الانـهيارات الأرضية

مايكل كروزير

الفصل السادس من كتاب

الجغرافيا التطبيقية : المبادئ والممارسة

أ. م. مانيون

ترجمة بتصرف

أ.د. مضر خليل عمر

مقدمة

تحظى الانهيارات الأرضية باهتمام الجغرافيين لثلاثة أسباب رئيسية . أولًا، تُمثل الانهيارات الأرضية إحدى أهم العمليات الجيومورفولوجية التي تُسهم في تشكيل سطح الأرض ، وذلك من خلال تآكل التربة والصخور ونقلها وترسيبها . في المناطق غير المستقرة، قد تُزيح الانهيارات الأرضية ما يصل إلى 2000 متر مكعب/كم²/سنة (كروزير، 1989) ، مما يُستنزف موارد التربة بشدة ويُهدد استدامة الإنتاج الأولي (سيدل وآخرون، 1985) . على الرغم من شيوعها بشكل خاص في المناطق الجبلية النشطة تكتونيًا ، وعلى طول ضفاف الأنهار والسواحل ، إلا أنها قد تحدث أيضًا في مناطق أخرى ذات مواد ضعيفة أو بنية جيولوجية حساسة .

السبب الثاني للاهتمام الجغرافي هو أن الانهيارات الأرضية تُمثل مؤشرات حساسة للتغير البيئي . وكونها عملية جيومورفولوجية ، تُمثل الانهيارات الأرضية تكيفًا قصير المدى لاضطراب النظام الطبيعي . أثناء حدوثها ، تُحوّل الانهيارات الأرضية المنحدرات غير المستقرة بسرعة إلى حالة أكثر استقرارًا ، مما يسمح لعمليات بطيئة أخرى بتولي دور التعرية . من حيث تطور التضاريس ، يعني هذا أن معظم المنحدرات مستقرة معظم الوقت . وبالتالي ، عندما تحدث الانهيارات الأرضية ، فإنها تستجيب عمومًا لتغير كبير في النظام الطبيعي . قد تشمل العوامل المحفزة النشاط التكتوني ، وتغير المناخ ، والاضطرابات الطبيعية أو البشرية في الغطاء النباتي ، أو هيدرولوجيا المنحدرات ، أو شكل المنحدر . وبالتالي ، يمكن أن توفر معرفة نشاط الانهيارات الأرضية في الماضي والحاضر معلومات مفيدة حول التغير البيئي . في الواقع ، بُذلت جهود بحثية دولية كبيرة تهدف إلى إعادة بناء المناخات السابقة وتغير المناخ في أوروبا ، استنادًا إلى أدلة الانهيارات الأرضية المحفوظة في المظاهر الطبيعية (كروزير 1997).

السبب الثالث الذي يجعل الجغرافيين يدرسون الانهيارات الأرضية غالبًا هو أنها يمكن أن تُشكل خطرًا طبيعيًا خطيرًا (فارنز 1984؛ كروزير 1996) . يتطلب التقدير الكامل للمخاطر معرفةً ليس فقط بالعملية الفيزيائية ، بل أيضًا بطبيعة المجتمع المُهدد . بمعنى ما ، تُعدّ المخاطر جانبًا من جوانب علم البيئة البشرية . فهي تنطوي على علاقات متبادلة بين النظم الفيزيائية والاجتماعية والاقتصادية ؛ وبالتالي، تُشكّل مجالًا دراسيًا يُمكّن الجغرافيين من تقديم مساهمة قيّمة فيه . يُركز هذا الفصل على مبادئ تقييم مخاطر الانهيارات الأرضية . يُقدّم بإيجاز العملية الفيزيائية ، ثم يُناقش مناهج مختلفة لتقييم مخاطر الانهيارات الأرضية .

العملية الفيزيائية

عند التعامل مع الانهيارات الأرضية ، من المهم استخدام تصنيف يُميّز بين الخصائص ذات الصلة بالاستخدام النهائي المُراد للدراسة . يجب أن يستخدم التصنيف مصطلحات مُحددة بوضوح ومفهومة دوليًا . وقد بذل فريق العمل المعني بجرد الانهيارات الأرضية العالمي (1990) محاولةً لتوحيد المصطلحات ، ويُعرّف الانهيار الأرضي ببساطة بأنه : "حركة كتلة من الصخور أو التربة أو الحطام أسفل منحدر". التعريف الشامل ، الذي يساعد على تمييز الانهيارات الأرضية عن غيرها من العمليات الجيومورفولوجية ، هو: **"الحركة الهابطة أو الخارجية لكتلة من المواد المكونة للمنحدر تحت تأثير الجاذبية، والتي تحدث على حدود منفصلة وتحدث في البداية دون مساعدة الماء كعامل نقل"** . وكما يشير هذا التعريف الثاني ، فإن الانهيارات الأرضية هي أكثر من مجرد حركة بسيطة للمواد على المنحدر .

