DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719 ISSN : 2072-6317(P) - 2572-5440(O)

جامعة المثنى / كلية التربية للعلوم الانسانية

مجلة اوروك للعلوم الانسانية

موقع المجلة : www.muthuruk.mu.edu.iq

# تقييم مو اقع المراكز الحضرية في المنطقة الجبلية لمحافظة أربيل بحسب نموذج قابلية الانهيار الأرضي

كامران ولي محمود*

جامعة صلاح الدين / كلية الآداب

**معلومات المقالة**

**تاريخ المقالة :**

تاريخ الاستلام: 2024/2/12

تاريخ التعديل : 2024/2/20

قبـول النشـر: 2024/3/04

متوفر على النت: 2024/6/12

**الكلمات المفتاحية :**

مواقع المراكز الحضرية ، المنطقة الجبلية ، الانهيار الأرضي ، نظم المعلومات الجغرافية

**الملخص**

يهدف البحث إلى تحديد مستويات مخاطر الانهيار الأرضي في المنطقة الجبلية من محافظة أربيل وتقييم مواقع المراكز الحضرية فيها استناداً إلى تلك المستويات. ويفترض بأن مناطق واسعة منها تتعرض لهذه المخاطر ولاتكون المراكز الحضرية أو الأغلبية منها بعيدة عن هذه المخاطر. وانتهج البحث المنهج الاستقرائي باستخدام أسلوب التحليل العلمي. وتم تقسيم البحث إلى مجموعة محاور وهي التعريف بمنطقة الدراسة، طرق البحث، النتائج والمناقشة، وانتهى بالاستنتاجات والمقترحات. وتوصل البحث إلى مجموعة من الاستنتاجات أهمها أن منطقة الدراسة تتعرض لمخاطر الانهيار الأرضي بمستويات مختلفة، إذ تحتل المناطق ذات الفئة المرتفعة جداً 15.9% من مساحة منطقة الدراسة. ويقع 3.8 كم$^2$ من إجمالي مساحة المراكز الحضرية في منطقة الدراسة ضمن دائرة الخطر من الفئة (مرتفع جداً)، تأتي في مقدمتها مدينتا جومان وبيران. فيما كانت مدن بيرمام وسكتان وباليسان وباسرمة بعيدة تماماً عن هذه المخاطر.

©جميع الحقوق محفوظة لدى جامعة المثنى 2024

## المقدمـة:

يعد الموقع من أهم عناصر جغرافية المدن الذي قد يعني الحياة أو الموت بالنسبة للمدينة. ويشتمل على نفس خصائص الموضع الطبيعية والبشرية، لكنه أعم وأشمل لأنه يمتد على مساحة أوسع خارج المدينة. وللموقع أهمية كبيرة في حياة المدينة ومورفولوجيتها، بل له مساهمة فاعلة في تطورها وتدهورها أيضاً، وذلك لدوره في تنظيم العناصر الطبيعية والبشرية داخل المدينة وخارجها من حيث حجمها وشكلها وتوزيعها وأقاليمها الوظيفية ونوع كل وظيفة وحجمها. وبصورة أدق فإن الموقع يعني العلاقات المكانية القوية فيما بين المدينة من جهة والظاهرات الجغرافية الطبيعية والبشرية من جهة ثانية. استناداً إلى ذلك يحاول الباحثون تقييم مواقع المراكز الحضرية عن طريق دراسة الإقليم الجغرافي الذي تقع فيه هذه المراكز من مختلف الجوانب، وتعد المخاطر الطبيعية ولاسيما مخاطر الانهيار الأرضي، واحدة من أهم تلك الجوانب التي أصبحت تهدد سكان هذه المراكز ومؤسساتها العمرانية في المناطق الجبلية.

**أهمية البحث:** يعالج هذا البحث موضوعاً غايةً في الأهمية ألا وهو مواقع المراكز الحضرية من مخاطر الانهيار الأرضي في المنطقة الجبلية من محافظة أربيل، كونه يتعلق بحياة الإنسان قبل كل شيء والخطورة على منشآته خصوصاً في المناطق الحضرية التي تتميز بتنوع ووفرة وانتشار مؤسساتها على مناطق واسعة، اعتماداً على أهمية المراكز الحضرية ودرجة تحضرها والترتيب الوظيفي والإداري لها. وتتمثل أهمية البحث في

*الناشر الرئيسي : E-mail : kamaran.mahmood@su.edu.krd

مساهمته في الحد أو على الأقل في حماية الناس والممتلكات من حدوث هذه المخاطر والتقليل من الخسائر، ووضعها في الحسبان عند الشروع بإنشاء التصاميم الأساسية أو عند تنفيذ المشاريع الحضرية الأخرى.

**مشكلة البحث**: تكمن مشكلة البحث في وقوع المراكز الحضرية في المنطقة الجبلية من محافظة أربيل ضمن دائرة مخاطر الانهيار الأرضي لكن بدرجات متفاوتة فيما بين هذه المراكز.

**هدف البحث**: يهدف البحث إلى تحديد مستويات مخاطر الانهيار الأرضي في المنطقة الجبلية من محافظة أربيل وتقييم مواقع المراكز الحضرية فيها استناداً إلى تلك المستويات.

**فرضية البحث**: يفترض البحث بأن مناطق واسعة من المنطقة الجبلية لمحافظة أربيل تتعرض لمخاطر الانهيار الأرضي، ولا تكون المراكز الحضرية أو أغلبها بمنأى عن هذه المخاطر.

**منهج البحث**: انتهج البحث المنهج الاستقرائي الذي يبدأ بالجزئيات وينتهي بالعموميات، مستخدماً أسلوب التحليل العلمي الذي يستند إلى البيانات والمعادلات والنماذج الرياضية والكارتوكرافية.

**حدود البحث**: تتحدد الحدود المكانية للبحث بالمنطقة الجبلية من محافظة أربيل، فيما تتحدد الحدود الزمانية بعام 2020.

**هيكلية البحث**: تم تقسيم البحث إلى مجموعة من المحاور وهي: التعريف بمنطقة الدراسة، طرق البحث، النتائج والمناقشة، وانتهى بالاستنتاجات والمقترحات.

**مراجعة الأدبيات**: هناك العديد من البحوث التي تناولت نموذج قابلية (أو حساسية) الانهيار الأرضي في الأقاليم الجبلية مثل إقليم كوردستان – العراق وغيره من المناطق في شتى أرجاء العالم، كما هو موضح في الجدول (1)، واستخدم بعضها وسائل رياضية وإحصائية مختلفة مثل عملية التحليل الهرمي – AHP، الشبكات العصبية الإصطناعية – ANN، نموذج الغابة العشوائية – RFM، نسبة التكرار – FR وغيرها، أما البعض الآخر منها فاستخدم العمل الحقلي لتشخيص وفحص وتحليل ظاهرة الانهيار الأرضي كمثال للمخاطر الطبيعية. وتجدر الإشارة إلى أن هناك بعض الدول ومنها العراق وإقليم كوردستان تفتقر إلى بيانات من نوع (سجل الانهيارات الأرضية - Landslide inventory) التي وقعت في الماضي، وتقوم بجمعها مؤسسات متخصصة التي تقوم بتسجيل تلك المخاطر من حيث التقاط صور فوتوغرافية لتوثيقها ومواقعها ودرجة خطورتها وأبعادها الجغرافية وتوقيعها على خرائط خاصة إضافة إلى حجم الخسائر التي تكبدتها، ويمكن الاستفادة من هذا السجل التاريخي في معرفة وتحديد الأماكن التي قد تتعرض لهذه المخاطر في المستقبل والتنبؤ بها (USGS, 2023)، وذلك عن طريق تطبيق نموذج نسبة التكرار- Frequency Ratio الذي استخدمته العديد من البحوث، التي قامت بدراسة المناطق التي تملك هذا النوع من البيانات، بهدف تحديد أوزان المعايير الداخلة في بناء نموذج الانهيار الأرضي. وخلافاً لهذه البحوث ولعدم وجود هذا النوع من البيانات في العراق وإقليم كوردستان وللابتعاد عن رأي الباحث الشخصي والتحيز، فقد قام البحث الحالي بإعطاء الأوزان للمعايير الداخلة في بناء نموذج قابلية الانهيار الأرضي استناداً إلى آراء الخبراء في مجالات مثل الجيومورفولوجيا والجيولوجيا والهندسة.

ومما يمكن ملاحظته في البحوث السابقة هو أنها بحثت في ظاهرة الانهيار الأرضي من حيث تشخيصها وتحليلها والتنبؤ بها أيضاً، وهناك بعض الدراسات تربط هذه المخاطر مع الظاهرات الجغرافية الأخرى مثل دراسة (طاهر، 2023) التي بحثت في العلاقة بين مخاطر الانزلاقات الأرضية واستعمالات الأرض في منطقة جمي ريزان غرب السليمانية. ودراسة (العتابي، 2021) التي قامت بدراسة أثر الانهيار الأرضي على طرق النقل في منطقة جبل ميركسور بمحافظة أربيل. ودراسة كل من (قابيل وعواد، 2021) التي قامت بدراسة أثر الانهيارات والانزلاقات الصخرية في التنمية العمرانية في هضبة الجلالة بدولة مصر، أما البحث الذي نحن بصدده فيبحث في العلاقة بين مواقع


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

المراكز الحضرية ومستويات مخاطر الانهيار الأرضي في المنطقة الجبلية لمحافظة أربيل.

وهناك نقطة لابد من التنويه إليها وهي أن هناك عدد من البحوث التي بحثت في مخاطر الانهيار الأرضي، أجريت على محافظة أربيل مثل (العكام، 2015) و(حاج، 2022) أو في منطقة محدودة ضمن المحافظة مثل غابات شقلاوة ( Zaki & Suleimany, 2021)، وجبل ميركسور (العتابي، 2021)، وجبل هيبت سلطان (Sadiq et. al, 2016)، وقرية كوري ( Mustafa et. al, 2018)، ووادي كلي علي بك (أحمد، 2023). والنقطة الأخرى هي أن بعضها طبق نماذج قابلية الانهيار الأرضي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، فيما بحث البعض الآخر تلك المخاطر كدراسة جيومورفولوجية تطبيقية.

