

Environmental Hazards¹

Mohammad Reza Servati ¹ Fariba Azad ² Reza Mansouri ³

¹ Professor, Faculty of earth sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² M.Sc. in Geomorphology

³ Ph.D. Candidate of geomorphology, Faculty of earth sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract

One of the situations that are of concern to the applied geomorphologist is that in which geomorphologist events have a direct impact on man. In this here, the discussion will be limited to geomorphological hazards. Hazards occur when a threshold is exceeded. Some hazards, such as virtually all earthquakes, are entirely natural, others occur partly because of the activities of man himself. In this here the main geomorphological hazards will be described and the effects that they have will be indicated. The great range of geomorphological hazards is often not appreciated, so the hazards are listed for reference in table 1. The catastrophic effects they can have are often not appreciated either, so the world's great natural disasters resulting from geomorphic events are listed in table 2. Certain parts of the unfortunate in that they experience an unusually large number of natural geomorphological hazards. Hazards have a bearing on this discussion in two ways. First, some of these hazards are the results of crustal structural movements that operate over very short timespans indeed: volcanoes, earthquakes, faulting. Secondly, and perhaps more interestingly, some of these hazards that result from the operation of geomorphological processes also take place over short time- periods – days, sometimes even hours. Examples include river and sea floods and landsliding. The event is short- lived, abnormal, and could be described as catastrophic in more ways than one.

Keywords: Environmental Hazards, Geomorphological Hazards, Natural Disasters, Geomorphological Processes, Soil Erosion.

¹ . This article is a translation of the twelfth chapter of the following book from English to Persian.
Hart, M.G. (1986). Geomorphology: Pure and Applied (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429263255>

مخاطرات محیطی^۱

محمد رضا ثروتی^۲، فریبا آزاد^۳، رضا منصوری^۴

چکیده

یکی از موقعیت‌هایی که مورد توجه ژئومورفولوژیست‌های کاربردی می‌باشد، این است که کدام یک از رویدادهای ژئومورفولوژیکی اثر مستقیمی بر روی انسان دارند. در این جا، بحث به مخاطرات ژئومورفولوژیکی محدود خواهد شد. مخاطرات زمانی روی می‌دهند که از آستانه پیشی بگیرند. بعضی از مخاطرات مانند تمام زمین‌لرزه‌ها، کاملاً طبیعی هستند، اما برخی دیگر مخاطرات تا حدودی به خاطر فعالیت‌های خود انسان، روی می‌دهند. در این جا، مخاطرات ژئومورفولوژیکی اصلی توصیف و اثراتی که آنها دارند مشخص خواهند شد. متأسفانه، دامنه گسترده مخاطرات ژئومورفولوژیکی اغلب فهمیده نشده است، بنابراین فهرست مخاطرات ژئومورفولوژیکی، در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین اثرات فاجعه‌آمیزی که آنها می‌توانند داشته باشند فهمیده نشده است، بنابراین بلایای طبیعی بزرگ جهان که از حوادث ژئومورفولوژیکی ناشی می‌شوند در جدول ۲ فهرست شده‌اند. بخش‌های معینی از دنیا از آن جهت که به‌طور غیر معمول تعداد زیادی از مخاطرات ژئومورفولوژیکی طبیعی را تجربه می‌کنند بداقبال هستند. مخاطرات با دو مبحث اصلی ارتباط پیدا می‌کند. نخست، تعدادی از این مخاطرات برآیند حرکات ساختاری پوسته هستند که در واقع در فاصله زمانی بسیار کوتاهی عمل می‌کنند: آتشفشان‌ها، زمین‌لرزه‌ها، گسل خوردگی‌ها. دوم و شاید به‌طور جالب‌تر، تعدادی از مخاطراتی که ناشی از عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژیکی هستند، در طی دوره‌های زمانی کوتاه- روزها، گاهی اوقات حتی طی ساعت‌ها، روی می‌دهند. نمونه‌هایی از آنها شامل: سیلاب‌های رودخانه‌ای و دریایی و زمین‌لغزش می‌شود. رویدادها، زودگذر و غیرعادی‌اند و می‌تواند به شکل فاجعه‌آمیزی در بیشتر از یک طریق تشریح شوند.

واژگان کلیدی: مخاطرات محیطی، مخاطرات ژئومورفولوژیکی، فجایع طبیعی، فرایندهای ژئومورفولوژیکی، فرسایش خاک.

^۱ - این متن ترجمه‌ای است از فصل دوازدهم کتاب: "Geomorphology pure and applied" تألیف M. G. Hart, Allen and Unwin، لندن،

M. G. Hart, Allen and Unwin, *Geomorphology pure and applied*, London 1986. ۱۹۸۶.

^۲ - استاد دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. Rezasarvati@yahoo.com

^۳ - کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی.

^۴ - دانشجوی دکتری رشته ژئومورفولوژی/ مدیریت محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. Re_mansouri@sbu.ac.ir

یکی از موقعیت‌هایی که مورد توجه ژئومورفولوژیست کاربردی می‌باشد، این است که کدام یک از رویدادهای ژئومورفولوژیکی اثر مستقیمی بر روی انسان دارند. انسان در هر کجا، تا حدودی توسط ژئومورفولوژی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. ظاهراً ژئومورفولوژیست در هر موقعیت ممکن درگیر نمی‌شود، اما هنگامیکه یک رویداد ژئومورفولوژیکی شدت کافی برای تشکیل یک مخاطره برای انسان داشته باشد، او می‌تواند درگیر شود.

موضوع عمومی مخاطرات محیطی در کتاب‌های درسی متنوعی مانند: وایت^۱ (۱۹۷۴)، بولت و همکاران^۲ (۱۹۷۵)، والتهام^۳ (۱۹۷۸) و پری^۴ (۱۹۸۱) بحث شده است. در اینجا، بحث به مخاطرات ژئومورفولوژیکی^۵ محدود خواهد شد. اما البته تمام مخاطرات، ژئومورفولوژیکی نیستند. بسیاری از مخاطرات دیگر مانند "هاریکن‌ها"^۶ و "بوران‌ها"^۷ مربوط به هواشناسی هستند، گرچه ممکن است آنها مستقیماً به یک رویداد ژئومورفولوژیکی مانند سیلاب‌های دریایی یا بهمن‌ها منجر شوند ولی در اینجا به عنوان مخاطرات ژئومورفولوژیکی محسوب نمی‌شوند. همچنین این بایستی فهمید شود که رویدادهای ژئومورفولوژیکی شدید، تنها اگر در محل رخداد آنها، انسان زندگی کند یا اگر وی تلاش نماید که به نحوی محیط آنجا را مدیریت نماید خطری را برای انسان به وجود می‌آورند. برای مثال، بسیاری از زمین‌لرزه‌هایی که در زیردریا رخ می‌دهند عملاً توسط انسان مورد بی‌توجهی قرار می‌گیرند. نکته مقدماتی قطعی این است، در حالیکه بعضی از مخاطرات مانند تمام زمین‌لرزه‌ها، کاملاً طبیعی هستند، اما دیگر مخاطرات تا حدودی به خاطر فعالیت‌های خود انسان، روی می‌دهند. برای مثال، اغلب روی می‌دهد که انسان بعضاً در مورد سیل‌خیزی یا فرسایش خاک مسئول است. در چنین مواردی معمولاً انسان در می‌یابد که مداخله وی در فرایندهای طبیعی باعث می‌شود تا فرایندها با شدت دو چندان عمل کنند.

در این اینجا، مخاطرات ژئومورفولوژیکی اصلی توصیف و اثراتی که آنها دارند مشخص خواهند شد. دامنه گسترده مخاطرات ژئومورفولوژیکی اغلب فهمیده نشده است، بنابراین فهرست مخاطرات ژئومورفولوژیکی برای مراجعه، در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین اثرات فاجعه‌آمیزی که آنها می‌توانند داشته باشند فهمیده نشده است، بنابراین بلایای طبیعی بزرگ جهان که از حوادث ژئومورفولوژیکی ناشی می‌شوند در جدول ۲ فهرست شده‌اند. از دست دادن زندگی الزاماً معنی‌دارترین شاخص بزرگی یک فاجعه نیست، بلکه این جدول نشان می‌دهد که تعدادی از نمونه‌های خاص خود بریتانیا که غالباً در نوشته‌ها ظاهر می‌شوند در مقیاس جهانی نسبتاً ناچیز به نظر می‌رسند.

فرسایش خاک به وسیله آب

معنی طبیعی اصطلاح "فرسایش خاک"^۸ به معنای فرسایش خاک توسط فرایندهای متنوع طبیعی ژئومورفولوژیکی است. هرچند این مفهوم معمولاً "فرسایش زمین‌شناختی"^۹ نامیده می‌شود، ولی از "فرسایش خاک" که خاک فرسایش است،

¹ - White

² - Bolt et al

³ - Waltham

⁴ - Perry

⁵ - Geomorphological Hazards

⁶ - Hurricanes

⁷ - Blizzards

⁸ - Soil Erosion

⁹ - Geological Erosion

وقتی که انسان سیستم طبیعی را به وسیله فعالیت‌های متنوع کاربری زمین اعمال شده، تغییر می‌دهد متفاوت است. خود انسان به جز در موقعیت‌های معین، باعث جابجایی فیزیکی خاک نمی‌شود، بلکه ضعف مدیریت وی بر روی زمین به فرایندهای طبیعی اجازه می‌دهد تا با قدرت دو چندان عمل نمایند. بنابراین فرسایش خاک، فرسایش شتاب‌دار^۱ می‌باشد^۲.

جدول ۱: مخاطرات ژئومورفولوژیکی.