تُصنف التصنيفات الثلاثة الأكثر استخدامًا للانهيارات الأرضية (شارب 1938؛ فارنز 1958؛ 1978؛ هتشينسون 1988) "حركات الكتل" (فيربريدج 1968) إلى فئتين : **"الهبوط"** (وهو الهبوط الرأسي للمواد) والحركات التي تحدث على المنحدرات . تُقسّم هذه "حركات المنحدرات" عادةً أولًا إلى "انهيارات أرضية" ، كما هو مُعرّف أعلاه ، وثانيًا إلى حركات أبطأ وأكثر انتشارًا وغير مُحدّدة المعالم مثل "الزحف" و"الترهل" و"الارتداد" . من بين جميع أنواع حركة المنحدرات ، فإن الانهيارات الأرضية هي التي لديها القدرة على الخضوع لحركة سريعة ، مما يجعلها شكلًا خطيرًا محتملًا من المخاطر الطبيعية . من بين العديد من تصنيفات الانهيارات الأرضية المختلفة الموجودة (هانسن 1984أ) ، غالبًا ما يُفضّل النظام الذي وضعه فارنز (1978) لأنه بسيط وسهل التطبيق ميدانيًا (الجدول 6.1).

Table 6.1 Landslide classification

Type of movement			*Type of material*		
			Bedrock	*Engineering soils*	
				Coarse	*Fine*
Falls			Rock fall	Debris fall	Earth fall
Topples			Rock topple	Debris topple	Earth topple
Slides	Rotational	Few units	Rock slump	Debris slump	Earth slump
	Translational	Many units	Rock block-slide	Debris block-slide	Earth block-slide
			Rock slide	Debris slide	Earth slide
Lateral spreads			Rock spread	Debris spread	Earth spread
Flows			Rock flow	Debris flow	Earth flow
Complex	Combination of two or more principal types of movement				

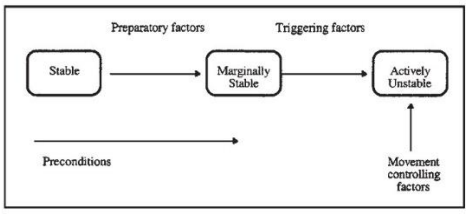
Source: Varnes 1978

المعايير المستخدمة لتحديد أنواع الانهيارات الأرضية هي : آلية الحركة ، وشكل سطح الانهيار ، ودرجة الاضطراب ، ونوع المادة . هذه كلها خصائص تعكس جانبًا من جوانب الخطر أو التي يجب معرفتها لإجراء تحليل الاستقرار . عند تطبيق هذا التصنيف ، من المهم تذكر أن معيار المادة يشير إلى مادة المنحدر الأصلية ، وليس إلى ما قد يظهر لاحقًا في الرواسب . لاختيار أنسب طريقة للحد من مخاطر الانهيارات الأرضية (سواءً الوقاية ، أو السيطرة ، أو التجنب ، أو التعويض عن الخسارة) ، من المهم معرفة مجموعة العوامل التي تؤدي إلى انهيار المنحدر وكيفية عملها . على سبيل المثال ، قد يتبين أنه يمكن تقليل المخاطر بتكلفة أقل وفعالية أكبر عن طريق تصريف المياه الجوفية من المنحدر بدلًا من تصنيفه على أنه غير مناسب للاستخدام .

تتوفر قوائم شاملة للعوامل المسببة (فارنز ١٩٥٨؛ كوك ودورنكامب ١٩٩٠؛ كروزير ١٩٩٥) ، ولكن من المفيد تبسيطها إلى فئات . إحدى طرق القيام بذلك هي النظر في وظيفة العوامل المختلفة في تغيير ظروف استقرار المنحدر . يقدم الشكل 6.1 بعض المفاهيم المتعلقة باستقرار المنحدر. يُظهر أن المنحدر قد ينتقل من حالة "مستقرة" إلى حالة "مستقرة بشكل هامشي" وأخيرًا إلى حالة "غير مستقرة بشكل نشط" ، حيث

يفشل المنحدر فعليًا كـانهيار أرضي . يعتمد احتمال تحرك المنحدر خلال هذه المراحل على عوامل تُعرف باسم "الشروط المسبقة" (أو العوامل الكامنة) . قد تشمل هذه العوامل سمات المنطقة ، مثل بنية الصخور الحساسة ، وضعف المواد ، وشكل المنحدر . من ناحية أخرى ، تُعد "العوامل التحضيرية" أكثر نشاطًا وتُحدث تغييرات تجعل المنحدر أكثر عرضة للانهيار دون أن تُسبب أي حركة فعلية . فهي تُغير المنحدر من حالة مستقرة إلى حالة شبه مستقرة . تشمل بعض العوامل التحضيرية الأكثر شيوعًا إزالة الغابات (الشكل 6.1) ، وإزالة مقدمة المنحدر (سواءً بشكل طبيعي أو اصطناعي) ، وتغيير تصريف المنحدر .

Figure 6.1 Stability factors classified by function.