**الجدول (1) استعراض موجز لبعض البحوث السابقة**

| الباحث/ الباحثون | العام | وسائل البحث | منطقة الدراسة |
|---|---|---|---|
| Fernández, et | 1999 | Matrix' Method | اسبانيا |
| Sarkar, & | 2004 | Numerical Rating Scheme | الهند |
| Ermini et al. | 2005 | Artificial Neural Networks | إيطاليا |
| Ayalew & | 2005 | Logistic Regression | اليابان |
| Komac | 2006 | AHP Fuzzy | سلوفينيا |
| Abella & Van | 2008 | Qualitative Weighting, | كوبا |
| ناجي | 2008 | Field work | اليمن |
| Constantin et | 2011 | Bivariate Analysis and Shannon | رومانيا |
| Bui et al. | 2011 | Statistical Index and Logistic | فيتنام |
| Erener & | 2012 | Logistic regression, Spatial | تركيا |
| Guillard & | 2012 | Frequency Ratio | البرتغال |
| القشنطيني | 2012 | Field work | العراق/ |
| Othman & | 2013 | Automatic Landslide Detection | العراق/ |
| Wang et al. | 2015 | Certainty factor and Shannon | الصين |
| سركيس وآخرون | 2015 | Frequency Ratio | سوريا |
| العكام وآخرون | 2015 | Field work | العراق/ |
| Sadiq et al. | 2016 | Field work | العراق/ |
| Mustafa et al. | 2018 | Field work | العراق/ |
| Thai Pham et | 2019 | Alternating Decision Tree | الهند |
| Zhang et al. | 2019 | Google Earth Engine, Operational Land Imager | الصين |
| Chang et al. | 2019 | Logistic Regression, Support Vector Machine, Random | تايوان |
| Zhao & Chen | 2020 | Function Tree, Logistic Regression, Logistic Model | الصين |
| حسين | 2020 | Frequency Ratio | العراق/ |
| Zaki & | 2021 | AHP | العراق/ |
| Ngo, P., et al. | 2021 | Frequency Ratio and Artificial Neural Network | إيران |
| Gaidzik & | 2021 | Logistic Regression | المكيسك |
| قابيل وآخرون | 2021 | Urban Development Tools | مصر |
| العتابي | 2021 | Researcher experience | العراق/ |
| Dornik et al. | 2022 | Random Forest Model | رومانيا |
| بازل | 2022 | Field work | العراق/ |
| Rabby et al. | 2023 | Mahalanobis Distances | بنكلاديش |
| طاهر | 2023 | Field work | العراق/ |
| عيد | 2023 | AHP | مصر |
| رسول | 2023 | Field work | العراق/ |

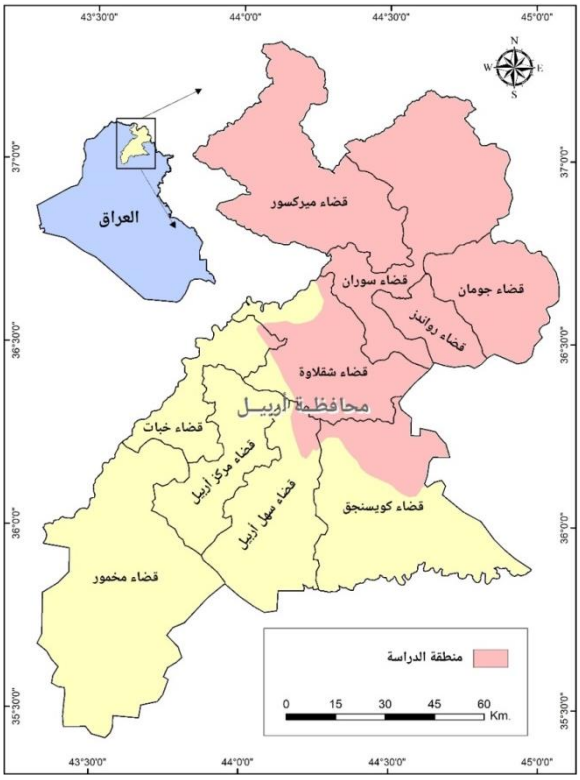
## 1. التعريف بمنطقة الدراسة

### 1.1 تحديد منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الأجزاء الشمالية الشرقية من العراق وإقليم كوردستان، وفي النصف الشمالي الشرقي من محافظة أربيل، كما هو موضح في الخريطة (1)، إذ تقع بين خطي الطول "28.17 '49 °43 شرقاً و"16.22 '4 °45 شرقاً، وبين دائرتي العرض "44.98 '4 °36 شمالاً و"33.186 '19 °37 شمالاً، لتحتل مساحة قدرها 7131.4 كم$^2$. ومن الناحية الإدارية تطورت منطقة الدراسة بشكل كبير خلال عقود مضت، وفي الوقت الحاضر تنقسم على مجموعة من الوحدات الإدارية تتمثل بكامل حدود أقضية سوران، رواندز، ميركسور وجومان، إضافة إلى أغلبية مساحة قضاء شقلاوة وبعض أجزاء أقضية كويسنجق، سهل أربيل وخبات.


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

**الخريطة (1) منطقة الدراسة بالنسبة للعراق ومحافظة أربيل لعام 2020**




**المصدر: - (برنامج العذاء العالمي، 2019، ص26) ؛ (الحداد، محمود 2011، ص11) ؛ (USGS, 2021)**

تتميز منطقة الدراسة بارتفاع المنسوب العام لسطح الأرض، فأغلب مناطقها باستثناء بعض المنخفضات والأخاديد، لا تقل عن 800 متر عن مستوى سطح البحر، على هذا الأساس تم الاعتماد على هذا المستوى لتحديد الحدود الجنوبية الغربية لمنطقة الدراسة التي تحاذي مجموعة من السلاسل الجبلية مثل بيرمام، باواجي وهيبت سلطان. توجد في منطقة الدراسة أعلى قمة جبلية على مستوى العراق تتمثل بقمة هلكورد التي تصل ارتفاعها إلى 3607 متراً عن مستوى سطح البحر، إضافة إلى بعض الأخاديد مثل أخدود رواندز المعروف باسم (خەرەند)، والأودية والسهول الجبلية مثل سهلي ديانا وحرير، وتنقسم على إقليمين تضاريسيين ثانويين هما إقليم الجبال العالية معقدة الالتواء وإقليم الجبال بسيطة الالتواء (رسول وخطاب، 2023، ص191). ويتصف مناخ منطقة الدراسة استناداً إلى تصنيف كوبن المناخي بخصائص مناخ البحر المتوسط (Cs) الذي يتصف ببرودته شتاءاً، إذ تصل الحرارة فيها إلى مادون الصفر المئوي ولاسيما في كانون الثاني وشباط، واعتداله صيفاً، وينقسم هو الآخر على منطقتين ثانويتين هما (Csb) في الأطراف الشرقية والشمالية الشرقية والشمالية، و(Csa) في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة. أما ما يتعلق بكمية الأمطار الساقطة فتتراوح بين أكثر من 500 ملم في جهاتها الجنوبية الغربية إلى أكثر من 1300 ملم سنوياً في بعض مناطقها الشمالية والشمالية الشرقية، بل وأكثر من ذلك إذ يحدث التساقط الثلجي بمعدل 6 أيام على مدار السنة في الطرف الجنوبي الغربي وإلى أكثر من 12 يوماً في الجزء الشمالي الشرقي منها (قادر، 2012، ص23؛ الحداد، محمود، 2011، ص25-30).

### 2.1 التحضر في منطقة الدراسة

عند ملاحظة بيانات الجدول (2) يظهر بأن أعداد المراكز الحضرية كانت في تصاعد مستمر، فبعد أن كانت 10 مراكز في عام 1957 ارتفعت إلى 12 خلال 20 عاماً، وإلى 24 في عام 2020 بنسبة زيادة سنوية بلغت 1.6%، والسبب الرئيسي لذلك هو ارتفاع عدد سكان المراكز الحضرية بوتائر عالية خلال فترة الدراسة بلغت 4.8%، إذ وصلت في الفترة الأولى (أي 1957-1977) إلى حوالي 6.2% سنوياً لتستقر في الفترة الثانية (أي 1977-2020) عند حدود 4.2% سنوياً.

**الجدول (2) التطور الحضري لمنطقة الدراسة للفترة 1957 – 2020**

| العام | عدد المراكز الحضرية | نسبة الزيادة % | عدد السكان الحضريين | النمو الحضري % | عدد السكان الكلي (حضر+ ريف) | نسبة التحضر % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1957 | 10 | | 17288 | | 101924 | 16.9 |
| 1977 | 12 | 0.9 | 57440 | 6.2 | 165978 | 34.7 |


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2020 | 24 | 1.6 | 332237 | 4.2 | 494573 | 67.2 |
| 1957 | - | 1.4 | - | 4.8 | - | - |

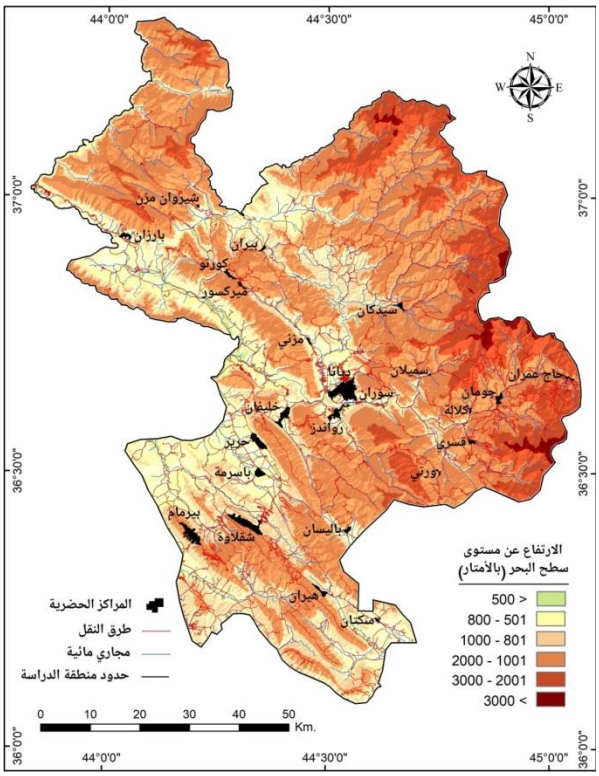
**المصدر: (مديرية النفوس العامة، 1963) ؛ (الجهاز المركزي للإحصاء، 1978) ؛ (دائرة إحصاء أربيل، 2022)**

وعند دراسة نسبة التحضر التي تسمى أيضاً (التركز الحضري)، وهي النسبة المئوية للسكان الحضريين في وحدة إدارية على إجمالي عدد سكان تلك الوحدة، يظهر جلياً بأن أهمية المراكز الحضرية في منطقة الدراسة كانت في ارتفاع مستمر، فكانت 16.9% في عام 1957 ارتفعت إلى 34.7% في عام 1977، وتجاوزت نصف عدد السكان الكلي في عام 2020 لتصل إلى 67.2%. الأمر الذي يمكن معه القول بأن هناك حاجة لمساحات إضافية عند توسع المراكز الحضرية المستقبلي، إذ يتطلب دراسة إمكانات تلك المناطق وتحديد المشكلات والتحديات من خلال تحديد مستويات المخاطر الطبيعية خصوصاً مخاطر الانهيار الأرضي – Mass wasting، ولاسيما إذا علمنا بأن منطقة الدراسة تقع في منطقة جبلية وعرة نوعاً ما.

### 3.1 مو اقع المراكز الحضرية في منطقة الدراسة

تتمثل الصورة العامة لمواقع المراكز الحضرية في منطقة الدراسة بالمواقع داخل الجبال- Mountainous locations، والتي تم تمثيلها في الخريطة (2). وعند استخراج متوسط ارتفاع تلك المراكز من بيانات الارتفاع الرقمية والذي يوضحه الشكل (1)، يمكن استنتاج بأن هذه المراكز تقع على مناسيب أعلى من 600 متر فوق مستوى سطح البحر، إذ يصل عدد المراكز التي يتراوح متوسط ارتفاعاتها بين 660 – أقل من 900 متراً، إلى 10 مراكز، فيما يبلغ عدد المراكز التي تتراوح بين 900 – أقل من 1000 متراً، إلى 5 مراكز، وفي المقابل هناك 8 مراكز تقع على ارتفاعات تتراوح بين 1000 – 1160 متراً. وهناك مركز حضري واحد يزيد ارتفاعه عن 1500 متراً يتمثل بحاج عمران الذي يصل ارتفاعه إلى أكثر من 1760 متراً فوق مستوى سطح البحر.