ساختمان اصلی	الف) آتشفشان‌ها: گازها، لاهوا، تفرها (مواد جامد)، خاکستر آتشفشانی، لاپیلی، بلوک‌های آتشفشانی، بمب‌های آتشفشانی، ابرهای سوزان، زمین‌لغزش‌ها، جریان‌های گلی و لاهرها، سیلاب‌ها، ب) زمین‌لرزه‌ها، لرزش زمین، گسیختگی‌ها و گسل‌ها، ناپایداری دامنه، گردش آب زیرزمینی، گسیختگی، فرونشست، نوسانات سطح آب، بهمن‌ها، سونامی‌ها، آتش سوزی
تخریب مواد طبیعی بر اثر هوازگی	هوازگی ناشی از نمک (نمک شکافتگی)، یخ شکافتگی، هوازگی ناشی از تابش خورشید، تر و خشک شدن، گوه شدگی ریشه، فرسایش پلاکینگ کلوییدی، هیدراسیون، هیدرولیز، اکسیداسیون، اکسیده شدن، انحلال، کربناسیون، کی‌لیت شدن، تغییرات شیمیایی بیولوژیکی شامل تشدید هوازگی بر اثر آلودگی
رودخانه‌ای	سیلاب‌های رودخانه‌ای ^۳ ، فرسایش خاک توسط آب، شستشوی صفحه‌ای، فرسایش طغیان صفحه‌ای، شستشوی بارانی، فرسایش آب‌کندی، فرسایش بستر و کرانه‌های رودخانه، تغییر موقعیت بستر رودخانه، رسوبگذاری رودخانه، کانال‌ها و مخازنی که می‌توانند باعث سیل شوند
ناپایداری دامنه	حرکات توده‌ای، خزش خاک، زمین‌لغزش‌ها، جریان‌های گلی، جریان‌های واریزه، بهمن‌های واریزه، جریان‌های زمین، جریان‌های لس، لغزش‌های واریزه، لغزش‌های سنگی، لغزش‌های چرخی، لغزش‌های چرخی، سنگ‌افتان‌ها، حرکت واریزه، ترکیدگی باتلاق، فرونشست، فعالیت دوباره فسیل، ناپایداری، اثرات جانبی زمین‌لغزش‌ها برای مثال جاری شدن سیل
ساحلی	سیلاب‌های دریایی ^۴ ، سونامی، فرسایش پرتگاه، ناپایداری دامنه، تخریب ساحل، رسوبگذاری در بنادر، توسعه زبانه
مناطق خشک و نیمه خشک	بادرویش ^۵ ، فرسایش خاک توسط باد، ریگزارها، فعالیت دوباره ریگزارهای فسیل، پیشروی ماسه، بیابان زایی، شوری: تاثیر بر روی خاک‌های کشاورزی، تاثیر بر روی فونداسیون ساختمان، سیلاب‌های برق آسا، مخروط افکنه‌های واریزه‌ای، جریان‌های گلی
مجاور یخچالی	پوشش یخی زمین، پرامافراست، هوازگی یخبندانی، ترک یخبندانی، سولیفلیکسیون، ذوب شدگی، فرونشست، گسیختگی زمین یخ زده، سیلاب‌های رودخانه‌ای (آب‌های ناشی از ذوب بهاری)
یخچالی	یخکافت، غارها و جویبارهای ناشی از برفاب در مناطق زیر یخچالی و درون یخچالی، تلاطم‌های یخچالی، تغییر و جابجایی موقعیت‌های پوزه‌های یخچال و جویبارهای ناشی از ذوب برفاب، نهشته‌گذاری- واریزه‌های ناشی از ذوب برفاب سیلاب‌ها، منجر به دبی‌های بسیار بالای برفاب می‌شود، بهمن‌ها و بادهای ناشی از بهمن

^۱ - Accelerated Erosion

^۲ - شایان گفتن می‌باشد که در محث فرسایش خاک، در گام نخست فرایند فرسایش را به دو دسته کلی (۱) فرسایش طبیعی (یا زمین‌شناختی)- که در جهت تولید خاک ضروری و لازم است- و (۲) فرسایش شتاب‌دار (یا ناشی از فعالیت‌های مداخله‌جویانه انسان)- که این نوع از فرسایش با مخاطرات گوناگونی همراه است و به ضرر فرایند خاک‌سازی تمام می‌شود و باعث از بین رفتن بسیاری از زمین‌های حاصلخیز و فقیر شدن خاک می‌گردد، طبقه‌بندی می‌نمایند: م.

^۳ - River Floods

^۴ - Sea Floods

^۵ - Deflation

جدول ۲: فجایع بزرگ^۱.

آتشفشان‌ها	
۱۹۰۲	مونت پله در مارتینیک در باختر ایندیز ^۲ . سنت پیر ^۳ تخریب شد: به جز دو نفر تمام ۳۰۰۰۰ نفر آن کشته شدند.
۱۹۱۹	جریان لاهار، آتشفشان کلوت در اندونزی ^۴ : ۵۳۰۰ نفر کشته شدند.
۱۹۸۵	آتشفشان نوادو دل رویز در کلمبیا ^۵ . به دنبال گل لغزه های آتشفشانی ۲۳۰۰۰ نفر در شهر آرمرو ^۶ کشته شدند.
زمین‌لرزه‌ها	
۱۵۵۶	ایالت شنسی در چین ^۷ . جریان زمین‌لغزش‌های لسی و سیلاب‌ها: ۸۳۰۰۰۰ نفر روستایی کشته شدند.
۱۷۵۵	لیسبون ^۸ : ۶۰۰۰۰ نفر کشته شدند.
۱۹۲۳	خلیج ساگامی در ژاپن ^۹ : ۲۵۰۰۰۰ نفر کشته شدند.
۱۹۷۶	تانگشان ^{۱۰} در چین: ۶۵۰۰۰۰ نفر کشته شدند.
۱۹۷۸	طبس در ایران: ۱۱۰۰۰ نفر از کل جمعیت ۱۳۰۰۰ نفری شهر کشته شدند و بیش از ۱۵۰۰۰ نفر دیگر در جاهای دیگر از بین رفتند.
۱۹۸۰	ال آسنام در الجزایر ^{۱۱} : ۲۰۰۰۰ نفر کشته شدند.
سونامی	
۱۸۷۶	بنگال در هند ^{۱۲} : ۲۰۰۰۰۰ نفر کشته شدند.
۱۸۸۳	جاوه و سوماترا (پس از کراکاتوا) ^{۱۳} : ۳۶۰۰۰ نفر کشته شدند.
۱۸۹۶	ژاپن: ۲۷۰۰۰ نفر کشته شدند.
حرکات توده‌ای	
۱۶۱۸	زمین لغزش مونت کنتو در سوییس ^{۱۴} : ۲۴۳۰ نفر در روستای پلی‌یورز ^{۱۵} کشته شدند.
۱۹۲۰	کانسو ^{۱۶} در چین. زمین‌لغزش‌های لسی، که توسط زمین‌لرزه به جریان افتاده، مسیر رودخانه بسته شد و منجر به ایجاد سیلاب شد: ۱۸۰۰۰ نفر کشته شدند.
۱۹۶۳	زمین لغزش در مخزن سد وایونت ^{۱۷} در ایتالیا، باعث جاری شدن سیلاب شد: ۱۹۰۰ نفر کشته شدند.
۱۹۷۰	بهمن واریزه، که توسط یک زمین‌لرزه در یانگای در هاسکاران ^{۱۸} در پرو به جریان افتاد: ۲۵۰۰۰ نفر کشته شدند.

¹ - The mega- disaster

² - Mont Pelee, Martinque, West Indies

³ - St Pierre

⁴ - Kelut Volcano, Indonesia

⁵ - Novado del Ruiz, Colombia

⁶ - Armero

⁷ - Shensi province, China

⁸ - Lisbon

⁹ - Sagami Bay, Japan

¹⁰ - Tangshan

¹¹ - El Asnam, Algeria

¹² - Bengal, India

¹³ - Java & Sumatra (after Krakatoa)

¹⁴ - Mont Conto, Switzerland

¹⁵ - Pleurs

¹⁶ - Kansu

¹⁷ - Vaiont

¹⁸ - Yungay, Huascaran, Peru

سیلاب‌های رودخانه‌ای	
۱۸۸۷	هوانگ‌هو ^۱ در چین: ۲۰۰۰۰۰۰ نفر کشته شدند.
۱۹۳۱	هوانگ‌هو در چین: ۳۷۰۰۰۰۰ نفر کشته شدند.
۱۹۷۰	دلتای گنگ ^۲ : ۱۰۰۰۰۰۰ نفر کشته شدند.
۱۹۷۸	شمال خاوری هند: ۲۸۰۰ نفر کشته شدند.

فرسایش خاک به وسیله آب مستلزم دو رویداد جدا از هم می‌باشد که یکی پس از دیگری روی می‌دهند. نخست جدایش^۳ ذرات خاک می‌باشد که نتیجه فرسایش قطره‌ای باران است. دوم انتقال^۴ این ذرات است و این عمل ناشی از فرسایش "روان آب‌ها" می‌باشد و ممکن است شستشوی صفحه‌ای به صورت جریان متمرکز یا غیر متمرکز باشد که منجر به ایجاد جویبار، آب‌کند و فرسایش کانالی شوند (شکل ۱). تشخیص و تمایز عملی و نیز علمی فرسایش، اهمیت دارد. به عنوان مثال، تراس‌بندی^۵، یک عمل حفاظتی معمولی است که فرایند انتقال و جابجایی ذرات خاک را کنترل می‌نماید، ولی از جدایش ذرات خاک جلوگیری نمی‌کند (شکل ۲).



شکل ۱. گسترش آب‌کند: آب‌کندهای اطراف دره، در میان انواع سنگ‌های متنوع در کوردال در یورکشایر^۶ برش یافته‌اند (از گرگوری و والینگ^۷ ۱۹۷۳).

^۱ - Hwang-ho

^۲ - Ganges delta

^۳ - Detachment

^۴ - Transportation

^۵ - Terracing

^۶ - Coverdale, Yorkshire

^۷ - Gregory & walling



شکل ۲. تراس های پادی^۱ در لوزون، فیلیپین^۲.

تلاش‌های فراوانی برای اثبات اینکه چه بخش‌هایی از دنیا بیشترین میزان فرسایش خاک را تجربه کرده‌اند صورت گرفته است. گرچه یافته‌ها کافی نیستند ولی به نظر می‌رسد که میزان زیادی از فرسایش در نواحی نیمه‌خشک و نواحی با بارندگی فصلی زیاد به وجود می‌آید. هرچند، تاثیر انسان یک عامل بسیار مهم می‌باشد که در از بین رفتن خاک موثر است. بنابراین فرسایش خاک در برخی از شرایط اهمیت بیشتری دارد:

(الف) ضعف مدیریت هم در زمین‌های کشاورزی و هم در زمین‌های مرتعی.