قد تُسبب بعض العوامل التحضيرية في النهاية انهيارًا أرضيًا ، وفي هذه الحالة تُصبح "عوامل مُحفزة" . تشمل أكثر العوامل المُحفزة شيوعًا العواصف المطيرة ، واهتزازات الزلازل ، وإزالة الدعامة من مقدمة المنحدر . أخيرًا ، بمجرد أن يبدأ الانهيار الأرضي في الحدوث ، تتولى "عوامل التحكم في الحركة" زمام الأمور . قد تحدد هذه العوامل ، على سبيل المثال ، مدى اضطراب الانزلاق ، أو مدى امتداده . تؤثر جميع هذه العوامل في النهاية على ظروف الإجهاد داخل المنحدر إما عن طريق تقليل قوة القص أو زيادة إجهاد القص (سيلبي 1993).

تحديد الخطر

يتمثل الهدف النهائي في تقييم مخاطر الانهيارات الأرضية في التنبؤ الناجح بمكان وقوع الحدث ، وخصائص تأثيره ، وعلاقته بالوقت (هانسن 1984ب) . بعبارة أخرى ، يعني تحديد التهديد الناجم عن خطر الانهيارات الأرضية معرفة ماهيته ، وأين ، ومتى ، ومدى خطورته . في الواقع ، هذا الهدف مشترك في تقييم جميع المخاطر . في التعريف التقليدي الذي اعتمدته منظمة الأمم المتحدة للإغاثة في حالات الكوارث ، فإن "الوقت" و"الطابع" هما يُعادلان "الاحتمال" و"الحجم" على التوالي ، ويُؤخذان معًا لتمثيل الخطر في مكان معين .

وبالتالي ، يُعرّف الخطر بأنه احتمال وقوع (تكرار) حدث ذي حجم معين ، ويُدمج في معادلة الخطر / المخاطر على النحو الاتي: الخطر × العناصر المعرضة للخطر × قابلية التأثر = إجمالي المخاطر حيث ، في حالة الانهيارات الأرضية (فارنز 1984؛ كروزير 1993): الخطر هو احتمال حدوث (تكرار) حجم معين من الفشل؛ يشير الحجم إلى خصائص تأثير العملية ؛ العناصر المعرضة للخطر هي الأشخاص والممتلكات وسبل العيش والقيم الأخرى؛ الضعف هو درجة الخسارة المتوقعة لـ حجم مُحدد؛ وإجمالي المخاطر هو الخسارة المتوقعة للفترة الزمنية والمكان قيد الدراسة. تُقر المفاهيم المُضمنة في هذه المعادلة بأن المخاطر، في أي مكان مُحدد ، هي دالة للعلاقة بين البيئة المادية والبشرية . يُعد تحليل الأحداث السابقة من أهم الأنشطة في كلٍّ من تقييم المخاطر وتخفيفها . تُقدم كارثة الانهيار الأرضي في إيست أبوتسفورد (ينظر الملحق 6.1) مثالاً على تحليل الأحداث.

تقييم الموقع

قد لا يكون تحديد مكان حدوث الانهيار الأرضي دائمًا عاملاً رئيسيًا في تحليل مخاطر الانهيار الأرضي . ويرجع ذلك إلى أن الموقع المُقلق قد يكون قد تم تحديده مسبقًا من خلال المخاطر المُحتملة ، أو من خلال حقيقة وجود انهيار أرضي بالفعل ويُمثل تهديدًا خطيرًا . يمكن أن تحدث مثل هذه المواقف على طول الطرق السريعة أو الخزانات ، أو بالقرب من المراكز السكانية أو الأصول القيّمة . عادةً ما يتخذ تقييم المخاطر في موقع مهم شكل تحليل الاستقرار . في الحالة الأولى ، يمكن إجراء ذلك من خلال الملاحظات النوعية . على سبيل المثال ، إذا كانت معالم الانهيار الأرضي موجودة ، يُمكن محاولة تحديد ما إذا كان الانهيار ما يزال نشطًا ، أو متى حدثت آخر حركة . هناك العديد من المعالم التي يُمكن استخدامها لتحديد حالة النشاط (كروزير، ١٩٨٤) .

إذا لم يُظهر الموقع أي دليل على حركة سابقة ، يُمكن تحديد الاستقرار من خلال نهج "الأولوية" . يتضمن ذلك مقارنة كل من المنحدرات المستقرة وغير المستقرة في التضاريس نفسها لتحديد ظروف العتبة (مثل زاوية وارتفاع المنحدر) التي ارتبطت بالانهيار الأرضي في الماضي . ثم يُقارن الموقع المعني بهذه الظروف ، وإذا وُجد أنه يُشبه المنحدرات المنهارة ، فقد يلزم إجراء تحليل كمي أكثر تفصيلاً . يقارن تحليل الاستقرار الكمي مقدار قوى المقاومة بمقدار قوى القص ، معبرًا عنها كعامل أمان :(FoS) عند نقطة الانهيار، يكون = FoS ١,٠ . في العديد من الدراسات الهندسية ، يُعد تحليل الاستقرارية الطريقة الوحيدة لتحديد احتمالية حدوث الانهيار، ويُفترض ضمنيًا أن الخطر يتناسب عكسيًا مع عامل الأمان .

