



التكامل بين تقنيات الجيوماتكس وعملية التحليل الهرمي في رسم خرائط حساسية منحدرات
جبال البحر الأحمر للانهيارات الأرضية فيما بين مرسى علم ورأس بناس.

إعداد

محمد عثمان الشحات عثمان

باحث دكتوراه قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب جامعة طنطا، ٣١٥٢١،
مصر، محلل بيانات مكانية ونظم معلومات الجغرافية بشركة اركيمارين للأعمال البحرية
والخدمات البترولية info@archimarine.com

*Corresponding

author:

Mohamed_Othman.147610@art.tanta.edu.eg

إشراف

١. د/ عبد الرازق بسيوني الكومي / ٢ *

١ وكيل كلية الآداب لشؤون الدراسات العليا والبحوث ورئيس قسم الجغرافيا ونظم المعلومات
الجغرافية، كلية الآداب جامعة طنطا، ٣١٥٢١، مصر

abdelrazek.elkoui@art.tanta.edu.eg

١. المستخلص:

يعتمد المهندسون والجيولوجيون ومخططو استخدام الأراضي على خرائط الحساسية للانهيّارات الأرضية لدرء أخطارها والتخفيف من حدتها ففي هذه الدراسة تم جمع البيانات الطبوغرافية والجيولوجية وبيانات الاستشعار من بعد ومعالجتها باستخدام تقنيات الجيوماتكس، حيث تم استخدام عشرة عوامل تؤثر في حدوث الانهيّارات الأرضية وهي (اتجاه الانحدار- زاوية الانحدار- الارتفاع- التقوس والتحدب- مؤشر النبات الطبيعي- التكوينات الجيولوجية- المسافة من الأنهار- المسافة من الطرق- المسافة من الصدوع- التساقط)، وتصنيف المعايير أمكن الحصول على خرائط التقييم للعوامل المؤثرة في الانهيّارات الأرضية، وتعين الوزن النسبي لكل عامل من خلال عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) ونتيجة لذلك تم إنتاج خريطة الحساسية للانهيّارات الأرضية حيث قسمت منطقة الدراسة إلى أربع فئات رئيسية هي كما يلي: الفئة الأولى مناطق عالية الخطورة بمساحة تقدر بحوالي ١٧٧٥ كم^٢ تمثل ٢٦.٢ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، الفئة الثانية متوسطة الخطورة بمساحة ٤٣٠٤ كم^٢ تمثل ٦٥.١ %، الفئة الثالثة منخفضة الخطورة بمساحة ٥١٣.٢ كم^٢ تمثل ٧.٧ %، الفئة الرابعة منعدمة الحساسية أقل من ١ %.

الكلمات المفتاحية:

الانهيّارات الأرضية- المنحدرات- الجيومورفولوجيا- تقنيات الجيوماتكس- طرق ودعم اتخاذ القرار- عملية التحليل الهرمي- نظم المعلومات الجغرافية.

٢. المقدمة Introduction

تعد دراسة المنحدرات من الدراسات الجيومورفولوجية المهمة، والتي تفيده في التعرف على المناطق المعرضة لأخطار حركة المواد على المنحدرات والانهيارات الأرضية، وذلك من خلال دراسة أشكال سطح الأرض المرتبطة بها وتحديد دور العوامل والعمليات التي تؤثر في نشأتها وتطورها، ومدى تأثيرها على الأنشطة البشرية وبالاعتماد على تقنيات الجيوماتكس الممتلثة في نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار من بعد بالإضافة إلى التكامل مع النماذج الإحصائية والدراسات الميدانية في إنتاج خريطة المنحدرات وأخطارها، ولتشابك العوامل المؤثرة في دراسة المنحدرات وأيضا الصعوبات الشديدة في معظم القياسات الميدانية فقد تم الاعتماد على برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في إجراء بعض التحليلات المكانية للمنحدرات لإنتاج خريطة توضح درجة خطورة المنحدرات على الأنشطة البشرية.

٢.١ التحليل الببليومتري Bibliometric analysis

أصبح السعي لتحقيق أهداف التنمية المستدامة أكثر إلحاحا مع اقتراب عام ٢٠٣٠ والذي وضعت مصر خطة شاملة ومستدامة على كافة المستويات التنموية في المعمور المصري بل وصلت آفاق التنمية إلى أقصى الجنوب حيث منطقة الدراسة الحالية، مما أصبح له أثر في زيادة البحوث في مختلف القطاعات لدعم المشروع التنموي ورؤية الدولة المصرية في ٢٠٣٠، ومع ذلك هناك نقص واضح في الدراسات التي تربط بشكل منهجي الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية بأهداف التنمية المستدامة، تضيف دراستنا منظورا جديدا إلى هذا المجال من خلال سد هذه الفجوة البحثية باستخدام تقنيات الجيوماتكس لرسم خرائط تساعد متخذ القرار على تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

الهدف الأساسي هنا هو إجراء تحليل الببليومتري للأوراق العلمية المتعلقة بالانهيارات الأرضية وتقنيات الجيوماتكس وطرق دعم اتخاذ القرار MCDM، بهدف تحديد الثغرات الحالية واقتراح اتجاهات البحث المستقبلية المحتملة من خلال فحص ٥٤٠٠ ورقة بحثية.

بالاعتماد على قاعدة بيانات سكوبس ومن خلال الكلمات المفتاحية التالية:

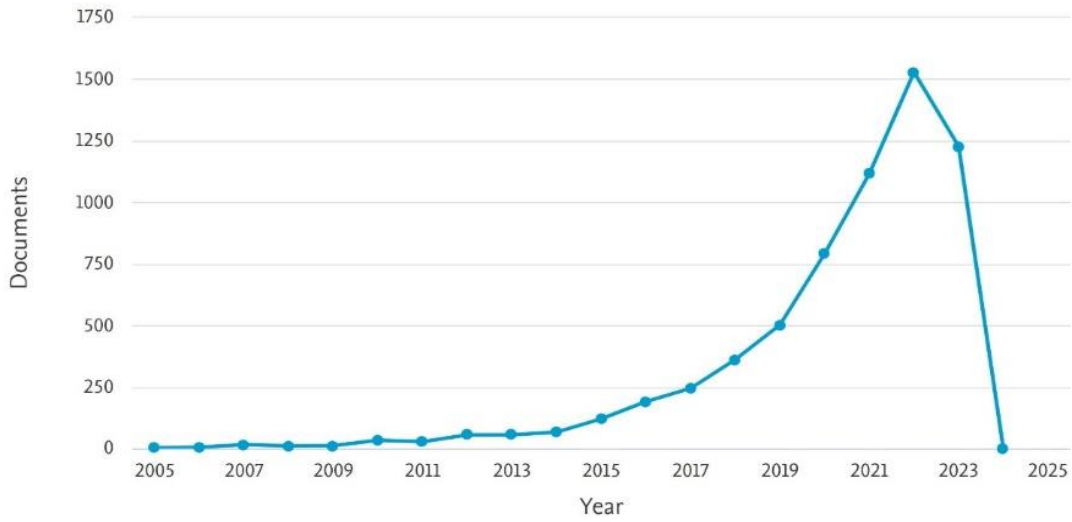
كود البحث داخل قاعدة سكوبس
(ALL (landslide) AND ALL (AHP) OR ALL (Geomatics) AND
ALL (Geomorphology) AND ALL (GIS))

ان أبرز التساؤلات التي تكمن الإجابة عليها من خلال التحليل البليومتري كيف تطور حجم الأوراق العلمية المنشورة؟ وما هي الاتجاهات البحثية في سياق التنمية المستدامة؟ ما هي الدول والمجلات المساهمين بشكل أساسي في نشر هذه الأوراق المرتبطة بالموضوعات الجيومورفولوجية والجغرافيا الطبيعية المرتبطة بالتنمية المستدامة؟ وما هي الموضوعات البحثية الأساسية المرتبطة بالانهيارات الأرضية ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد؟ باستخدام مجموعة من الأوراق العلمية المدرجة في قاعدة بيانات سكوبس التي خضعت للدراسات الإحصائية الكمية وتؤكد صحة قاعدة البيانات دراسة (Achuthan et al. ٢٠٢٣).

الخطوة الأولى في العملية جمع الأوراق البحثية لتحليلها Collecting Publications، باستخدام قاعدة بيانات سكوبس للبحث عن الانهيارات الأرضية والمصطلحات المرتبطة بها، فقد تم استخدام الكلمات المفتاحية والعناوين والكلمات ذات الصلة بالدراسة، واسترجع ٥٤٠٠ ورقة في الفترة من ٢٠٠١ إلى ٢٠٢٣ لأكثر من ٨٠ دولة حول العالم، تتضمن الخطوة التالية تنظيم المقالات وتحسينها من خلال معايير التضمين والإقصاء والتصفية المسموح بها داخل قاعدة بيانات سكوبس، فتم استخدام العديد من المعلومات مثل (عنوان المجلة- اسم المؤلف- عنوان الورقة- بلد النشر- إجمالي الأوراق العلمية- إجمالي الاستشهادات) وقد سهلت هذه العملية تنظيم البيانات وفحصها بطريقة أكثر تنظيم ومنهجية وبصفة عامة تتضمن المرحلة النهائية التقييم وإعداد التقارير ولعمل ذلك يعد برنامج VOS viewer هو البرنامج الأساسي المستخدم للتقييم وتحليل الاتجاهات البحثية.

٢.١.١ الأداء البحثي

يعد استخدام مصطلح الأداء البحثي دلالة على مدى اهتمام ين حول العالم بالموضوعات المتعلقة بالانهيارات الأرضية وتقنيات الجيوماتكس و AHP عمليات التحليل الهرمي فيعرض الشكل (١) إجمالي المنشورات والاستشهادات خلال الفترة من (٢٠٠١-٢٠٢٣) ويوضح رسم بياني خطي إجمالي عدد الأوراق والاستشهادات كل عام للأعمال المتعلقة بالموضوعات الجيومورفولوجية والانهيارات الأرضية والموضوعات ذات الصلة التي تم البحث بها داخل قاعدة البيانات لتظهر النتائج زيادة سنوية في كل من الاستشهادات والأوراق العلمية في عام ٢٠٢٢.