(ب) نواحی جنگلی پس از آتش‌سوزی و قطع درختان و احداث جاده‌های در دسترس.

(پ) زمین کشت شده، برای مثال اگر توسط آتش گرفتن چراگاه برهنه گردند.

(ت) آماده سازی مکان‌هایی برای توسعه شهری.

(ث) معدن کاری.

(ج) جاده سازی.

(چ) جایی که یک ناحیه بیش از حد به عنوان تاسیسات تفریحی مورد استفاده قرار گرفته است.

شاید به طور قابل فهم، بیشترین مطالعات فرسایش خاک در ارتباط با زمین کشاورزی باشد. در این متن ثابت شده است که فرسایش خاک عمدتاً توسط فاکتورهای مرتبط با: آب و هوا، توپوگرافی، ویژگی‌های خاک، پوشش گیاهی و عملیات کاربری زمین تعیین می‌شود. هرچند این بسیار مهم و ضروری است، اما در بیشتر نوشته‌های جدید، موضوعاتی شبیه فهرست بالا کمتر مورد بحث قرار می‌گیرند. برای مثال، فرسایش ناشی از پیاده‌روی در بخش‌هایی از زمین‌های مرتفع بریتانیا که زیاد مورد استفاده قرار گرفته‌اند، هم‌اکنون بیشترین توجه را به خود جلب نموده و این به خاطر این جالب است که در بحث فرسایش خاک بیشتر مردم فوراً نه به احیای مجدد آن و نه به بریتانیا فکر می‌کنند. هرچند، این

¹ - Padi

² - Luzon, Philippines

داستان هم در صفحات نشریات علمی و هم در مجلات غیر علمی گفته شده است. با اقتباس از فقط یک نمونه مورگان و اسکوجینگ^۱ (۱۹۸۱) فرسایش خاک از این نوع را در مویل فامائو^۲ در کانتیری پارک در تپه‌های کلویدیان^۳ شرح می‌دهند (شکل ۳).

تاثیرات فرسایش خاک فقط به ناحیه فرسایش خاک منحصر نمی‌شود، بلکه پیامدهای قابل توجهی در سرتاسر چشم‌انداز دارد. کانال‌های رودخانه با رسوبات انباشته می‌شوند و به‌طور چشمگیری مستعد سیل‌خیزی می‌شوند، مخازن، گل و لای می‌گیرند و کیفیت منابع آب بدتر می‌شود.

فرسایش خاک به وسیله باد

شاید به‌طور شگفت‌آوری، با در نظر گرفتن حفظ حرکت که در بحران "داست بول"^۴ آمریکای شمالی دنبال شد، این مشکل هنوز در حال گسترش باشد. این عمل به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک رایج است، جایی که میزان سرعت باد و تبخیر بالاست، بارندگی کم و خشکسالی رایج بوده و جایی که توسعه نامناسب با سکونتگاه‌های جدید همراه شده است، یا جایی که مقدار زیادی افزایش جمعیت وجود دارد. این موارد بخش‌هایی از: گریت پلین^۵، استپ‌های باختر سیبری و قزاقستان، حواشی خشک آفریقا و بخش‌هایی از هند و استرالیا را شامل می‌شود. این شرایط همچنین در نواحی معتدل که از خشکسالی دوره‌ای رنج می‌برند، نیز رخ می‌دهد و خاور انگلستان هم‌اکنون یک نمونه خوب می‌باشد که با مدرک ارایه شده است (کوک و دورنکمپ^۶ ۱۹۷۴، صص ۲-۷۰).

¹ - Morgan & Scoging

² - Moel Famau

³ - Clwydian Hills

⁴ - Dust Bowl

⁵ - Great Plains

⁶ - Cook & Doornkamp



شکل ۳. هیل‌فورد‌های^۱ عصر آهن و پیاده‌رو دایک اوفاز^۲ پیاده‌روندگان را در کانتری پارک مویل‌فامائو به خود جلب کرده است. تخریب پوشش گیاهی با زیر پا گذاشتن توسط افراد پیاده گسترده‌تر می‌شود و در نتیجه منجر به فرسایش می‌گردد. بررسی‌های ژئومورفولوژیکی به برنامه‌های مدیریتی کمک می‌نمایند.

مخاطره چندین جنبه دارد. در طی طوفان‌های گردوغبار، ممکن است جاده‌ها مسدود، جویبارها و کانال‌ها پر، حصارها دفن، گردوغبار استنشاق گردد و علف‌های هرز و حشرات به‌طور گسترده‌ای پراکنده شوند. آسیب به محصولات کشاورزی می‌تواند شدید باشد. دانه‌ها ممکن است جابجا، ریشه‌های گیاهان نمایان شوند و برگ‌ها صدمه ببینند. خاک از بیشتر ذراتی که به راحتی جابجا می‌شوند تهی گردد و این موارد شامل دانه‌های کوچکتر و مقداری ماده آلی می‌باشد. این عمل به تدریج بهره‌وری خاک را کاهش می‌دهد.

¹ - Hillforts

² - Offa's

فرسایش بادی موضوع پژوهش‌های بسیاری بوده است و به‌طور اساسی سه شیوه در مطالعه آن وجود دارد. اینها شامل شبیه‌سازی‌های آزمایشگاهی فرایند، مانند آزمایشات تونل باد، کنترل فرسایش خاک در میدان و پیش‌بینی فرسایش بادی هستند. تمام این موارد به تفصیل توسط کوک و دورنکمپ (۱۹۷۴) بحث شده‌اند.

در برخی از بخش‌های خشک و نیمه‌خشک جهان، ماسه یک تهدید واقعی است. سه نوع ناحیه و سه نوع مشکل وجود دارد. نخستین مشکل در ریگزارهای^۱ بزرگ رخ می‌دهد. هنگامی که بیشتر، از کوچ‌نشینی روستایی گسترده و کشاورزی کم‌تحرک ساده در واحه‌ها استفاده شود، آنها هیچ تهدیدی محسوب نمی‌شوند. اما وزش ماسه و حتی حرکت تپه‌های ماسه‌ای فعال، هنگامی که تلاش‌های انسان برای گسترش و توسعه ناحیه‌ای، برای مثال بر اثر: ساخت کانال‌های آبیاری، خطوط لوله، جاده‌ها، فرودگاه‌ها، معادن، خانه‌ها و شهرها امکان‌پذیر گردد می‌تواند به‌عنوان خطر تلقی گردد. یک نمونه از این مورد و نقش عملی آن که می‌تواند توسط ژئومورفولوژیست کاربردی انجام شود، همان است که در یک فرودگاه جدید در دوبی طراحی شده است (شکل ۴). در این هنگام تیمی از ژئومورفولوژیست‌ها که توسط دورنکمپ رهبری می‌شد، برای ارزیابی خطر تپه‌های ماسه‌ای و به‌منظور توصیه معیارهای ضروری تثبیت ماسه‌ها، از دانشگاه ناتینگهام^۲ فراخوانده شدند (وارن و ماین‌گوت^۳ ۱۹۸۲). دومین نوع مسئله، حرکت ماسه بر روی ریگزارهای به‌اصطلاح تثبیت شده است. این ماسه‌ها بیرون از بیابان‌های کنونی قرار می‌گیرند. آنها تپه‌های ماسه‌ای فسیل هستند، وقتی که بیابان‌ها فراتر از محدوده‌های کنونی خود بوده‌اند، در اواخر پلیستوسن^۴ رسوب کرده بودند و بعداً توسط علف‌ها و درختان تثبیت گردیده‌اند. در این نواحی، گیاهان فقط مانعی کم اهمیت هستند که اگر مورد چرای بی‌رویه، لگدمال شدن یا زمین‌ها به زیر کشت بروند از دست می‌روند. مشکل سوم بیابان‌زایی^۵ است. این مشکل وخامت روزافزون آب و هوا، موقعیت‌های زمین و گیاهان به خاطر افزایش خشکی است. این عامل، عمدتاً در نواحی نیمه خشک که در مرزهای بیابان‌های موجود قرار می‌گیرند اثر می‌گذارند. زمانی که بیابان‌زایی شروع می‌شود نواحی نیمه خشک به بیابان تبدیل می‌شوند. پوشش خاری تیغستان آنها تا نقطه‌ای که باد بتواند ذرات ریز خاک را انتقال دهد، کاهش می‌یابد تا یک سطح سنگی برهنه یا ریگ‌ها باقی بماند. در جایی دیگر که ماسه نهشته‌گذاری می‌شود، یک حرکت سطحی مداوم ایجاد می‌گردد.

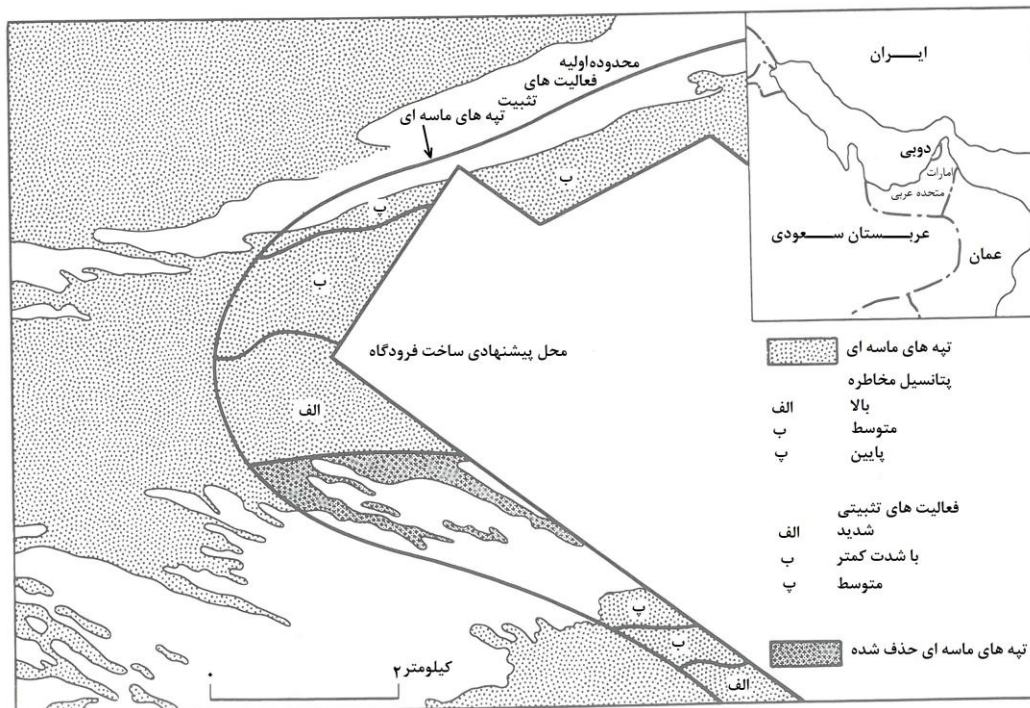
¹ - Sand Seas

² - Nottingham University

³ - Warren & Mainguet

⁴ - Late- Pleistocene

⁵ - Desertification



شکل ۴. خطر تپه های ماسه ای در اطراف محل پیشنهادی فرودگاه دبی.