يتطلب هذا النوع من التحليل معلومات مفصلة عن قوة القص ، وهيدرولوجيا المنحدر، وهندسة المنحدر، وشكل وموقع سطح الانهيار المحتمل . قد تتطلب هذه المعلومات تحقيقات باهظة الثمن تحت السطح ، بالإضافة إلى اختبارات ميدانية ومختبرية . حتى وقت قريب ، كانت الافتراضات أو القياسات التفصيلية لضغط الماء المسامي مطلوبة قبل إجراء تحليل الاستقرارية . ومع ذلك ، تتوفر الآن نماذج حاسوبية تُحاكي التغيرات في هيدرولوجيا المنحدرات استجابةً لهطول الأمطار مع تحليل مستمر لعامل الأمان على العديد من مستويات القص المحتملة على طول المنحدر . وقد طُوّر أحد أنجح هذه النماذج نموذجCHASM من خلال العمل الميداني المكثف الذي قام به الجغرافيون إلى حد كبير (أندرسون وآخرون، 1988). باستخدام هذه التقنيات ، يُمكن تحديد كمية هطول الأمطار اللازمة لإحداث انهيار على منحدر معين . يمكن بعد ذلك تحديد فترة عودة هذه القيمة الحدية من السجل المناخي لتوفير مقياس لاحتمالية حدوث الانهيارات الأرضية.

التقييم الإقليمي

من منظور التخطيط والإدارة ، يُطلب من السلطات الإقليمية في العديد من البلدان إجراء تقييم لمخاطر الانهيارات الأرضية ضمن نطاق اختصاصها . يحول نطاق هذا المطلب عمومًا دون استخدام التحقيقات الجيوتقنية التفصيلية وتحليل الاستقرار. وبدلاً من ذلك ، تُستخدم تقنيات أخرى تتطلب تحليلًا دقيقًا للتضاريس واستخدام مصادر المعلومات المتاحة . **كان الجغرافيون في طليعة تقييم مخاطر الانهيارات الأرضية الإقليمية ، مستخدمين تقنيات مثل تحليل التضاريس ، ورسم الخرائط الجيومورفولوجية ، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)** (ديكاو 1989). وتُستخدم حاليًا العديد من أساليب تقييم المخاطر الإقليمية المختلفة (فارنز 1984؛ كروزير 1995)، و يمكن تصنيفها ، من خلال منهجها ، إلى ثلاث مجموعات : طريقة المعلمات ، والطريقة التاريخية العشوائية ، وطريقة العتبة المُحفِّزة .

طريقة المعلمات

تتطلب طريقة المعلمات معرفة نوع العوامل المسببة وتوزيعها وفعاليتها لمختلف مكونات التضاريس . ويُحدَّد اختيار العوامل المراد دراستها بناءً على المعرفة السابقة أو من خلال التمييز بين العوامل المرتبطة بالتضاريس المستقرة وغير المستقرة (جي، ١٩٩٢) . عادةً ما تكون وحدات رسم الخرائط أو البحث الأولية مناطق متجانسة لعوامل استقرار مهمة مثل الجيولوجيا أو زاوية المنحدر. ويمكن تحليل هذه المناطق لاحقًا ، وربما تقسيمها حسب عوامل استقرار أخرى . ويمكن استخدام الخبرة لتوفير ترجيح شبه كمي لعوامل الاستقرار (سنكلير، ١٩٩٢) ، ويمكن الحصول على قيم مُجمَّعة لتصنيف كل فئة أو وحدة مساحة.

عادةً ، تُرجَّح العوامل التي تُشير إلى وجود ونشاط أي انهيارات أرضية قائمة بشكل كبير كمؤشرات على درجة الخطر . تُعد أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) ذات قيمة خاصة كأداة للتحليل والتركيب والحساب ضمن نهج المعاملات لتقييم المخاطر. في حين أن طريقة المعاملات هي الشكل الأكثر شيوعًا لتقييم المخاطر الإقليمية ، إلا أنها لا تقدم سوى تصنيف للحساسية - وليس خطرًا حقيقيًا . ولا تقدم هذه الطريقة ، في حد ذاتها ، أي مؤشر على احتمالية حدوث الانهيار الأرضي أو حجمه المتوقع . يُعرض مثالان على طريقة المعاملات في الملحق 6.2.

الطريقة التاريخية العشوائية

تتمثل إحدى الصعوبات الرئيسية في كل من تحليل الاستقرار وطريقة المعاملات في صعوبة الحصول على قيم دقيقة وتمثيلية للمعاملات المعنية . ويرجع ذلك إلى أن العديد من عوامل الاستقرار تُظهر درجة عالية من التباين المكاني . أما الطريقة التاريخية ، من ناحية أخرى ، فتعمل على مبدأ "الأسبقية" ، الذي يُشير إليه سجل نشاط الانهيار الأرضي السابق . ويُعد هذا ميزة ، لأنها لا تعتمد على قيم العينة ، وعيبًا ، لأنها تفترض ، لكي تكون مفيدة في التنبؤ ، ثباتًا زمنيًا للعوامل المسببة . قبل كل شيء ، تتطلب هذه الطريقة قاعدة بيانات جيدة . وللأسف ، لا تمتلك سوى دول قليلة بروتوكولات وإجراءات قياسية لإنشاء سجلات موثوقة لنشاط الانهيارات الأرضية . وبالتالي ، يتطلب استخدام هذا النهج إجراء بحوث أصلية واسعة النطاق حول مصادر المعلومات ، بما في ذلك المعلومات من مصادر إعلامية ، ومؤسسات عامة ، ومستشارين من القطاع الخاص ، إلخ .

