزمكانية للغطاء الثلجي للمحافظات "دهوك ، اربيل، السليمانية"، باستخدام التقنيات الرقمية الحديثة للمدة ٢٠٠٠ – ٢٠٢٢، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة تكريت، ٢٠٢٣.

5. Ayalew, L., & Yamagishi, H. (2005). The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. Geomorphology, 65(1–2), 15–31. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.06.010

6. Birch, C. 4P. D., Oom, S. P., & Beecham, J. A. (2007). Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. Ecological Modelling, 206(3-4), 347–359. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.03.041

7. Chang, K.-T. (2016). Introduction to Geographic Information Systems (8th ed.). McGraw-Hill Education. Number of pages: 1-488. https://search.worldcat.org/title/introduction-to-geographic-information-systems/oclc/919262906

8. Douass, S., & Ait Kbir, M. (2020). Flood zones detection using a runoff model built on hexagonal shape based cellular automata. arXiv preprint arXiv:2007.10079. Retrieved from https://arxiv.org/abs/2007.10079.

9. MacEachren, A. M. (2004). How Maps Work: Representation, Visualization, and Design. Guilford Press. Number of pages: 1-513. https://books.google.iq/books/about/How_Maps_Work.html?id=xhAvN3B0CkUC&redir_esc=y

10. Polisciuc, E., & Mação, C. (2016). Hexagonal gridded maps and information layers: A novel approach for the exploration and analysis of retail data.Article No.: 6, Pages 1 - 8 Retrieved fromhttpshttps://www.researchgate.net/publication/311097739_Hexagonal_gridded_map

s and information layers a novel approach for the exploration and analysis of retail data

11. Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2008). Thematic Cartography and Geovisualization (3rd ed.). Pearson Prentice Hall. https://www.amazon.com/Thematic-Cartography-Geovisualization-Terry-Slocum/dp/0132298341#

12. Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2008). Thematic Cartography and Geovisualization (3rd ed). Pearson Prentice Hall. .). Number of pages: 1-561. https://www.amazon.com/Thematic-Cartography-Geovisualization-Terry-Slocum/dp/0132298341#

13. van Westen, C. J., Castellanos, E., & Kuriakose, S. L. (2008). Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. Engineering. Geology, 102(3–4), 112–131. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.010.

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثالث والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