بیابان زایی می تواند به وسیله تغییرات طبیعی آب و هوا به خاطر خشکی و به وسیله فعالیت بی خردانه انسان ایجاد شود. در منطقه ساحل آفریقا این امر برآیند ترکیبی از هر دو عامل بالاست. به اثرات خشکسالی، در ساحل^۱ بین سال های ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۳ (شکل ۵) می بایست اثرات انسان را نیز اضافه نمود. به عنوان نمونه یک ناحیه جهان سومی نرخ بالایی از افزایش جمعیت سالانه در حدود ۳ درصد دارد. این مورد معانی چندی دارد:

(الف) مصرف بیش از اندازه گیاهان جنگلی برای پختن غذا. ۱۰۰ میلیون نفر از افرادی که در آفریقا و خاورمیانه برای پخت و پز به چوب وابسته هستند به تنهایی می بایست در حدود ۲۵ میلیون هکتار در سال را ویران نمایند، حتی اگر توانایی محیط را در احیا دوباره بافت جنگلی به حساب آوریم.

(ب) چرای بی رویه^۲. بیشتر مردم شبان هستند و تعداد دام ها تقریباً متناسب با تعداد مردم افزایش می یابد. تراکم دام ها متجاوز از قدرت تحمل زمین می شود. پوشش گیاهی کاهش می یابد، زمین لگدمال و فشرده می گردد.

(پ) کشت بیش از اندازه. در واکنش نسبت به چرای بی رویه و همچنین تا حدودی نسبت به تغییرات سیاسی که شبانان را از مسیرهای کوچ نشینی و قدیمی شان بی نصیب می کنند، زندگی بسیاری از آنها به کشاورزی یکجانشینی تغییر کرده است.

(ت) آبرسانی^۳. برای رهایی از مشکل آبرسانی چاه های گمانه^۴ می توانند به منظور بیرون کشیدن ذخایر آب زیرزمینی حفر شوند. البته این یک مسئله ایجاد کرده است. این حالت منجر به افزایش تعداد دام ها بدون توجه به ظرفیت

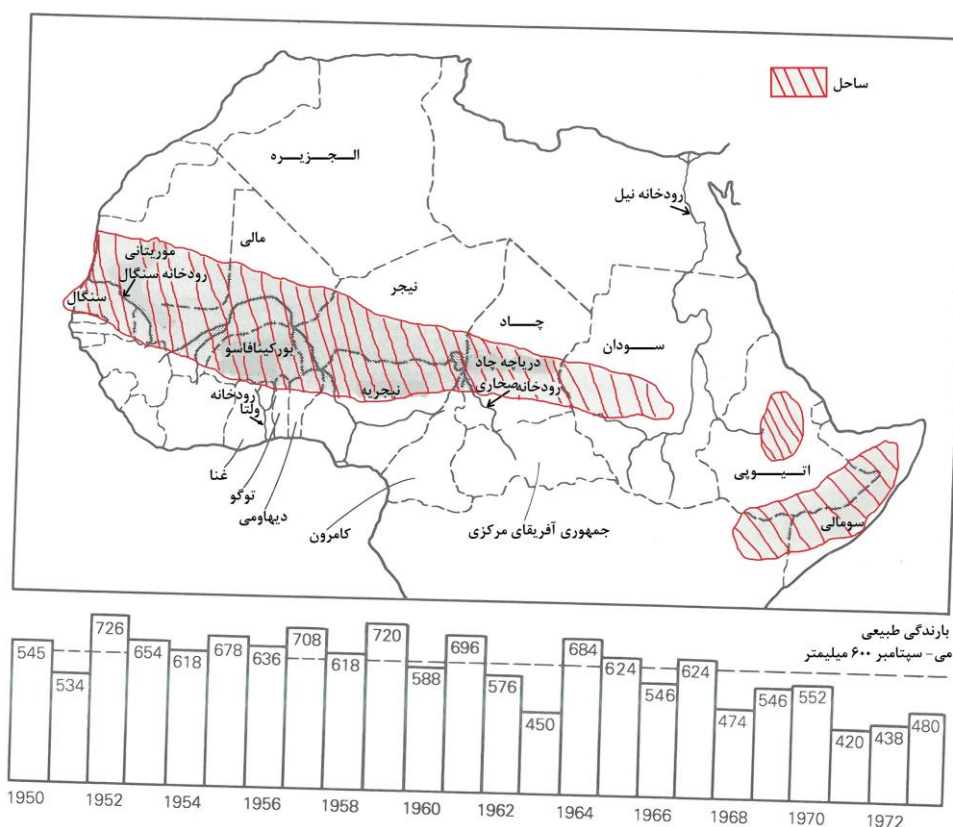
^۱ - Sahel

^۲ - Over- grazing

^۳ - Water Supply

^۴ - boreholes

زمین با حمایت کردن از آنها می‌شود. گیاهان در سرتاسر نواحی گسترده در اطراف هر چاه گمانه از بین می‌روند. بین سال‌های ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۳ در خشکسالی ناحیه ساحل، بیشتر حیوانات از گرسنگی مردند تا از تشنگی. (ث) کاهش بارش. شرایط متنوعی که در آن گیاهان جابجا می‌شوند منجر به افزایش بازتابش^۱ خاک می‌گردد. تابش کمتری از نور خورشید توسط زمین جذب می‌شود. بنابراین، گرمای زمین کمتر و در نتیجه باران همرفتی نیز کمتر می‌شود. جابجایی گیاهان می‌تواند میزان باران را از این راه تا بیش از ۴۰ درصد کاهش دهد.



شکل ۵. کشورهای حوزه ساحل و نمودار بارش نشان دهنده، تباین شرایط میانگین می باشد (از رید^۲ ۱۹۷۹).

سیلاب‌های رودخانه‌ای

سیل هنگامی رخ می‌دهد که ظرفیت آب‌جاری در مجرای یک رودخانه افزایش می‌یابد. سیل یکی از مخاطراتی است که در همه جا بر روی انسان اثر می‌گذارد، چرا که اغلب، انسان بسیاری از نواحی در معرض سیل را برای زندگی برمی‌گزیند. در واقع طغیان آب یا سیلاب یک پدیده طبیعی گسترده و فراگیر می‌باشد و مشکلی است برای مکان‌هایی که مستعد سیل‌خیزی هستند و انسان از آن نواحی استفاده می‌کند. ولی در غیر این‌صورت، سیلاب می‌توانست در این نواحی روی ندهد. مسئله در دشت‌های سیلابی، طغیان آب و در نواحی خشک و نیمه خشک مسئله بادبزنی‌های آبرفتی هستند. مخروط‌افکنه‌ها معمولاً در جایی که جویبارهای لحظه‌ای از کوهستان‌ها به سمت بیرون به‌سوی دشت‌های مجاور گسترش

¹ - Albedo

² - Reed

می‌یابند به وجود می‌آیند. یک مطالعه موردی جالب از طغیان آب بر روی مخروطافکنه‌های آبرفتی در جنوب اسرائیل و اردن در نوشته‌های کوک و دورنکمپ (۱۹۷۴ صص ۷-۱۲۵) مطرح شده است. سیلاب‌های رودخانه‌ای یک موضوع همه‌جانبه و گسترده را به وجود می‌آورد و تمام کتاب‌ها مانند: نیوسون^۱ (۱۹۷۵) و وارد^۲ (۱۹۷۸) روی این یک موضوع نوشته شده‌اند.

ابعاد مخاطره شناخته شده هستند. سیلاب موجب: افزایش دبی، میانگین بالای سرعت‌ها، تخلیه بالای رسوب، قله‌سنگ‌های منفرد بزرگ، طغیان آب در دشت سیلابی، فرسایش کانال‌های رودخانه و خسارت به زمین‌های کشاورزی یا به املاک یا هر دو می‌شود. خسارت مالی و جانی، می‌تواند قابل توجه باشد (جدول ۲). نمونه‌های ویژه و منفرد یک پدیده وقتی آنقدر متداول باشند، نامناسب است، اما در بریتانیا سیل لین‌ماوث^۳ در آگوست (امرداد ماه) ۱۹۵۲ به‌طور چشمگیری تأثیرات طغیان آب را نشان می‌دهد. در مدت طوفان ۲۰ هزار میلیون لیتر آب توسط حوضه آبریز ۱۰۰ کیلومترمربعی اکسمور^۴ سرازیر شد و دبی آن به ۵۱۱ مترمکعب در ثانیه رسید، رقمی که فقط دوبار به‌وسیله رودخانه تیمز^۵ در قرن اخیر در حوضه‌ای که صد برابر بزرگ‌تر است رخ داد. در حدود ۱۰۰ هزار تن قله‌سنگ به سمت بخش‌های پایین‌تر دره به حرکت درآمد.

با توجه به تأثیر سیلاب‌ها بر روی انسان‌ها برخی از ویژگی‌های طبیعی آنها مهم است: تکرار رخداد سیل، دبی حداکثر، مجموع دبی روان آب سیل، میزان افزایش و کاهش دبی، زمان تأخیر، ناحیه سیل گرفته، سرعت جریان، مدت زمان سیل، ژرفای آب، بار رسوب سیل و زمانی از سال که سیل روی می‌دهد.