ويمكن توسيع نطاق السجل ليتجاوز الفترة التاريخية من خلال دراسة رواسب الانهيارات الأرضية في السجل الجيولوجي . على سبيل المثال ، كشفت رواسب البحيرات في منطقة غير مستقرة بنيوزيلندا عن وقوع 395 انهيارًا أرضيًا خلال 6000 عام الماضية (إيدن وبيج، 1998) . وبقسمة عدد الانهيارات الأرضية على فترة الرصد ، يمكن تحديد التكرار التاريخي (احتمالية الحدوث) لمناطق مختلفة .

طريقة عتبة التحفيز

تُعد طريقة عتبة التحفيز أكثر تعقيدًا من الطرق الأخرى ، ولكنها تتمتع بإمكانيات أكبر للتنبؤ بنشاط الانهيارات الأرضية وتحديد استجابة حركة الكتلة الأرضية لتغير المناخ وعوامل التحفيز الأخرى . ويربط هذا النهج بين عملية التأثير واستجابة العملية . بالنسبة للانهيارات الأرضية الناتجة عن هطول الأمطار، يتضمن ذلك تحديد عتبة ابتدائية بين معلمات هطول الأمطار وحدوث الانهيار الأرضي (جوليان وأنتوني 1994؛ كروزير 1989) (الشكل 6.3). أما بالنسبة للانهيارات الأرضية الناتجة عن الزلازل ، فعادةً ما تكون العتبة بين عدم حدوثها وحدوثها إما دالة لشدة الاهتزاز أو لشدة الزلزال (كيفر 1984) . تقيس العتبات المحددة

بهذه الطريقة ببساطة مدى تأثر التضاريس قيد الدراسة بعملية تحفيز الانهيار الأرضي . ومن الواضح أن ظروف الاستقرار المتأصلة ، وبالتالي العتبات ، ستختلف من مكان لآخر . ومع ذلك ، يمكن استخدام عتبة إقليمية موثوقة لتحديد احتمالية حدوث (التردد الإحصائي) لنشاط الانهيار الأرضي بالرجوع إلى توزيع تردد وحجم الأحداث للعامل المُحفِّز.

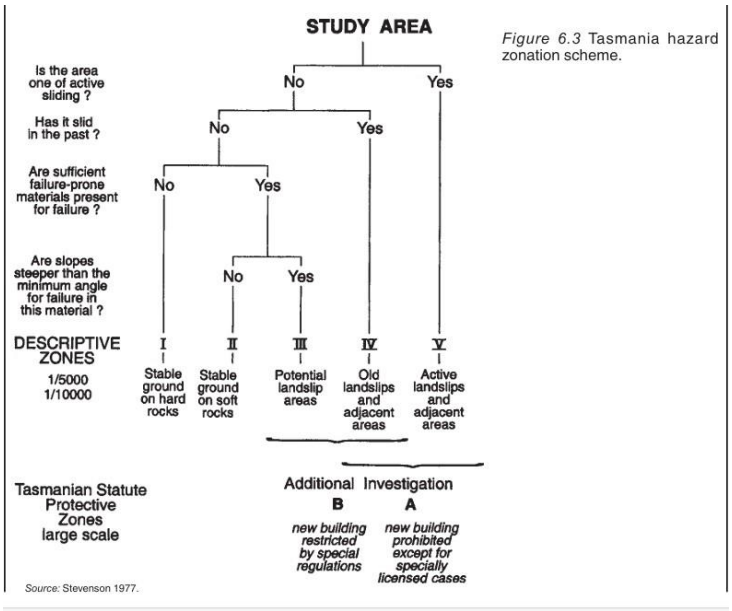


Figure 6.3 Tasmania hazard zonation scheme.

تقييم المخاطر

يُعدّ تحديد الخطر جزءًا واحدًا فقط من تحديد التهديد الناجم عن الانهيارات الأرضية . إلى جانب تقييم المخاطر في كل منطقة ، يجب أن تكون هناك معلومات عن العناصر والقيم الموجودة ، وهذا بدوره يحتاج إلى تحديد مدى ضعف تلك العناصر والقيم . من السهل نسبيًا تحديد العناصر المعرضة للخطر، من حيث الخصائص الملموسة مثل الممتلكات والمباني وقيم الإنتاج . ومع ذلك ، فقد أظهرت التجربة أن العديد من التكاليف الأخرى قصيرة وطويلة الأجل مرتبطة بنشاط الانهيارات الأرضية (كروزير 1989) . قد تشمل هذه التكاليف الإنفاق على البحث وتدابير الحفظ ، وتدهور موارد التربة ، والخسائر التراكمية الناتجة عن الإنتاجية الأولية . كما يصعب قياس مدى الضعف ، ويعتمد بشكل كبير على طبيعة المجتمع المتأثر . قد لا يتعلق هذا فقط بالعوامل التقنية ، بل أيضًا بالعوامل التنظيمية وتوزيع الثروة والسلطة .