**الخريطة (2) مو اقع المراكز الحضرية في منطقة الدراسة بحسب الارتفاع والطرق والمجاري المائية**




**المصدر: (حەداد و محمود، 2011، ل11) ؛ (USGS, 2023)؛ ( OSM, 2020)**

تكمن أهمية مواقع المدن عن طريق الظاهرات الطبيعية والبشرية التي تحيط بها، خصوصاً إذا توفر لها مبدأ الانقطاع طبيعياً كان مثل التقاء الماء باليابس والسهل بالجبل، أو بشرياً كانتقال حركة السكان والبضائع عبر حدود الدول. وبما أن منطقة الدراسة تكتنفها الجبال والسهول والوديان، فإن ذلك من شأنه خلق أنماط متنوعة من مواقع المدن، والتي أشار إليها (عزيز، 2013، ص98-108)، بشيء من التفصيل، والتي تتمثل بالمواقع الآتية:

- المواقع العقدية التي تلتقي عندها خطوط المظهر الطبيعي مع مسارات الحركة في نقاط معينة مثل الأنهار والأودية والممرات والفتحات الجبلية، إذ تعد من أهم أنواعها وتصل عدد المراكز الحضرية في منطقة الدراسة ضمن هذا النمط إلى 13 مثل


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

سوران (من ضمنها ديانا)، رواندز، خليفان، حرير، شقلاوة، ميركسور، كورتو، بارزان، جومان، حاج عمران، ورتي وهيران.

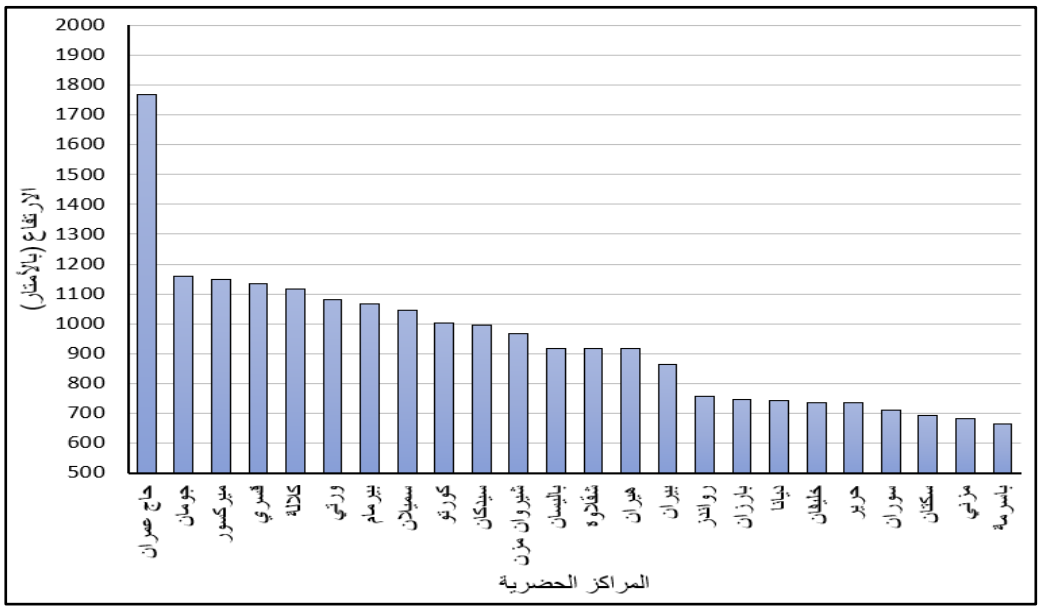
- المواقع المدخلية أو مواقع البوابات التي يمثلها مركز حضري واحد وهو بيرمام، تتميز هذه المواقع بوجودها على جبهات التحام الأقاليم الاقتصادية المتباينة أو تمثل بوابة دخول بين تلك الأقاليم، لكن ينبغي التنويه إلى نقطة وهي أن هذا المركز الحضري بسبب حيد الطريق الدولي العام (هاملتون) عنها بسبب بناء نفق تحت جبل بيرمام، من الممكن أن تفقد أهميتها الموقعية.

- المواقع البينية التي تمثلها كل من كلالة، قسري، مزني وباسرمة، وتعود أهمية هذه المواقع إلى وقوعها بين مركزين هامين على طرق المواصلات الحديثة التي تخترق السهول والوديان الجبلية أو على طول الطرق التي تتبع مجاري الأنهار، إذ تكون همزة الوصل بين هذين المركزين، ولاسيما عند تقديم خدمات لحركة النقل والمسافرين.

- المواقع الهامشية التي تتمثل بمراكز سيدكان، بيران، شيروان مزن، سميلان، باليسان وسكتان، وتحتل هذه المواقع حواف حدود الوحدات الإدارية.

مما سبق يمكن أن نستنتج بأن المراكز الحضرية في منطقة الدراسة تنبع أهميتها في مواقعها التي لا يمكن الاستغناء عنها بأي شكل من الأشكال، حتى عند وجود مخاطر طبيعية تهددها بين الفينة والأخرى، على هذا الأساس فإن تحديد مستويات تلك المخاطر خصوصاً المخاطر الجيومورفولوجية حول هذه المراكز، يمثل بحد ذاته تحدياً كبيراً من شأنه المساهمة في وضع الحلول المناسبة عند تخطيط المشاريع الحضرية سواءاً داخل المدن أو خارجها.

**الشكل (1) متوسط ارتفاع مو اقع المراكز الحضرية عن مستوى سطح البحر في منطقة الدراسة**




المصدر: اعتماداً على خريطة الارتفاعات الرقمية – DEM

## 2. طريقة البحث

### 2. 1 طبيعة البيانات

تنقسم بيانات البحث على مجموعتين، تتمثل المجموعة الأولى بالإحصاءات السكانية مثل تعداد السكان لعام 1957 و1977 إضافة إلى تقديرات دائرة إحصاء أربيل لعام 2020. فيما تتمثل المجموعة الثانية بالخرائط الرقمية مثل الصورة الفضائية من نوع LandSat-8 بدقة تمييز 30 متراً (USGS, 2022)، والصورة الفضائية ذات دقة التمييز العالية (1متر) والموجودة داخل بيئة برنامج ArcMap (Digital-Globe,

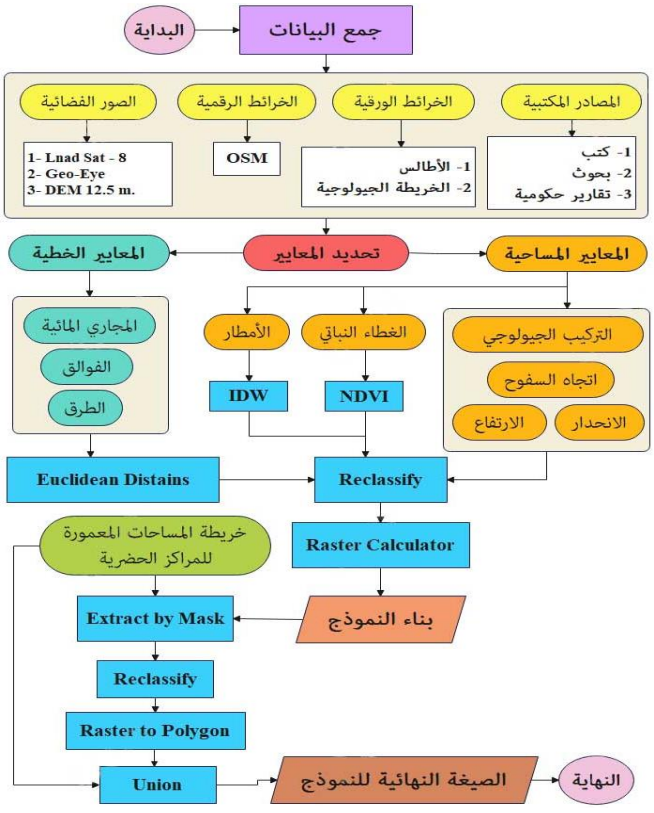

DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

Geo-Eye, 2020)، وبيانات الارتفاع الرقمية من نوع 12.5 متراً (USGS, 2021)، وبيانات خرائط الشوارع المفتوحة ( OSM, 2021)، والخريطة الجيولوجية (Sissakian, 1997). إضافة إلى بيانات الأمطار لعدد من محطات الأرصاد الجوية في منطقة الدراسة (المديرية العامة للأنواء الجوية والزلازل، 2022).

**2.2 المنهجية – Methodology**

استخدم البحث نموذج قابلية الانهيار الأرضي وذلك لتقييم مواقع المراكز الحضرية في منطقة جبلية تتسم بتنوع الظاهرات الجغرافية الطبيعية والبشرية فيها، كالمناخ والتركيب الجيولوجي ومظاهر السطح والنبات الطبيعي وطرق النقل البري وغيرها. على هذا الأساس يتميز النموذج بنوع من التعقيد نظراً لتنوع المعايير التي تدخل في بنائه بالإضافة إلى اختلاف الأهمية النسبية لكل منها. والشكل (2) يوضح بصورة تفصيلية كامل خطوات البحث التي سار عليها بغية التوصل إلى الأهداف.

**الشكل (2) منهجية العمل في البحث**




**3.2 مفهوم الانهيار الأرضي**

حركة الكتل الأرضية – Mass movement عبارة عن عملية تحرك الغطاءات الإرسابية وبعض الكتل الصخرية من أعالي المنحدرات إلى أسافلها بفعل الجاذبية الأرضية، دون تدخل عوامل التعرية (أبو العينين، 1995، ص29) و( Goudie, 2004, p.644) وبعبارة ثانية هي الحركة السريعة أو البطيئة للمواد المجواه –Weathered Material (سليم و راضي، 1985، ص29)، والتي تشمل ثلاث عمليات ثانوية أخرى هي الزحف والتساقط والانزلاق (أبو العينين، 1995، ص29)، والتي تعتمد بصورة عامة على عوامل الشكل، الآلية، نوعية المواد ومعدل الحركة (Goudie, 2004, p.644). ولأن الكتل الأرضية المتحركة تنتقل إلى أماكن أخرى دون مكانها الأصلي، فإن ذلك مردّه حدوث اختلال في النظام البيئي وبالتالي انهياره، وعلى هذا الأساس أطلق ثورنبري على هذه الظاهرة تسمية Mass wasting أي انهيار الكتل الأرضية (أبو العينين، 1995، ص29). ويعبر الشكل (3) عن الأنواع الشائعة للانهيار الأرضي.