تعدادی از فاکتورها، ویژگی‌های سیل را کنترل می‌کنند. با در نظر گرفتن یک دید جهانی، دو مورد از متداول‌ترین دلایل سیلابی شدن رودخانه، شدت بالای بارندگی و ذوب برف می‌باشد، زیرا سیلابی شدن، یک رخداد فصلی در برخی از مناطق آب و هوایی می‌باشد. شرایط زمین نیز مهم است چون ظرفیت نفوذ و شرایط رطوبت پیشین خاک در تبدیل ریزش‌های جوی به دبی، اثر خواهد گذاشت. همچنین رویدادهای مشخص ویژه‌ای نیز می‌توانند دلیل سیلابی شدن رودخانه شود، برای مثال: شکست سدها، فوران‌های آتشفشانی در زیر یخچال‌ها و زهکش دریاچه‌های زیریخچالی و درون یخچالی. چندین ویژگی حوضه زهکشی نیز قابل توجه است. برای مثال، اگر موارد دیگر برابر باشند، تراکم زهکشی بالا، عدم وجود دریاچه‌ها و باتلاق‌ها و حوضه‌های دایره‌ای شکل همگی سیلاب ایجاد می‌کنند. تغییرات کاربری زمین، همچنین می‌تواند باعث سیلابی شدن شوند. به طور کلی، تردید کمی وجود دارد که اگر گیاهان در حالت طبیعی‌شان بودند بسیاری از سیلاب‌هایی که در رودخانه‌های عرض‌های میانی روی می‌دهند، رخ نمی‌دادند. تعدادی از مطالعات موردی معین به طور مفصل بررسی شده‌اند. برای مثال هاو، اسلیمیکر و هاردینگ^۶ (۱۹۶۶ و ۱۹۶۷) نشان می‌دهند که افزایش خطر سیل، از زمان شروع قرن، بر روی رودخانه سورن در ولز میانی^۷ با جنگل‌کاری و اصلاح شبکه زهکشی زمین در حوضه آبریز ارتباط دارد. شاید حتی یک تغییر کاربری زمین که مهم‌تر و موثرتر است، شهرنشینی^۸ باشد. تا این لحظه نواحی روستایی دارای گیاه، با ساختمان‌ها، بتن و آسفالت پوشیده شده‌اند. تبخیر و تعرق کاهش می‌یابد و به‌طور کلی سطح غیر قابل نفوذ،

1 - Newson

2 - Ward

3 - Lynmouth

4 - Exmoor

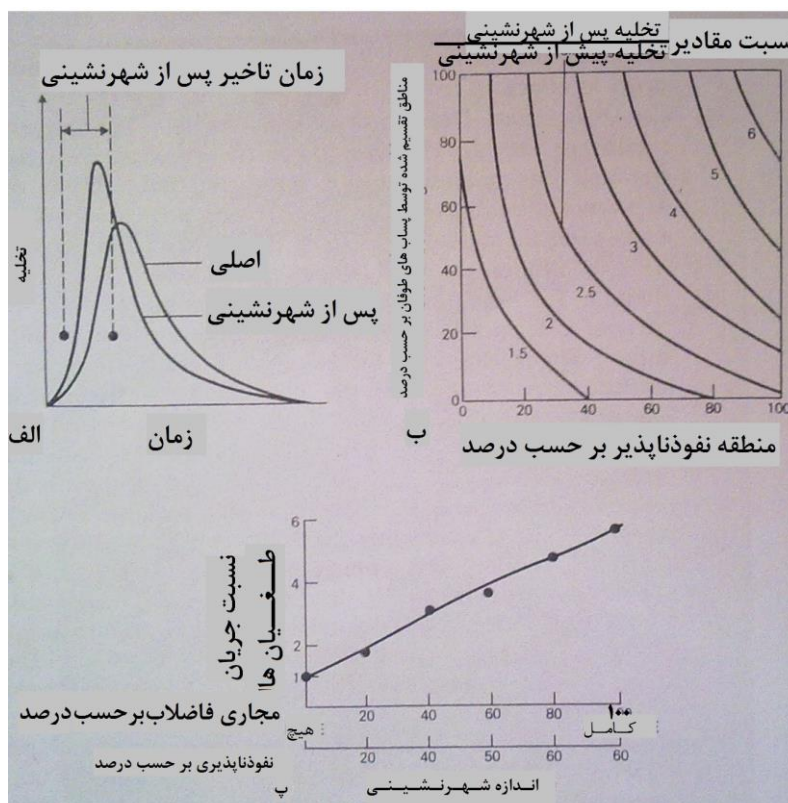
5 - Thames

6 - Howe, Slaymaker & Harding

7 - Severn in mid-Wales

8 - Urbanization

شبکه زهکشی، زهکش‌ها و فاضلاب‌های مصنوعی، تضمین می‌کنند که باران رسیده به زمین به‌طور موثری از سطح زمین تا رودخانه تخلیه شود. نتیجه این است که نقاط اوج سیلاب افزایش، زمان تاخیر کاهش می‌یابد و هم افزایش و هم کاهش یال‌های هیدروگراف سیل دارای شیب تندی می‌شوند (شکل ۶). به عنوان یک توضیح، این مطلب باید اضافه شود که دخالت انسان در سیستم‌های رودخانه‌ای، از راه توسعه شهری به‌هیچ‌وجه پایانی ندارد، زیرا که ما باید به این فهرست: افزایش تحویل‌رسوب (یا رسوب‌دهی)^۱ در مدت کار ساختمان‌سازی، افزایش آلودگی، جداکردن آب از رودخانه‌ها برای مقاصد خانگی و صنعتی، تخلیه فاضلاب‌ها به‌درون آنها و ردیف کاملی از ساختمان‌های مصنوعی در راستای کانال‌های آنها اضافه کنیم.



شکل ۶. (الف) واحد فرضی هیدروگراف برای یک منطقه پیش و پس از شهرنشینی؛ (ب) اثرات شهرنشینی بر روی میانگین سالانه سیل در ناحیه زهکشی به مساحت ۱ مایل مربع؛ (پ) افزایش در تعداد جریان‌ها در هر سال برابر و یا بیش از ظرفیت کانال (برای ناحیه زهکشی به مساحت ۱ مایل مربع)، به‌عنوان نسبت برای تعداد طغیان جریان‌ها پیش از شهرنشینی (پس از لئوپولد^۲؛ از کوک و دورنکمپ ۱۹۷۴).

ناپایداری دامنه

¹ - Sediment Yields

² - Leopold

دامنه‌ها همیشه در مطالعات ژئومورفولوژیکی به شدت نقش مهمی داشته‌اند، آثار قدیمی تمام نظریه‌های به دنبال توسعه دامنه بوده‌اند (به عنوان مثال دیویس^۱ ۱۹۰۹، پنک^۲ ۱۹۲۴ و کینگ^۳ ۱۹۵۰) و بعداً تاکید نویسندگان امروزی بر شکل دامنه، ویژگی‌ها و فرایندهای آن است (برای مثال برونس دن^۴ ۱۹۷۱، کارسون و کیرک‌بای^۵ ۱۹۷۲ و یانگ^۶ ۱۹۷۶). کارهای معاصر بر روی مواد (برای مثال یاتسو^۷ ۱۹۶۶، کارسون ۱۹۷۱ و والی^۸ ۱۹۷۶) پایه‌هایی را برای ژئومورفولوژی دامنه ایجاد نموده‌است تا بتواند به نحو قابل توجهی در جهت مشکل گسترده عملی ناپایداری دامنه که توسط زواربا و منکل^۹ (۱۹۶۹) و ویت^{۱۰} (۱۹۷۷) بحث شده است سهیم باشند.

حرکات توده‌ای که از ناپایداری دامنه به وجود می‌آیند پدیده‌های پیوسته‌ای از خزش تا زمین‌لغزش‌های بزرگ را تشکیل می‌دهند. زمین‌لغزش‌ها خطر اصلی را برای انسان به وجود می‌آورند و اینها می‌توانند به: لغزش‌های انتقالی^{۱۱}، لغزش‌های چرخشی^{۱۲} و ریزش‌ها طبقه‌بندی شوند. تعدادی از زمین‌لغزش‌ها، جریانی هستند که مشهورترین آنها: جریان‌های گلی و جریان‌های زمین^{۱۳} می‌باشند، اما همچنان که توسط برونس دن (۱۹۷۷) شرح داده شده‌است، به طور تنگاتنگی به لاهارها (جریان‌های گلی آتشفشانی)، طغیان‌های لجنی و جریان‌های لسی و همه آنهايي که برای انسان مخاطره‌آمیز است ارتباط دارند.

تقریباً از هر ناحیه کوهستانی دنیا رخداد لغزش‌های بسیار بزرگ گزارش شده‌است و تقریباً هر ساله یک فاجعه بزرگ توسط زمین‌لغزش ایجاد شده‌است. زمانی که توسط رسانه‌های گروهی خبری اعلام می‌شود توجه عمومی بزرگی را ایجاد می‌کند، هنگامیکه در فاجعه توده زغال‌سنگ ابرفان^{۱۴} که در ۲۲ اکتبر (مهر ماه) ۱۹۶۶ روی داد از ۱۷۴ نفری که کشته شدند تنها ۱۴۶ کودک در یک مدرسه از بین رفتند.

علت ناپایداری دامنه، فقط به‌ندرت به یک دلیل مربوط می‌شود. رخداد زمین‌لغزش‌ها به خاطر پیشی‌گرفتن نیروهای مولد حرکت بر آنهايي است که مقاومت می‌کنند. در واقع زمین‌لغزش حرکتی از حالت ناپایدار به سمت حالت پایدار است، جایی که تعادل نیروها در شکل‌دهی به دامنه بر اثر واریزه‌های زمین‌لغزش به پایان می‌رسد. عوامل تقویت‌کننده ناپایداری دامنه فراوان هستند، اما در کتاب کوک و دورنکمپ (۱۹۷۴، صص ۳-۱۵۲) به خوبی فهم و فهرست شده‌اند. نکته‌ای که واضح است این می‌باشد که انسان خودش به عنوان یک عامل ناپایداری دامنه عمل می‌کند زیرا قدرت او در اصلاح و تعدیل دامنه تپه به کلی به وسیله پیشرفت‌های تکنولوژیکی تغییر کرده است. حفاری‌ها در حال ژرف‌تر شدن هستند، ساختمان‌های دست‌ساز انسان بزرگ‌تر و نواحی‌ای که برای جایگاه‌های مهندسی راه و ساختمان به کار گرفته می‌شوند فقط به طور جنبی مناسب هستند. این مسئله موضوعی برای قانون‌گذاری در برزیل به مانند سایر نقاط دنیا شده‌است.