الخلاصة

يلعب الجغرافيون دورًا رئيسيًا في تقييم مخاطر الانهيارات الأرضية . وذلك لأن المخاطر، مثل جميع المخاطر، تنتج عن العلاقات المتبادلة بين البيئات البشرية والمادية - وهو محور تقليدي للدراسة الجغرافية . إنه ليس دورًا حصريًا ، إذ ثمة حاجة دائمة إلى متخصصين في مجالات مثل فيزياء التربة والاقتصاد والهندسة . ومع ذلك ، فقد ساهم الجغرافيون أيضًا في مجالات متخصصة في أبحاث استقرار المنحدرات من خلال تطوير نماذج وتوفير معلومات تجريبية من خلال الرصد الميداني . عملية الانهيار الأرضي بحد ذاتها هي نتاج العلاقات المتبادلة بين عدد من الأنظمة الطبيعية ، بما في ذلك الأنظمة الجيولوجية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية والمناخية وأنظمة استخدام الأراضي البشرية . **يتطلب فهم الانهيارات الأرضية القدرة على**

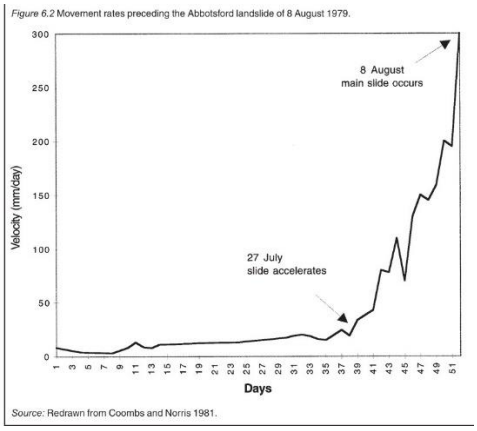
تحليل العلاقات بين هذه الأنظمة . وقد تمكّن الجغرافيون من تقديم مساهمة قيّمة في هذا المجال لأنهم يدرسون عمومًا مجموعة واسعة من الظروف داخل المشهد من منظور مكاني وزماني وعلى نطاق واسع . والأهم من ذلك ، يتعامل الجغرافيون مع العملية كمكون من نظام بشري-فيزيائي . وهذا لا يُسلط الضوء فقط على مخاطر المجتمع وهشاشته ، بل يكشف أيضًا عن العامل البشري كسبب لكثير من استقرار المنحدرات .

الملحق 6.1:

كارثة انهيار أرضي في شرق أبوتسفورد

الأثر ، في تمام الساعة 9:05 مساءً ، ليلة شتوية مظلمة ورطبة من يوم 8 أغسطس/آب 1979، انزلقت فجأةً شريحة كبيرة من الأراضي في ضواحي أبوتسفورد ، في الجزيرة الجنوبية ، نيوزيلندا ، إلى أسفل المنحدر، محاصرةً سبعة عشر شخصًا ، ومدمرةً تسعة وستين منزلًا فرديًا. حيث ، في حالة الانهيارات الأرضية (فارنز 1984؛ كروزير 1993): الخطر هو احتمالية حدوث (تكرار) حجم معين من الفشل ؛ يشير الحجم إلى تأثير خصائص العملية ؛ العناصر المعرضة للخطر هي الأشخاص والممتلكات وسبل العيش والقيم الأخرى ؛ الضعف هو درجة الخسارة المتوقعة لـ 200 شخص وتشريدهم (حكومة نيوزيلندا 1980).

نظرًا لضرورة الاستجابة لعلامات الإنذار المبكر بعدم الاستقرار، وتوافر قدرة فعّالة لإدارة الطوارئ ، لم يُقتل أحد ، لكن التكاليف كانت باهظة . بلغت التكلفة الإجمالية لتدمير المنازل والبنية التحتية الحضرية وعمليات الإغاثة حوالي 15 مليون دولار نيوزيلندي بأسعار اليوم (الشكل 6.2). وقد أدى نظام تأمين وطني متطور، مُصمم للتعامل مع مثل هذه الكوارث ، إلى جانب تدابير الإغاثة الحكومية والطوعية ، إلى تعويض العديد من السكان عن جزء كبير من الخسارة المباشرة . ومع ذلك ، لم تُقدّر التكاليف الأقل وضوحًا ، مثل انخفاض قيم الممتلكات في المنطقة المحيطة ، والصدمات النفسية ، وتكلفة لجنة تحقيق مطولة ، على الفور.



نوع الانهيار الأرضي

انزلاق كتلة من الحجر الرملي ، مما أدى إلى انهيار مستوى الفراش على طول طبقة ضعيفة من طين المونتموريلونيت ، مع انحدار بمقدار 7 درجات . حدث إزاحة 50 مترًا في 30 دقيقة ، تاركًا خورًا بعمق 30 مترًا عند رأس المنحدر.

الأسباب الظروف المسبقة

- بنية جيولوجية غير مستقرة ، مع انحدار مستويات التراكب في الوادي بزوايا قريبة من ميل منحدر التل.

