

## بناء انموذج للمخاطر الجيومورفولوجية في حوض وادي تانجرو بأعتماد GIS & Rs

مجيب رزوقي فريح

مركز المستنصرية للدراسات العربية والدولية - الجامعة المستنصرية

[mujebfrehah@uomustansiriyah.edu.iq](mailto:mujebfrehah@uomustansiriyah.edu.iq)

07703161042

### مستخلص البحث:

تهدف الدراسة إلى بناء أنموذج مكاني لتحديد وتقييم المخاطر الجيومورفولوجية بأعتماد GIS & Rs في حوض وادي تانجرو الواقع في محافظة السليمانية، وتتمثل مشكلة البحث بأن حوض وادي تانجرو يواجه العديد من المخاطر الجيومورفولوجية، فكيف يمكن بناء أنموذج علمي مكاني لتحديد وتقييم المخاطر الجيومورفولوجية، لتحقيق تنبؤ أكثر دقة بالمناطق المعرضة للخطر، ان بناء الانموذج يمر بخطوات منهجية متعددة بدأت بتحديد الأوزان النسبية لكل عامل من العوامل الجيومورفولوجية استنادا إلى الأهمية النسبية والتأثير المتوقع، ثم تحديد الأوزان الداخلية عبر تصنيف كل عامل إلى ثلاث مستويات من الخطورة (قليلة، متوسطة، عالية) ومنحه القيم الرقمية (1، 2، 3) على التوالي، وقد أظهرت النتائج أن ما نسبته (12.1%) من مساحة الحوض تقع ضمن مستوى المناطق عالية الخطورة، وتتركز هذه شمال شرق وشمال غرب حوض وادي تانجرو، ذات الانحدارات الشديدة، وأن (85.9%) من مساحة الحوض تقع ضمن مستوى الخطورة المتوسطة، في حين وجدت المناطق ذات المستوى القليلة الخطورة بنسبة (2%) من مجمل مساحة الحوض توجد شرق منطقة الدراسة بالقرب من بحيرة دربندخان، كما كشف التحليل المكاني أن هناك تداخلا بين مناطق ذات المستوى الخطورة العالية والمستقرات البشرية، إذ تبين أن نحو (20.7%) من القرى والتجمعات السكنية تقع ضمنها.

**الكلمات المفتاحية:** المخاطر الجيومورفولوجية، أنموذج مكاني، الانحدار، الغطاء النباتي

### المقدمة:

تُعد المخاطر الجيومورفولوجية أحد التحديات البيئية التي تواجه منطقة الدراسة التي تقع في محافظة السليمانية التي تتميز بانها نشطة من الناحية التكتونية أو بيئة هشّة، وتشمل هذه المخاطر مجموعة من الظواهر الطبيعية الناتجة عن العمليات الجيومورفولوجية، مثل الانهيارات الأرضية، والتعرية، والانزلاقات الصخرية، والسيول الجارفة، إن التغيرات المستمرة في سطح الأرض نتيجة لهذه العمليات يمكن أن تُحدث أضرارا جسيمة على النظم البيئية، والبنية التحتية، والسكان، ان الهدف من بناء أنموذج للمخاطر الجيومورفولوجية هو التنبؤ بحدوث هذه الظواهر وتحديد المناطق المعرضة للخطر بدقة عالية، وتحليل الأنماط المكانية للمخاطر، وتحديد العوامل المساهمة في نشوئها، وتقييم درجة خطورتها، مما يتيح للجهات المعنية اتخاذ قرارات مبنية على أسس علمية لتعزيز قدرة المجتمع على التكيف وتقليل آثار الكوارث الطبيعية عبر إجراءات الوقاية والتخطيط المكاني المناسب، ويتطلب عمل هذا الأنموذج توفر بيانات طبوغرافية، وجيولوجية، ومناخية، بأعتماد تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

### مشكلة البحث:

يواجه حوض وادي تانجرو العديد من المخاطر الجيومورفولوجية مثل الانهيارات الأرضية، والتعرية الشديدة، والانزلاقات الصخرية، والانزلاقات الصخرية، لذا تنطلق هذه الدراسة من التساؤل الرئيس: "كيف يمكن بناء أنموذج علمي مكاني لتحديد وتقييم المخاطر الجيومورفولوجية، بالاعتماد على

تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحقيق تنبؤ أكثر دقة بالمناطق المعرضة للخطر؟

### فرضية البحث:

يمكن بناء أنموذج مكاني فعال لتحديد وتقييم المخاطر الجيومورفولوجية من خلال دمج البيانات الطبوغرافية والجيولوجية والمناخية باعتماد تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS)، مما يُمكن من التنبؤ الدقيق بالمناطق المعرضة للخطر واتخاذ تدابير وقائية مناسبة.

### هدف البحث:

1- بناء أنموذج مكاني لتحديد وتقييم المخاطر الجيومورفولوجية باعتماد تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS)، بهدف دعم عمليات التخطيط العمراني وإدارة الكوارث وتقليل الآثار السلبية لهذه المخاطر على منطقة الدراسة.  
2- تحليل العوامل المؤثرة في نشوء المخاطر (كالانحدار، ونوع الصخور، والترربة، والهطول المطري).

3- تقييم درجة الخطورة للمناطق المعرضة للمخاطر وتصنيفها بحسب مستويات الخطورة.

### منهج البحث:

أعتمد الدراسة على المنهج التحليلي المكاني باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS)، من أجل تحليل البيانات ذات العلاقة بالبحث ومعالجتها بهدف بناء أنموذج متكامل لتحديد وتقييم المخاطر الجيومورفولوجية.

### مصادر البيانات والوسائل المستخدمة:

- 1- خريطة العراق الإدارية، الهيئة العامة للمساحة، بغداد، 2020، بمقياس رسم 1:1000000.
- 2- مرئية فضائية للقمر الصناعي (Landsat-8 OLI) بتاريخ (2024/4-2).
- 3- أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة (30) متر لسنة 2011 للقمر الصناعي الياباني ALOS، الذي أطلقته وكالة الفضاء اليابانية (JAXA).
- 4- البيانات المناخية للمحطات دربندخان، السليمانية، بنجوين للمدة (2013-2023).
- 5- برامجيات (ArcGis10.4.1، Erdas Imagine v9.2، Global Mapper 22.1.0، برنامج (Google Earth).

### حدود منطقة البحث:

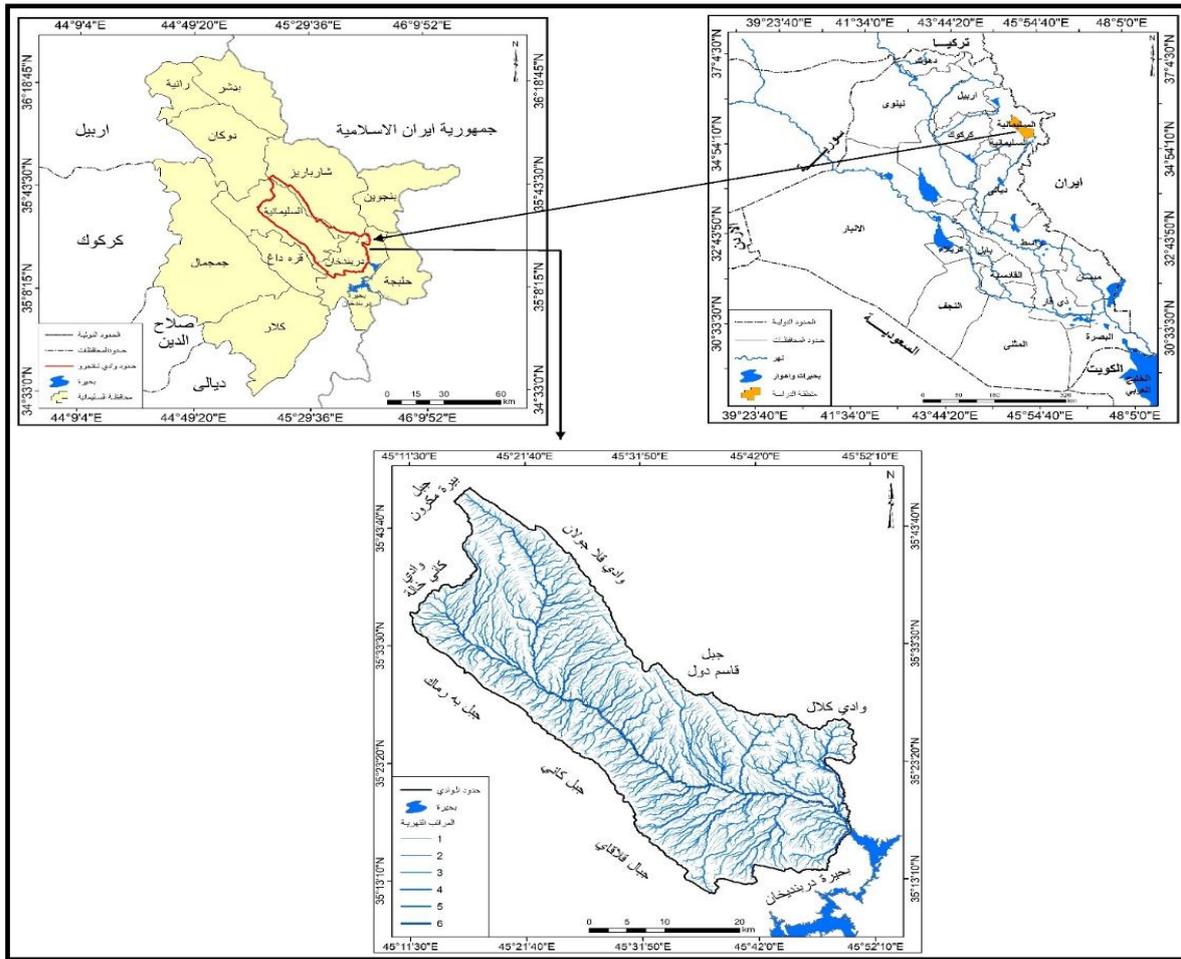
يقع حوض وادي تانجرو ادارياً ضمن إقليم كردستان العراق في محافظة السليمانية، ويصب في بحيرة دربندخان، جغرافياً يحده من الشمال جبل بيرة مكرون ومن الشرق جبل قاسم دول ووادي قلا جولان، ومن الجنوب بحيرة دربندخان ومن الغرب جبل به رماك، ويبلغ مساحة قدرها (1459.3 كم<sup>2</sup>)، أما فلكياً يقع بين خطي طول (45° 11' 20" - 45° 50' 21") شرقاً ودائرتي عرض (35° 11' 50" - 35° 46' 33")، الخريطة (1).