**الشكل (3) أنواع الانهيارات الأرضية**

Source: (Jain, 2014)


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

### 2. 4 معايير بناء نموذج قابلية الانهيار الأرضي

هناك عوامل جغرافية عديدة تؤثر في حدوث الانهيارات الأرضية، منها ما تتعلق بالمظاهر الطبيعية مثل الطبقات تحت السطحية، مظاهر سطح الكرة الأرضية، العمليات الجوية، ومنها ما تتعلق بالمظاهر البشرية مثل المشاريع الهندسية والطرق. وتمت الاستفادة من هذه العوامل كمعايير – Criteria تدخل في بناء نموذج قابلية الانهيار الأرضي. وفيما يأتي دراسة لهذه المعايير:

#### 2. 4. 1 التركيب الجيولوجي

تتصف الأماكن التي تحدث فيها الانهيارات الأرضية في أن صخورها تتألف من طبقات صلبة فوق طبقات لينة سميكة، وعند تآكل الطبقات السفلى اللينة عن طريق التعرية، يختل توازن الطبقات العليا وقد يحدث نتيجة لذلك عمليات الانهيار الأرضي (أبو العينين، 1995، ص32)، بالإضافة إلى ذلك فإن الوحدات الصخرية المختلفة بسبب اختلاف مكوناتها للعناصر الكيميائية المختلفة، فإن لها قيم حساسية مختلفة للانهيارات الأرضية (Wang et. al, 2015, p.1405). ويعد التركيب الجيولوجي على هذا الأساس العامل الأكثر استخداماً في بناء نموذج قابلية الانهيار الأرضي حتى الآن ( Bui, et. al, 2011, p.1416-1417). وتم استخدام الخريطة الجيولوجية ذات مقياس الرسم 1:250,000 (Sissakian, 1997)، إذ تم تقسيمها إلى خمس فئات طبقاً لمستوى قابليتها أو حساسيتها للانهيارات الأرضية كما جاء في الجدول (3)، فكانت التكوينات التي تتميز بصلابتها ومتانتها أمام حدوث هذه المخاطر (أي حساسية قليلة) تتمثل بتكوينات تانجرو، باي حسن، المقدادية، الفتحة، شيرانش، إنجانة وضفاف الأنهار، أما المستوى الثاني من حيث الصلابة فيتمثل بتكويني جركس وبيلاسبي وهكذا حتى المستوى الأخير الذي لديه قابلية وحساسية كبيرة للانهيار الأرضي الذي تمثله تكوينات سويس، جياكارا، ناوكيلكان وسركلو.

**الجدول (3) التكوينات الجيولوجية الرئيسية ودرجة قابليتها (حساسيتها) للانهيار الأرضي في منطقة الدراسة**

| التركيب الجيولوجي | الوزن | مستوى القابلية (الحساسية) | التركيب الجيولوجي | الوزن | مستوى القابلية (الحساسية) |
|---|---|---|---|---|---|
| تانجرو | 8 | الأول | شيخانيان | 3.7 | الرابع |
| باي حسن | 7.6 | | ولاش | 3.7 | |
| المقدادية | 7.4 | | برسيرين | 3.4 | |
| الفتحة | 6.9 | | بيران | 3.4 | |
| شيرانش | 6.6 | | قولقولة | 3.4 | |
| إنجانة | 6.4 | | سلسلة | 3.4 | |
| ضفاف | 6.4 | | بالامبو | 3.3 | |
| جركس | 5.6 | الثاني | كاراكو | 3.3 | |
| بيلاسبي | 5.4 | | سرمورد | 3.3 | |
| كولوش | 4.9 | الثالث | كوفند | 3.2 | |
| رواسب | 4.4 | | ناوبردان | 3.2 | |
| عقرة – | 4.2 | | قمجوغة | 3.2 | |
| ساركي | 4.2 | | سويس | 2.9 | الخامس |
| رواسب | 4.2 | | جياكارا | 2.8 | |
| آفانة | 3.9 | الرابع | ناوكيلكان | 2.7 | |
| قنديل | 3.9 | | سركلو | 2.5 | |
| مركة | 3.7 | | | | |

**تمت الاستفادة في تحديد مستويات القابلية والحساسية من المصادر التالية: (Sissakian, 2005) و (Jassim & Goff, 2006) و ( Aqrawi et. al, 2010) و (Karim, 2017)**

#### 2. 4. 2 الفوالق – Faults

تعد الفوالق من العوامل التي قد تؤثر في حدوث الانهيارات الأرضية، وذلك بسبب الفواصل التكتونية التي عادة ما تقلل من قوة الصخور، إذ تلعب درجة التكسير والقص دوراً هاماً في تحديد عدم استقرار المنحدر ( Bui et al., 2011, p.1422-1423; Wang, 2015, p.1405)، لهذا السبب تعد من المعايير الضرورية في تحليل نموذج القابلية (الحساسية)، وذلك عن طريق بناء خمسة نطاقات حول هذه الفوالق بمسافات: 1000 – 2000 – 4000 – 8000 – أكثر من 8000 متراً.

#### 2. 4. 3 التضاريس – Relief


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

يعد التضاريس من العوامل الجغرافية المهمة الذي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بحدوث الانهيارات الأرضية، وينقسم على مجموعة عوامل ثانوية كالارتفاع، الانحدار واتجاه السفوح والتي يمكن استخراجها من بيانات الارتفاع الرقمية (DEM) ذات دقة تمييز 12.5 متراً، وكما يأتي:

**2. 4. 3. 1 الارتفاع – Elevation**

عند استخراج نسب مساحات مناسيب الارتفاع عن مستوى سطح البحر باستخدام (Extract by Attribute)، يتبين بأن منطقة الدراسة تسود فيها المناسيب العالية بشكل لافت للنظر، إذ تبلغ نسبة مساحة المناطق التي تزيد ارتفاعاتها عن 1000 متراً أكثر من 64% من مجمل مساحة منطقة الدراسة. وبما أن الانهيارات الأرضية متعلقة بشكل كبير جداً بقوة الجاذبية، فإنه كلما كان الارتفاع كبيراً كلما كان له أثر أكبر في حدوث هذه المخاطر، لهذا أدخل هذا العامل في بناء النموذج وتصنيفه إلى خمس فئات للارتفاع وهي: 750 – 1000 – 1500 – 2000 – أكثر من 2000 متراً فوق مستوى سطح البحر.

**2. 4. 3. 2 الانحدار – Slope**

تتفق معظم الدراسات في استخدام عامل الانحدار في نماذج قابلية الانهيار الأرضي، كونه يؤثر بشكل كبير جداً في هذه الظاهرة، وذلك بسبب فعل الجاذبية الأرضية على طول هذه الانحدارات، إذ تكون أقوى بكثير في الانحدارات الشديدة مما هي على الأسطح المستوية أو بسيطة الانحدار (أبو العينين، 1995، ص32). علاوة على ذلك، فإن عدم استقرار الصخور والتربة يميل من الناحية النظرية إلى الزيادة مع زاوية الانحدار (Guillard & Zezere, 2012, p.726). على هذا الأساس فإن لهذا العامل قدرات تنبؤية عالية لقابلية الانهيارات الأرضية خصوصاً أثناء هطول الأمطار الغزيرة (Thai Pham et. al, 2019, p.9). وإذا علمنا بأن نسبة مساحة المناطق التي تتجاوز زوايا انحدارها 14 درجة تصل إلى 63% من مجموع مساحة منطقة الدراسة، سوف تظهر أهمية هذا المعيار ضمن نموذج قابلية الانهيار الأرضي. واعتماداً مما سبق، فقد قام البحث بإعادة تصنيف خريطة الانحدار لمنطقة الدراسة إلى خمس فئات وهي: 7 – 14 – 21 – 28 – أكثر من 28 درجة.

**2. 4. 3. 3 اتجاه السفوح – Aspect**

يمكن تعريف اتجاه السفوح بأنه اتجاه البوصلة الذي يواجه المنحدرات مقاساً بالدرجات من الشمال في اتجاه عقارب الساعة، إذ يتراوح من الصفر إلى 360 درجة. وفي دراسات قابلية الانهيار الأرضي، يعتبر اتجاه السفوح عاملاً مهمًا يؤثر في عدم استقرار المنحدر، نظرًا لأنه يتحكم بعوامل أخرى مثل مواجهة الرياح والتأثير في رطوبة التربة، إضافة إلى التعرض لأشعة الشمس، إذ تتلقى المنحدرات المواجهة للجنوب في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ضوء الشمس أكثر من تلك المواجهة للشمال، وهذه العوامل بدورها تعد عاملاً مؤثراً لحدوث الانهيار الأرضي (Bui et al., 2011, p.1420-1422; Guillard & Zezere, 2012, p.726). وصنف البحث اتجاه الشمال كأكثر الاتجاهات قابلية للانهيارات الأرضية ثم الشمال الغربي والشمال الشرقي، ثم الشرق والجنوب الشرقي، ثم الغرب والجنوب الغربي، ثم الجنوب والأراضي المسطحة كأقل الاتجاهات قابلية.

**2. 4. 4 كمية الأمطار**

تم أخذ هطول الأمطار في الاعتبار كعامل محفز لحدوث الانهيارات الأرضية، وبالتالي فهي إحدى العوامل الرئيسية الأخرى في بناء نموذج قابلية الانهيارات الأرضية. بناءاً على ذلك تم إنتاج خريطة هطول الأمطار السنوية، باستخدام البيانات من محطات الأرصاد الجوية لثلاث عشرة بلدات في المنطقة (بما فيها كوية وبستورة الواقعتان في أطراف منطقة الدراسة) وذلك للفترة 2000 - 2020، وتطبيق نموذج الاستكمال المكاني من نوع المسافة العكسية المرجحة (IDW)، ومن ثم إعادة تصنيف هذه الخريطة إلى خمس فئات هي: 600 – 700 – 800 – 900 – أكثرمن 900 ملم.

**2. 4. 5 شبكة التصريف النهري**


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

تعد مياه الأنهار العامل الأساسي لتحفيز آليات الانهيارات الأرضية، وذلك بسبب التعرية الأخدودية التي تقوم بها في تعديل التضاريس وإعادة تشكيلها، والتي تؤدي في النهاية إلى فشل الأنهار في تماسك ضفافها وبالتالي إلى هدم المنحدرات. وقد أظهرت العديد من الدراسات أن القرب من خطوط شبكة التصريف النهري يعد عاملاً مهماً في تزايد نشاط الانهيارات الأرضية في المناطق الجبلية ( Bui et al., 2011, p.1423; Wang et al, 2015, p.1405). وفي هذا البحث تم بناء خمسة نطاقات حول شبكة المجاري المائية كالتالي: 200 – 400 – 600 – 800 – اكثر من 800 متراً.