•طبقة نفاذة تعلو طبقة أقل نفاذية ، مما يسمح بتكوين منسوب مائي مرتفع فوق مستوى القص.
•طبقة ضعيفة جدًا غنية بالمونتموريلونيت على طول مستوى القص.

•عوامل تحضيرية

•إزالة الغابات خلال الـ 150 عامًا الماضية : انخفاض معدل التبخر والنتح ، وإزالة التعزيزات الميكانيكية للجذور.
•التوسع الحضري خلال الأربعين عامًا الماضية : قطع الأشجار، والردم ، وتعديل الصرف السطحي.
•استخراج المواد من أسفل المنحدر قبل عشر سنوات ، مما أدى إلى إزالة الدعامات الجانبية.

•عوامل محفزة

• غير معروفة؛ ربما مزيج من التسرب من خط أنابيب إمدادات المياه في المدينة وهطول الأمطار.

خصائص الخطر

الحجم: 5.4 مليون متر مكعب.
المعدل: زحف بطيء في البداية، يتبعه حركة سريعة بمعدل 1.7 متر/دقيقة.
المدة: انزلاق سريع لمدة 30 دقيقة.
المساحة المتضررة: 18 هكتارًا، مع تأثيرات على مساحة واسعة مجاورة للانهيار.
سرعة البداية/التحذير : مؤشرات على بطء الحركة، وتشققات في المنازل والمصارف، واضحة قبل أحد عشر شهرًا على الأقل من الانهيار. وقد نبهت قياسات معدل الزحف المتسارع ، التي أُجريت قبل ستة أسابيع من الانهيار، السلطات (الشكل 6.2).

الدروس المستفادة

•يمكن أن تحدث انهيارات أرضية خطيرة على المنحدرات شديدة الانحدار في حال وجود ظروف مسبقة غير مواتية.
•يمكن أن يعزز الاهتمام بمؤشرات الإنذار المبكر من التأهب وينقذ الأرواح.
•يمكن أن يؤدي النشاط البشري إلى زعزعة استقرار المنحدرات.
•يصعب التنبؤ بالأحداث منخفضة التردد وعالية الشدة ، ولكن رسم خرائط وتأريخ معالم الانهيارات الأرضية القديمة يمكن أن يوفر بعض المؤشرات على المخاطر القائمة . خفف نظام التأمين الشامل ضد الانهيارات الأرضية من عبء التكلفة على الضحايا . ومع ذلك ، كشف الحادث عن بعض نقاط الضعف في النظام ، وهي أن التعويضات لن تُدفع إلا بعد وقوع الضرر فعليًا . هذا يعني عدم توفر الأموال اللازمة لنقل المنازل من المناطق المهددة قبل وقوع الانهيار الرئيسي . كما أن نظام التأمين في ذلك الوقت كان يغطي فقط الأضرار التي لحقت بالمنازل والأضرار ذات الصلة ، وليس الأضرار التي لحقت بالأراضي.
•ينبغي إجراء تقييم إقليمي لمخاطر الانهيارات الأرضية في حال وجود دليل على نشاط سابق للانهيارات الأرضية.

دور الجغرافيين

•تحليل التضاريس ورسم الخرائط الجيومورفولوجية لتحديد معالم الانهيارات الأرضية السابقة.
•التحقيق في أسباب المخاطر والأحداث من خلال دمج المعلومات من مصادر متعددة ، بما في ذلك السجلات التاريخية ، والتنمية الحضرية ، والسجلات المناخية ، والجيولوجيا ، والجيومورفولوجيا ، والهيدرولوجيا.

• تقييم مواطن الضعف والمخاطر والآثار من خلال تحليل العوامل الفيزيائية والاجتماعية والاقتصادية.

الملحق 6.2:

أساليب تقييم المخاطر الإقليمية

يُوضَّح ملخصٌ لطريقتين لتقييم المخاطر الإقليمية . تتطلب كلتا الطريقتين اختيار العوامل المهمة في تحديد مستوى الخطر في المناطق المدروسة . تشترك الطريقتان في عدد من العوامل ، وإن كانت تُعبَّر عنها بطرق مختلفة . وتشمل هذه العوامل تاريخ الانهيارات الأرضية ، وتوافر المواد الحساسة ، وزاوية الانحدار . كلتا الطريقتين سهلتا التطبيق نسبيًا ، مع خبرة محدودة ، وكلاهما يُوفِّران تصنيفًا بسيطًا وواضحًا لمخاطر الانهيارات الأرضية في شكل مناسب للاستخدام من قِبَل المخططين ومديري الأراضي.