### خطوات عمل بناء أنموذج للمخاطر الجيومورفولوجية

من أجل الوصول الى نتائج دقيقة وموثوقة، من الضروري اتباع منهج علمي منظم يشمل سلسلة من الخطوات المتكاملة التي تمثل الإطار العملي لبناء أنموذج خريطة للمخاطر الجيومورفولوجية، تبدأ هذه الخطوات من جمع البيانات الأساسية لاعداد أنموذج المخاطر من مصادر متعددة مثل الصور الفضائية للقمر الصناعي (Landsat)، وأنموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، والخرائط الجيولوجية، مروراً بمعالجتها وتحليلها باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بعد (RS) وصولاً إلى إنتاج الخريطة النهائية وتصنيف درجات الخطورة على مستوى منطقة البحث، وقد تم التركيز على العوامل الجيومورفولوجية الأكثر تأثيراً،

مثل الانحدار والارتفاع، نوع التكوينات الصخرية، الغطاء النباتي، وكثافة التساقط المطري، درجات الحرارة، التربة، مع توظيف أساليب تحليل مكاني دقيقة، لتحديد الأوزان النسبية للعوامل، إن هذه الخطوات تمثل الركيزة الأساسية التي بُني عليها النموذج المكاني النهائي، وهي التي مكنت من تحليل العلاقة بين الظواهر الطبيعية والمخاطر الجيومورفولوجية، وتحديد المناطق المعرضة للخطر بدرجات متفاوتة، وبالتالي تقديم تصور واضح يساعد في دعم قرارات التخطيط وإدارة المخاطر، وسنقوم بشرح مفصل عن هذه الخطوات.

### خريطة (1) موقع منطقة البحث



المصدر: اعتمادا على وزارة الري، الهيئة العامة للمساحة، خارطة العراق الإدارية، بغداد 2020، وبمقياس 1/1000000، ومخرجات برامجيات ARCGIS10.4.

### أولاً: تحديد الأوزان النسبية للعوامل الجيومورفولوجية

تعد مرحلة تحديد الأوزان النسبية من أهم الخطوات في بناء النمذجة المكانية الخاصة بتحليل المخاطر الجيومورفولوجية، كونها الأساس الذي يُبنى عليه التقييم الكمي لتأثير كل عامل من العوامل المدروسة على مستوى الخطورة في حوض وادي تانجرو، وتكمن أهمية هذه المرحلة في أنها تترجم العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة في المخاطر إلى قيم رقمية قابلة للمعالجة والتحليل داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، ونظراً لتعدد العوامل الطبيعية المؤثرة في نشوء المخاطر الجيومورفولوجية في وادي حوض تانجرو – كدرجة لانحدار، الارتفاع، التكوينات الجيولوجية،

الغطاء النباتي، نوع التربة، كمية التساقط المطري، درجة الحرارة - فإن عملية تحديد الأهمية النسبية لكل منها تتطلب منهجا علميا موضوعيا يراعي التداخل والتأثير المتبادل بينها، ولتحقيق ذلك لا بد من اعتماد أسلوب التحليل في تقييم العوامل، ومن ثم اشتقاق أوزان نسبية لكل عامل تعكس درجة خطورته في حوض وادي تانجرو كما هو موضح في الجدول (1)، ومن ثم تحويله الى طبقات داخل بيئة (ArcGIS) بصيغة (raster).

#### ثانياً: تحديد الأوزان الداخلية للعوامل الجيومورفولوجية

تعتبر الأوزان الداخلية جزءاً أساسياً من عملية تقييم مدى تأثير كل فئة داخلية ضمن العامل الواحد على درجة الخطورة، فمثلاً عند تحليل تأثير الانحدار، لا تكون كل درجات الانحدار متساوية في تأثيرها، بل تختلف باختلاف شدتها وهنا يأتي دور (الوزن الداخلي) للفئات المختلفة، وهو قيمة رقمية تم إعطاؤها ارقام (1-3) لكل فئة فرعية داخل طبقة معينة، لتعكس مدى مساهمتها النسبية في رفع أو خفض مستوى الخطورة وقد تم إعطاء الرقم (1) للإشارة الى المستوى القليل الخطورة، والرقم (2) للمستوى المتوسط الخطورة، والرقم (3) للمستوى العالي الخطورة، بعد ذلك تم اجراء عمليات التصنيف لكل عامل بحسب تأثيره داخل بيئة برنامج (ArcGis) كما هو موضح ادناه:

#### (ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Reclass → Reclassify)

وسنقوم بشرح مفصل لكل عامل وتأثير خطورته في منطقة البحث كما هو موضح في الجدول (1).

#### 1- الانحدار

يعد الانحدار من العوامل الجيومورفولوجية الأساسية التي تحدد استقرار المنحدرات وشكل الأرض، وله تأثير مباشر على العمليات الجيومورفولوجية مثل الانزلاقات الأرضية، وزيادة معدلات التعرية وتسريع جريان المياه وحدوث الفيضانات، وتدفقات الحطام، مما يزيد من المخاطر على الأنشطة البشرية، لذا فهم علاقة الانحدار بالمخاطر الجيومورفولوجية يعد أمراً جوهرياً في إدارة المخاطر الطبيعية وتخطيط استخدام الأراضي، إذ ان زيادة درجة الانحدار تؤدي الى تقليل الاستقرار للمنحدرات مما يرفع من احتمالية حدوث الانزلاقات الأرضية، وخاصة عند وجود تربة مفككة أو صخور متشققة<sup>(1)</sup>، تم الاعتماد على النموذج الارتفاع الرقمي (dem) بدقة (30 متر) لاشتقاق الانحدار في حوض وادي تانجرو داخل بيئة برنامج (ArcGis) عن طريق الخطوات الموضحة ادناه:

#### (Toolbox → Spatial Analyst Tools → Surface → Slope)

يتراوح انحدار منطقة البحث ما بين (0 - 62) درجة، وتم تقسيم درجات الانحدار فيها بحسب وزنها الداخلي الى ثلاث مستويات من الخطورة:

- المستوى الأول القليلة الخطورة وتشمل الأراضي ذات الانحدار المنخفض وهي مناطق شبه مستوية إلى منحدرات خفيفة، يكون فيها خطر الانزلاق الأرضي أو الانهيار قليل جداً، تراوحت فيها قيم الانحدار (0 - 2.9) درجة وقد أعطيت الرقم (1).

- المستوى الثاني المتوسطة الخطورة وتشمل الأراضي ذات الانحدار المتوسط التي تكون فيها المناطق مائلة أو معتدلة الانحدار تكون فيها درجة الخطورة متوسطة، تكون فيها قيم الانحدار ما بين (3 - 9) درجة واعطيت رقم (2).

- المستوى الثالث العالية الخطورة وتشمل الأراضي ذات الانحدار المرتفع وهي منحدرات شديدة جداً، عرضة بدرجة عالية للحركات الأرضية أو الانهيارات وتكون فيها درجة الخطورة عالية تكون فيها قيم الانحدار اعلى من (9) درجات، واعطيت رقم (3)، الجدول (1) والخريطة (2).

جدول (1) الأوزان النسبية لطبقة العوامل الجيومورفولوجية

ت	طبقة العامل الجيومورفولوجي	الوزن النسبي (%)	الوزن الداخلي للطبقة	أصناف المتغيرات بحسب الخطورة
1	الانحدار	26	1	قليلة الخطورة (مناطق شبه مستوية إلى منحدرات خفيفة)
			2	متوسطة الخطورة (المناطق مائلة او معتدلة الانحدار)
			3	عالية الخطورة (منحدرات شديدة جدا)
2	الامطار	18	1	قليلة الخطورة (ادنى تساقط مطري)
			2	متوسطة الخطورة (يمثل متوسط التساقط المطري)
			3	عالية الخطورة (اعلى تساقط مطري)
3	التكوينات الجيولوجية	16	1	قليلة الخطورة (تكوينات صخرية صلبة عالية المقاومة)
			2	متوسطة الخطورة (تكوينات صخرية متوسطة المقاومة)
			3	عالية الخطورة (تكوينات صخرية هشه ضعيفة المقاومة)
4	الارتفاعات	14	1	قليلة الخطورة يبلغ فيها الارتفاع ما بين (475 - 700) متر
			2	متوسطة الخطورة يبلغ فيها الارتفاع ما بين (701 - 900) متر
			3	عالية الخطورة يبلغ الارتفاع فيها ما بين (901 - 2113) متر
5	التربة	10	2	متوسطة الخطورة (مجموعة الترب الهيدرولوجية B)
			3	عالية الخطورة (مجموعة الترب الهيدرولوجية D)
6	الغطاء النباتي	9	1	قليلة الخطورة (غطاء نباتي متوسط الكثافة)
			2	متوسطة الخطورة (غطاء نباتي قليل الكثافة)
			3	عالية الخطورة (غطاء نباتي ضعيف او شبه معدوم)
7	درجة الحرارة	7	1	قليلة الخطورة (ادنى درجات الحرارة)
			2	متوسطة الخطورة (درجات الحرارة المعتدلة)
			3	عالية الخطورة (اعلى درجات الحرارة)