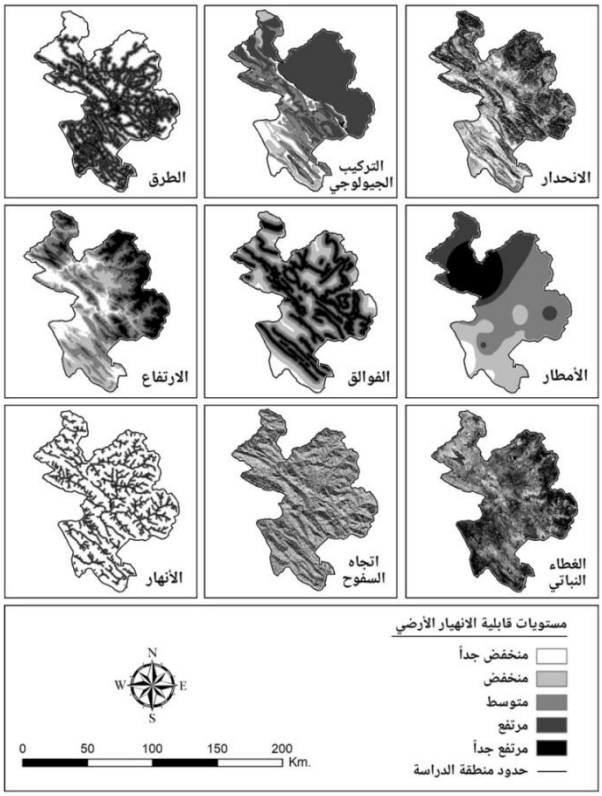
**2. 4. 6 كثافة الغطاء النباتي**

يعمل الغطاء النباتي عن طريق جذورها على تماسك أجزاء التربة ولاسيما على المنحدرات، لهذا السبب فإن حدوث الانهيارات الأرضية في بعض المناطق المنحدرة تقترن في كثير من الأحيان بتجرد تلك المناطق من الغطاء النباتي (أبو العينين، 1995، ص32). وعلى هذا الأساس اعتمد البحث على هذا المعيار مستخدماً بذلك مؤشر اختلاف الغطاء النباتي – Normalized Difference Vegetation Index والمعروف اختصاراً بـ NDVI، الذي يستخدم على نطاق واسع في دراسات رصد حالة الغطاء النباتي، لأنه أقل حساسية للتغيرات الجوية من المؤشرات الأخرى (Hussein,, 2018, p.15). وقد تم التعامل مع المناطق ذات الكثافات العالية من الغطاء النباتي كمناطق قليلة الحساسية والقابلية للانهيار الأرضي والعكس صحيح.

**2. 4. 7 طرق النقل البري**

تعتبر المسافة إلى الطرق إحدى أهم العوامل البشرية التي تؤثر على الانهيارات الأرضية لأن إنشاء الطرق عن طريق تعديل وقطع المنحدرات الجبلية تسبب عدم الاستقرار ( Bui et al., 2011, p.1424-1426). لذلك يصبح النظر في شبكة الطرق في بناء نموذج التنبؤ بالانهيارات الأرضية ضرورية، نظراً لأن هذه المشاريع تؤثر سلبًا على المنحدرات عن طريق تخفيف مواد المنحدرات (Thai Pham et al., 2019, p.8). استناداً إلى ذلك فشأنها شأن شبكة التصريف النهري، فإن المسافة من الطرق تساعد على فهم المناطق المعرضة للانهيارات الأرضية. وقام البحث بتصنيف النطاقات حول شبكة الطرق إلى خمس فئات وهي: 200 – 800 – 1400 – 2000 – أكثر من 2000 متراً. وتوضح الخريطة (3) علميات إعادة تصنيف المعايير التي دخلت في بناء نموذج قابلية الانهيار الأرضي في منطقة الدراسة.

**الخريطة (3) إعادة تصنيف مستويات معايير نموذج قابلية الانهيار الأرضي في منطقة الدراسة**




**3. النتائج والمناقشة**

استخدم البحث نموذج قابلية الانهيار الأرضي في تقييم مواقع المراكز الحضرية في منطقة الدراسة، وذلك عن طريق تسعة معايير سبق ذكرها، باستخدام أدوات التحليل المكاني ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية. وتجدر الإشارة إلى أن مستوى الخطر ينشأ من تقاطع الخطر نفسه مع قيمة العناصر (أي المعايير) المعرضة للخطر من حيث قابليتها للتأثر ( GUERRA,


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

et. al, 2017, p.31)، وعلى هذا الأساس فإن هذه المعايير لا تكون على مسافة واحدة من هذه المخاطر، إنما يشترك كل واحد منها بحسب أهميته ووزنه الذي تم تحديده بناءاً على استبيان عدد من الاختصاصيين في مجالات الجيومورفولوجيا (مختصان) والجيولوجيا والهندسة (لكل منهما مختص واحد)، وذلك بغية أن تكون عملية التحديد موضوعية وبعيدة عن رأي الباحث الشخصي، ثم بعد ذلك وعن طريق استخراج معدل الأوزان تم تحديد الأوزان النهائية التي تم توضيحها في الجدول (4).

وقد تم استخدام هذه الأوزان في نموذج قابلية الانهيار الأرضي في منطقة الدراسة عن طريق أدوات بناء النماذج – Model Builder داخل برنامج ArcGIS، كما هي موضحة في الشكل (4)، إذ تم فيها تطبيق الخطوات من إدخال المعايير جملة واحدة ثم بناء المسافات حول بعض المعايير مثل الطرق، الفوالق، شبكة المجاري المائية ثم إعادة تصنيف هذه المسافات وفئات المعايير الأخرى كالانحدار، التركيب الجيولوجي، الأمطار، الارتفاع، الغطاء النباتي واتجاه السفوح وفقاً لما تم توضيحه في القسم السابق من هذا البحث، ثم أخيراً تم جمع الخلايا (Pixel) ذات الـ 12.5 متراً فيما بين طبقات المعايير مضروباً في أوزانها وذلك باستخدام أداة Raster Calculator بهدف إخراج الصورة النهائية للنموذج والذي عرضت نتائجه في الخريطة (4) والجدول (5)، إذ يمكن فيهما ملاحظة ما يأتي:

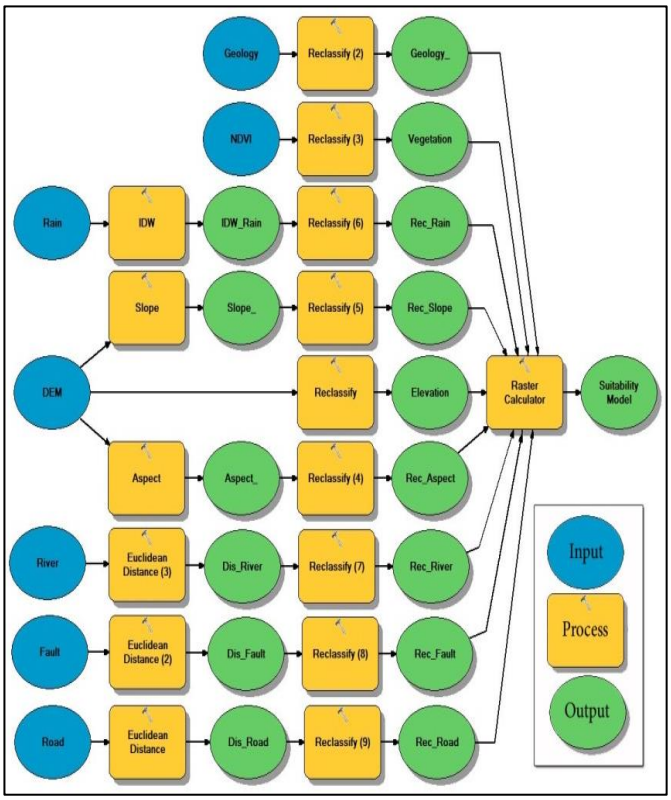
1- بشكل عام تبلغ مساحة المناطق المعرضة للانهيارات بدرجة مرتفعة جداً حوالي 1135 كم$^2$ (113500 هكتار) وذلك بنسبة 15.9% من مجمل مساحة منطقة الدراسة، تقابلها 739.3 كم$^2$ (73930 هكتار) من المناطق بدرجة منخفضة جداً من حيث قابلية الانهيار الأرضي وبنسبة 10.4%.

2- تتركز القيم العالية لنموذج قابلية الانهيار الأرضي في الأطراف الشرقية والشمالية الشرقية والشمالية من منطقة الدراسة، حيث أقضية جومان سوران وميركسور وقسم من رواندز والتي تمثل المنطقة الجبلية معقدة الالتواء، بعكس الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية والغربية منها والتي تتميز بتركز القيم الواطئة أكثر من القيم العالية، والتي تمثلها المنطقة الجبلية بسيطة الالتواء.

**الجدول (4) أوزان المعايير الداخلة في نموذج قابلية الانهيار الأرضي**

| ت | المعايير | الأوزان التي حددها الاختصاصيون | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | المعدل |
| 1 | الانحدار | 9 | 19 | 13.75 | 25 | 16.7 |
| 2 | التركيب الجيولوجي | 20 | 12 | 13.75 | 20 | 16.4 |
| 3 | شبكة الطرق | 14 | 6 | 9 | 25 | 13.5 |
| 4 | الأمطار | 14 | 17 | 12.1 | 10 | 13.3 |
| 5 | الفوالق | 15 | 10 | 10.6 | 4 | 9.9 |
| 6 | الارتفاع | 9 | 9 | 10.6 | 4 | 8.2 |
| 7 | الغطاء النباتي | 6 | 12 | 9 | 4 | 7.8 |
| 8 | اتجاه السفوح | 7 | 8 | 10.6 | 4 | 7.4 |
| 9 | المجاري المائية | 6 | 7 | 10.6 | 4 | 6.9 |
| | المجموع | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

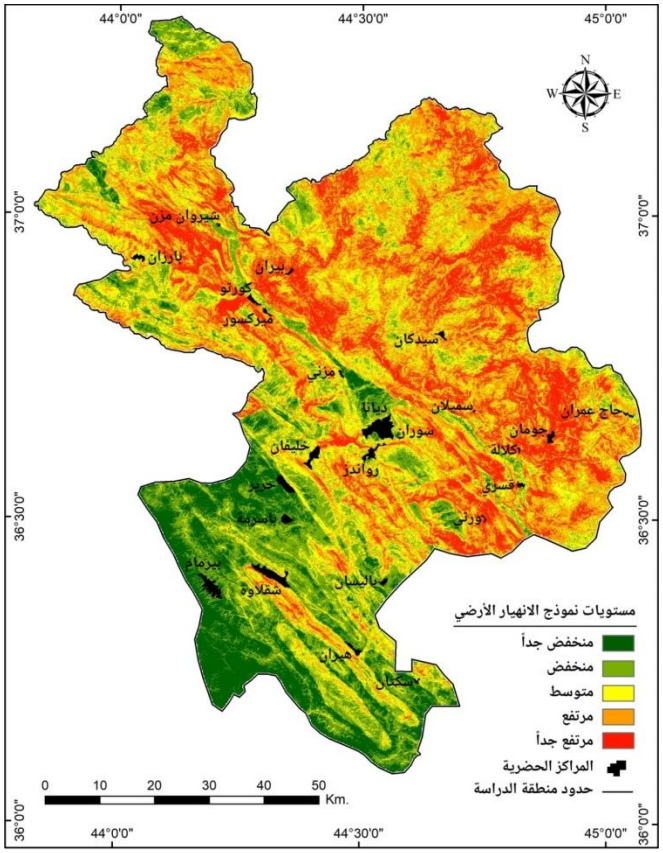
**الشكل (4) مخطط نموذج قابلية الانهيار الأرضي داخل برنامج ArcGIS**





DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

**الخريطة (4) نموذج قابلية الانهيار الأرضي في منطقة الدراسة**




**الجدول (5) فئات نموذج قابلية الانهيار الأرضي في منطقة الدراسة**

| القيم | الفئات | المساحة كم$^2$ | النسبة المئوية |
|---|---|---|---|
| 1 | منخفض جداً | 739.3 | 10.4 |
| 2 | منخفض | 1351.8 | 19.0 |
| 3 | متوسط | 1841.3 | 25.8 |
| 4 | مرتفع | 2064 | 28.9 |
| 5 | مرتفع جداً | 1135 | 15.9 |
| المجموع | | 7131.4 | 100.0 |

- تتميز المناطق المعرضة للانهيارات الأرضية بخصائص عدة منها، الانحدار الشديد، الارتفاع الكبير عن مستوى سطح البحر، قلة صلابة ومقاومة التركيب الجيولوجي، قلة الغطاء النباتي، عزارة الأمطار، قربها من كل من الفوالق وشبكة الطرق والمجاري المائية.