طريقة تسمانيا (ستيفنسون 1977؛ الشكل 6.3)

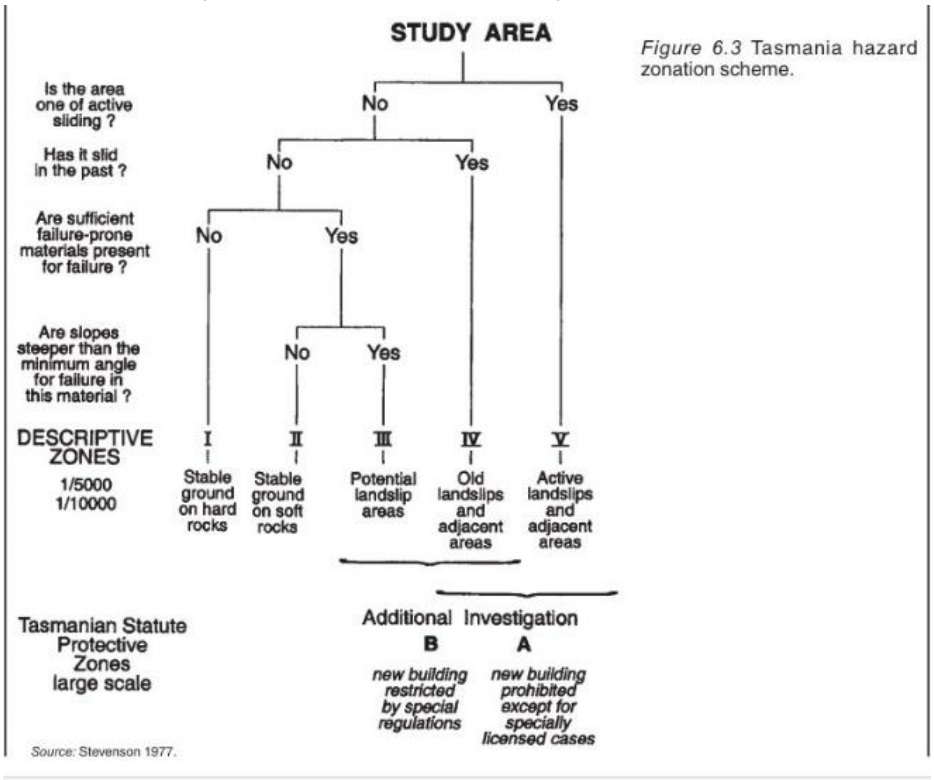


Figure 6.3 Tasmania hazard zonation scheme.

ولكلٍّ من هذه العوامل مستوى أهمية مختلف . تتخذ شكل شجرة قرارات ، حيث يُوفِّر كل قرار تقسيمًا فرعيًا لفئة أعلى مرتبة . لذلك ، يُمكن استخدامها لرسم خريطة لمنطقة في أي مكان من فئتين إلى خمس فئات من المخاطر، اعتمادًا على الموارد المتاحة ومستوى التفاصيل المطلوبة . حددت المعرفة المحلية والمعرفة بالانهيارات الأرضية السابقة نوع المعايير المختارة وأهميتها النسبية . صُممت طريقة مونتروز (مون وآخرون، 1992؛ الجدول 6.2) خصيصًا لتقييم مخاطر تدفق الحطام في منطقة يوجد فيها تهديد حقيقي ، ولكن ليس بها تاريخ حديث لتدفق الحطام .

Table 6.2 The Montrose hazard zonation scheme.

Catchment hazard ranking factor	*Catchment reference* A	B	C	D	E	F	G	H	I
1 Presence of gullies	•			•	•		•	•	•
2 Outcrop % area	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Height of slopes > 30°							•	•	•
4 Proportion slopes > 30°							•	•	•
5 Size of colluvial fan			•	•	•	•	•	•	•
6 Number of modern slides		•	•	•				•	•
7 Vol. of modern slides			•		•				•
Catchment hazard ranking assessment									
i Very large debris flow	L	L	L	M	L	L	M	M	X
ii Small or large debris flow					H			H	
iii Debris torrent in gully						H	H		

Source: Moon *et al.* 1992.
Notes: The size of the dot indicates the relative influence of the hazard factor: high, medium or low.
Key to catchment hazard ranking assessment:

Symbol	*Term*	*Probabilty in 50-year period (%)*
X	Very high	15–39
H	High	5–39
M	Medium	0.5–5
L	Low	< 0.5
VL	Very low	< 0.05

وبالتالي ، فإن اختيار المعايير يعتمد على الجانب النظري . على سبيل المثال ، تُعد المناطق ذات النتوءات الصخرية القليلة مصدرًا محتملًا للحطام ، بينما قد تغذي الانهيارات الأرضية الوديان حيث يمكن توليد تدفقات الحطام . تضمن المنحدرات الشديدة والعالية ، إلى جانب الانهيارات الأرضية كبيرة الحجم ، إمدادًا سريعًا وكبيرًا بالمواد إلى مواقع بدء تدفق الحطام . تُحدد فئات تقييم المخاطر جزئيًا بناءً على التقدير وجزئيًا بموضوعية . عندما تتواجد جميع عوامل الخطر في مستجمعات المياه ، تُصنف المنطقة على أنها "عالية" أو "عالية جدًا" . تتميز فئة "عالية جدًا" بكميات كبيرة من الانهيارات الأرضية الحديثة . لتصنيفها على أنها "متوسطة" ، يجب أن تُظهِر المعلمتان 1 و2 درجةً معينةً من الخطورة ، إلى جانب تسجيل خطرٍ واحدٍ على الأقل من المعلمات الأخرى . تُصنَّف مستجمعات المياه الأخرى التي لا تستوفي هذه المعايير على أنها "منخفضة الخطورة" .