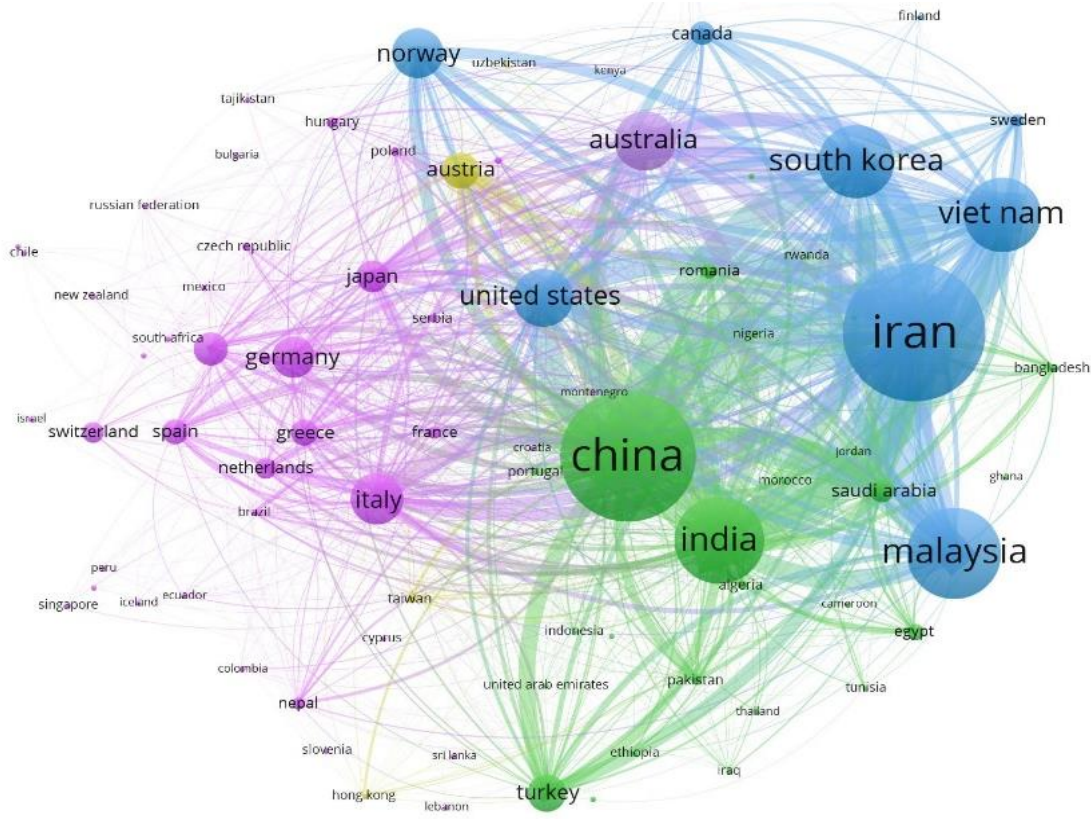
المصدر: التحليل الإحصائي داخل قاعدة بيانات سكوبس الفترة من (٢٠٠١-٢٠٢٣)

شكل (١) التطور العددي لعدد الأوراق العلمية المرتبطة بالجيومورفولوجيا والانهيارات الأرضية داخل قاعدة بيانات سكوبس في الفترة من (٢٠٠١-٢٠٢٣).

٢.١.٢ التكرارية للكلمات المفتاحية

يتم استخدام تحليل التكرار المشترك للكلمات المفتاحية لإجراء مزيد من التحليل لكل كلمة تم البحث بها في قاعدة البيانات ويسمح هذا بفحص الكلمات المفتاحية الأكثر شيوعاً مع كل من الجيومورفولوجية والانهيارات الأرضية، والتي يمكن أن توفر نظرة ثاقبة حول الموضوعات المهمة المرتبطة بها، ويمكن الحصول على فهم أعمق لاتجاهات البحث وأولوياته المرتبطة بالجيومورفولوجيا التطبيقية بصفة عامة.

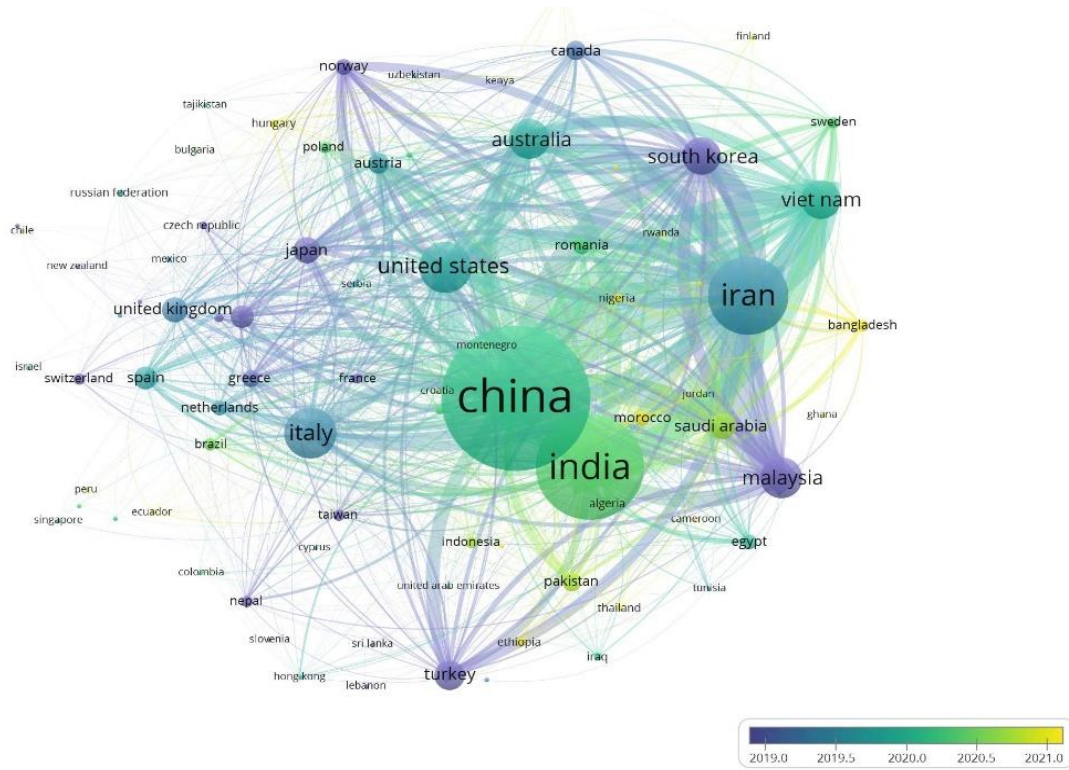
الدولة الوحيدة التي تتمتع بإنتاجية بحثية عالية وفئات تأثير كبيرة فيما يتعلق بموضوع الدراسة.



المصدر من عمل الباحث اعتمادا على قاعدة بيانات سكوبس VOS viewer

شكل (٥) الدول الأكثر إنتاجية للأبحاث مع أعلى معدل اقتباسا للفترة من (٢٠٠١-٢٠٢٣)

ومن ناحية أخرى تشمل الدول التي لديها أكبر عدد من المساهمات في الموضوعات البحثية التي تم بناء الاستعلام عليها والتي تأتي بعد الصين هي الهند وإيران وتركيا والولايات المتحدة واندونيسيا والمملكة المتحدة وتايوان وماليزيا وأستراليا وعلى الجانب الآخر تم إجراء التحليل البيبليومتري على مستوى الدول بالاعتماد على السنوات فكانت في مقدمة الدول التي قامت بالنشر الدولي الصين والهند بمعدل أكبر للنشر في السنوات الأخيرة.



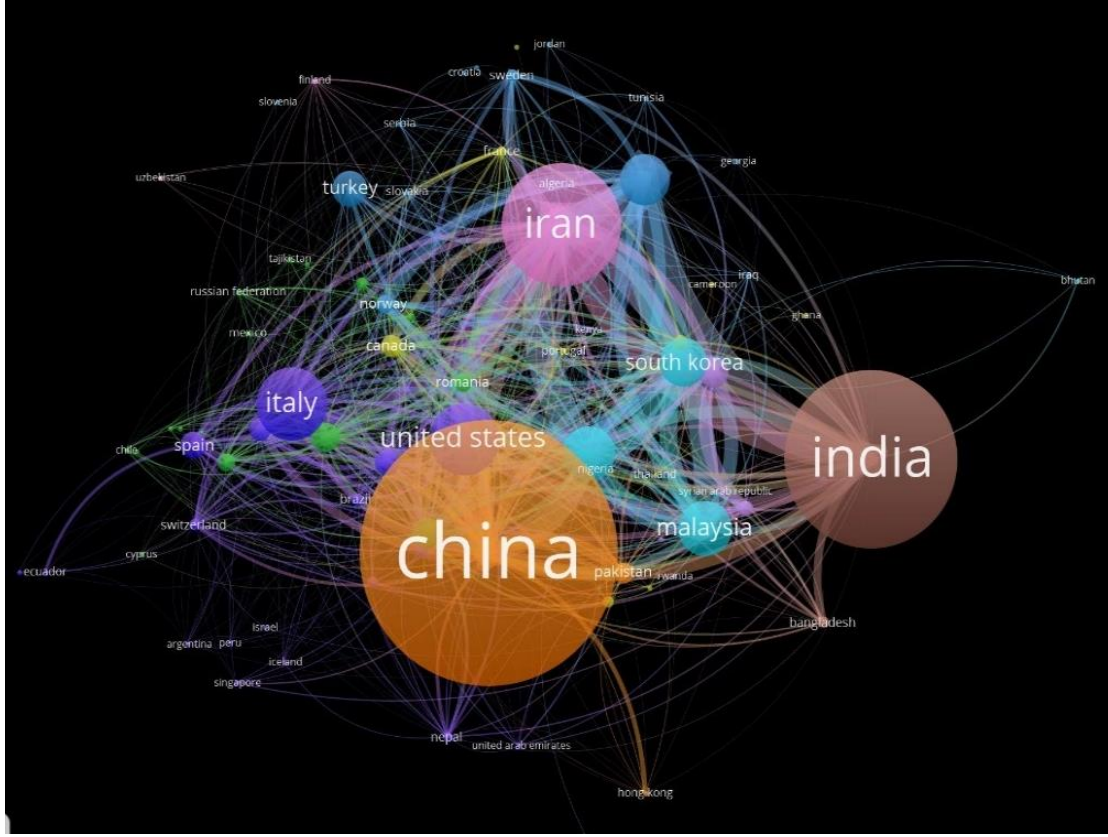
المصدر من عمل الباحث اعتمادا على قاعدة بيانات سكوبس VOS viewer

شكل (٦) الدول الأكثر إنتاجية للأبحاث حسب إجمالي النشر الدولي السنوي للفترة من (٢٠٢٣-٢٠٠١)

جدول (١) بيان بالدول المنتجة للأبحاث في المدة بين (٢٠٢٣-٢٠٠١)

Selected	Country	Documents	Citations	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	china	1561	39460	1324744
<input checked="" type="checkbox"/>	iran	724	41887	1216970
<input checked="" type="checkbox"/>	india	1047	23719	902883
<input checked="" type="checkbox"/>	viet nam	304	19398	690176
<input checked="" type="checkbox"/>	malaysia	326	24948	561252
<input checked="" type="checkbox"/>	south korea	291	19224	532052
<input checked="" type="checkbox"/>	australia	317	14775	499489
<input checked="" type="checkbox"/>	united states	422	14329	479420
<input checked="" type="checkbox"/>	italy	430	12047	297693
<input checked="" type="checkbox"/>	saudi arabia	184	4800	257944
<input checked="" type="checkbox"/>	turkey	215	8391	248215
<input checked="" type="checkbox"/>	austria	142	7947	220807
<input checked="" type="checkbox"/>	japan	185	6799	213568
<input checked="" type="checkbox"/>	norway	106	11738	212896
<input checked="" type="checkbox"/>	canada	130	4818	175361
<input checked="" type="checkbox"/>	germany	156	9353	148781
<input checked="" type="checkbox"/>	romania	107	2782	148462
<input checked="" type="checkbox"/>	spain	158	5226	135928
<input checked="" type="checkbox"/>	greece	112	5343	134042
<input checked="" type="checkbox"/>	sweden	68	2251	129053