فيما يتعلق بمواقع المراكز الحضرية في منطقة الدراسة من نموذج قابلية الانهيار الأرضي، قام البحث باستقطاع المناطق التي وقعت عند تداخل خريطة النموذج مع خريطة مساحات المراكز الحضرية المعمورة، وذلك بتطبيق مجموعة خطوات منها استخدام أداة Extract by Mask لاستخراج المناطق المتداخلة والمتقاطعة فيما بين الخريطتين، ثم إعادة تصنيف الخريطة الجديدة إلى خمس فئات باستخدام أداة Reclassify، ومن ثم تحويل الخريطة الجديدة إلى النوع الاتجاهي – Vector، ثم القيام بدمج الخريطة الجديدة مع خريطة مساحات المراكز الحضرية باستخدام أداة Union وذلك لإنشاء خريطة جديدة أخرى تملك خصائص الخريطتين معاً (خريطة النموذج وخريطة المساحات المعمورة للمراكز الحضرية)، وقد خرج البحث عن طريق البيانات المستخرجة منها بعدد من الحقائق، كما تم توضيحها في الجدول (6)، نورد منها ما يأتي:

1- تبلغ مساحة المناطق التي تقع ضمن دائرة الخطر من الفئة الخامسة (أي مرتفع جداً) لعموم المراكز الحضرية في منطقة الدراسة حوالي 381.9 هكتار (3.8 كم$^2$)، ومن الفئة الرابعة (أي مرتفع) حوالي 741 هكتاراً (7.4 كم$^2$).

2- تأتي المراكز الحضرية في قضائي ميركسور وجومان في مقدمة أقضية منطقة الدراسة من حيث وقوعها ضمن مخاطر الانهيارات الأرضية عند الفئات المرتفعة والمرتفعة جداً، وذلك بمساحة 322.6 و 285.4 هكتار على التوالي. تليهما مراكز شقلاوة بـ 206.9 هكتاراً ومراكز سوران بـ 198 هكتاراً، ثم مراكز رواندز أخيراً بـ 110 هكتار.

3- أما من حيث نسب فئات النموذج من مجموع مساحات المراكز الحضرية، فيلاحظ بأنها تصنف وفقاً للفئات العليا (مجموع الفئتين مرتفع ومرتفع جداً) إلى المجموعات الآتية:

- المجموعة الأولى: تتألف هذه المجموعة من المراكز الحضرية التي تزيد مساحة الفئتين (مرتفع ومرتفع جداً) معاً، إلى أكثر من 80% من مساحاتها المعمورة، تتمثل هذه المراكز بـ (جومان، بيران، ورتي، كلالة، سميلان، ميركسور وكورتو). واللافت للنظر بأن هناك مراكز حضرية ضمن هذه المجموعة تقترب مساحة


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

هذه الفئات العالية فيها إلى 100% كما في جومان وبيران بنسبة 99.8% و99.2% على التوالي.

- المجموعة الثانية: تتراوح نسبتها من المساحات المعمورة بين 20 – 40%، تتمثل بـ (قسري، سيدكان، شيروان مزن، خليفان وشقلاوة).

- المجموعة الثالثة: تتراوح نسبتها من المساحات المعمورة بين 15 – أقل من 20%، تتمثل بـ(رواندز، بارزان وحاج عمران).

- المجموعة الرابعة: تقل نسبتها من المساحات المعمورة من 10%، تتمثل بـ(مزني، ديانا، هيران، سوران وحرير).

- المجموعة الخامسة: تصل نسبتها من المساحات المعمورة إلى صفر%، تتمثل بـ(بيرمام، سكتان، باليسان وباسرمة).

4- عند مقارنة بيانات النسب والمساحة للفئتين العاليتين كما هي موضحة في الشكل (5)، سوف تظهر صورة مغايرة لما تقدم وذلك بسبب اختلاف المساحات المعمورة فيما بين المراكز الحضرية، فمدينة شقلاوة على سبيل المثال بعد أن كانت ضمن المجموعة الثانية بـ 22% أصبحت في المرتبة الأولى من حيث المساحة بـ 200.4 هكتار، تليها كل من جومان، كورتو وخليفان بمساحات 191.5، 131.9، 102.2 هكتار تواليا. تأتي بعدها ميركسور، بيران رواندز بمساحات تتراوح بين 70-75 هكتاراً. ومن التناقضات اللافتة للنظر أن هناك مراكز حضرية تأتي في مقدمة مراكز منطقة الدراسة من حيث النسب المئوية العالية، كما في ورتي، كلالة وسميلان، إلا أن مساحات هاتين الفئتين العاليتين فيها لا تصل إلى 40 هكتاراً.

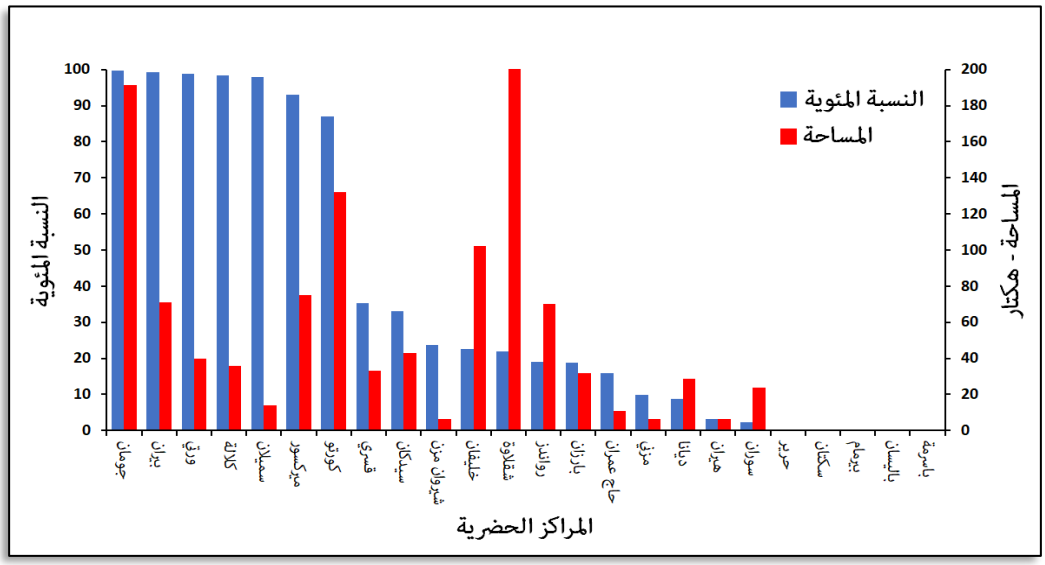
**الجدول (6) فئات نموذج قابلية الانهيار الأرضي في المراكز الحضرية لمنطقة الدراسة**

| المركز الحضري | | فئات النموذج | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | منخفض جداً | منخفض | متوسط | مرتفع | مرتفع جداً | المجموع |
| سوران | المساحة (هكتار) | 260.2 | 631.8 | 195.6 | 23.2 | 0.7 | 1111.5 |
| | النسبة المئوية | 23.4 | 56.8 | 17.6 | 2.1 | 0.1 | 100 |
| سيدكان | المساحة (هكتار) | 0 | 4.2 | 83.2 | 42.3 | 0.7 | 130.4 |
| | النسبة المئوية | 0 | 3.2 | 63.8 | 32.5 | 0.5 | 100 |
| ديانا | المساحة (هكتار) | 0.2 | 92.1 | 211.1 | 28.6 | 0.3 | 332.3 |
| | النسبة المئوية | 0.1 | 27.7 | 63.5 | 8.6 | 0.1 | 100 |
| خليفان | المساحة (هكتار) | 0 | 45.3 | 302.6 | 99.3 | 2.9 | 450.1 |
| | النسبة المئوية | 0 | 10.1 | 67.2 | 22.1 | 0.6 | 100 |
| رواندز | المساحة (هكتار) | 6.4 | 60.4 | 229.6 | 65.7 | 4.5 | 366.6 |
| | النسبة المئوية | 1.8 | 16.5 | 62.6 | 17.9 | 1.2 | 100 |
| ورتي | المساحة (هكتار) | 0 | 0 | 0.5 | 21.4 | 18.4 | 40.3 |
| | النسبة المئوية | 0 | 0 | 1.2 | 53.1 | 45.7 | 100 |
| شقلاوة | المساحة (هكتار) | 59.6 | 385 | 268 | 186 | 14.4 | 913 |
| | النسبة المئوية | 6.5 | 42.2 | 29.3 | 20.4 | 1.6 | 100 |
| حرير | المساحة (هكتار) | 304.2 | 142.3 | 5.3 | 0.2 | 0 | 452 |
| | النسبة المئوية | 67.3 | 31.46 | 1.2 | 0.04 | 0 | 100 |
| هيران | المساحة (هكتار) | 78 | 63.6 | 49.6 | 6.3 | 0 | 197.5 |
| | النسبة المئوية | 39.5 | 32.2 | 25.1 | 3.2 | 0 | 100 |
| بيرمام | المساحة (هكتار) | 503.9 | 255.5 | 4.3 | 0 | 0 | 763.7 |
| | النسبة المئوية | 66 | 33.4 | 0.6 | 0 | 0 | 100 |
| سكتان | المساحة (هكتار) | 22.2 | 18.3 | 12.6 | 0.02 | 0 | 53.12 |
| | النسبة المئوية | 41.8 | 34.5 | 23.7 | 0 | 0 | 100 |