المصدر: اعتماداً على البيانات التي تم الاستعانة بها في انشاء طبقات العوامل الجيومورفولوجية وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

### 2- الامطار

تلعب الأمطار دورا جوهريا في نشوء وتطور المخاطر الجيومورفولوجية اذ تعد من العوامل الرئيسية المُحفزة للانهيارات الأرضية، وآلية حدوثها مُعقدة وتتأثر بعوامل بيئية مُتعددة، مثل شدة التساقط المطري ومدته ووقوعها المفاجئ وطبيعة الأرض وبنية طبقة التربة، و يؤثر هطول الأمطار بشكل كبير على الخواص الميكانيكية لتربة المنحدرات والكتلة الصخرية، مما يؤدي عادةً إلى تليين التربة وزيادة ضغط الماء في المسام، ومن ثم إلى عدم استقرار الانهيار الأرضي، مشكلا عددا كبيرا من تدفقات الحطام المدمر<sup>(2)</sup>، كما تعتبر الأمطار الغزيرة، وخاصة في فترات زمنية قصيرة تتراوح بين دقائق وعشرات الدقائق عوامل مهمة لتآكل التربة وهو ما يجعل المنحدرات عرضة للانهيارات الأرضية والانزلاقات الطينية<sup>(3)</sup>، من جهة أخرى تعمل الأمطار الغزيرة على حدوث الفيضانات، حيث ترفع منسوب المياه في الأنهار والوديان بسرعة، وقد تؤدي إلى فيضانها، مسببة تدميرا للبنية التحتية ووقوع كوارث على المستقرات البشرية والبنى التحتية، تم الاعتماد على كمية التساقط المطري في منطقة البحث من البيانات الصادرة لوزارة النقل والاتصالات، مديرية الأنواء الجوية والزلازل في محافظة السليمانية وهي بيانات غير منشورة للمدة (2013- 2023)، كذلك للبيانات الصادرة من وزارة الزراعة والري، قسم الإرشادات الزراعية، بيانات أنواء جوية غير منشورة لنفس المدة لكل من محطة دربندخان اذ بلغت كمية التساقط المطري (730/ملم)، ومحطة السليمانية (760.9/ملم) ومحطة بنجوين (700/ملم)، بعدها تم استيراد جدول بيانات محطات المطر (Excel) الذي يحتوي على إحداثيات المحطات والقيم المطرية خلال مدة الدراسة ومن ثم تحويل البيانات إلى نقاط مكانية عن طريق (Display XY Data) داخل بيئة (ArcGis)، بعدها تم نمذجة التوزيع المكاني للأمطار كما هو موضح في الخطوات ادناه:

#### (ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Interpolation → IDW)

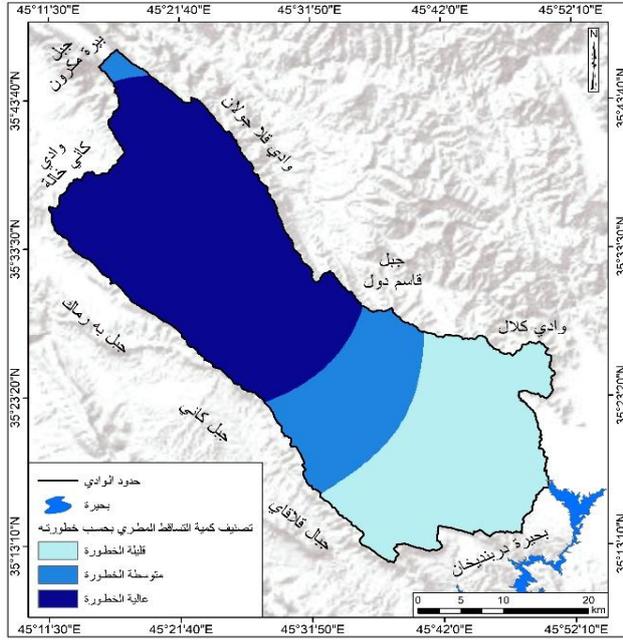
بعد انتاج خريطة للتساقط المطري بصيغة طبقة (raster) أظهرت ان كمية التساقط المطري الذي يغطي منطقة البحث بلغ ما بين (760.9- 717.6) ملم، بعدها تم إعادة تصنيف طبقة التساقط المطري (Reclassify) على وفق الوزن الداخلي الى ثلاث مستويات من الخطورة:

1- المستوى الأول القليلة الخطورة وهي المناطق التي تتراوح فيها كمية التساقط المطري (717.6 - 736.4) ملم، وتغطي جنوب شرق وادي تانجرو بالقرب من بحيرة دربندخان، وقد تم اعطاها الرقم (1) لانه يمثل ادنى تساقط مطري في منطقة البحث.

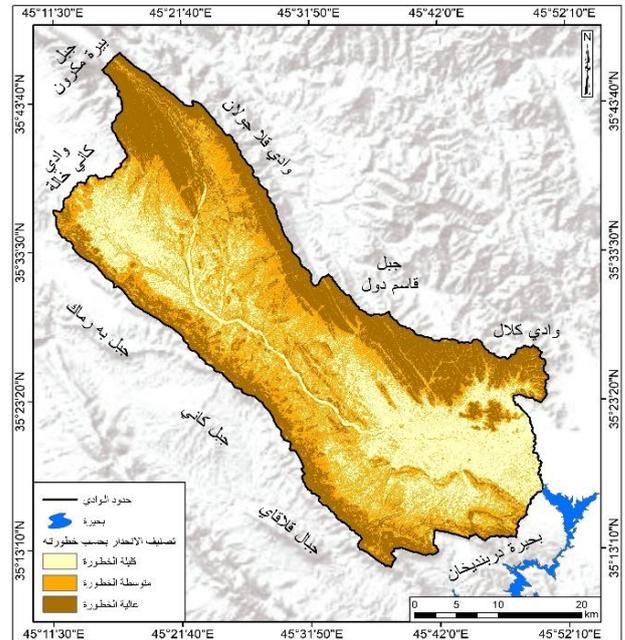
2- المستوى الثاني المتوسطة الخطورة وهي المناطق التي تراوحت فيها كمية التساقط المطري (736.5 - 749.1) ملم وتغطي وسط منطقة البحث وتم اعطاها الرقم (2).

المستوى الثالث العالية الخطورة وهي المناطق التي تراوحت فيها كمية التساقط المطري (749.2 - 760.9) ملم وتغطي شمال غرب وادي تانجرو، وهو يمثل اعلى تساقط مطري لذلك اعطي له الرقم (3) للدلالة على خطورته العالية، الجدول (1) والخريطة (3).

خريطة (3) مستويات المخاطر لعامل الامطار



خريطة (2) مستويات المخاطر لعامل الانحدار



المصدر: اعتماداً على البيانات الصادرة من وزارة النقل والاتصالات، مديرية الأنواء الجوية والزلازل في محافظة السليمانية، بيانات غير منشورة للمدة (2013- 2023)، لمحطات منطقة البحث والجدول (1) وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

المصدر: اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (dem) والجدول (1)، وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

3- التكوينات الجيولوجية

تعد التكوينات الجيولوجية من أهم العوامل التي تؤثر في طبيعة الاستقرار الأرضي والحيومورفولوجي لحوض وادي تانجرو، فهي تشمل أنواع مختلفة من الصخور من حيث تركيبها، وقوامها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، ولا بد من الإشارة ان الفروقات في نوع الصخور تؤدي الى اختلافات في مقاومة التعرية، فالصخور الطرية كالطينية والطباشيرية أكثر عرضة للتفكك تحت تأثير المياه مقارنة بالصخور الكلسية الأكثر صلابة، مما يجعل المناطق التي تحتوي على تشكيلات طينية أكثر عرضة للانهدامات الأرضية<sup>(4)</sup>، تمت الاستعانة بالخريطة الجيولوجية للوحة السليمانية بمقياس 1:250,000 (الطبعة الثانية)، منشورات هيئة المسح الجيولوجي العراقية، 2014، من اجل معرفة أنواع التكوينات والترسبات الجيولوجية الموجودة في حوض وادي تانجرو، كما تم الاعتماد على خصائص التكوينات الجيولوجية من حيث صلابتها ومقاومتها للتجوية والانحدار والانهدام في تحديد الوزن الداخلي لطبقة التكوينات الجيولوجية من حيث تأثيرها في المخاطر، اذ تم تصنيف منطقة البحث ثلاثة مستويات من المخاطر، بناء على درجة صلابة الصخور وتماسكها، وذلك على النحو التالي:

- المستوى الأول قليلة الخطورة وهي التكوينات التي تتصف بصلابة عالية ومقاومة كبيرة للتعرية والانهدامات وتشمل تكوينات (الجوراسي، مجموعة كتاراش البركانية، سارمورد، دوكان، قمجوقة، واعطيت الرقم (1)، الخريطة (4) والجدول (1).
- المستوى الثاني متوسطة الخطورة وهي التكوينات التي تحتوي على صخور متوسطة التماسك، وتضم تكوينات (كلكلة رايدبولاري، خورمالة، سنجار) واعطيت الرقم (2).