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على قاعدة بيانات سكوبس VOS viewer



المصدر من عمل الباحث اعتمادا على قاعدة بيانات سكوبس VOS viewer

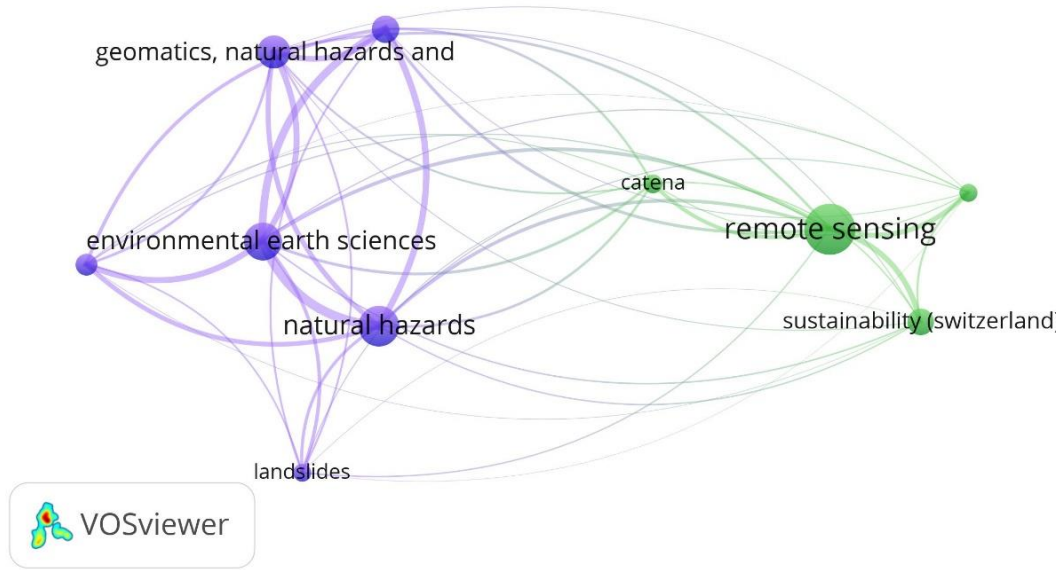
شكل (٧) الدول الأكثر تعاوننا فيما بين في النشر الدولي للفترة من (٢٠٠١-٢٠٢٣)

(٢٠٢٣)

تصدر الصين الدول الأكثر إنتاجا للأبحاث العلمية بعدد ١٥٦١ بحثا علميا
لعدد ٣٩٤٦٠ اقتباسا وتأتي إيران في المرتبة الثانية في عدد الأبحاث حيث وصل
٧٢٤ بعدد اقتباسات كبير وصل ٤١٨٨٧ السويد وفي المرتبة الأخيرة السويد من
حيث الاهتمام بالموضوعات التي تم عرضها في الكلمات المفتاحية حيث بلغ العدد ٦٨
بحثا فقط وقد أسفرت النتائج عن امتلاك الصين المركز الأول في مجال التعاون
البحثي اعتمادا على الأوراق العلمية المنشورة لتحتل الهند المركز الثاني وإيران
المركز الثالث في القضايا المرتبطة بالبيئة والانهيارات الأرضية والجيومورفولوجيا
وتقنيات الجيوماتكس.

٢.١.٤ أهم المجالات المستشهد بها

يمكن للباحثين الحصول على رؤى حول إنتاجية البحث وتأثيره المرتبط بالمجلات المستشهد بها من التحليل البليومتري يوضح الشكل (٨) أفضل المجالات التي تم الاستشهاد بها وعلى رأسها مجلة Remote Sensing التي تتميز بتأثير بحثي عالٍ وكذلك مجلة علوم الأرض والبيئة والتي تتمتع بأعلى إنتاجية وتأثير بحثي.



المصدر من عمل الباحث اعتمادا على قاعدة بيانات سكوبس VOS viewer

شكل (٨) أهم المجالات الأكثر نشرًا لموضوع البحث للفترة من (٢٠٠١-٢٠٢٣)

جدول (٢) بيان بالمجلات المنتجة للأبحاث (٢٠٠١-٢٠٢٣) حيث تم الاعتماد على

تطبيق شرط لتوصيف المجلة بحيث تكون المجلة بها أكثر من ١٠٠ بحث على الأقل كل بحث

لديه ١٠ اقتباسات

Selected	Source	Documents	Citations	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	environmental earth sciences	221	8701	69957
<input checked="" type="checkbox"/>	natural hazards	233	8985	61619
<input checked="" type="checkbox"/>	geocarto international	161	4034	55283
<input checked="" type="checkbox"/>	remote sensing	293	7038	49487
<input checked="" type="checkbox"/>	geomatics, natural hazards and risk	193	5868	46700
<input checked="" type="checkbox"/>	arabian journal of geosciences	125	4863	36874
<input checked="" type="checkbox"/>	catena	113	11065	30782
<input checked="" type="checkbox"/>	landslides	103	5832	26205
<input checked="" type="checkbox"/>	sustainability (switzerland)	155	2320	25499
<input checked="" type="checkbox"/>	water (switzerland)	106	2153	22350

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على قاعدة بيانات سكوبس VOS viewer

٢.٢ الدراسات السابقة Literature review

حظيت النقطة البحثية بالعديد من الدراسات الجغرافية والجيولوجية بصفة عامة والدراسات الجيومورفولوجية بصفة خاصة ومن هذه الدراسات دراسة إبراهيم على يوسف ([إبراهيم على يوسف، معتمد عبد الحميد and الفيوم ٢٠٢٢](#)) والتي ركزت على الجيومورفولوجية التطبيقية والتنمية المستدامة لمنطقة أبو زنيمة ودراسة ([إبراهيم على يوسف ٢٠٢٢ et al.](#)) وركزت الدراسة على التحليل الجيومورفولوجي لمنحدرات الحافة الشرقية لنهر النيل بين وادي الرشراش جنوباً ووادي الجبو شمالاً باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمي ودراسة ممدوح تهامي عقل ([عقل ١٩٩٤](#)) والتي ركزت على جيومورفولوجية المراوح الفيضية والعوامل المتحكمه في تطورها بحوض أم غيج بالصحراء الشرقية، دراسة حمدي نبيه ([خلخل ٢٠٢٣](#)) وكانت بعنوان النمذجة المكانية المتعددة المعايير لتقييم حساسية منحدرات هضبة المعازة للانهارات الأرضية بين مروحتي وادي الأحيوية وعمار شرق سوهاج، دراسة عبد الرزاق بسيوني الكومي ([الكومي ٢٠٢٠](#)) وركزت على التوجيه وتأثيرها على المواقع الأثرية بمركز طامية- محافظة الفيوم- تحليل جيومورفولوجي "باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية"، دراسة القزاز ([El Kazzaz ٢٠١٠](#)) عن أنماط تداخل الطيات في منطقة وادي خريط، جنوب الصحراء الشرقية، مصر؛ دراسة Nagarajan واخرون ([Samal, ٢٠١٥, Gedam and Nagarajan](#)) التحليل المورفومتري المعتمد على نظم المعلومات الجغرافية وتأثيره على الهيدرولوجيا في أجزاء من منطقة جات الغربية، الهند، دراسة عبد الرزاق الكومي ([الكومي ٢٠٢٣](#)) عن تحليل أخطار الجريان السيلي لحوض وأدى قوته بمركز يوسف الصديق- الفيوم "دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام تقنيات الجيوماتكس، دراسة عبد الرزاق بسيوني الكومي ([الكومي ٢٠٢٢](#)) عن النمذجة الهيدرولوجية لحوض وأدى إيمو بالصحراء الشرقية باستخدام نموذج HEC-HMS دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية

٢.٣ الفجوة البحثية Literature gaps

أجريت الكثير من الدراسات الجيومورفولوجية على الصحراء الشرقية بصفة عامة ولكن لم تحظ منطقة الدراسة بالقدر الكافي من الدراسات الجيومورفولوجية ولا سيما المرتبطة بالانهيارات الأرضية، إلا أن هناك ما يميز هذه الدراسة عن غيرها فالاعتماد على المناهج العلمية الحديثة متمثلة في طرق دعم واتخاذ القرار المختلفة وربطها بالمعايير والعوامل الجغرافية الطبيعية والبشرية للوقوف على الضوابط الجيومورفولوجية المتكاملة في الانهيارات الأرضية بالمنطقة وإبراز مكامن الضعف وأماكن الخطورة وعلي الجانب الآخر الأماكن الأقل خطورة- مواطن القوة- على جميع المستويات العمرانية والزراعية والسياحية والتعدينية والبيئية كل هذا في ضوء الاعتماد على التقنيات المكانية الحديثة- تقنيات الجيوماتكس- والتي لها قوة كبيرة في الحصول على البيانات وتوفير المصادر المختلفة للدراسة والتحليل المكاني لها للتأكيد على مصداقية وحداثة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية وقدرتها على دعم متخذ القرار بالمعلومات التي تساعد على التخطيط المستدام.

٢.٤ أسباب اختيار موضوع الدراسة

التعرف على الضوابط الجيومورفولوجية المتكاملة في عمليات التنمية في المنطقة وإبراز قوة تقنيات الجيوماتكس في تحديد عوامل الجذب الإيجابي والطردي السلبي لعمليات التنمية في منطقة جنوب الصحراء الشرقية.

حداثة الموضوع في توظيف تقنيات الجيوماتكس لتقييم حساسية المنحدرات للانهيارات الأرضية ورسم الخرائط درجات الخطورة لها.

استخدام تقنيات الجيوماتكس في رسم الخرائط الجيومورفولوجية الحديثة للمنطقة ومساعدة متخذ القرار في التعرف على أهم الظواهر الجيومورفولوجية لدعم تنمية مستدامة تراعي البيئة الطبيعية.