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

| المركز الحضري | | فئات النموذج | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | منخفض جداً | منخفض | متوسط | مرتفع | مرتفع جداً | المجموع |
| باليسان | المساحة (هكتار) | 18.5 | 98.2 | 5.9 | 0 | 0 | 122.6 |
| | النسبة المئوية | 15.1 | 80.1 | 4.8 | 0 | 0 | 100 |
| باسرمة | المساحة (هكتار) | 110.2 | 132.1 | 0.1 | 0 | 0 | 242.4 |
| | النسبة المئوية | 45.46 | 54.5 | 0.04 | 0 | 0 | 100 |
| ميركسور | المساحة (هكتار) | 0 | 2.4 | 3.2 | 41.6 | 33.4 | 80.6 |
| | النسبة المئوية | 0 | 3 | 4 | 51.6 | 41.4 | 100 |
| مزني | المساحة (هكتار) | 2.3 | 6.2 | 47.9 | 6.2 | 0 | 62.6 |
| | النسبة المئوية | 3.7 | 9.9 | 76.5 | 9.9 | 0 | 100 |
| كورتو | المساحة (هكتار) | 0 | 7.8 | 11.8 | 72.9 | 59 | 151.5 |
| | النسبة المئوية | 0.0 | 5.2 | 7.8 | 48.1 | 38.9 | 100.0 |
| بيران | المساحة (هكتار) | 0 | 0 | 0.6 | 24.1 | 47 | 71.7 |
| | النسبة المئوية | 0 | 0 | 0.8 | 33.6 | 65.6 | 100 |
| شيروان مزن | المساحة (هكتار) | 1 | 4.4 | 15.9 | 6.6 | 0 | 27.9 |
| | النسبة المئوية | 3.6 | 15.8 | 57 | 23.6 | 0 | 100 |
| بارزان | المساحة (هكتار) | 0 | 27.8 | 109.6 | 31.4 | 0.4 | 169.2 |
| | النسبة المئوية | 0 | 16.4 | 64.8 | 18.6 | 0.2 | 100 |
| جومان | المساحة (هكتار) | 0 | 0 | 0.4 | 27.2 | 164.3 | 191.9 |
| | النسبة المئوية | 0 | 0 | 0.2 | 14.2 | 85.6 | 100 |
| كلالة | المساحة (هكتار) | 0 | 0 | 0.6 | 19.2 | 16.5 | 36.3 |
| | النسبة المئوية | 0 | 0 | 1.7 | 52.9 | 45.4 | 100 |
| حاج عمران | المساحة (هكتار) | 0 | 9.4 | 48.6 | 10.8 | 0.1 | 68.9 |
| | النسبة المئوية | 0 | 13.6 | 70.5 | 15.7 | 0.2 | 100 |
| قسري | المساحة (هكتار) | 0 | 24.4 | 36.7 | 23.6 | 9.7 | 94.4 |
| | النسبة المئوية | 0 | 25.8 | 38.9 | 25 | 10.3 | 100 |
| سميلان | المساحة (هكتار) | 0 | 0 | 0.3 | 4.4 | 9.6 | 14.3 |
| | النسبة المئوية | 0 | 0 | 2.1 | 30.8 | 67.1 | 100 |

**الشكل (5) مقارنة بيانات النسب والمساحة للفئتين (مرتفع ومرتفع جداً) لنموذج الانهيار الأرضي في منطقة الدراسة**





DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

**الاستنتاجات والمقترحات**

**الاستنتاجات:**

توصل البحث إلى مجموعة من الاستنتاجات وهي كما يأتي:

1. تطورت أعداد السكان الحضريين في منطقة الدراسة بنسبة 4.8% سنوياً خلال الفترة 1957 – 2020، وكان ذلك أحد الأسباب الرئيسية لازدياد عدد المراكز الحضرية من 10 إلى 24، وكان لذلك أكبر الأثر في ارتفاع نسبة التحضر من 16.9% إلى أكثر من 67% خلال الفترة نفسها.
2. أدى وقوع المراكز الحضرية في المنطقة الجبلية وكثرة أعدادها النسبي وتنوع الظاهرات الجغرافية الطبيعية والبشرية حولها، إلى تنوع مواقعها النسبية مثل المواقع العقدية والمدخلية والبينية والهامشية.
3. أدى التنوع الكبير للظاهرات الجغرافية مثل التضاريس والتركيب الجيولوجي والمناخ والغطاء النباتي والمجاري المائية وشبكة الطرق وتداخلها فيما بينها في منطقة الدراسة إلى تعرضها لمخاطر الانهيار الأرضي بدرجات متفاوتة، والذي ساعد ذلك كثيراً في بناء نماذج قابلية الأرض اعتماداً على تأثرها بهذه المخاطر، وعلى هذا الأساس فكان هناك مناطق ذات قابلية وحساسية كبيرة ومناطق ذات قابلية أقل.
4. عن طريق استخدام نموذج قابلية الانهيار الأرضي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية أمكن تقسيم منطقة الدراسة إلى عدد من الفئات، إذ تحتل الفئة المرتفعة جداً 15.9% من مساحة منطقة الدراسة، وتتركز القيم العالية للنموذج بالدرجة الرئيسية في المنطقة الجبلية معقدة الالتواء، فيما تتركز القيم الواطئة في المنطقة الجبلية بسيطة الالتواء ضمن محافظة أربيل.
5. تقع 3.8 كم2 من مساحة المراكز الحضرية في منطقة الدراسة ضمن دائرة الخطر من الفئة مرتفع جداً، إذ تأتي المراكز الحضرية في قضائي جومان وميركسور في مقدمة أقضية منطقة الدراسة. فعلى سبيل المثال تبلغ مساحة الفئتين العاليتين من مجموع مساحة كل من مدينتي جومان وبيران حوالي 99.8% و99.2% تواليا. وفي المقابل هناك مراكز حضرية تقع بمنأى عن هذه المخاطر مثل بيرمام وسكتان وباليسان وباسرمة.

**المقترحات:**

1. ضرورة النظر في المخاطر الطبيعية ولاسيما مخاطر الانهيار الأرضي عند سن القوانين والتشريعات التخطيطية بالنسبة للمراكز الحضرية التي تقع في المناطق الجبلية.
2. العمل على ملائمة المشاريع خصوصاً الهندسية التي تنجز في المراكز الحضرية مع مخاطر الانهيار الأرضي.
3. العمل على إنشاء مؤسسات من شأنها الاهتمام بالمخاطر الطبيعية وأرشفتها من حيث تاريخ وقوعها ومواقعها وحجم الخسائر التي تكبدتها إضافة إلى إنشاء قاعدة بيانات مكانية لها.

**قائمة المصادر: -**

**المصادر العربية : -**

أبو العينين، حسن سيد أحمد (1995). أصول الجيومورفولوجيا – دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، ط11، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية.

إقليم كوردستان – العراق، وزارة النقل والمواصلات، المديرية العامة للأنواء الجوية والزلازل في محافظة اربيل (2022). بيانات الأمطار في محافظة أربيل للفترة 2000 – 2020، غير منشورة

إقليم كوردستان – العراق، وزارة التخطيط، دائرة إحصاء أربيل (2022). بيانات سكان محافظة أربيل لعام 2020 بحسب النواحي والبيئة، أربيل، (غير منشورة).

الأمم المتحدة، برنامج الغذاء العالمي – WPF (2019). أطلس العراق الاقتصادي الاجتماعي، بغداد.

بازل، يوسف سامي حاج (2022). المخاطر الجيومورفولوجية للمنحدرات الأرضية في محافظة أربيل، مجلة العميد، 11(42)، 181-210.

الجمهورية العراقية، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء (1978). تعداد السكان لعام 1977، بغداد.


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

الجمهورية العراقية، وزارة الداخلية، مديرية النفوس العامة (1963). المجموعة الإحصائية لتسجيل عام 1957، لوائي الموصل وأربيل، مطبعة الإرشاد، بغداد.

الحداد، هاشم ياسين حمدامين، محمود، كامران ولي (2011). أطلس محافظة أربيل، مطبعة شهاب، أربيل (باللغة الكوردية)

حسين، زينب إبراهيم (2020). الانهيارات الأرضية ومخاطرها في حوض دهوك، مجلة الآداب، 133، 409-444.

رسول، سنور أحمد & خطاب، نياز عبدالعزيز (2023). الأهمية السياحية للمظاهر الجيومورفولوجية في إقليم جبال العراق، مجلة آداب الفراهيدي، جامعة تكريت، 15(55)، 187-203 .

رسول، سنور أحمد (2023). المخاطر الجيومورفولوجية لحركة المواد الأرضية على طريق هاملتون في وادي كلي علي بك (بين مضيقي زاركلي وبالك) – دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة ديالى للبحوث الإنسانية، 95، 334-366.

سركيس، صونيا، عباس، إياد & معلا، لما (2015). تقييم الحساسية للانهيارات الأرضية في الساحل السوري باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية، 37(4)، 257-276.

سليم، محمد صبري محسوب، راضي، محمود دياب (1985). العمليات الجيومورفولوجية، دار الثقافة، القاهرة.

طاهر، مروة علي (2023). تصنيف مخاطر الانزلاقات الأرضية وأثرها في استعمالات الأرض ضمن منطقة جمي ريزان غرب السليمانية، مجلة مداد الآداب (1) (خاص بمؤتمر قسم الجغرافية)، 765-786.

العتابي، نادية حاتم طعمة (2021). النمذجة المكانية للمخاطر الجيومورفولوجية وانعكاساتها على طرق النقل – جبل ميركسور محافظة أربيل انموذجاً، مجلة لارك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية، 4(43)، 851-873.

عزيز، روستم سلام (2013). المدن الصغيرة والمتوسطة في محافظة أربيل - دراسة في التوازن الحضري والإقليمي، أطروحة دكتوراه، جامعة كوية.

العكام، اسحق صالح & حسين، زينب إبراهيم (2015). حركة المواد الأرضية ومخاطرها في محافظة أربيل، مجلة كلية التربية – الجامعة المستنصرية، 2(6)، 295-327.

عيد، حمدي نبيه (2023). النمذجة المكانية متعددة المعايير لتقييم حساسية منحدرات هضبة المعازة للانهيارات الأرضية بين مروحتي وادي الأحايوة وعمار شرق سوهاج، المجلة الجغرافية العربية، 54(81)، 225-274.

قابيل، هبة نبيل عبدالحميد & عواد، محمود محمد (2021). التنمية العمرانية في هضبة الجلالة في ضوء التخطيط البيئي لمناطق الانزلاقات والانهيارات الصخرية، المجلة الدولية للتنمية، 10(2)، 93-113.

قادر، ڕێژین أكرم (2012). أثر عامل التساقط على المياه الجوفية في محافظة أربيل، رسالة ماجستير، كلية الآداب، جامعة صلاح الدين – أربيل.

القشنطيني، باسل إحسان (2012). المخاطر البيئية الناشئة من تأثير العوامل الطبيعية في حوض وادي الزاب الكبير – منطقة الدراسة: قضاء عقرة، ناحيتي سورجية وديرة كبرة، مجلة البحوث الجغرافية، 15، 15-46.

ناجي، جميل عبدالرب (2008). الانزلاقات الأرضية في الطرق الجبلية اليمنية – أسبابها وكيفية الحد من تكرارها (دراسة حالة)، مجلة العلوم والتكنولوجيا، 13(1)، 43-57.

**المصادر العربية المترجمة : -**

Abu Al-Enein, H. S. A. (1995). Principles of Geomorphology - Study of the Landforms of the Earth's Surface, 11th edition, University Culture Foundation, Alexandria.