- المستوى الثالث عالية الخطورة وهي التكوينات الرسوبية غير المتماسكة مثل المارل، الطين، الجبس، الرواسب الغرينية، ورواسب السهل الفيضي، وتشمل تكوينات (الفتحة، جركس، كولوش، رواسب المراوح الغرينية، رواسب السهل الفيضي، رواسب متعددة الأصول) واعطيت الرقم (3)، الجدول(1).

#### 4- الارتفاعات

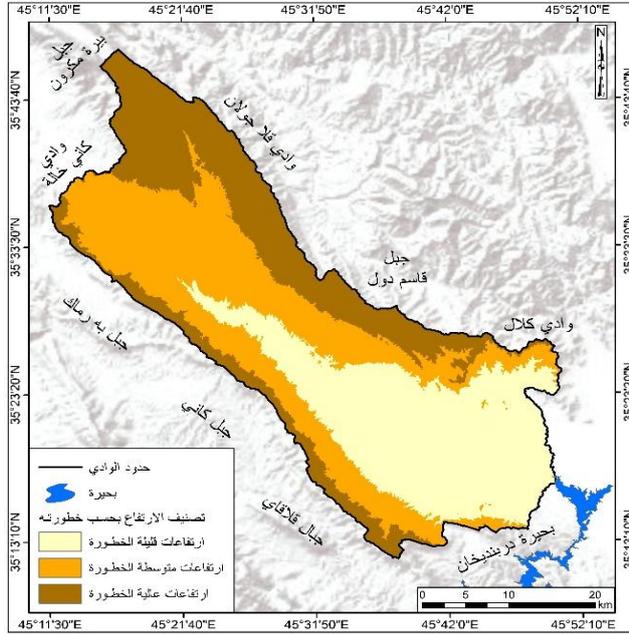
يعد الارتفاع من العوامل الأساسية التي تحدد توزيع الإجهاد على المنحدرات وهناك أدلة قوية على أن الارتفاع يعد مؤشراً على القابلية للانزلاقات الأرضية، كما يعد الارتفاع أحد أبسط الخصائص التي تميز المنحدرات لهذا السبب، ويُفضل كثيراً استخدامه كمعامل في إعداد خرائط القابلية للانزلاقات الأرضية كما يُستخدم أيضاً كمعامل في إعداد خرائط المخاطر<sup>(5)</sup>، إن المناطق ذات الارتفاعات العالية تكون غالباً عرضة لانزلاقات أرضية متكررة بسبب زوايا الانحدار العالية التي تؤدي إلى عدم استقرار المنحدرات خاصة في المناطق ذات الصخور المتفككة أو التربة غير المتماسكة التي تفقد تماسكها تحت تأثير العوامل الميكانيكية والمناخية، كما ان عامل الارتفاع مرتبط بشدة التساقط المطري الذي يسهم في تشبع المنحدرات بالمياه وبالتالي إضعاف التماسك الداخلي للتربة والصخور مما يضاعف من فرص الانهيار خاصة عند تزامن هذه العوامل مع النشاط الزلزالي الذي يرفع من احتمالية حدوث الكوارث<sup>(6)</sup>، تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (dem) بدقة (30 متر) لمعرفة ارتفاعات حوض وادي تانجرو الذي تراوحت الارتفاعات فيه ما بين (475 - 2113) متر، تم تقسيم طبقة الارتفاعات من حيث وزنها الداخلي الى ثلاث مستويات بحسب خطورتها كما يلي:

- المستوى الأول القليلة الخطورة في هذه المناطق تكون المخاطر الجيومورفولوجية محدودة نسبياً إذ تحدث بعض الانهيارات الطينية والانجرافات السطحية خصوصاً في المناطق ذات التربة المفككة، ويتراوح فيها الارتفاع ما بين (475 - 700) متر، وتقع جنوب شرق وغرب وادي تانجرو بالقرب من بحيرة دربنديخان، وقد تم اعطاها الرقم (1).

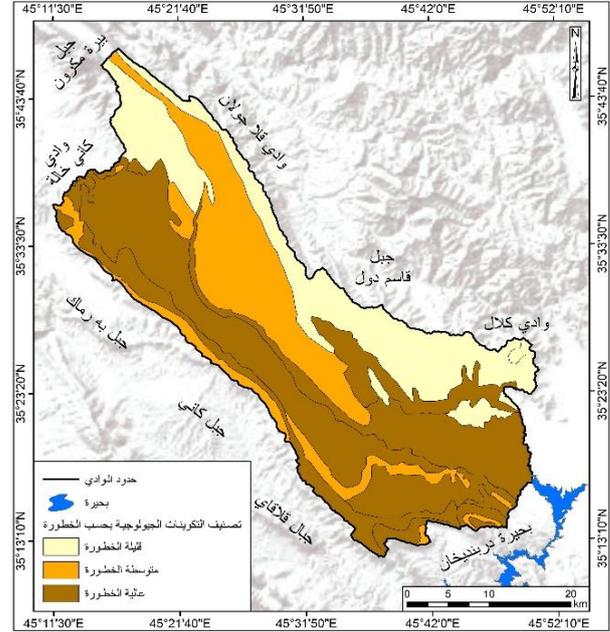
- المستوى الثاني المتوسطة الخطورة تمثل هذه المناطق مستوى متوسط من الخطر وتكون فيها المنحدرات معتدلة إلى شديدة مما يؤدي إلى ضعف استقرار المنحدرات حيث تحدث فيها الانزلاقات الأرضية والانهارات الصخرية، يتراوح فيها الارتفاع ما بين (701 - 900) متر وتغطي شمال غرب حوض وادي تانجرو، وتم اعطاها الرقم (2).

- المستوى الثالث العالية الخطورة تعد هذه المناطق أعلى مستويات الخطر الجيومورفولوجي حيث تزداد فيها الانحدارات بشكل كبير وتستلم اعلى كميات من التساقط المطري مما يؤدي إلى حدوث انزلاقات وانهارات ضخمة قد تؤثر على القرى والطرق والبنية التحتية بشكل كارثي، يتراوح فيها الارتفاع ما بين (901 - 2113) متر، وتوجد في حوض وادي تانجرو على شكل شريط واسع ممتد من الشمال باتجاه الشمال الشرقي كذلك توجد على شكل شريط ضيق على طول حد خط تقسيم المياه شمال غرب حوض وادي تانجرو، وتم اعطاها الرقم (3)، الجدول (1) والخريطة (5).

خريطة (5) مستويات المخاطر لعامل الارتفاع



خريطة (4) مستويات المخاطر لعامل التكوينات



المصدر: اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (dem) والجدول (1) وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

المصدر: اعتماداً على لوحة السليمانية، مقياس 1:250,000 (الطبعة الثانية)، منشورات هيئة المسح الجيولوجي العراقية، 2014، والجدول (1) وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

5- التربة

هي نتائج العمليات الجيومورفولوجية والمورفومناخية وهي متأثرة بالعمليات الكيميائية والفيزيائية<sup>(7)</sup>، وتسهم الترب الهيدرولوجية دوراً حاسماً في فهم وتقييم المخاطر الجيومورفولوجية مثل الانهيارات الأرضية والفيضانات وتآكل التربة، لذا تم الاعتماد على تصنيف الفاو في تحديد أنواع الترب في منطقة البحث، وهذا التصنيف يعتمد بناءً على خصائصها الفيزيائية والكيميائية والهيدرولوجية، وعلى وفق هذا التصنيف يوجد في منطقة البحث مجموعتين من الترب الهيدرولوجية وهي مجموعة الترب (B) واعطيت الرقم (2) للدلالة على مستوى الخطورة المتوسطة، إذ تتميز مجموعة هذه الترب ببنائية جيدة ويكون جريانها السطحي عالي بسبب شدة الانحدار مما يؤدي إلى انجراف التربة أما الانزلاقات الأرضية فتكون معتدلة بسبب تشعب التربة بالماء، أما المجموعة الثانية (D) فاعطيت الرقم (3) للدلالة على مستوى الخطورة العالية، إذ تتميز ببنائية منخفضة جداً (طينية ثقيلة) ذات تصريف ضعيف جداً للمياه مما يزيد خطر الانجراف السطحي الشديد بسبب تراكم المياه وإمكانية حدوث الفيضانات، كما تزداد مخاطر حدوث الانزلاقات الصخرية مع زيادة درجة الانحدار<sup>(8)</sup>، الجدول (1) والخريطة (6).

### 6- الغطاء النباتي

يمكن للغطاء النباتي حماية المنحدرات من خلال تقليل التآكل، وتقوية التربة، ومنع الانهيارات الأرضية التي تؤدي إلى زيادة الاستقرار العام للمنحدر<sup>(9)</sup>، عن طريق تعديل نظام رطوبة التربة، إذ تقلل النباتات من تقليل محتوى الرطوبة في التربة بواسطة عملية النتج التبخر مما يقلل من ضغط الماء في المسام ويزيد من استقرار التربة، وتقليل مخاطر الانزلاقات الأرضية، كما يعزز قوة تماسك التربة بفضل شبكات الجذور، وتشير الدراسات أن إزالة الغطاء النباتي يؤدي إلى زيادة معدلات الانزلاقات الأرضية وزحف وانهيار التربة<sup>(10)</sup>، كما أن الحفاظ على الغطاء النباتي الطبيعي يعد من أهم وسائل إدارة الفيضانات والحد من مخاطرها، فهو يقلل من الجريان السطحي وحدوث السيول والفيضانات المفاجئة ويزيد من معدلات تغلغل المياه في التربة، تم الاستعانة بالمرئية الفضائية للقمر الصناعي (Landsat8) بتاريخ (2024/4-2)، والاعتماد على دليل الاختلافات الخضرية الطبيعي (NDVI) لدراسة الغطاء النباتي ومعرفة درجة كثافته وحالته في حوض وادي تانجرو، ويستخرج وفق المعادلة الآتية للقمر الصناعي (Landsat8)<sup>(11)</sup>:

$$NDVI = \frac{band5 - band4}{band5 + band4}$$

اذ ان:-

NDVI = مؤشر دليل الاخضرار.