٢.٥ أهداف الدراسة

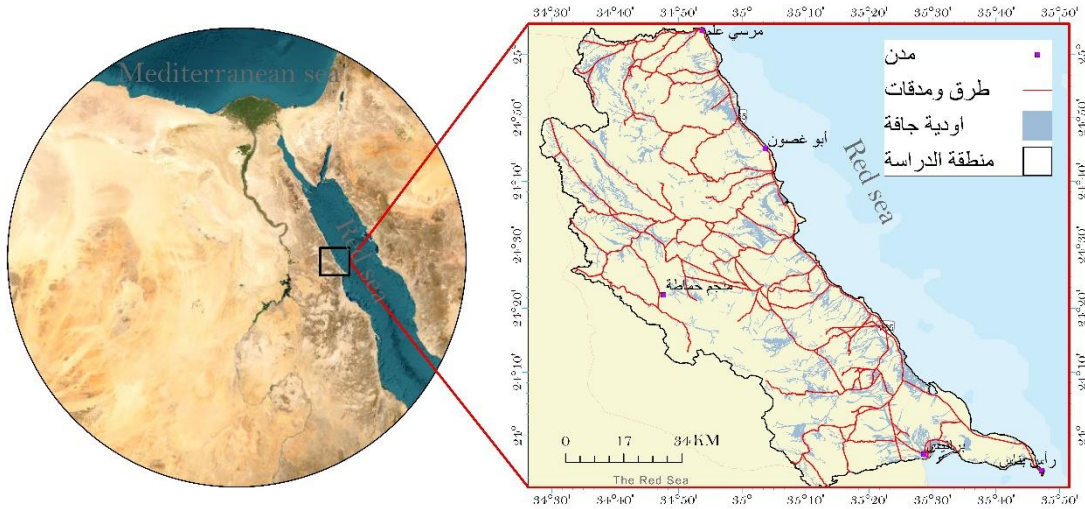
بالاستفادة من تقنيات MCDM جنباً إلى جنب مع التقدم في علوم الجيوماتكس، تهدف هذه الدراسة إلى رسم خرائط الحساسية للانهيارات الأرضية

باستخدام تكامل عملية التسلسل الهرمي وتقنيات الجيوماتكس حيث يتكون إطار الدراسة المقترح من أربع خطوات رئيسية، كما هو موضح في شكل (١١).

٣. المنهجية والأدوات المستخدمة Materials and method

٣.١ منطقة الدراسة Study area

تقع منطقة الدراسة جغرافيا بين مدينة مرسى علم شمالا بمحافظة البحر الأحمر وبين مدينة برنيس جنوبا (رأس بناس) وخط تقسيم المياه في الغرب بين الأودية التي تنحدر نحو البحر الأحمر ونهر النيل، وقلبيا بين دائرتي عرض (٣ ° ٢٥ و ١٣٥.٥٧" و ٢٠.٢٠٣ " ٥١' ° ٢٣ شمالا) وبين خطي طول (٢٧ ° ٣٤ و ١٨' ٤٨' ٣٥ °) ويبلغ طول المنطقة ١٥٧ كم تقريبا، ويتراوح متوسط العرض ما بين ٦٠ كم كما بلغت مساحة المنطقة ٦٧٥٧ كم ٢ شكل (٩).

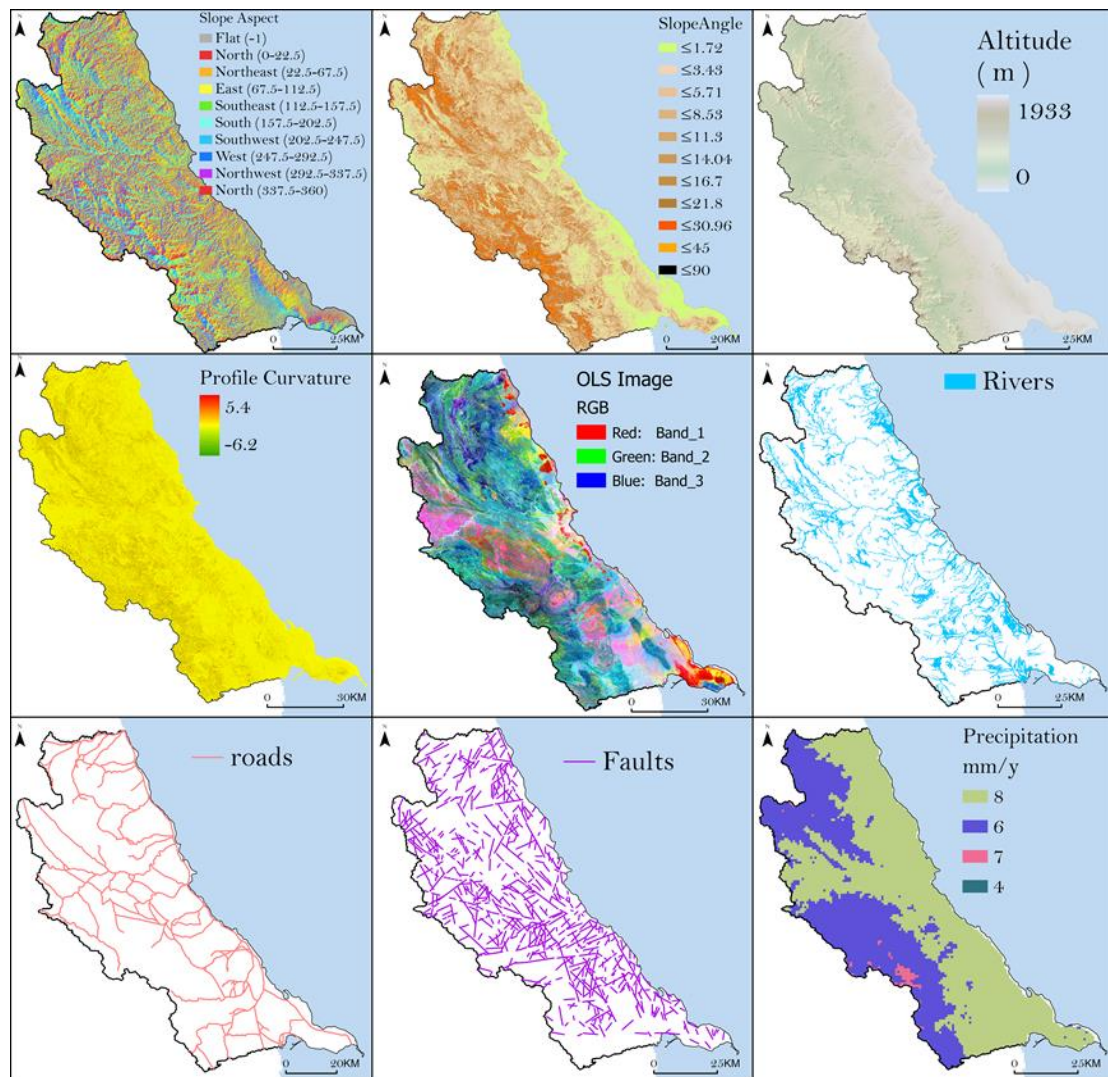


المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على برنامج Arc Gis pro

شكل (٩) منطقة الدراسة

٣.٢ جمع البيانات واختيار المعايير وبناء قاعدة البيانات المكانية

في إطار هذه الدراسة تم الاعتماد على مجموعة من المعايير الجغرافية والطبيعية والجيولوجية والهيدرولوجية فقد تم الحصول على الخرائط الجيولوجية من هيئة المساحة الجيولوجية المصرية بينما تم الحصول على شبكات الطرق من الخرائط الطبوغرافية متنوعة المقياس فيما يتعلق ببيانات الأقمار الصناعية سينتال ٢ تم الحصول منها على البصمة الطيفية للنبات الطبيعي بعد إجراء التصحيح الهندسي لها وللحصول على درجات الارتفاع والمناسيب واتجاهات الانحدار فقد استعان بنموذج الارتفاع الرقمي DEM شكل ١٠.



المصدر من عمل اعتمادا على الخرائط الطبوغرافية والمواقع الواردة في الجدول ٣

شكل (١٠) خرائط المعايير الجغرافية لتحديد النموذج المكاني للملاءمة المكانية

جدول (٣) المعايير وأهم مصادر البيانات والدقة المكانية

المصدر: من عمل الباحث

Form at of raw	Spatial Resoluti on (km x	Data Source مصادر البيانات	المعايير Criteria
Raste r	٠.٣٠x٠.٣٠	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ٩٠m DEM Database	الانحدار Slope
Raste r	٠.١٢٥x٠.١٢٥	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ١٢.٥m DEM Database	الارتفاع Elevation
NetC DF	٢٥x٢٥	Climatic Research Unit https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hr/cru_ts_٤.٠٦/cruts_٢٢.٥٢	درجة الحرارة Temperature
NetC DF	٢٥x٢٥	Climatic Research Unit https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hr/cru_ts_٤.٠٦/cruts_٢٢.٥٢	التساقط Precipitation
Vector	-	https://wwf-sight-maps.org/	نوع التربة Soil structure
NetC DF	١٢.٥x١٢.٥	European Union's Earth observation program https://www.copernicus.eu/en/	مؤشر رطوبة التربة Soil Wetness Index
NetC DF	٠.١٠x٠.١٠	Normalized Difference Vegetation Index https://land.copernicus.eu/global/products/ub	الغطاء النباتي Vegetation land cover
Vector	-	Copernicus Global Land Service https://www.copernicus.eu/en/land-service	المسافة من الص Distance to Urban
Raste r	٠.١٠x٠.١٠	Geo-WIKI for inter-comparison and validation Copernicus Global Land Service	
Raste r	٠.٦٠x٠.٦٠	Water Bodies characteristics https://land.copernicus.eu/global/products/ub	المسافة من مصادر المياه Distance of to source
Vector	-	ESRI web service. ArcGIS® REST Services Directory. Global Roads and Railways https://wwf-sight-maps.org/	المسافة من الطرق Distance to road

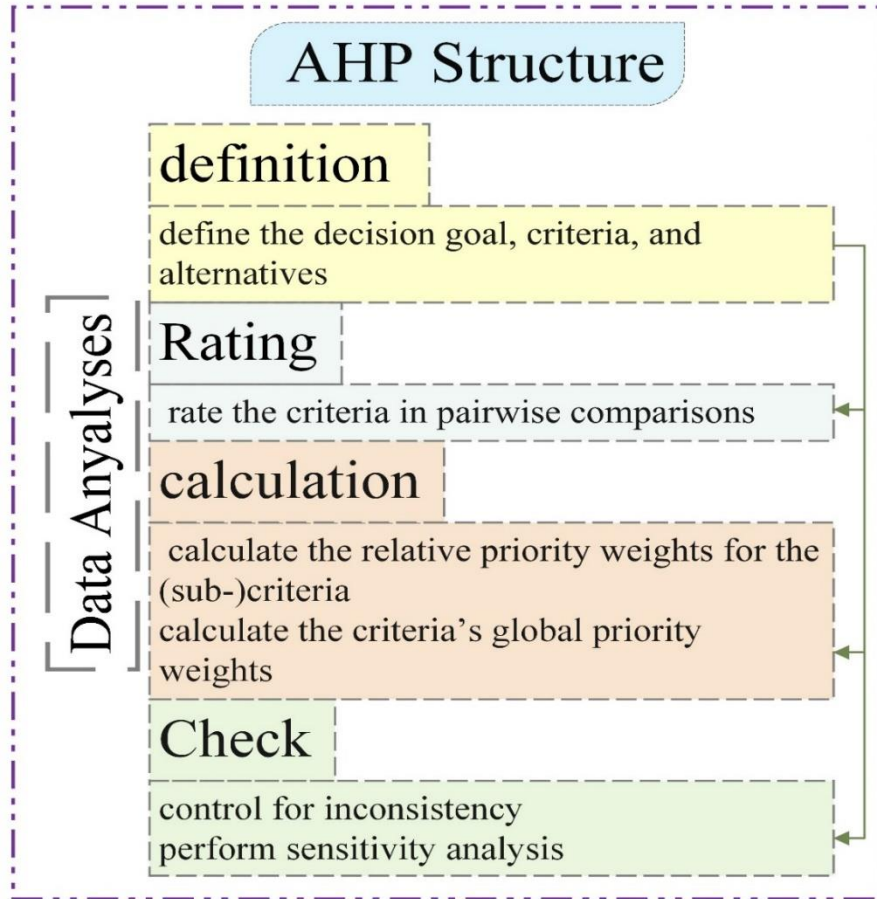


شكل (١١) خطوات الحصول على خريطة الملاءمة المكانية للمنحدرات.