¹ - Davis

² - Penck

³ - King

⁴ - Brunsden

⁵ - Carson & Kirkby

⁶ - Young

⁷ - Yatsu

⁸ - Whalley

⁹ - Zaruba & Mencl

¹⁰ - Voight

¹¹ - Translational Slides

¹² - Rotational Slides

¹³ - Mudflow & Earthflow

¹⁴ - Aberfan

فرونشست سطح زمین

گرچه دلایل طبیعی چندی برای فرونشست وجود دارد، ولی از جهت مدیریت محیطی مهمترین عامل آنهایی هستند که قابل انتساب به انسان هستند، پس از آن اغلب، فرونشست سریع و جدید است. سه نوع فرونشست ایجاد شده توسط انسان وجود دارد. نخستین و مهمترین آنها، برداشت مایعات به ویژه نفت و گاز می باشد که معمولاً منجر به فرونشست کند اما گسترده می شود. دومین فرونشست که سریع و محلی است، از فشردگی رسوبات پس از آبیاری یا زهکشی زمین پدید می آید. سومین نوع فرونشست که محلی نیز می باشد از بیرون کشیدن مواد سخت زیرزمینی به وجود می آید که واضح ترین نمونه های آن نواحی زغال خیز قدیمی اروپا می باشند.

واکنش سنتی انسان نسبت به فرونشست، برای اصلاح و مرمت خسارتی است که توسط تطبیق با شرایط متغیر متمایل شده ای است که در پی آن می آید. هرچند، پیشرفت های اخیر تکنولوژیکی، می توانند عمل اداره کنندگان محیطی را به تاخیر بیندازند، مانع و حتی فرونشست را وارونه نمایند و در بهره برداری از منابع جدید بر اهمیت کنترل پدیده ها قرار می گیرد.

سواحل

محیط ساحلی به وسیله فرایندهای متنوع و سریع ژئومورفولوژیکی مشخص می شوند و چهار راه وجود دارد که آن را به حد بالای مخاطره می رساند.

الف) آلودگی. تخلیه فاضلاب در دریا خطری آشکار را نسبت به ناحیه ساحلی درگیر نمایان می کند، اما آنچه که آنقدر واضح نیست همین است، برای اینکه امواجی که به موازات ساحل حرکت می کنند سهم معینی در پراکندگی چنین پسابی را اجرا می نمایند. همچنین، سواحلی که دارای نقاط پساب جریان رو به پایین هستند آسیب پذیر می باشند.

ب) فرسایش. خطر فرسایش سه جنبه گوناگون دارد. نخست پسروی درازمدت ساحل می باشد. در برخی از مکان ها میزان آن بسیار زیاد است. برای مثال، در هولدرنس^۱ ساحل خاوری انگلستان اندازه های درازمدت میانگین پسروی حدود یک متر در سال است که این برای تمام روستاهایی که در طی دوره های تاریخی از بین رفته اند، کافی است و امروزه ناحیه را با یک مشکل دیرینه^۲ مواجه کرده است (شکل ۷). دوم فرسایش کوتاه مدت پرتگاه است که معمولاً بر اثر شرایط مخرب طوفان امواج پرنرژی به وجود می آیند. دبوئر^۳ (۱۹۷۷) نموداری از نابودی روستای بarmston^۴ در ساحل یورکشایر^۵ و وضعیت زندگی مردم را در موقعیت های بالقوه خطرناک که در بسیاری از نواحی تکرار می شود را ارائه می دهد. سقوط پرتگاه شکلی از تنوع لغزش ها، ریزش ها و جریان ها نشان می دهد و بنابراین جنبه ای معین از خطر ناپایداری دامنه که پیش تر بحث شد را باعث می گردد. تهدید، برای ساکنین، املاک و کاربران امکان تفریحی است. سومین جنبه، تخریب یا فروسای سواحل^۶ می باشد. سواحل ماسه ای نسبت به فرسایش بر اثر شرایط طوفانی به شدت آسیب پذیر هستند. بر اثر

¹ - Holderness

² - chronic

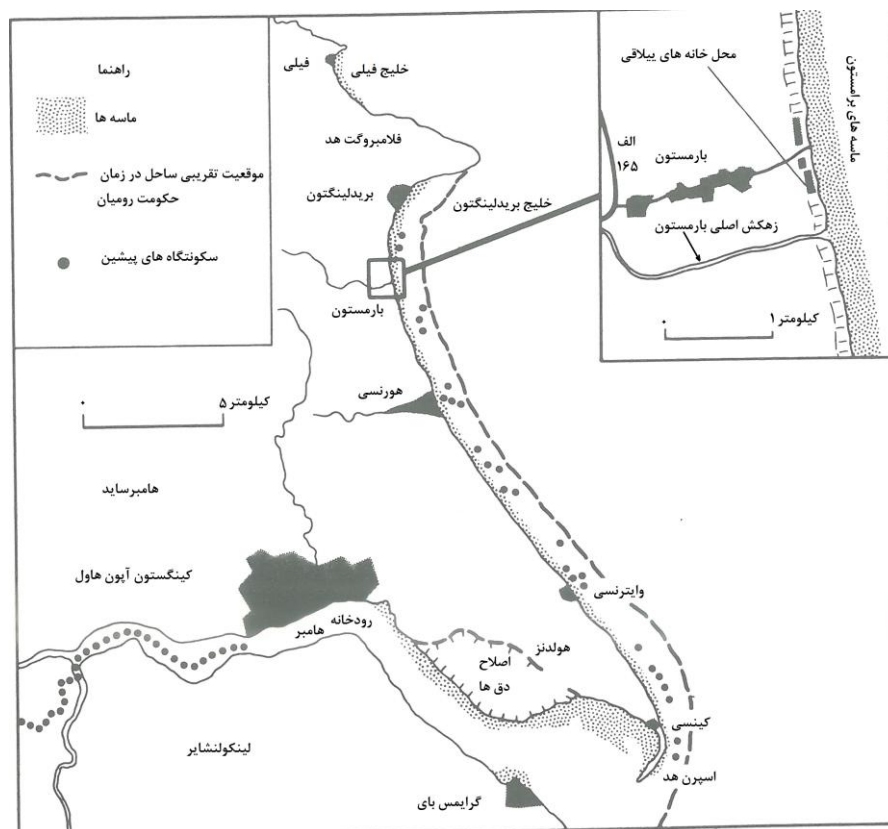
³ - De Boer

⁴ - Barmston

⁵ - Yorkshire

⁶ - Degradation of Beaches

برخی شرایط پایه، پیش‌کرانه ممکن است آنقدر پایین برود که ساحل هرگز موقعیت پیشین خود را به‌دست نیاورد. بخش کاملی از منبع تفریحی از بین می‌رود و فرسایش ساحل، پشت‌ساحل را برای حمله دوباره باقی می‌گذارد.



شکل ۷. پسروری ساحل در هولدرنز، خاور انگلستان (از برون‌دسن و دورنکمپ ۱۹۷۷).

پ) نهشته‌های ساحلی^۱. نهشته‌گذاری به‌طور آشکار به خطرات کمتر اما با اهمیت، منجر می‌شود. لای‌گذاری (رسوب‌گذاری)^۲ در بنادر، لنگرگاه‌ها و کانال‌های کشتیرانی گرفتاری‌هایی را برای بازرگانی و صنعت به‌دنبال دارد. مشکل متفاوت نهشته‌ها زمانی به‌وجود می‌آیند که انباشتی از گل در نواحی که برای تفریح استفاده می‌شوند وجود داشته باشد. این موردی است که توسط کینگ^۳ (۱۹۷۴، ص ۲۱۸) بر روی لینکولن‌شایر^۴ ساحل جنوبی اسکيجنز^۵ شرح داده شده است.

ت) سیلابی‌شدن^۶. طغیانی‌شدن و پیشروی آب‌دريا در ساحل برآیند دلایل متفاوتی در نواحی گوناگون دنیا است، برای مثال: سونامی، هاریکان و طوفان امواج. امواج طوفانی دلیل اصلی سیل‌های فاجعه‌آمیز دریا در بریتانیا هستند. یک نمونه طغیانی‌شدن و پیشروی آب‌دريا در ساحل سال ۱۹۵۳ است که خاور انگلستان را متاثر ساخت. یک فروبار^۷ به‌سمت

^۱ - Coastal Deposition

^۲ - silting

^۳ - King

^۴ - Lincolnshire

^۵ - Skegness

^۶ - Flooding

^۷ - Depression

شمال اسکاتلند جابجا شد و سپس در دریای شمال به سمت جنوب حرکت کرد. موقعیت مرکز کم فشار در بالای دریای شمال، یک تند باد شمالی را به سمت پایین در ساحل خاوری اضافه کرد که علاوه بر باریک و کم ژرفا بودن دریای شمال در جنوب، دامنه نوسان موج نتیجه شده را افزایش داد. موج خودش یک اثر فشاری دارد: سطح دریا با افت فشار ۳۰ میلی بار ۳۰ سانتیمتر بالا می آید. در سال ۱۹۵۳ موج با افزایش آب در سیکل دو هفته ای جزرومد همزمان شد، بنابراین موجی ۲/۷۵ متری به جزرومدهای بزرگ اضافه شد. دو اثر فاجعه آمیز وجود داشت. نخست امواجی بودند که از روی سواحل گذر می کردند و به طور طبیعی از پرتگاه ها حفاظت می کردند، چونکه پرتگاه های داخل آن، برای مثال لینکولن شایر فرسایش یافته بود. دومین اثر، سیلابی شدن بود. نواحی گسترده ای از ساحل زیر آب رفت که در نتیجه آن ۳۰۰ نفر ناپدید شدند و ۳۰۰ هزار نفر نیز از مردم خانه هایشان را ترک کردند. شهر لندن بخشی از ناحیه تحت تاثیر بود. لندن به طور مداوم در معرض طغیانی شدن و پیشروی آب دریا در ساحل است و همچنان که زمان می گذرد احتمال اینکه طغیانی شدن و پیشروی آب دریا در ساحل یک پدیده فاجعه آمیز گردد افزایش می یابد. علت آن این است که شهر لندن به تدریج فرونشست^۱ می کند، که تا حدودی به خاطر آبدزدی^۲ و جذب آب های زیرزمینی و تا حدودی نیز به دلیل پیچیدگی به سمت پایین پوسته زمین در بخش جنوبی ناحیه دریای شمال است. سد تیمز که در سال ۱۹۸۴ باز شد (شکل ۸) برای مقابله با این خطر و تهدید طراحی شده است (هلیتون^۳ ۱۹۷۹ صص ۳-۱۸۱ و شاو^۴ ۱۹۸۳ را ببینید).