Band5 = الجزء الخاص بالطيف الأحمر.

Band4 = الجزء الخاص بالطيف القريب من الأشعة تحت الحمراء.

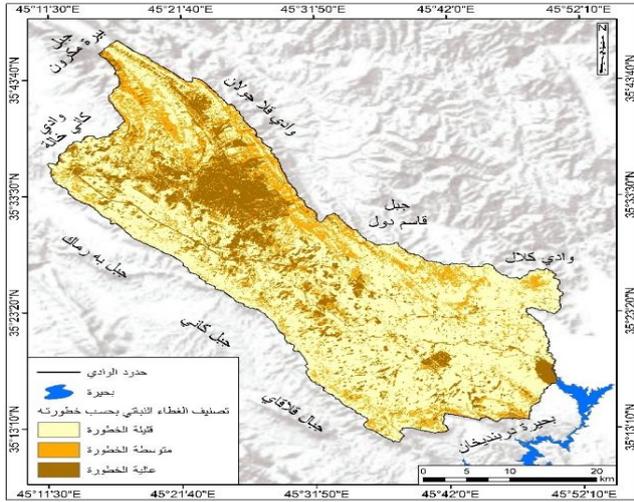
وتم تطبيق المعادلة داخل بيئة برنامج (ArcGis) عن طريق الخطوات الموضحة ادناه:

### (Spatial Analyst Tools → Map Algebra → Raster Calculator)

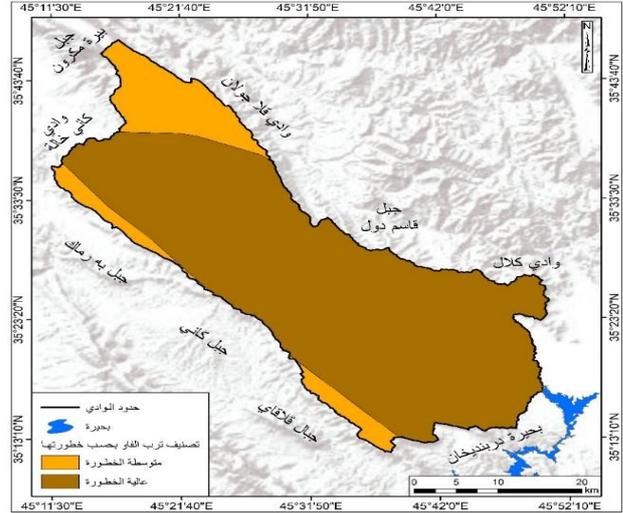
تتراوح قيم مؤشر (NDVI) ما بين (+1 ، -1) وكلما كان الناتج قريب من (+1) يدل على وجود الغطاء النباتي وتزداد كثافته باقترابه منه، وعلى العكس من اقترابه من (-1) يدل على عدم وجود غطاء نباتي او تربة عارية، تم تقسيم كثافة الغطاء النباتي في منطقة البحث بحسب وزنها الداخلي الى ثلاث مستويات من الخطورة:

- المستوى الأول القليلة الخطورة وتشمل الأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط الكثافة، إذ يقلل من شدة التعرية والجريان السطحي وخطر الفيضانات، وقد أعطيت الرقم (1).
- المستوى الثاني المتوسط الخطورة وتضم المناطق ذات الغطاء النباتي القليل الكثافة، ويمثل خطر معتدل للفيضانات والانجرافات واعطيت رقم (2).
- المستوى الثالث العالية الخطورة وتشمل الأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف او شبه معدوم، إذ تكون الاراضي مكشوفة ومعرضة للتعرية والانجرافات وخطر الفيضانات والانهيارات الأرضية، لذلك تكون فيها درجة الخطورة عالية ، واعطيت رقم (3)، الجدول (1) والخريطة (7).

خريطة (7) مستويات المخاطر لعامل الغطاء النباتي



خريطة (6) مستويات المخاطر لعامل التربة



المصدر: اعتماداً على مرئية القمر الصناعي (Landsat8) بتاريخ (2024/4-2)، والجدول (1) وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

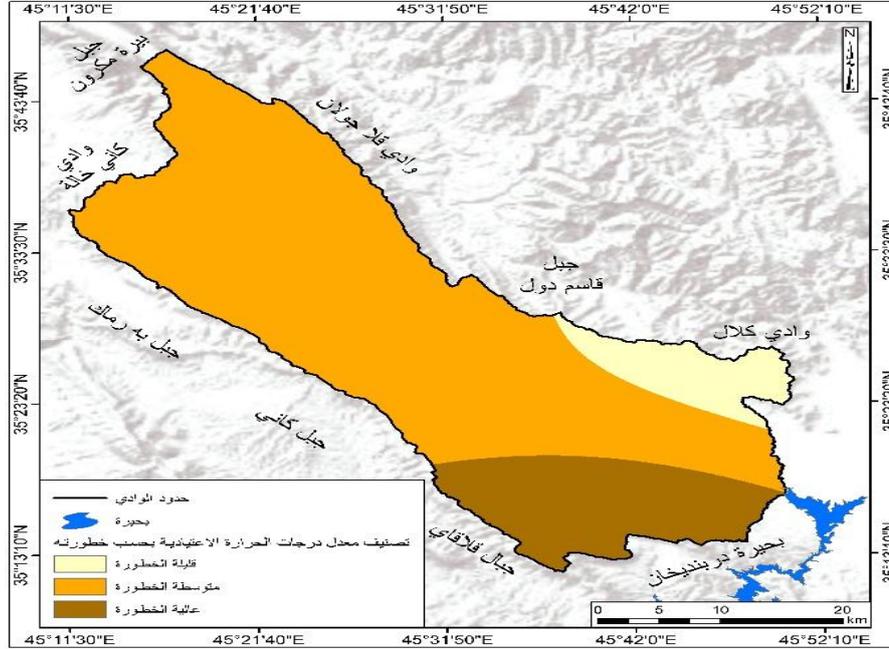
المصدر: اعتماداً على تصنيف الفاو للترب، والجدول (1) وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

#### 7- درجة الحرارة

تسهم درجات الحرارة دوراً كبيراً في نشوء وتطور المخاطر الجيومورفولوجية، إذ تؤدي درجات الحرارة المرتفعة على تسهيل دخول المياه إلى التربة مؤدية إلى عدم تماسكها، كما تقلل من تراكم الثلوج وانهارها، و تزيد من خطر حرائق الغابات وغيرها من التهديدات والكوارث، كما أنها تؤثر على معدلات التعرية ونقل الرواسب، وكذلك احتمالية حدوث الانهيارات الأرضية<sup>(12)</sup>، تم الاعتماد على معدلات درجة الحرارة الاعتيادية لحوض وادي تانجرو للمدة (2013- 2023)، لكل من محطة دربنديخان إذ بلغ معدل درجة الحرارة الاعتيادية (22.4°)، ومحطة السليمانية (19°) ومحطة بنجوين (14°)، وبنفس خطوات الطريقة التي تم بها عمل نمذجة كميات التساقط المطري مسبقاً تم عملها لدرجات الحرارة، بعد انتاج خريطة درجات الحرارة الاعتيادية بصيغة طبقة (Raster) أظهرت ان درجة الحرارة الاعتيادية التي تغطي منطقة حوض وادي تانجرو تراوحت ما بين (16.4° - 21.8°) ملم، بعدها تم إعادة تصنيف طبقة التساقط المطري (Reclassify) على وفق الوزن الداخلي الى ثلاث مستويات من الخطورة:

- المستوى الأول القليلة الخطورة وهي المناطق التي تكون فيها ادنى درجات الحرارة في حوض وادي تانجرو دون (18.3°) يكون فيها خطر تفتت الصخور و حدوث الانهيارات الأرضية ضعيف، وتغطي جنوب شرق وادي تانجرو، وقد تم اعطاها الرقم (1).
- المستوى الثاني المتوسطة الخطورة، تراوحت فيها درجات الحرارة معتدلة ما بين (18.4° - 19.6°) تزيد فيها عملية التعرية والانجراف قليلاً، وتغطي وسط منطقة البحث وتم أعطاها الرقم (2).
- المستوى الثالث العالية الخطورة وهي المناطق التي تراوحت فيها درجة الحرارة ما بين (19.7° - 21.8°) إذ تؤدي الى امكانية جفاف التربة وزيادة الشروخ والتشققات، واحتمالية حدوث الانزلاقات، وتغطي جنوب غرب حوض وادي تانجرو، وهو يمثل اعلى درجات الحرارة لذلك اعطي له الرقم (3) للدلالة على خطورته العالية الجدول (1) والخريطة (8).