٣.٣ طريقة AHP والتحليل متعدد المعايير Multi-criteria analysis– AHP method

٣.٣.١ عملية التحليل الهرمي Analytic Hierarchy Process (AHP)

تعد عملية التحليل الهرمي أحد الأساليب المعتمدة في اتخاذ القرارات متعددة المعايير التي تعتمد على توظيف الأساليب الكمية في عملية اتخاذ القرار الخاص بانتقاء البديل الأمثل من بين مجموعة من البدائل وفق معايير متعددة، حيث أثبتت النظرية نجاحها وكفاءتها العالية في حل المشاكل المعقدة واتخاذ القرارات متعددة المعايير، وقد طورت هذه النظرية من قبل العالم توماس ساعاتي شكل ١٢.



شكل (١٢) المنهجية المتبعة لبناء لنموذج AHP التحليل الهرمي

إن عملية التحليل الهرمي تقدم هيكلًا عملياً فعالاً يفرض نظاماً والتزاماً على العملية الفكرية لمتخذي القرار، وإن ضرورة تحديد قيمة رقمية لكل متغير من متغيرات المشكلة الموضوعية يساعد متخذي القرارات للمحافظة على نموذج فكري متناسق يساعدهم في الوصول إلى القرار المناسب وفي الوقت نفسه تعزز من مصداقية عملية التحليل الهرمي كأداة من أدوات صناعة القرار (Saaty ١٩٨٨).

٣.٣.٢ خطوات عملية التحليل الهرمي

٣.٣.٢.١ بناء الشكل الهرمي

ليست هناك قاعدة ثابتة لبناء الأشكال الهرمية فعلية البناء الهرمي تعتمد على نوع القرار الذي يراد اتخاذه، لذلك فإن أنجح طريقة لتكوين الشكل الهرمي هي بحث الموضوع بتعمق بحضور مجموعة من الخبراء، ثم وضع قائمة بكل ما طرح من عناصر وبدائل لها علاقة بالمشكلة، وبعد ذلك يقوم هؤلاء الخبراء بتجميع هذه العناصر والبدائل وتنظيمها بطريقة هرمية.

بالاعتماد على الدراسات السابقة التي ناقشت إنشاء خريطة الملاءمة المكانية للمنحدرات والانهيارات الأرضية تم استخلاص مجموعة من المعايير التي لها تأثيرا مباشرا على عملية تحريك المواد على المنحدرات، وقد تم ترتيب العوامل بشكل هرمي مناسب للوصول إلى وزن كل معيار للمساهمة في إنشاء الخريطة النهائية لدرجات الخطورة للانهيارات الأرضية.

٣.٣.٢.٢ وضع وتحديد الأولويات: -

تتم عملية التحليل الهرمي بحساب الأولويات بين العناصر للحصول على مجموعة من الأولويات الكلية والتدقيق في مدى ثبات هذه الأحكام لاستخلاص قرار نهائي مبني على نتائج هذه العملية، كما أن أسلوب التحليل الهرمي يستخدم منهجين في الوقت نفسه، حيث يستخدم تفكير النظم لبناء الأفكار هرمياً ويستخدم التفكير أو التفسير السببي من خلال المقارنة الثنائية لعناصر الهرم، ومن خلال تطبيق هذه العملية مع أكثر من خبير يمكن الوصول إلى نسبة ثبات الأحكام في المقارنة الثنائية بين العناصر (Saaty ١٩٨٨).

تحسب الأولويات من مصفوفة المقارنات الزوجية الموضحة في الجدول (٤) بحساب الهيمنة الكلية لكل من العناصر، حيث يمثل الصف الأول عنصر اتجاه الانحدار والصف الثاني عنصر زاوية الانحدار وهكذا، فقد بدأ بمصفوفة ثابتة لجميع العناصر، تمثل القيمة ٣ (أهمية معتدلة)

تعطي هذه العملية ما يعرف رياضي بمتجه أيجن الرئيسي، وناتج هامشي لهذه العملية هو قيمة أيجن الرئيسي (لا مبد ماكس λ_{max}) والتي تستخدم لحساب الثبات في الحكم على العناصر ونحصل على ذلك بجمع كل عمود، وهكذا نحصل على (ن) من الأرقام ثم نضرب كلا منها بالأولوية المناظرة لها، وهي المعطاة في متجه أيجن الرئيسي وإضافة النواتج يعكس متجه أيجن الرئيسي بدقة الرتبة المختفية في الأحكام لمستوى مقبول من التناقض.

٣.٣.٢.٣ حساب الثبات Consistency Verification

جدول (٤) المقياس الأساسي للمقارنات الزوجية بين العناصر

مدى الأهمية	التعريف	الشرح
١	متساويان في الأهمية	النشاطان متساويان من حيث الأهمية بالنسبة للهدف
٣	أهمية معتدلة	يفضل بقوة نشاط على الآخر بدرجة بسيطة
٥	أهمية كبيرة	يفضل بقوة نشاط على الآخر
٧	أهمية كبيرة جداً	نشاط يفضل على الآخر بدرجة كبيرة جداً، أهميته توضحها الممارسة
٩	أهمية قصوى	تفضيل نشاط على آخر يمثل أعلى درجة ممكنة من التأكيد
٢،٤،٦،٨	أهمية وسطية بين القيم المذكورة أعلاه	أحياناً يحتاج فرد ما أن يعطي حكماً وسطاً عددياً؛ حيث لا توجد كلمات لوصفه
مقلوب القيم أعلاه	إذا كان النشاط "س" له إحدى القيم الصحيحة أعلاه عندما قورن بالنشاط "ع" فإن	لزوم إجراء مقارنة باختيار أصغر العناصر كوحدة لتقدير العناصر الأكبر باعتبارها ضعف تلك الوحدة.

المصدر: (Saaty ٢٠٠٨)

من الطبيعي أن هناك ضرورة لدرجة معينة من الثبات في حساب الأولويات للعناصر أو الأنشطة بناء على معيار معين، من أجل الحصول على نتائج مقبولة في الواقع، وتقيس عملية التحليل ويجب أن تكون نسبة Consistency Ratio تساوى ١٠ % أو أقل.

$$c_1 = \lambda \max \left[\frac{-n}{n-1} \right]$$

بعد الحصول على قيمة مؤشر الثبات Consistency index (CI) يجب مقارنتها مع قيمة المؤشر العشوائي Random Index (RI) من أجل التعرف على نسبة الثبات CR

$$CR = C_{-1} / R_{-1}$$

نسبة الثبات كلما اقتربت من الصفر كان هناك ثباتا في المفاضلة والحكم على العناصر والحد الأعلى المقبول لنسبة الثبات هو ١٠% فإذا زاد عن هذا الحد أصبح هناك تناقضا فيما بين العناصر في التأثير على الظاهرة محل الدراسة، ويتضح من الجدول (٦) أن مؤشر الثبات ٠.٤ ونسبة الثبات ٢٩%.

٣.٤ المعالجة المكانية باستخدام الأوزان النسبية في GIS

تعتبر أداة الأوزان النسبية Weighted Overlay tool أحد الأساليب الأكثر استخدامًا لتحليل التطابق لحل المشكلات متعددة المعايير مثل اختيار الموقع ونماذج الملاءمة وبالاعتماد على أدوات التحليل المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية وبرنامج GIS (Younes et al. ٢٠٢٢) حيث يمكن إجراء التحليل متعدد المعايير بين مجموعة من الطبقات نوع Raster المدخلة والتي يتم ضرب كل قيمة من الخلايا في الأوزان النسبية الناتجة من عملية التحليل الهرمي لنحصل على خريطة نهائية بتقييم درجات الخطورة للانهيارات الأرضية.

٣.٥ المعايير والخرائط المستخدمة لتقييم الانهيارات الأرضية. Landslide hazard assessment map

بالاعتماد على آراء الخبراء والدراسات السابقة يمكن مناقشة المعايير على

النحو التالي

٣.٥.١ اتجاه الانحدار. Slope Aspect

يعتبر عامل اتجاه الانحدار من أهم المعايير المؤثرة في عملية الانهيارات الأرضية، كما أنه من أكثر المعايير تكرار في تحليل الملاءمة المكانية في معظم الدراسات السابقة، وفي هذه الدراسة تم الاعتماد على نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) للحصول على اتجاهات الانحدار ممثلاً في مجموعة من الاتجاهات وهي اتجاه الشمال ما بين (٠-٢٢.٥ و ٣٣٧.٥-٣٦٠)، الشرق (٦٧.٥-١١٢.٥)، الجنوب الشرقي (١١٢.٥-١٥٧.٥)، الجنوب (١٥٧.٥-٢٠٢.٥)، الجنوب الغربي (٢٠٢.٥-٢٤٧.٥)، الغرب (٢٤٧.٥-٢٩٢.٥) والشمال الغربي (٢٩٢.٥-٣٣٧.٥) شكل (١٣) جدول (٥).

٣.٥.٢ زاوية الانحدار Slope Angle

يعد الانحدار أحد أهم العوامل تأثيراً على المنحدرات وقام بالحصول على قيم زوايا الانحدار من خلال نماذج الارتفاعات الرقمية DEM، وتم تصنيفها إلى خمسة تصنيفات، وتشير الدراسات أنه كلما زادت درجة الانحدار أصبح هناك قابلية أكبر لزيادة حركة المواد على المنحدرات شكل (١٣) جدول (٥).

٣.٥.٣ الارتفاع. Altitude (m)

يعد الارتفاع ذا تأثير قوي على حدوث الانهيارات الأرضية وقد تم الحصول عليه من نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) شكل (١٣) جدول (٥).

٣.٥.٤ التقوس والتحدب. Profile Curvature

بشكل عام يعد التقوس والتحدب من الأشكال الهندسية لسطح الأرض ويصف تغير المنحدر في الميل، كما يتأثر المنحدر أثناء التدفق بالتقعر والتحدب، وتم الاعتماد على نماذج الارتفاعات الرقمية في الحصول على أماكن التقعر والتحدب

بالمنطقة وتم تقسيمها إلى قيم موجبة الأجزاء (المحدبة) وقيم سالبة تشكل الأشكال المقعرة شكل (١٣) جدول (٥).