Al-Akkam, I. S. & Hussein, Z. I. (2015). Mass Movement and their risks in Erbil


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

Kurdistan Region - Iraq, Ministry of Transport and Communications, General Directorate of Meteorology and Earthquakes in Erbil Governorate (2022). Rainfall data in Erbil Governorate for the period 2000-2020, unpublished

Naji, J. A. R. (2008). Landslides on Yemeni mountain roads - their causes and how to reduce their recurrence (case study), Journal of Science and Technology, 13(1), 43-57

Qabil, H. N. A. H. & Awad, M. M. (2021). Urban development in the Jalala Plateau in light of environmental planning for areas of slides and rockslides, International Journal of Development, 10(2), 93-113

Qadir, R. A. (2012). The effect of precipitation on groundwater in Erbil Governorate, Master's thesis, College of Arts, Saladin University – Erbil

Rasul, S. A. & Khattab, N. A. (2023). The Importance of Geomorphological Features in Kurdistan Mountains Regions of Iraq, Journal of Al-Farahidi's Arts, Tikrit University, 15(55), 187-203

Rasul, S. A. (2023). Geomorphologic risks of mass movement on the Hamilton Road in the Gali Ali Beg Valley (between the Zargali and Balak Straits) - a study in applied geomorphology, Diyala Journal of Human Research, 95, 334-366

Republic of Iraq, Ministry of Interior, Directorate of Public Civil Status (1963). Statistical collection for 1957, Mosul and Erbil Districts, Al-Irshad Press, Baghdad

Republic of Iraq, Ministry of Planning, Central Bureau of Statistics (1978). Population Census for 1977, Baghdad

Sarkis, S., Abbas, I. & Mualla, L. (2015). Assessing sensitivity to landslides on the Governorate, Journal of the College of Education - Al-Mustansiriya University, 2(6), 295-327

Al-Atabi, N. H. T. (2021). Spatial modeling of geomorphologic hazards and their impact on transportation routes - Mount Mergasur, Erbil Governorate, as a model, Lark Journal of Philosophy, Linguistics and Social Sciences, 4(43), 851-873

Al-Haddad, H. Y. H., Mahmood, K. W. (2011). Atlas of Erbil Governorate, Shihab Press, Erbil (in Kurdish)

Al-Qashantini, B. I. (2012). Environmental risks arising from the impact of natural factors in the Greater Zab Valley basin - study area: Akre district, Surchiya and Dera Kapra sub-districts, Journal of Geographical Research, 15, 15-46

Aziz, R. S. (2013). Small and medium cities in Erbil Governorate - a study in urban and regional equilibrium, doctoral thesis, Koya University

Basel, Y. S. H. (2022). Geomorphological risks of land slopes in Erbil Governorate, Al-Ameed Magazine, 11(42), 181-210

Eid, H. N. (2023). Multi-criteria spatial modeling to evaluate the sensitivity of the slopes of the Al-Ma'azah Plateau to mass wasting between the Wadi Al-Ahaywa and Ammar fans, east of Sohag, Arab Geographical Journal, 54(81), 225-274

Hussein, Z. I. (2020). Landslides and their risks in the Duhok Basin, Journal of Arts, 133, 409-444

Kurdistan Region - Iraq, Ministry of Planning, Erbil Statistics Department (2022). Population data of Erbil Governorate for 2020 by district and environment, Erbil, (unpublished)


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

Chang, K. T., Merghadi, A., Yunus, A. P., Pham, B. T., & Dou, J. (2019). Evaluating scale effects of topographic variables in landslide susceptibility models using GIS-based machine learning techniques. Scientific reports, 9(1), 12296.

Constantin, M., Bednarik, M., Jurchescu, M. C., & Vlaicu, M. (2011). Landslide susceptibility assessment using the bivariate statistical analysis and the index of entropy in the Sibiciu Basin (Romania). Environmental earth sciences, 63, 397-406.

Dornik, A., Drăguţ, L., Oguchi, T., Hayakawa, Y., & Micu, M. (2022). Influence of sampling design on landslide susceptibility modeling in lithologically heterogeneous areas. Scientific reports, 12(1), 2106.

Erener, A. R. Z. U., & Düzgün, H. S. B. (2012). Landslide susceptibility assessment: what are the effects of mapping unit and mapping method?. Environmental Earth Sciences, 66, 859-877.

Ermini, L., Catani, F., & Casagli, N. (2005). Artificial neural networks applied to landslide susceptibility

assessment. geomorphology, 66(1-4), 327-343.

Fernández, C. I., Del Castillo, T. F., Hamdouni, R. E., & Montero, J. C. (1999). Verification of landslide susceptibility mapping: a case study. Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group, 24(6), 537-544.

Gaidzik, K., & Ramírez-Herrera, M. T. (2021). The importance of input data on landslide susceptibility mapping. Scientific reports, 11(1), 19334.

Syrian coast using geographic information systems, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series, 37(4), 257-276

Selim, M. S. M., Radhi, M. D. (1985). Geomorphologic processes, House of Culture, Cairo

Taher, M. A. (2023). Classification of risks of landslides and their impact on land uses within the Chammi Rezan region, west of Sulaymaniyah, Midad Al-Adab Magazine (1) (special for the Geography Department Conference), 765-786

United Nations, World Food Program - WFP (2019). Iraq Socio-Economic Atlas, Baghdad

**المصادر الانكليزية : -**

Abella, E. A. C., & Van Westen, C. J. (2008). Qualitative landslide susceptibility assessment by multicriteria analysis: A case study from San Antonio del Sur, Guantánamo, Cuba. Geomorphology, 94(3-4), 453-466.

Aqrawi, A., Goff, J., Horbury, A. & Sadooni, F. (2010). The Petroleum Geology of Iraq, Scientific press, UK.

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.

Base imagery sources (2020). ESRI, Digital-Globe, Geo-Eye, i-cubed, USDA FSA, USGS, AEX, Get-mapping, Aero-grid, IGN, IGP, Swiss-topo, and the GIS User Community.

Bui, D. T., Lofman, O., Revhaug, I., & Dick, O. (2011). Landslide susceptibility analysis in the Hoa Binh province of Vietnam using statistical index and logistic regression. Natural hazards, 59, 1413-1444.


DOI:10.52113/uj05/024-17/700-719

Ngo, P. T. T., Panahi, M., Khosravi, K., Ghorbanzadeh, O., Kariminejad, N., Cerda, A., & Lee, S. (2021). Evaluation of deep learning algorithms for national scale landslide susceptibility mapping of Iran. Geoscience Frontiers, 12(2), 505-519.

OSM - OpenStreetMap contributors. (2020). Planet dump, Available online: https://planet.openstreetmap.org (Accessed on 25 Jul 2020).

Othman, A. A., & Gloaguen, R. (2013). Automatic extraction and size distribution of landslides in Kurdistan region, NE Iraq. Remote Sensing, 5(5), 2389-2410.

Rabby, Y. W., Li, Y., & Hilafu, H. (2023). An objective absence data sampling method for landslide susceptibility mapping. Scientific reports, 13(1), 1740.

Sadiq, S., Muhmed, A. S., Haris, H. G. K., Hamma, D. M., Abdwllah, M. M., Bibani, H. H., ... & Al-Ansari, N. (2016). Mechanism of haibat sultan mountain landslide in Koya, North Iraq. Engineering, 8(8), 535-544.

Sarkar, S., & Kanungo, D. P. (2004). An integrated approach for landslide susceptibility mapping using remote sensing and GIS. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 70(5), 617-625.

Selby, M J. (1993). Hillslope Materials and Processes. 2nd edition, Oxford University Press, Oxford, 451pp.

Sissakian, V. K. (1997). Geological Map of Arbil and Mahabad Quadrangles, sheets NJ-38-14 and NJ-38-15, Scale 1:250,000, Baghdad

Sissakian, V. K. (2005). The stratigraphy of the exposed Cretaceous rocks in Iraq, as deduced from the results of the regional and detailed geological surveys (GEOSURV 1971-1996). Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 1(1), 1-20.

Goudie, A. (Ed.). (2004). Encyclopedia of geomorphology (Vol. 1). Psychology Press.

GUERRA, A. J. T., Fullen, M. A., JORGE, M. D. C. O., BEZERRA, J. F. R., & Shokr, M. S. (2017). Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. Pedosphere, 27(1), 27-41.

Guillard, C., & Zezere, J. (2012). Landslide susceptibility assessment and validation in the framework of municipal planning in Portugal: the case of Loures Municipality. Environmental management, 50, 721-735.

Hussein, S. O., Kovács, F., Tobak, Z., & Abdullah, H. J. (2018). Spatial distribution of vegetation cover in Erbil city districts using high-resolution Pléiades satellite image. Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment, 12(1), 10-22.

Jain, S. (2014). Weathering and Mass Wasting. In: Fundamentals of Physical Geology. Springer Geology. Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-1539-4_7

Jassim, S. Z., & Goff, J. C. (2006). Geology of Iraq. Dolin, Hlavin, Prague.

Karim, K. H. (2017). The Geology of Iraq: Basic Principles, University of Sulaimania

Komac, M. (2006). A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. Geomorphology, 74(1-4), 17-28.

Mustafa, Z. T., Omer, H. O., & Sissakian, V. K. (2018). Slope Stability Assessment of Korre Village Landslide, SW of Shaqlawa Town, the Kurdistan Region. UKH Journal of Science and Engineering, 2(2), 14-22.

# Evaluation of the Locations of Cities within the Mountainous Territory of Erbil Governorate According to the Mass Wasting Susceptibility Model

Kamaran Wali Mahmood

University of Salahaddin – Erbil / Collage of Arts

**Abstract**

The study aims to determine the scope of mass wasting hazards in Erbil Governorate's mountainous territory, as well as the locations of urban centers in relation to these risk levels. The study assumes that significant areas of the study area are vulnerable to these hazards and that the majority, if not all, urban centers are located near such hazards. The study employed an inductive approach through the application of the scientific analysis method. It was separated into three sections: definition of the study area, methods and results and discussion. The study came to a number of results, the most important of which is that the study region is vulnerable to mass wasting hazards at various degrees, with areas in the extremely high category accounting for 15.9% of the study area. A total of 3.8 km2 within the urban centers of the study area is situated in the high-risk zone, specifically in the very high category. Leading the list of vulnerable urban centers are both Choman and Piran, whereas Pirmam, Siktan, Balisan, and Basirma cities are entirely distant from these hazards.

**Keywords**: Urban centers locations, mountainous territory, mass wasting, GIS.

Thai Pham, B., Shirzadi, A., Shahabi, H., Omidvar, E., Singh, S. K., Sahana, M., ... & Lee, S. (2019). Landslide susceptibility assessment by novel hybrid machine learning algorithms. Sustainability, 11(16), 4386.

United States Geological Survey – USGS (2020). LandSat-8 Satellite Image, Available online: https://earthexplorer.usgs.gov. (Accessed on 26 December 2022).

United States Geological Survey - USGS (2021). Data of DEM - Digital Elevation Model, (12.5 meter), Available online: http://www.usgsq uads.com/prod_digit al_inter national_elevation_models. (Accessed on 10 August 2021)

United States Geological Survey - USGS (2023). What is a landslide hazard map? Available online: https://www.usgs.gov/. (Accessed on 11 November 2023)

Wang, Q., Li, W., Chen, W., & Bai, H. (2015). GIS-based assessment of landslide susceptibility using certainty factor and index of entropy models for the Qianyang County of Baoji city, China. Journal of Earth System Science, 124, 1399-1415.

Zaki, S. H., & Suleimany, J. M. S. (2021). Landslide variation with morphometric factors using the GIS techniques: The case of Shaqlawa Forest. Tikrit Journal of Engineering Sciences, 28(3), 117-128.

Zhang, K., Dong, X., Liu, Z., Gao, W., Hu, Z., & Wu, G. (2019). Mapping tidal flats with Landsat 8 images and google earth engine: A case study of the China's eastern coastal zone circa 2015. Remote Sensing, 11(8), 924.

Zhao, X., & Chen, W. (2020). Optimization of computational intelligence models for landslide susceptibility evaluation. Remote Sensing, 12(14), 2180.