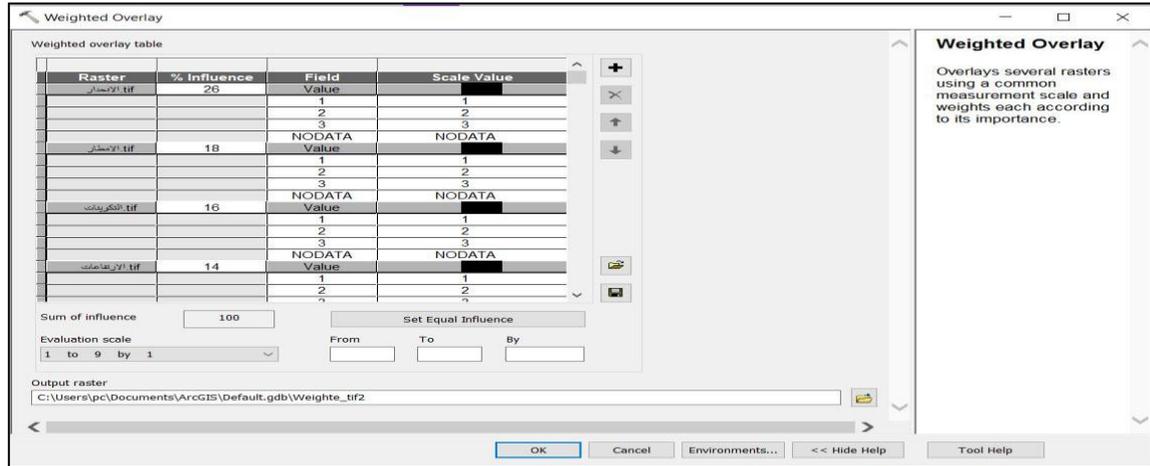
خريطة (8) مستويات المخاطر لعامل الحرارة



المصدر: اعتماداً على البيانات الصادرة من وزارة النقل والاتصالات، مديرية الأنواء الجوية والزلازل في محافظة السليمانية، بيانات غير منشورة للمدة (2013- 2023)، لمحطات منطقة البحث والجدول (1) وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

ثالثاً: عمل خريطة المخاطر للعوامل الجيومورفولوجية باستخدام أداة **Weighted Overlay** لإنشاء خريطة مخاطر شاملة باستخدام أداة (Weighted Overlay) في برنامج (ArcGIS)، تم تحضير الطبقات التي تمثل المتغيرات الأساسية لإنشاء خريطة المخاطر الجيومورفولوجية وهم (الانحدار، الامطار، التكوينات الجيولوجية، الارتفاعات، التربة، الغطاء النباتي، درجة الحرارة)، بعدها تم التأكد من ان جميع هذه الطبقات من نوع (Raster) وأنها تستخدم نفس نظام الإحداثيات (WGS 1984 UTM Zone 38N)، وحجم الخلية (30 م × 30 م)، بعدها تم إعادة تصنيف كل طبقة مسبقاً الى ثلاث مستويات بحيث تكون القيم 1 (خطورة منخفضة) و2 (متوسطة) و3 (عالية)، باستخدام الاداة (Reclassify)، كي تكون جاهزة للتراكب، بعدها تم اجراء عملية تراكب طبقات المتغيرات من اجل انشاء الخريطة النهائية التي تمثل خريطة المخاطر الجيومورفولوجية عن طريق: (ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Overlay → Weighted Overlay) في الصورة (1) تمثل نافذة الاداة (Weighted Overlay) اذ تم ادخال الطبقات السبعة واحدة بعد الأخرى بحسب أهمية تأثيرها في المخاطر الجيومورفولوجية في الحقل (Raster) وكل طبقة حددت أهميتها في الحقل (%Influence) طبقاً للجدول (1) في الحقل (الوزن النسبي) المعد مسبقاً، ويجب ان يكون مجموع الاوزان لكل الطبقات (100)، بعد إضافة كل الطبقات وتحديد الأوزان الخاصة بها والتأكد من معاينة جدول الإخراج (Weighted Overlay Table) الذي يعرض الطبقات وقيم التصنيف الخاصة بها، بعدها تم الضغط على (OK) لاتمام العملية التي نتج عنها طبقة (Raster)

جديدة تظهر القيم النهائية المجمعة والتي تمثل مستوى الخطورة بناءً على جميع المتغيرات معا وهي خريطة المخاطر الجيومورفولوجية النهائية، وتكون مقسمة الى ثلاثة مستويات من المخاطر:  
 صورة (1) نافذة الأداة (Weighted Overlay) عند ادخال طبقات العوامل الجيومورفولوجية



المصدر: اعتماداً على الجدول (1) وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

- المستوى الأول القليلة الخطورة: توجد شرق منطقة الدراسة بالقرب من بحيرة دربندخان، تبلغ مساحتها (28.7 كم<sup>2</sup>)، وبنسبة (2%) من مجموع مساحة حوض وادي تانجرو، تتميز هذه المنطقة بانها قليلة الانحدار او شبه مستوية لذلك يكون فيها خطر الانهيارات الأرضية والانزلاقات والتساقط الصخري شبه معدوم، كما يكون فيها كمية التساقط المطري قليل مما يباعد خطر الفيضانات وتفاعلات الانهيارات والانجرافات الأرضية التي يسببها التساقط الغزير، ويكون فيها الارتفاع قليل مقارنة ببقية اجزاء الحوض لذلك تكون فيها المخاطر الجيومورفولوجية محدودة نسبيا، اما الغطاء النباتي فيه يكون متوسط الكثافة مما يمنع حدوث جريان سطحي شديد او حدوث الفيضانات، وتكون فيها درجات الحرارة منخفضة مما يمنع حدوث تفتت الصخور والانهيارات الأرضية.

- المستوى الثاني متوسطة الخطورة: تنتشر في أجزاء واسعة من حوض وادي تانجرو وسجلت اعلى مساحة بلغت (1253.4 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (85.9%)، الجدول(2)، اهم خصائص أراضي هذا المستوى من الناحية الجيومورفولوجية انها منطقة ذات تباين نسبي في خصائصها الطبيعية إذ تتألف من تكوينات صخرية متوسطة الصلابة والتماسك التي تظهر مقاومة معتدلة لعوامل التعرية، والانحدار فيها يكون معتدل او مائل للانحدار يتراوح عادة بين (3 - 9) درجة، ما يساهم في تحفيز الجريان السطحي دون أن يكون الانحدار حادا بشكل يؤدي إلى انزلاقات سريعة في التربة، أما التربة فتكون غالبا ذات نفاذية معتدلة مما يسمح بتسرب المياه نسبيا في الأعماق مع إمكانية حدوث تشبع في بعض فترات حدوث الشدات المطرية مؤديا الى الانهيارات والانزلاقات الأرضية، وتكون معدلات الأمطار معتدلة عموما دون أن تسبب فيضانات مفرطة في العادة، اما الغطاء النباتي متدرج ما بين قليل الكثافة ومتوسط الكثافة مما يساهم في حماية التربة من التعرية وتثبيتها من الانجراف كما توجد فيها الأراضي الجرداء في بعض الأجزاء والتي تحفز فيها مخاطر الانجرافات بشكل نسبي.

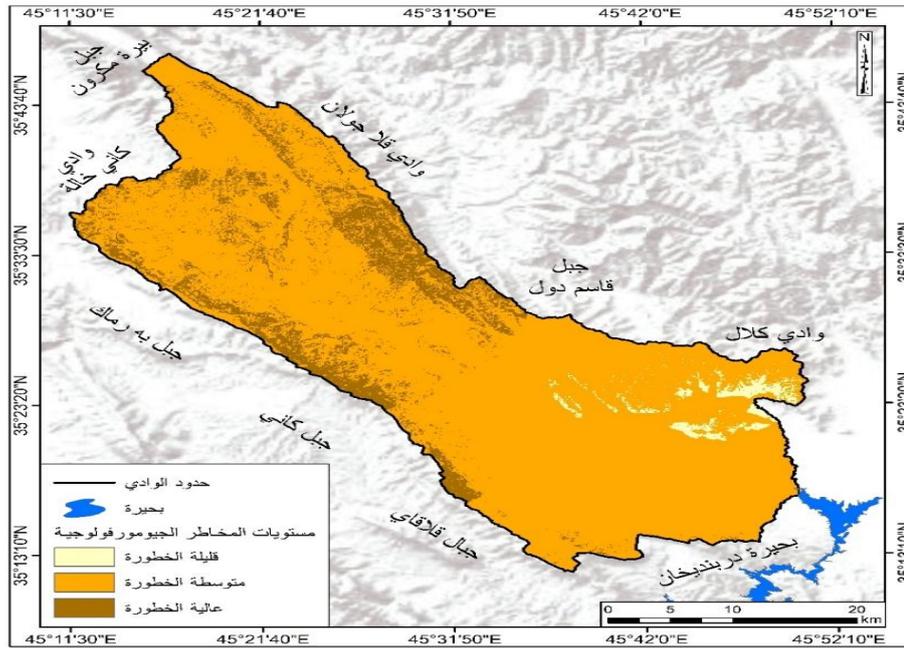
- المستوى الثالث العالية الخطورة: تقع شمال شرق وشمال غرب حوض وادي تانجرو، الخريطة (9)، تبلغ مساحتها (177.2 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (12.1%) من مجموع مساحة الحوض، اهم ما يميز هذه المنطقة من الناحية الجيومورفولوجية انها ذات تكوينات صخرية متباينة الصلابة والتماسك مما يسهل تعرضها للانهيارات الصخرية والتصدعات عند هطول أمطار غزيرة أما الانحدار في هذه المنطقة فيكون شديدا ما يزيد من احتمالية تدفق المياه السطحية بسرعة عالية ويضعف من خطورة

الانزلاقات الأرضية والانهيارات بسبب قلة قدرة التربة والصخور على المقاومة وتكون التربة غالباً ضعيفة التماسك ذات نفاذية متوسطة ما يؤدي إلى تراكم المياه فيها وتشبعها بسرعة أثناء الأمطار الغزيرة ما يعزز إمكانية حدوث انزلاقات وانهيارات أرضية خطيرة أما الأمطار فتتميز بغزارتها مما تسهم في زيادة خطر الانجرافات السريعة والفيضانات، أما الغطاء النباتي غالباً ما يكون ضعيفاً أو متدهوراً لذلك المنطقة تصبح أكثر عرضة بشكل مباشر لمخاطر التعرية والانجرافات السطحية نتيجة لغياب أي عائق طبيعي يحد من حركة المياه ويثبت التربة كما أن انكشاف التربة والصخور أمام تأثيرات الأمطار الغزيرة يجعلها عرضة لتسارع معدلات الانجراف ما يزيد من احتمالية حدوث انزلاقات أرضية وانهيارات صخرية خصوصاً في المنحدرات الحادة أو التكوينات الهشة.