٣.٥.٥ مؤشر النبات الطبيعي. NDVI

يعد مؤشر النبات الطبيعي من أهم مقاييس الحصول على الاختلافات في الغطاء النباتي والذي يعطي تقديرا كميًا عن التغير في النمو النباتي والكتلة الحيوية للنباتات، وفي هذه الدراسة تم اشتقاق الغطاء النباتي من صور الأقمار الصناعية (OLS) وتعتبر من أهم الطبقات التي تلعب دورا بارزا في إيجاد خريطة درجات الخطورة للمنحدرات شكل (١٣) جدول (٥).

$$NDVI = IR - R / IR + R$$

IR = جزء الأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي

R= هو الجزء الأحمر من الطيف الكهرومغناطيسي

٣.٥.٦ التكوينات الجيولوجية.

يعتبر العامل الجيولوجي من أهم العوامل التي لها تأثيرا واضحا في حدوث الانهيارات الأرضية وتحرك المواد على المنحدرات وعامل مهم في تحديد درجات الخطورة بالمنطقة حيث تم الاعتماد على الخريطة الجيولوجية مقياس ١:٢٥٠٠٠٠٠ إصدار هيئة المساحة الجيولوجية، وعمل ترقيم لها وتحويلها من Raster إلى Vector ليصبح لدينا مجموعة من الوحدات الجيولوجية التابعة لعصور وأزمنة جيولوجية مختلفة، وأهمها تكوينات الأزمنة (الأول- الثالث- الرابع). شكل (١٣) جدول (٥).

٣.٥.٧ المسافة من الأودية.

في منطقة الدراسة يوجد العديد من الأودية الجافة بالإضافة إلى الكثير من الأودية الصغيرة وفروعها موزعة على نطاق واسع منها، وفي فترات السيول فإن الماء هو الأساس كعامل لتحريك آليات الانهيار الأرضي، ويلعب الجريان السيلي دورًا مهمًا في حدوث الانهيارات الأرضية. (Ramesh and Balamurugan, 2016) شكل (١٣) جدول (٥).

٣.٥.٨ المسافة من الطرق. Distance to Roads

المسافة إلى الطرق مهمة لتقييم حدوث الانهيارات الأرضية وتعتبر واحدة من أهم العوامل البشرية التي تؤثر في حدوثها (Demir et al. ٢٠١٣) شكل (١٣) جدول (٥).

٣.٥.٩ المسافة من الصدوع. Distance to Faults

تعتبر الصحراء الشرقية أكثر المناطق تعرضاً للحركات الصدعية نظراً لطبيعتها الجيولوجية المكونة من صخور شديدة الصلابة، حيث إن للمسافة من الصدوع الرئيسية دوراً في زيادة قوة الانهيارات الأرضية، فالصدوع الجيولوجية هي المسؤولة عن عدد كبير من الانهيارات الأرضية شكل (١٣) جدول (٥).

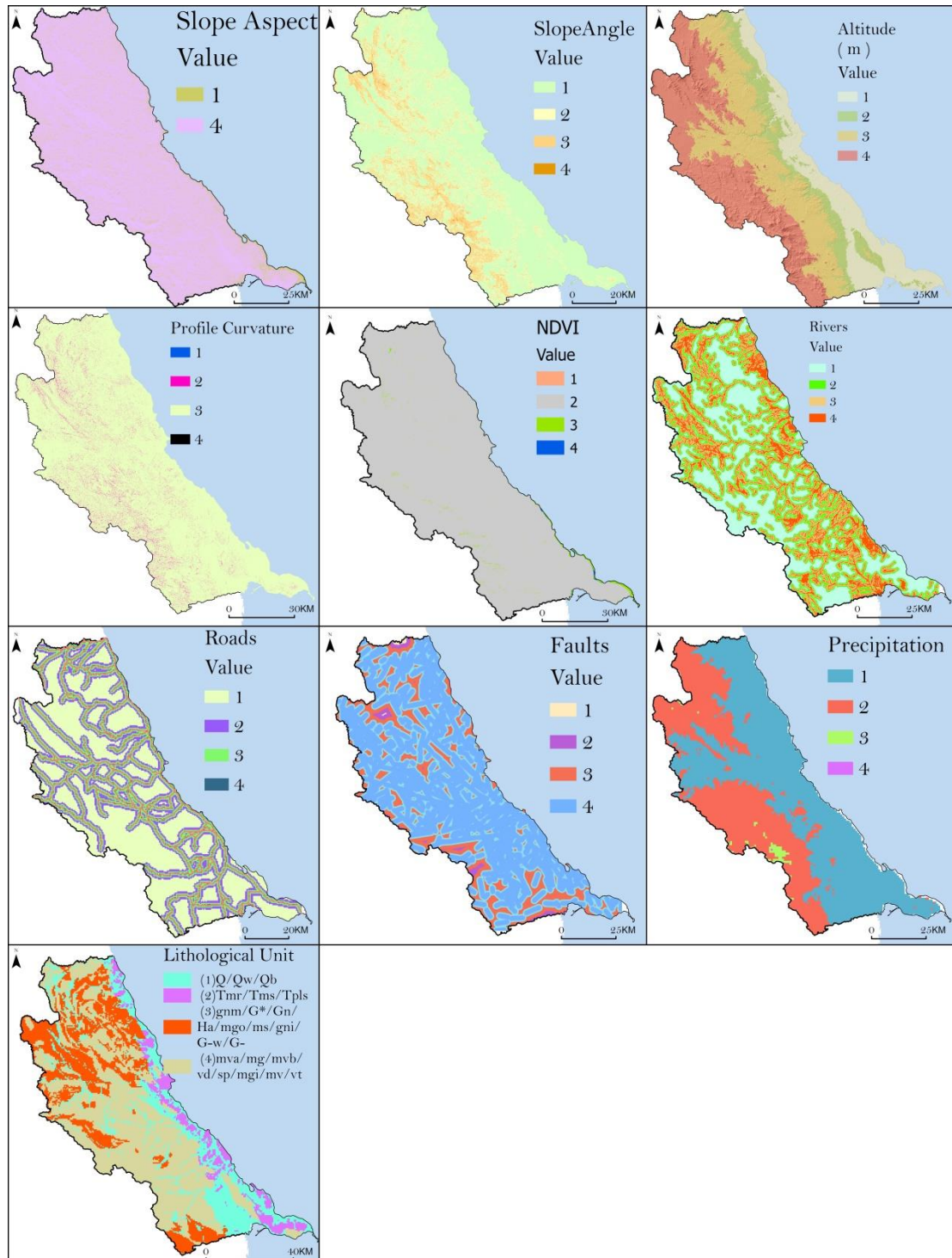
٣.٥.١٠ التساقط. Precipitation (mm/yr.)

يؤخذ هطول الأمطار على نطاق واسع في الاعتبار على أنه سبب رئيسي عامل لبدء الانهيار الأرضي ويعتبر أيضاً عاملاً مهماً لتحليل القابلية للانهيارات الأرضية، وفق بيانات هطول الأمطار المتاحة المسجلة خلال فترة ١٩٧٠-٢٠٢٢، يكون موسم الأمطار عادة في فصل الشتاء وهطول الأمطار خلال هذه الفترة يمثل درجة خطورة كبيرة يساهم في حركة المواد على المنحدرات شكل (١٣) جدول (٥).

جدول (٥) تحديد درجات الخطورة لحركة المواد على المنحدرات

Evaluation criteria المعايير	الوزن النسبي	منعدم الخطورة (١)	مخفض الخطورة (٢)	متوسط الخطورة (٣)	عالي الخطورة (٤)
Slope Aspect اتجاه الانحدار	٢٦.٣ %	Flat ١	(٢٩٢.٥ - ٢٤٧.٥) West (٣٣٧.٥ - ٢٩٢.٥) northwest South (١٥٧.٥ - ٢٠٢.٥), (٢٠٢.٥, ٢٤٧.٥)		
Slope Angle(o) زاوية الانحدار	٢٥.٥ %	٠ - ٨	٨ - ١٦	١٦ - ٤٠	>٤٠
Altitude (m) الارتفاع	١١.٠%	٠ - ١٠٠	١٠٠ - ٢٠٠	٢٠٠ - ٤٠٠	> ٤٠٠
Profile Curvature التقعر	٩.٥%	-٦.٢ - -٣.٣	-٣.٣ - -٠.٤٠	-٠.٤٠ - ٢.٥	٢.٥ - ٥.٤
NDVI النبات الطبيعي	٧.٦%	--٠.١٧ ٠.٣٤٩	٠.٠٠٧ - ٠.١٧	٠.١٨ - ٠.٠٠٧	<-٠.١٨
Lithological Unit الجيولوجيا	٦.٧%	Q/Qw/Qb	Tmr/Tms/Tpls	gnm/G*/Gn/Ha/mgo/ms/gni/G-w/G	mva/mg/mvb/vd/sp/mgi/
Distance to Valleys(m) المسافة من الأودية	%٤.٨	>٨٠٠	٦٠٠ - ٤٠٠	٤٠٠ - ٢٠٠	٢٠٠ -
Distance to Roads المسافة من الطرق	٣.٦%	>١٦٠٠	١٦٠٠ - ٨٠٠	٨٠٠ - ٢٠٠	<٢٠٠
Distance to Faults المسافة من الصدوع	٣.١%	>٤٠٠٠	٤٠٠٠ - ٣٠٠٠	٣٠٠٠ - ٢٠٠٠	<١٠٠٠
Precipitation (mm/yr.) التساقط	٢.٠%	<١٠٠ mm/yr	١٠٠ - ٢٠٠	٢٠٠ - ٤٠٠	>٤٠٠

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على آراء الخبراء والدراسات السابقة