محیط های پیش یخ ساری^۵

مخاطرات ارایه شده توسط محیط های پیش یخ ساری را می توان به عنوان موارد زیر فهرست نمود:

- الف) پرمافراست.
- ب) برآمدگی یخبندانی، جابجایی عمودی قابل اندازه گیری در حد چندین سانتیمتر.
- پ) ترک خوردگی ناشی از یخبندان.
- ت) ذوب شدگی، فرونشستن و سولیفکسیون، که عمدتاً در ارتباط با لایه فعال است و منجر به انواع متنوعی از ناپایداری دامنه و حرکت توده ای مانند: ریزش ها، جریان های گلی، زمین لغزش ها و بهمن های واریزه می شوند.
- همانند سایر محیط های حاشیه ای، مانند جنگل های بارانی حاره ای و بیابان ها، این مخاطرات با اثر دو چندان عمل کرده اند که انسان تنها اخیراً به خاطر پیشرفت های تکنیکی، از محیط های یخ ساری بهره برداری کرده است. در انجام چنین عملی، انسان شرایط طبیعی را با سه روش اصلی تغییر داده است:
- الف) جابجایی و از بین رفتن پوشش گیاهی که احیای آن بسیار کند است.
- ب) تعدیل شرایط زهکشی.
- پ) ساخت بناها، جاده ها، خطوط لوله و غیره.

تاثیر کلی این تغییرات، تخریب پرمافراست است که اغلب به طور قابل برگشت منجر به یک اختلال در تعادل گرمایی طبیعی در زمین می شود. ویژگی های متغیر زمین بر روی تعداد زیادی از بناهای انسان ساز مانند: آبرسانی، سیستم های

¹ - Sinking

² - Abstraction

³ - Hilton

⁴ - Shaw

⁵ - Periglacial Environments

تخلیه فاضلاب و زهکشی، جاده ها، راه آهن، باندهای فرودگاه، خطوط تلفن، ساختمان ها، معادن، سدها، مخازن و پل ها را تحت تاثیر قرار می دهد.



شکل ۸. سد تیمز در ولویچ^۱ (عکاس هندفورد).

بهمن ها^۲

بهمن سقوط توده ای یخ و برف به سمت پایین دامنه کوهستان بر اثر نیروی جاذبه است. بهمن خطری طبیعی در برخی از نواحی کوهستانی است. بهمن ها می توانند در مکان هایی که کوهستان های بلند، دامنه های باز و ریزش های فراوان برفی وجود دارند، روی دهند. آنها می توانند انسان ها و حیوانات را معلول کنند و بکشند، ساختمان ها و جنگل ها را ویران، بزرگراه ها و خطوط راه آهن را مسدود نمایند و گاهی اوقات با ایجاد سد بر روی رودخانه ها باعث سیلاب ها شوند. بهمن ها با خود سنگ را حمل می کنند و بنابراین می توانند به عنوان عوامل فرسایش عمل نمایند. از چندین نوع بهمن، خطرناک ترین آنها بهمن پودری هوابرد^۳ است که می تواند با سرعت ۲۰۰ کیلومتر در ساعت یا بیشتر، همراه با انفجارهای ویرانگر برف رها شده در هوا حرکت کنند. در حقیقت هجوم هوا در جلوی بهمن، بهمن باد، یک خطر شناخته شده اضافی است. خوشبختانه فقط درصد کمی از بهمن ها باعث مرگ و ویرانی می شوند، اما بنابراین، چندان از آنها در هر سال در نواحی مانند آلپ چنین کاری را انجام می دهند. بدترین سال که در آلپ نمایان شد سال ۱۹۵۱ بود، هنگامیکه ذوب ناگهانی بهاری به دنبال ریزش برف سنگین قرار گرفت.

^۱ - Woolwich

^۲ - Avalanches

^۳ - Airborne- powder Avalanche

آنقدر درخواست و تمایل به حفاظت در برابر خطر بهمن وجود دارد که یک مرکز پژوهش بهمن در داووس^۱ در کشور سوئیس تاسیس شده است. معیارهای به کار برده شده در آن کشور توسط دیم و کانوی^۲ (۱۹۸۲) توضیح داده شده است. نویسندگان مسیر اشغال شده به وسیله بهمن را به سه منطقه تقسیم می کنند - منطقه پخش^۳ در دامنه های بالایی، منطقه گذر/مسیر^۴ در پای دامنه کوهستان و منطقه پایانی^۵، جایی که بهمن در یک دره متوقف می شود - و در مورد معیارهای مناسب حفاظتی در هر منطقه بحث می کنند. در منطقه پخش برای مثال، تنها موثرترین معیار، ایجاد پوششی از جنگل مخروطیان می باشد، در صورتی که در منطقه پایانی، دامنه گسترده ای از ترکیبات، وسایل و تکنیک ها مانند: طاق های قوسی، پناهگاه ها، تونل ها، دالان ها، آلونک ها و سایبان ها و از مواد منفجره به منظور رها کردن برف نابهنگام در مقادیر کم استفاده می شود. جاده های جدید در گوت هارد، سیمپلون^۶ و گذرگاه های بزرگ سنت برنارد^۷ برای حفاظت کامل با تونل ها و دالان هایی محصور شده اند، در حالی که بخشی از بزرگراه کانادا در گذرگاه راجرز^۸ در بریتیش کلمبیا، در طی چندین مایل به وسیله حفاظ های بهمن گیر ایمن سازی شده است.

آتشفشان ها

گرچه آتشفشان یک مبحث زمین شناختی است (مک دونالد^۹ ۱۹۷۲، فرانسیس^{۱۰} ۱۹۷۶، اوکشات^{۱۱} ۱۹۷۶، ریتمن و ریتمن^{۱۲} ۱۹۷۶) اما از لحاظ سنتی یک موضوع مورد مطالعه توسط ژئومورفولوژیست ها بوده است. بر روی توده های زمین، آتشفشان ها عمدتاً با رشته های کوهستانی در ارتباط هستند. بنابراین کمربندهای آتشفشانی معمولاً به طریقی ظریف مسکونی شده اند، که این مورد در برخی از نواحی جزایر قوسی، مانند ژاپن و جاوه^{۱۳}، جایی که با تراکم های بالاتر جمعیتی درگیر هستند وجود دارد. در هر حال، خطر آتشفشان ها فقط بیشتر نسبت به جوامع کشاورزی که دامنه های حاصلخیزشان را کشت می کنند ارایه می دهند، همچنان که نشان داده شد، پمپئی و هرکولانوم^{۱۴} توسط آتشفشان وزوو در سال ۷۹ پس از میلاد هنگامی که ۲۰۰۰ نفر کشته شدند نابود گردیدند، تا از طریق تهدیدی که کافلا^{۱۵} امروزه، در ايسلند در نزدیکی یک کارخانه و نیروگاه برق ایجاد می کند (اسکریت^{۱۶} ۱۹۸۰). فوران های آتشفشانی و پیامدهای آنها بسیار متنوع هستند، اما به طور کلی می توان از مخاطرات آنها فهرستی به شرح زیر ارایه نمود:

الف) نخستین انفجار.

¹ - Davos

² - Diem & Conway

³ - Release Zone

⁴ - Track Zone

⁵ - Runout Zone

⁶ - Gotthard, Simplon

⁷ - St. Bernard

⁸ - Rogers Pass

⁹ - Macdonald

¹⁰ - Francis

¹¹ - Oakeshott

¹² - Rittmann & Rittmann

¹³ - Japan & Java

¹⁴ - Pompeii & Herculaneum

¹⁵ - Kaffa

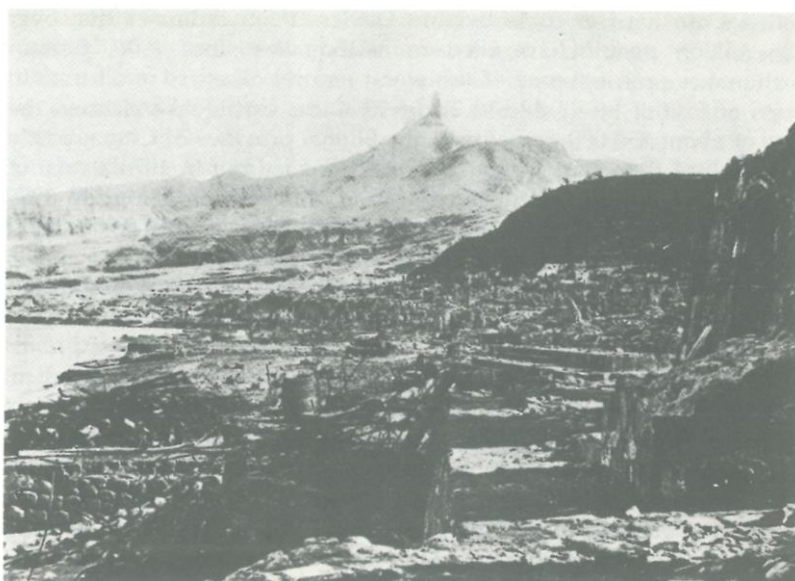
¹⁶ - Escritt

(ب) گدازه‌ها و مقداری مایعات دیگر. این مواد به‌ندرت تهدید مهمی را ایجاد می‌کنند برای اینکه آنها به‌آهستگی جریان می‌یابند.