جدول (2) مساحات ونسب مستويات المخاطر الجيومورفولوجية

النسبة	المساحة	الصف
2	28.7	قليلة الخطورة
85.9	1253.4	متوسطة الخطورة
12.1	177.2	عالية الخطورة
100.0	1459.3	المجموع

المصدر: اعتماداً على خريطة مستويات المخاطر وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).  
خريطة (9) الخريطة النهائية لمستويات المخاطر الجيومورفولوجية



المصدر: اعتماداً على المدخلات الجيومورفولوجية والتقسيم المتبع في بناء نموذج خريطة المخاطر الجيومورفولوجية الجدول (1) وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

رابعاً: تأثير مستويات المخاطر الجيومورفولوجية على المستقرات البشرية

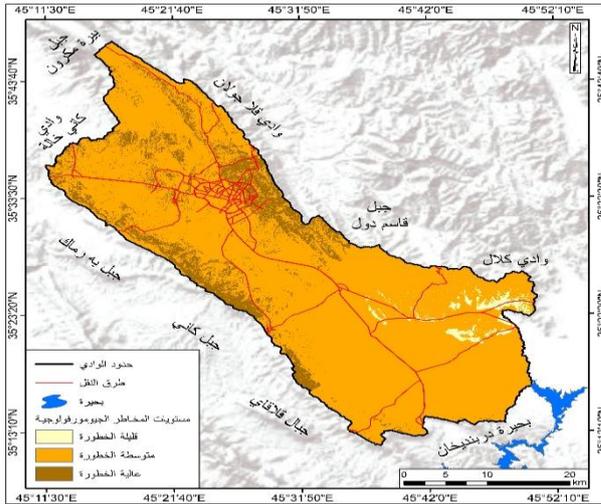
تعد المخاطر الجيومورفولوجية من أبرز التحديات التي تواجه التوسع العمراني السريع، إذ إن النمو السكاني والضغط الاقتصادي أدت إلى انتشار المستوطنات البشرية في مناطق ذات مخاطر جيومورفولوجية، هذا التوسع إذا لم يراع فيه العوامل الجيومورفولوجية، قد يؤدي إلى تفاقم الكوارث الطبيعية وزيادة الخسائر البشرية والمادية، لذا يجب أن يصبح التقييم الجيومورفولوجي جزءاً أساسياً

من عملية التخطيط العمراني لضمان أن يكون التوسع البشري متوازناً مع حجم المخاطر الجيومورفولوجية، بلغت مساحة المستقرات البشرية في حوض وادي تانجرو (145.1 كم<sup>2</sup>)، بعدها تم اجراء عملية التطابق مع مستويات المخاطر الجيومورفولوجية من اجل معرفة مدى تأثير أماكن المستقرات البشرية، اذ بلغت مساحة المستقرات البشرية الواقعة ضمن مستوى القليلة الخطورة (0.4 كم<sup>2</sup>) ونسبة (0.3%)، بينما بلغت في المستوى المتوسطة الخطورة (114.7 كم<sup>2</sup>) ونسبة (79%)، اما في المستوى العالية الخطورة بلغت (30 كم<sup>2</sup>) ونسبة (20.7%) من مجموع مساحة المستقرات البشرية في حوض تانجرو، الجدول (3) والخريطة (10).

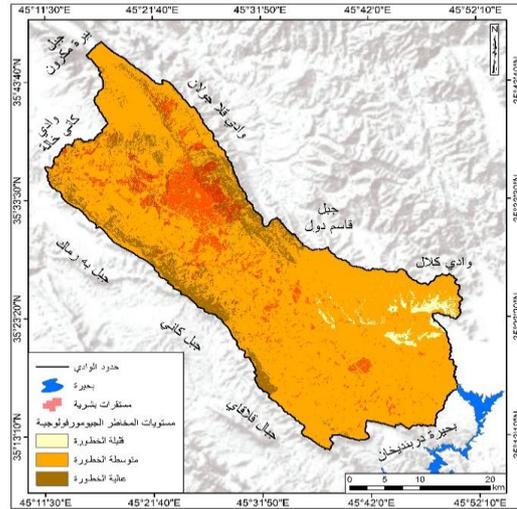
#### خامساً: تأثير مستويات المخاطر الجيومورفولوجية على طرق النقل

تشكل المخاطر الجيومورفولوجية تهديدا كبيرا لشبكات النقل والبنية التحتية، خاصة في المناطق ذات التضاريس المعقدة هذه المخاطر تتمثل بالانهيارات الأرضية، زحف التربة، الفيضانات، التساقط الصخري، وهذه تؤدي إلى أضرار مادية واسعة وحتى فقدان الأرواح في بعض الحالات، لذا فإن فهم تأثير المخاطر الجيومورفولوجية عليها يساعد في التخطيط السليم لمسار الطرق لتجنب المناطق الخطرة ولتصميم بنى تحتية مقاومة مثل الجسور والأنفاق التي تتكيف مع المخاطر الجيومورفولوجية، بلغ مجموع اطوال الطرق في حوض وادي تانجرو (654.3 كم)، الواقع منها في المستوى القليل الخطورة بلغ (23.2 كم) ونسبة (3.5%) من مجموع اطوال الطرق في حوض وادي تانجرو، اما المستوى المتوسط الخطورة فقد سجل اعلى اطوال لطرق النقل بلغ (533.2 كم) ونسبة (81.5%)، اما المستوى العالية الخطورة فقد بلغت اطوال الطرق فيه (97.9 كم) ونسبة (15%)، الجدول (3) والخريطة (11).

خريطة (11) شبكة طرق النقل الواقعة ضمن مستويات المخاطر



خريطة (10) مواقع المستقرات البشرية ضمن مستويات المخاطر



المصدر: اعتماداً على المدخلات الجيومورفولوجية والتقسيم المتبع في بناء نموذج خريطة المخاطر الجيومورفولوجية الجدول (1)، وشبكة طرق النقل، وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

المصدر: اعتماداً على المدخلات الجيومورفولوجية والتقسيم المتبع في بناء نموذج خريطة المخاطر الجيومورفولوجية الجدول (1)، ومواقع المستقرات البشرية، وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

جدول (3) مساحة ونسب المستقرات البشرية واطوال طرق النقل الواقعة ضمن مستويات المخاطر الجيومورفولوجية

النسبة	اطوال الطرق/كم	النسبة	مساحة المستقرات/ كم <sup>2</sup>	الصف
3.5	23.2	0.3	0.4	قليلة الخطورة
81.5	533.2	79	114.7	متوسطة الخطورة
15	97.9	20.7	30	عالية الخطورة
100	.3654	100	145.1	المجموع

المصدر: اعتماداً على مستويات المخاطر الجيومورفولوجية ومواقع المستقرات البشرية وشبكة طرق النقل، وباستخدام برامجيات (ArcGis10.4).

الاستنتاجات

1- اظهر الانموذج ان هناك تباين في شدة مستويات المخاطر الجيومورفولوجية داخل الحوض تبعاً لاختلاف خصائص المتغيرات الجيومورفولوجية، حيث أسهم كل من عامل الانحدار والامطار وخصائص التكوينات الجيولوجية وعامل الارتفاع بشكل مباشر في تحديد درجة الخطورة.  
2- أظهر التحليل المكاني للأنموذج أن المناطق ذات الانحدارات الشديدة والارتفاعات العالية تمثل مواقع للمخاطر العالية، خصوصاً عند اقترانها بأمطار غزيرة وتربة هشة ضعيفة التماسك.  
3- تم تصنيف حوض منطقة الدراسة على وفق الانموذج المعد إلى ثلاث مستويات من المخاطر وهي المستوى المنخفضة الخطورة وتشمل مناطق ذات الارتفاعات المنخفضة والانحدارات البسيطة او المناطق السهلية مع غطاء نباتي متوسط الكثافة وتربة متماسكة وامطار قليلة التساقط ودرجات حرارة منخفضة، اما المستوى المتوسطة الخطورة شمل المناطق ذات تدرج معتدل في الارتفاع والانحدار مع خصائص متباينة للتربة والتكوينات الجيولوجية من حيث التماسك وتساقط متوسط للامطار ودرجات حرارة معتدلة مع غطاء نباتي قليل من حيث الكثافة، اما المستوى العالية الخطورة فهي المناطق الجبلية ذات الارتفاعات العالية والشديدة الانحدار ذات أمطار غزيرة ودرجات حرارة عالية وتربة خالية من الغطاء النباتي او يكون شبه معدوم مع تكوينات جيولوجية متباينة من حيث الصلابة قابلة للانزلاق.