المصدر من عمل الباحث اعتمادا على ArcGIS pro ٣.٠١

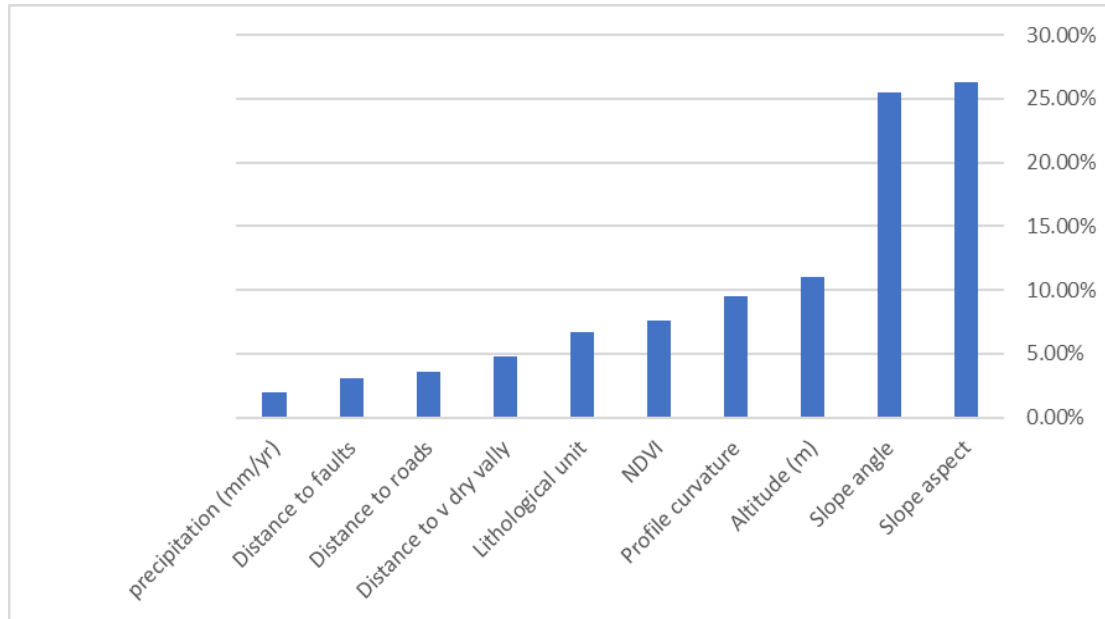
شكل (١٣) تصنيف الطبقات طبقا لدرجات الملاءمة المكانية

٤. النتائج والمناقشات

٤.١.١ الأوزان النسبية للمعايير المختارة

تعد أهم خطوة في الدراسة وتعتمد دقة نتائجها على آراء الخبراء وبين المتخصصين حيث تم التوصل مع خبراء في مجال الهندسة المدنية والجيولوجيا والهيدرولوجيا للوصول إلى تقدير صحيح لأهمية كل معيار والوصول إلى الأوزان النسبية لكل معيار كما في جدول ٦ و٧ أشكال (١٣).

تشير نتائج عملية حساب الأوزان النسبية سيطرة عامل زاوية الانحدار واتجاه الانحدار على حوالي ٥١ % من جملة الأوزان بينما مؤشر النبات الطبيعي حصل على وزن نسبي ٩.٥ وشكل عامل المسافة من الطرق والمسافة من الصدوع ٥ % شكل (١٣).



المصدر من عمل اعتمادا على نتائج نموذج AHP

شكل (١٤) نسب مشاركة العوامل في الانهيارات الأرضية

جدول (٦) حساب الأولويات طبقا لجدول الخبراء

Item Number	Item Description	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
		Slope aspect	Slope angle (m)	Profile curvature	NDVI	Lithological unit	Distance to rivers	Distance to roads	Distance to faults	precipitation (mm/yr)	
١	Slope aspect	١.٠٠	٣.٠٠	٣.٠٠	٩.٠	٩.٠٠	٧.٠٠	٩.٠٠	٥.٠٠	٣.٠٠	٥.٠٠
٢	Slope angle	٠.٣٣	١.٠٠	٩.٠٠	٩.٠	٩.٠٠	٥.٠٠	٩.٠٠	٩.٠٠	٧.٠٠	٥.٠٠
٣	Altitude (m)	٠.٣٣	٠.١١	١.٠٠	٣.٠	٢.٠٠	٤.٠٠	٩.٠٠	٩.٠٠	٣.٠٠	٣.٠٠
٤	Profile curvature	٠.١١	٠.١١	٠.٣٣	١.٠	٢.٠٠	٧.٠٠	٧.٠٠	٩.٠٠	٣.٠٠	٣.٠٠
٥	NDVI	٠.١١	٠.١١	٠.٥٠	٠.٥	١.٠٠	٥.٠٠	٧.٠٠	٣.٠٠	٥.٠٠	٣.٠٠
٦	Lithological unit	٠.١٤	٠.٢٠	٠.٢٥	٠.١	٠.٢٠	١.٠٠	٥.٠٠	٥.٠٠	٣.٠٠	٩.٠٠
٧	Distance to dry	٠.١١	٠.١١	٠.١١	٠.١	٠.١٤	٠.٢٠	١.٠٠	٣.٠٠	٥.٠٠	٧.٠٠
٨	Distance to	٠.٢٠	٠.١١	٠.١١	٠.١	٠.٣٣	٠.٢٠	٠.٣٣	١.٠٠	٣.٠٠	٥.٠٠
٩	Distance to	٠.٣٣	٠.١٤	٠.٣٣	٠.٣	٠.٢٠	٠.٣٣	٠.٢٠	٠.٣٣	١.٠٠	٣.٠٠
١٠	precipitation	٠.٢٠	٠.٢٠	٠.٣٣	٠.٣	٠.٣٣	٠.١١	٠.١٤	٠.٢٠	٠.٣٣	١.٠٠
	Sum	٢.٨٨	٥.١٠	١٤.٩٧	٢٣.	٢٤.٢١	٢٩.٨٤	٤٧.٦٨	٤٤.٥٣	٣٣.٣٣	٤٤.٠٠

		Slope	Slope	Altitude (m)	Profile curvature	N DV	Lithological	Distance to rivers	Distance to roads	Distance to faults	precipitation (mm/yr)	Wei
١	Slope aspect	٠.٣	٠.٥٩	٠.٢٠	٠.٣٨	٠.٣	٠.٢٣	٠.١٩	٠.١١	٠.٠٩	٠.١١	٢٦
٢	Slope angle	٠.١	٠.٢٠	٠.٦٠	٠.٣٨	٠.٣	٠.١٧	٠.١٩	٠.٢٠	٠.٢١	٠.١١	٢٥
٣	Altitude (m)	٠.١	٠.٠٢	٠.٠٧	٠.١٣	٠.٠	٠.١٣	٠.١٩	٠.٢٠	٠.٠٩	٠.٠٧	١١
٤	Profile	٠.٠	٠.٠٢	٠.٠٢	٠.٠٤	٠.٠	٠.٢٣	٠.١٥	٠.٢٠	٠.٠٩	٠.٠٧	٩.
٥	NDVI	٠.٠	٠.٠٢	٠.٠٣	٠.٠٢	٠.٠	٠.١٧	٠.١٥	٠.٠٧	٠.١٥	٠.٠٧	٧.
٦	Lithological	٠.٠	٠.٠٤	٠.٠٢	٠.٠١	٠.٠	٠.٠٣	٠.١٠	٠.١١	٠.٠٩	٠.٢٠	٦.
٧	Distance to v	٠.٠	٠.٠٢	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠	٠.٠١	٠.٠٢	٠.٠٧	٠.١٥	٠.١٦	٤.
٨	Distance to	٠.٠	٠.٠٢	٠.٠١	٠.٠٠	٠.٠	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠٢	٠.٠٩	٠.١١	٣.
٩	Distance to	٠.١	٠.٠٣	٠.٠٢	٠.٠١	٠.٠	٠.٠١	٠.٠٠	٠.٠١	٠.٠٣	٠.٠٧	٣.
١٠	precipitation	٠.٠	٠.٠٤	٠.٠٢	٠.٠١	٠.٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠١	٠.٠٢	٢.

جدول (٧) نتائج عمليات التحليل الهرمي

	Slo	Slope	Altitu	Profile	NDVI	Lithol	Dista	Distanc	Distan	precipitati	SU	SUM
١ Slope	٠.٢	٠.٧٦	٠.٣٣	٠.٨٥	٠.٦٨	٠.٤٧	٠.٤٤	٠.١٨	٠.٠٩	٠.١٠	٤.١٧	١٥.٨
٢ Slope	٠.٠	٠.٢٥	٠.٩٩	٠.٨٥	٠.٦٨	٠.٣٣	٠.٤٤	٠.٣٢	٠.٢٢	٠.١٠	٤.٢٧	١٦.٧
٣ Altitude	٠.٠	٠.٠٣	٠.١١	٠.٢٨	٠.١٥	٠.٢٧	٠.٤٤	٠.٣٢	٠.٠٩	٠.٠٦	١.٨٤	١٦.٧
٤ Profile	٠.٠	٠.٠٣	٠.٠٤	٠.٠٩	٠.١٥	٠.٤٧	٠.٣٤	٠.٣٢	٠.٠٩	٠.٠٦	١.٦٢	١٧.٠
٥ NDVI	٠.٠	٠.٠٣	٠.٠٥	٠.٠٥	٠.٠٨	٠.٣٣	٠.٣٤	٠.١١	٠.١٥	٠.٠٦	١.٢٣	١٦.٢
٦ Lithologic	٠.٠	٠.٠٥	٠.٠٣	٠.٠١	٠.٠٢	٠.٠٧	٠.٢٤	٠.١٨	٠.٠٩	٠.١٨	٠.٩١	١٣.٦
٧ Distance	٠.٠	٠.٠٣	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠٥	٠.١١	٠.١٥	٠.١٤	٠.٥٦	١١.٥
٨ Distance	٠.٠	٠.٠٣	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠٣	٠.٠١	٠.٠٢	٠.٠٤	٠.٠٩	٠.١٠	٠.٣٩	١٠.٨
٩ Distance	٠.٠	٠.٠٤	٠.٠٤	٠.٠٣	٠.٠٢	٠.٠٢	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠٣	٠.٠٦	٠.٣٤	١١.٠
١٠ precipitati	٠.٠	٠.٠٥	٠.٠٤	٠.٠٣	٠.٠٣	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠٢	٠.١٧	٨.٥٥

Saaty's Clr values for matrices are given by the following table.