4- بين الانموذج ان خصائص التكوينات الجيولوجية مع طبيعة الانحدار كان لهما الدور البارز في تحديد مستوى الخطورة، إذ ان الصخور الضعيفة المقاومة والهشة مع الانحدارات الشديدة الأكثر عرضة للانهيئات مقارنة بالصخور الصلبة والمتماسكة مع الانحدار البسيط.

5- أكدت الدراسة أهمية الأمطار كعامل محفز للعمليات الجيومورفولوجية الخطرة، خاصة في المناطق التي تنسم بضعف الغطاء النباتي والتربة غير المستقرة.

6- الغطاء النباتي عمل كمثبت طبيعي للمحدرات، ووجوده قلل من شدة المخاطر، بينما ساهم غيابه في ارتفاع مستويات الخطورة.

7- ساهمت درجات الحرارة المرتفعة في زيادة التعرية والتجوية الميكانيكية، خصوصاً في الأجزاء المكشوفة من الحوض، مما أدى إلى رفع مستوى الخطورة في بعض المواقع.

المقترحات

1- اعتماد انموذج المخاطر الجيومورفولوجية المعد كأداة أساسية في عمليات التخطيط الإقليمي والبيئي ضمن الحوض، ولا سيما عند إنشاء مشاريع البنية التحتية أو التوسع العمراني.

2- توجيه مشاريع الحماية والاستصلاح البيئي نحو المناطق المصنفة ضمن المستوى العالية الخطورة، من خلال تنفيذ برامج للحد من الانحدارات الحادة، ودعم استقرار التربة.

- 3- مراقبة المناطق ذات الغطاء النباتي القليل الكثافة، والعمل على إعادة تأهيلها بواسطة برامج تشجير وتثبيت المنحدرات، لتقليل أثر التعرية والانزلاقات الأرضية.
- 4- أهمية دمج أنموذج المخاطر الجيومورفولوجية في السياسات المحلية والإقليمية الخاصة بإدارة المخاطر والكوارث.
- 5- تشجيع الدراسات المستقبلية لتقييم تأثير تغير المناخ على ديناميكية المخاطر الجيومورفولوجية، خاصة في ما يتعلق بالأمطار ودرجات الحرارة والغطاء النباتي.
- 6- دعم البحوث الخاصة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والتحسس النائي (RS) في المراقبة المستمرة للعوامل الجيومورفولوجية المتغيرة.
- الهوامش

- (1) Dai, F. C., C. F. Lee, and Y. Y. Ngai. "Landslide Risk Assessment and Management: An Overview." *Engineering Geology*, vol. 64, no. 1, 2002, pp. 71.
- (2) Zhang, Qingzhao, and Danyi Shen, Rainfall-Induced Landslides: Influencing, Modelling and Hazard Assessment." *Water* 16, no. 16, 2024, pp3.
- (3) Dunkerley, David L. "Rainfall Intensity Bursts and the Erosion of Soils: An Analysis Highlighting the Need for High Temporal Resolution Rainfall Data for Research under Current and Future Climates." *Earth Surface Dynamics*, vol. 7, no. 2, 2019, pp. 346.
- (4) Benzougagh, B., Meshram, S. G., Baamar, B., Dridri, A., Boudad, L., Sadkaoui, D., & Mimich, K., Relationship between landslide and morpho-structural analysis: a case study in Northeast of Morocco, *Applied Water Science*, vol. 10, article no, 2020, pp 175.
- (5) Cellek, Seda. "Morphological Parameters Causing Landslides: A Case Study of Elevation." *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, vol. 162, 2020, pp. 197.
- (6) Tian, Y., et al. "Geomorphometry and Statistical Analyses of Landslides Triggered by the 2015 Mw 7.8 Gorkha Earthquake and the Mw 7.3 Aftershock, Nepal." *Frontiers in Earth Science*, vol. 8, 2020, p. 17.
- (7) دعاة كاظم عزيز، نمذجة المخاطر الجيومورفولوجية لحوض وادي قشان في محافظة السليمانية، *مجلة كلية التربية الأساسية – الجامعة المستنصرية*، مجلد 30، 2024، ص 1093.
- (8) FAO, and UNESCO. *Soil Map of the World: Volume I – Legend. Scale 1:5,000,000*, UNESCO, 1974.
- (9) Washington State Department of Ecology. *Slope Stabilization and Erosion Control Using Vegetation: A Manual of Practice for Coastal Property Owners*. Publication No. 93-30, May 1993. Prepared by Myers Biodynamics Inc. Sponsored by Shorelands & Coastal Zone Management Program, Washington Department of Ecology, pp1.

- (10) Wu, Tien H. Effect of Vegetation on Slope Stability. Transportation Research Record No. 965, Transportation Research Board, 1984, pp37.
- (11) Adisti Permatasari Putri Hartoyoi, Arzyana Sunkar, Rahmatulloh Ramadani, Syahlan Faluthi, Syafitri Hidayati, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analysis for vegetation cover in Leuser Ecosystem area, Sumatra, Indonesia, Biodiversitas Journal of Biological Diversity, Volume 22, Number 3, 2021. P 1162.
- (12) Climate Impacts Group. How Will Climate Change Affect Landslides, Erosion, and Sediment Transport? University of Washington, 2015.

### References:

- 1- Administrative Map of Iraq, General Commission for Survey, Baghdad, 2020, scale 1:1,000,000.
- 2- Kazem Aziz Du'aa, Geomorphological Hazard Modeling of the Qashan Valley Basin in Al-Sulaymaniyah Governorate, Journal of the College of Basic Education, Al-Mustansiriyah University, Vol. 30, 2024, p. 1093.
- 3- Dai, F. C., C. F. Lee, and Y. Y. Ngai. "Landslide Risk Assessment and Management: An Overview." Engineering Geology, vol. 64, no. 1, 2002, pp. 71
- 3- Zhang, Qingzhao, and Danyi Shen, Rainfall-Induced Landslides: Influencing, Modelling and Hazard Assessment." Water 16, no. 16, 2024, pp3.
- 4- Dunkerley, David L. "Rainfall Intensity Bursts and the Erosion of Soils: An Analysis Highlighting the Need for High Temporal Resolution Rainfall Data for Research under Current and Future Climates." Earth Surface Dynamics, vol. 7, no. 2, 2019, pp. 346.
- 5- Benzougagh, B., Meshram, S. G., Baamar, B., Dridri, A., Boudad, L., Sadkaoui, D., & Mimich, K., Relationship between landslide and morpho-structural analysis: a case study in Northeast of Morocco, Applied Water Science, vol. 10, article no, 2020, pp 175.
- 6- Cellek, Seda. "Morphological Parameters Causing Landslides: A Case Study of Elevation." Bulletin of the Mineral Research and Exploration, vol. 162, 2020, pp. 197.
- 7- Tian, Y., et al. "Geomorphometry and Statistical Analyses of Landslides Triggered by the 2015 Mw 7.8 Gorkha Earthquake and the Mw 7.3 Aftershock, Nepal." Frontiers in Earth Science, vol. 8, 2020, p. 17.
- 8- FAO, and UNESCO. Soil Map of the World: Volume I – Legend. Scale 1:5,000,000, UNESCO, 1974.
- 9- Washington State Department of Ecology. Slope Stabilization and Erosion Control Using Vegetation: A Manual of Practice for Coastal Property Owners. Publication No. 93-30, May 1993. Prepared by Myers Biodynamics

Inc. Sponsored by Shorelands & Coastal Zone Management Program, Washington Department of Ecology, pp1.

10- Wu, Tien H. Effect of Vegetation on Slope Stability. Transportation Research Record No. 965, Transportation Research Board, 1984, pp37.

11- Adisti Permatasari Putri Hartoyoi, Arzyana Sunkar, Rahmatulloh Ramadani, Syahlan Faluthi, Syafitri Hidayati, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analysis for vegetation cover in Leuser Ecosystem area, Sumatra, Indonesia, Biodiversitas Journal of Biological Diversity, Volume 22, Number 3, 2021. P 1162.

12- Climate Impacts Group. How Will Climate Change Affect Landslides, Erosion, and Sediment Transport? University of Washington, 2015.

### **Developing a Model for Geomorphological Hazards in the Tangro Valley Basin Using RS & GIS**

**Lect. Dr. Mageb Razoqi Frayyeh**

University of Mustansiriya\ Al-Mustansiriyah Centre for Arabic and International Studies

[mujebfreak@uomustansiriyah.edu.iq](mailto:mujebfreak@uomustansiriyah.edu.iq)

#### **Abstract**

The study aims to develop a spatial model to identify and assess geomorphological hazards using RS and GIS techniques in the Tangro Valley Basin, located in Sulaymaniyah Governorate. The research problem lies in the fact that the Tangro Valley Basin is exposed to various geomorphological hazards. Therefore, the study seeks to answer the question: How can a scientific spatial model be built to identify and evaluate these hazards in order to achieve more accurate predictions of high-risk areas?, The model construction follows multiple methodological steps, beginning with assigning relative weights to each geomorphological factor based on its relative importance and expected impact. Then, internal weights were determined by classifying each factor into three levels of risk (low, medium, high), and assigning them numerical values of (1, 2, 3) respectively, The results revealed that 12.1% of the basin area falls within the high-risk zones, which are concentrated in the northeastern and northwestern parts of the Tangro Valley Basin, characterized by steep slopes. Additionally, 85.9% of the basin area lies within the medium-risk zone, while only 2% of the total basin area is classified as low-risk, mostly located in the eastern part of the study area near Lake Darbandikhan, The spatial analysis also revealed an overlap between high-risk areas and human settlements, as approximately 20.7% of the villages and residential clusters are located within these zones.

**Keywords:** Geomorphological hazards, spatial model, slope, vegetation cover.