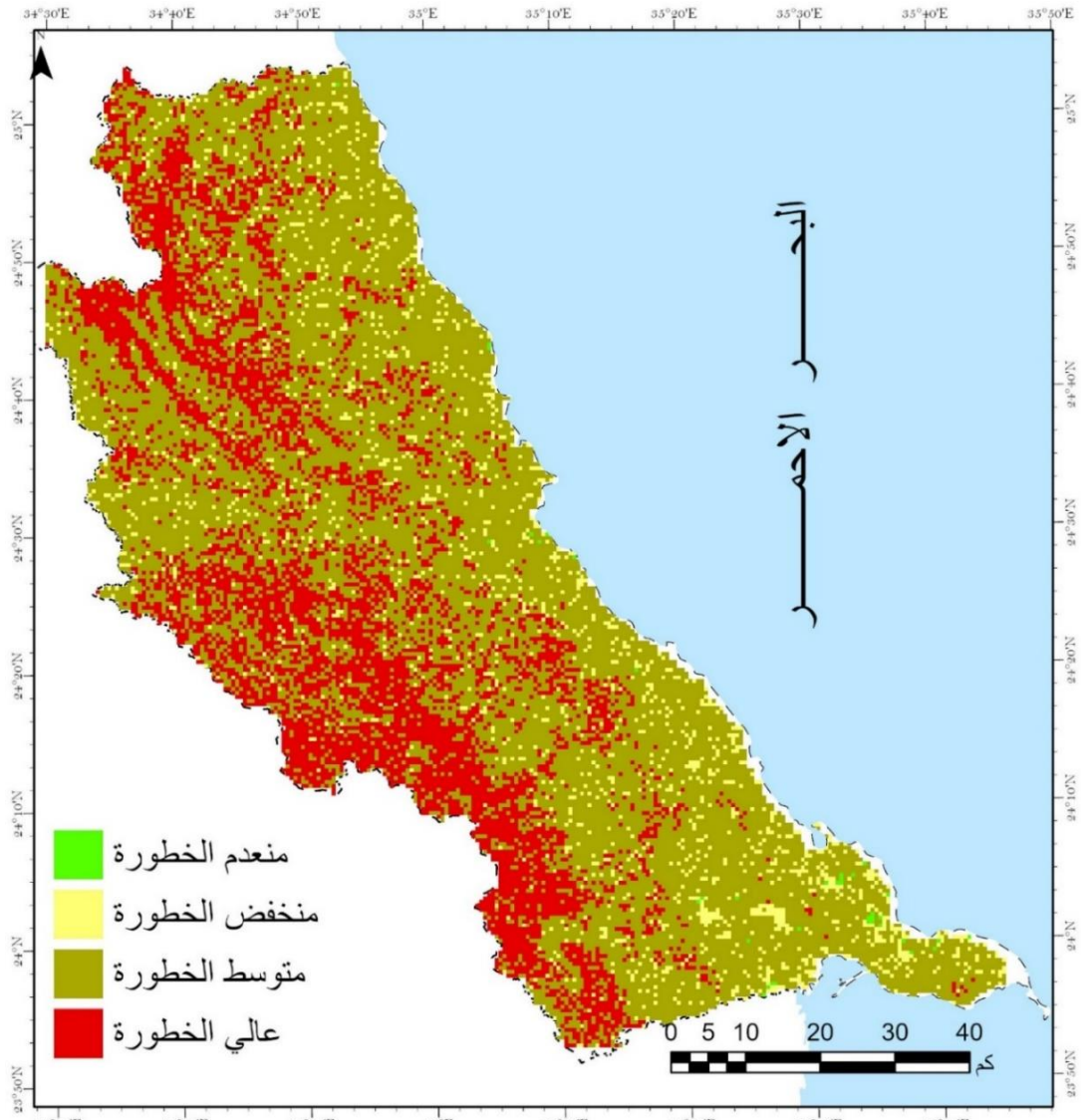
Size of	Random	Factors
١	٠	١
٢	٠	٢
٣	٠.٥٨	٣
٤	٠.٩٠	٤
٥	١.١٢	٥
٦	١.٢٤	٦
٧	١.٣٢	٧
٨	١.٤١	٨
٩	١.٤٥	٩
١٠	١.٤٩	١٠

جدول (٨) قيمة مؤشر الثبات العشوائي (RI)

العدد	Count	١٠.٠٠
لامبدا ماكس	lambda max	١٣.٨٣٩
مؤشر الثبات	CI	٠.٤٢٧
نسبة الثبات	CR	٠.٢٩
قيمة ثابتة	constant	١.٤٩

٤.١.٢ خريطة الحساسية للانهيّارات الأرضية.

باستخدام تحليل الأوزان النسبية وبالنظر في أوزان المعايير التي تم الحصول عليها من AHP، تم استخلاص خريطة الحساسية النهائية لمواقع الانهيّارات الأرضية في المنطقة كما هو موضح في الشكل ١٥، حيث قسمت منطقة الدراسة إلى أربع فئات رئيسية هي كما يلي: الفئة الأولى مناطق عالية الخطورة بمساحة تقدر بحوالي ١٧٧٥ كم^٢ تمثل ٢٦.٢ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، الفئة الثانية متوسطة الخطورة بمساحة ٤٣٠٤ كم^٢ تمثل ٦٥.١ %، الفئة الثالثة منخفضة الخطورة بمساحة ٥١٣.٢ كم^٢ تمثل ٧.٧ %، الفئة الرابعة منعدمة الحساسية أقل من



شكل (١٥) خريطة الحساسية للانهيّارات الأرضية.

٥.٥. الخلاصة Conclusion

اقترحت الدراسة نهجاً جديداً جغرافياً مكانياً متعدد المعايير لاتخاذ القرار لتقييم مواقع الحساسية والقابلية للانهييارات الأرضية في منطقة الدراسة والتي تعتبر منطقة مهمة من الناحية الاقتصادية نظراً للوفرة الجيولوجية من المعادن الاقتصادية وكما تضم المنطقة محميات طبيعية وأهمها محمية وادي الجمال إحدى أهم المحميات في مصر وتعد الوجه البحرية للمنطقة مصدر جذب سياحي وعمراني لذلك يعتبر تحديد الأماكن الأكثر خطورة لحركة المواد على المنحدرات والانهييارات الأرضية مهم للغاية في مثل هذه المنطقة نظرت الدراسة في ١٠ معايير تمثل مجتمعه أهم العوامل الجغرافية والبيئية.

تم استخدام طريقة عملية التسلسل الهرمي التحليلي لتحديد أوزان المعايير المطروحة والتي تم من خلالها تقييم المعايير من خلال الاستعانة بثلاثة خبراء. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء التحليل الجغرافي المكاني باستخدام برنامج ArcGIS Pro لتحديد وتقييم المواقع المعرضة للانهييارات الأرضية وزحف المواد على المنحدرات تم بناء نموذج مقترح لتصنيف خريطة درجة الحساسية إلى أربعة مستويات باستخدام تحليل الأوزان النسبية مع الأخذ في الاعتبار الوزن المحسوب لكل معيار.

سلطت هذه الدراسة الضوء على العديد من اتجاهات البحث الإضافية لتحسين التحليل الحالي. أولاً، لتغطية الحجم الضخم للمقارنات الزوجية مع طريقة AHP، يمكن أن يستخدم التحقيق المستقبلي طريقة متقدمة أخرى مثل طرق ANP، F-AHP، TOPSIS من خلال الحصول على الأوزان بأكثر من طريقة والتعرف على قيمة CI والتي توضح درجة الثقة في النتائج والوصول إلى أفضل طرق دعم القرار صحة في التعرف على القابلية للانهييارات الأرضية ثانياً، يمكن تعزيز النموذج المكاني للحساسية للانهييارات الأرضية في المنطقة من خلال استشارة عدد أكبر من الخبراء والمهنيين في هذا المجال. يمكن تنفيذ ذلك من خلال دراسة استبيان مُدارة جيداً قبل حساب أوزان المعايير ثالثاً، يُقترح النظر في معايير تقييم أخرى (الزلازل وتقدير الجريان السطحي للمياه وسرعة الجريان ودمج نتائج التحليل المورفومتري مع المعايير السابقة لتحسين دقة النموذج المكاني).

المراجع

- (¹) Achuthan, K., V. K. Nair, R. Kowalski, S. Ramanathan & R. J. C. i. H. B. Raman (٢٠٢٣) Cyberbullying research—Alignment to sustainable development and impact of COVID-١٩: Bibliometrics and science mapping analysis. ١٤٠, ١٠٧٥٦٦.
- (^٢) ARCGISPRO How Weighted Overlay works. *ArcGIS Pro* ٣.١, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-weighted-overlay-works.htm#:~:text=Using%20the%20Weighted%20Overlay%20tool,-The%20Weighted%20Overlay&text=The%20tool%20combines%20the%20following,the%20raster's%20weight%20of%20importance.>
- (^٣) Balamurugan, G., V. Ramesh & M. J. N. h. Touthang (٢٠١٦) Landslide susceptibility zonation mapping using frequency ratio and fuzzy gamma operator models in part of NH-٣٩, Manipur, India. ٨٤, ٤٦٥-٤٨٨.
- (^٤) Demir ,G., M. Aytakin, A. Akgün, S. B. Ikizler & O. J. N. h. Tatar (٢٠١٣) A comparison of landslide susceptibility mapping of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by likelihood-frequency ratio and analytic hierarchy process methods. ٦٥, ١٤.١٥٠٦-٨١
- (^٥) El Kazzaz, Y. A. (٢٠١٠) Geometry of fold interference patterns in Wadi Kharit area, South Eastern Desert, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, ١٣, ١١٣-١٢٠.
- (^٦) Saaty, T. L. ١٩٨٨. What is the analytic hierarchy process? : Springer ,
- (^٧) Saaty, T. L. J. I. j. o. s. s. (٢٠٠٨) Decision making with the analytic hierarchy process. ١, ٨٣-٩٨.
- (^٨) Samal, D. R., S. S. Gedam & R. J. G. I. Nagarajan (٢٠١٥) GIS based drainage morphometry and its influence on hydrology in parts of Western Ghats region, Maharashtra, India. ٣٠, ٧٥٥-٧٧٨.
- (^٩) Younes, A., K. M. Kotb, M. O. A. Ghazala & M. R. J. I. J. o. D. R. R. Elkadeem (٢٠٢٢) Spatial suitability analysis for site selection of refugee camps using hybrid GIS and fuzzy AHP approach: The case of Kenya. ٧٧, ١٠٣٠٦٢.

(^{١٠}) إبراهيم على يوسف، ف.ع. معتمد عبد الحميد & ع. ل. م. ك. ا. ج. الفيوم (٢٠٢٢) الجيومورفولوجية التطبيقية والتنمية المستدامة لمنطقة أبو زنيمة- غرب سيناء، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. ١٤، ٧٣١-٧٨٤.

- (^{١١}) الكومي، ع. ب. (٢٠٢٢) النمذجة الهيدرولوجية ولحوض وأدى إيمو بالصحراء الشرقية باستخدام نموذج HEC-HMS دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية %J مجلة كلية الآداب جامعة الفيوم. ١٤، ١١٧٤-١٢٥٣.
- (^{١٢}) --- (٢٠٢٣) تحليل أخطار الجريان السيلي لحوض وأدى قوته بمركز يوسف الصديق- الفيوم "دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام تقنيات الجيوماتكس" %J مجلة كلية الآداب جامعة الفيوم. ١٥، ١٠٣-٧٣.
- (^{١٣}) الكومي، ع. ب. (٢٠٢٠) التوجيه وتأثيرها على المواقع الأثرية بمركز طامية- محافظة الفيوم- تحليل جيومورفولوجي "باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية" %J المجلة الجغرافية العربية. ٥١، ١٠٥-٥٥.
- (^{١٤}) خلخل، ح. ن. ع. م. (٢٠٢٣) النمذجة المكانية المتعددة المعايير لتقييم حساسية منحدرات هضبة المعارة للانهيارات الأرضية بين مروحتي وادي الأحيوية وعمار شرق سوهاج %J المجلة الجغرافية العربية. ٥٤، ٢٢٥-٢٧٤.
- (^{١٥}) عقل، م. ت. (١٩٩٤) جيومورفولوجية المراوح الفيضية والعوامل المتحكمة في تطورها بحوض أم غيط بالصحراء الشرقية. %J مجلة بحوث كلية الآداب. جامعة المنوفية. ٥، ١٤٩-١٩٢.