(پ) تکه‌هایی از آتشفشان‌ها که به‌بیرون پرتاب می‌شوند به‌درستی تفرا^۱ نامیده می‌شوند. ماده‌ای به‌اندازه ماسه یا ریزتر از خاکستر آتشفشانی، دیگر قطعات تا قطر ۶ سانتیمتر لاپیلی^۲ نامیده می‌شوند و مواد بزرگتر شامل قطعه‌سنگ های آتشفشانی (قطعات شکسته‌شده سنگ یکپارچه) و بمب‌های آتشفشانی (لخته‌هایی از گدازه مایع که در آسمان سرد و سخت می‌شوند).

(ت) گازها، عمدتاً بخار آب، اما شامل بسیاری از گازهای دیگری نیز می‌شوند. شاید به‌طرز شگفت‌آوری گازهای داغ سوزنده علت تقریباً تمام ۳۰ مرگ غیر طبیعی پس از فوران کوه سنت‌هلنز^۳ در سال ۱۹۸۰ باشد (فرانسیس^۴ ۱۹۸۰).

(ث) ابرهای سوزان، یا بهمن‌هایی از ذرات آتشفشانی سوزان. اینها توده‌هایی از گازهای داغ، بخار بسیار گرم و گردوغبار گداخته آتشفشانی هستند که به‌سمت پایین دامنه‌های کوه آتشفشانی با سرعت زیادی جریان می‌یابند. خوشبختانه بهمن‌هایی از ذرات آتشفشانی سوزان با هر آتشفشانی همراه نیستند، اما هنگامی که ایجاد شوند نابود کننده هستند. جنگل‌ها و اجسام دیگر در مسیر آنها می‌سوزند و هموار می‌شوند. فوران دهشتناک کوه پله در جزیره کارائیب در سال ۱۹۰۲ از بهمنی از ذرات آتشفشانی سوزان ناشی شد که شهر سنت‌پیر را در کام خود فرو برد. همه به جز دو نفر از جمعیت ۳۰۰۰۰ نفری توسط تنفس در گازهایی با تقریباً ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد کشته شدند که باعث شد، این بدترین فاجعه آتشفشانی تاکنون در زمینه تلفات انسانی باشد (شکل ۹).



شکل ۹. خرابی سنت‌پیر پس از فاجعه ۱۹۰۲، با کوه پله و برآمدگی خار مانند آن در پس‌زمینه تصویر (پس از لاکرویز: از والزم^۱ ۱۹۷۸).

^۱ - اصطلاحی است برای اطلاق به قطعاتی به ریزی خاکستر آتشفشانی و به بزرگی بمب و بلوک‌های آتشفشانی که در هنگام فوران آتشفشان به بیرون پرتاب می‌شوند: م.

^۲ - نوعی سنگ آتشفشانی است و وقتی تشکیل می‌شود که ماگما در اثر انبساط گازها به هوا پرتاب می‌شود: م.

^۳ - St Helens

^۴ - Francis

ر) تعدادی از اثرات جانبی. این اثرات شامل: باران سنگین، انواع گوناگون جریان واریزه مانند زمین لغزش‌ها، بهمن‌های داغ و سرد و جریان‌های گلی داغ و سرد، ذوب برف پهنه‌ها در قله منجر به سیل و رسوبگذاری در مخازن می‌شود و سیلی که به وسیله فوران آتشفشان‌ها در زیر یخچال‌ها ایجاد می‌شود. این آخرین اثر جانبی خطری ویژه در ایسلند می‌باشد. گریم‌سوتن^۲ در زیر واتناجوکول^۳ و کافلا در زیر میردالس‌جوکول^۴ قرار می‌گیرند. فوران کافلا در ۱۹۱۸ سیلی ناشی از ذوب یخ را برای دو روز با دو برابر شدن دبی متوسط رود آمازون تامین کرد. آتشفشان‌ها نمی‌توانند کنترل شوند و واکنش انسان متمرکز می‌شود بر روی درک آتشفشان‌ها بدین نحو که آنها بتوانند هم در درازمدت و هم در کوتاه‌مدت پیش‌بینی شوند و آنقدر که نواحی در معرض خطر بتوانند به کلی تخلیه یا از آنها پرهیز شود.

زمین‌لرزه‌ها

هر ساله هزاران زمین‌لرزه رخ می‌دهد. خوشبختانه بیشتر آنها بدون ضرری در زیر دریا می‌دهند و تعداد بسیار کمی با شدت کافی در روی خشکی در نواحی مسکونی متراکم روی می‌دهند که باعث فجایعی می‌شوند. با وجود این، خسارت به املاک و موجودات زنده می‌تواند قابل توجه باشد. آمار و ارقام موثق، سخت به دست می‌آیند، اما دیویس (۱۹۸۲) تخمین می‌زند که بیش از ۱/۲۵ میلیون نفر از مردم در زمین‌لرزه‌ها از سال ۱۹۰۰ مرده‌اند. برخی از زمین‌لرزه‌ها، به عنوان تعدادی از بدترین فجایع در تمام زمان‌ها در جهت از دست دادن زندگی به حساب می‌آیند (جدول ۲). در ۱۵۵۶ یک زمین‌لرزه به زندگی حدود ۸۵۰۰۰۰ نفر روستایی در ایالت شنسی^۵ در چین خسارت وارد کرد که تا اندازه‌ای نتیجه آن فراهم کردن زمین‌لغزش‌ها و سیلاب‌ها بود و در ۱۹۷۶ مجموع ۶۵۵۰۰۰ نفر در زمین‌لرزه‌ای که در تانگ‌شان^۶ چین متمرکز بود، مردند. در ۱۹۸۰ دو زمین‌لرزه فاجعه‌آمیز فقط با فاصله یک‌ماه از هم وجود داشت: در ال‌اسنام^۷ الجزایر (۲۰۰۰ نفر کشته) و در ایتالیای جنوبی.

نتایج و اثرات جانبی زمین‌لرزه‌ها بستگی به موقعیت و شدت آنها دارد، اما به‌طور کلی آنها به‌شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- الف) حرکات سنگی، ایجاد گسله‌هایی با انواع جابجایی‌های افقی و عمودی.
- ب) /مواج ناگهانی^۸. زمین به شکل نوسانات پیوسته متغیر تا ۰/۳ متر به‌بالا پرتاب می‌شوند. شکاف‌ها و ترک‌ها باز می‌شوند. لرزش زمین همچنین باعث مایع‌شدن رسوبات نرم، مانند آبرفت‌هایی که اغلب ساختمان‌ها بر روی آنها بنا شده‌اند می‌شوند و ساختمان‌ها می‌توانند پایین بروند و نشست کنند، گویی که به‌درون ماسه روان می‌روند.
- پ) ناپایداری دامنه. انواع گوناگون ناپایداری دامنه مانند: زمین‌لغزش‌ها، لغزش‌ها، واریزه‌ها، جریان‌های گلی و بهمن‌ها. در مقابل، اینها می‌توانند جلوی رودخانه‌ها را موقتاً سد کنند و باعث سیل شوند.
- ت) فرونشست. فرونشست سطح زمین.

¹ - After Lacroix: Waltham

² - Grimsvotn

³ - Vatnajokull

⁴ - Myrdalsjokull

⁵ - Shensi

⁶ - Tangshan

⁷ - El Asnam

⁸ - Shock Waves

(ث) آب زیر زمینی. گردش آب زیر زمینی مختل می شود.

(ر) *نوسانات دوره ای در توده ای / از آب - امواج شکل گرفته توسط حرکت زمین در دریاچه ها و رودها - که می توانند در آب هایی که لبریز می شوند از روی کناره های دریاچه یا سد ناشی شوند.*

(ز) *سونامی. اینها امواج دریایی بسیار بلندی هستند که به وسیله زمین لرزه ها به وجود می آیند. آنها می توانند تا حدود ۶۰ متر فرازا داشته باشند و از دیگر سیل های دریایی بسیار مخرب تر باشند. سونامی ها اصالتا به عنوان مخاطرات طبیعی عمده به حساب می آیند. در ۱۸۸۳، حدود ۳۶۰۰۰ نفر از ساکنان سواحل پست در اطراف جاوه و سوماترا در پی کراکاتوا غرق شدند و سونامی در ژاپن در سال ۱۸۹۶، به ۲۷۰۰۰ نفر خسارت وارد کرد.*

چشم انداز حادثه پس از زمین لرزه خطرناک و شدید در یک ناحیه پر از ساختمان نابودی آنها بود. پل ها فرو ریختند، جاده ها ترک و خطوط راه آهن تاب بر داشتند و کج شدند. لوله های آب و گاز می شکنند و بقیه خدمات مختل می شوند. آتش سوزی ها اغلب آغاز می شوند (عمدتا به دلیل شکسته شدن لوله های اصلی گاز و اتصالات الکتریکی)، بیماری یک تهدید است و کار کمک رسانی مشکل است. هرچند، بیشترین مرگ و میرها، از فرو ریختن خانه ها ناشی می شوند. طبق اظهارات دیویس (۱۹۸۲)، ۸۰ درصد تلفات جانی همه زمین لرزه ها از این طریق روی می دهند و آسیب پذیرترین ساختمان ها آنهایی هستند که سقف مسطح با پوششی از لایه های ضخیم گلی دارند.

انسان استحکامات را بر علیه خطر زمین لرزه محدود کرده است. بیش از این، برای مثال، ویرانی های لیسبون^۱ در ۱۷۷۵، توکیو و یوکاهاما در ۱۹۲۳ و سانفرانسیسکو در ۱۹۰۶ به عنوان یادآوری هایی که تعداد زیادی از نواحی مسکونی تحت تهدید دائمی هستند، عمل می کنند. گرچه بناهای انسان ساز می توانند به ویژه در برابر زمین لرزه ها مقاوم ساخته شوند، اما انسان بر روی لرزش های زمین کنترل کمی دارد یا اصلا ندارد و زمان کمی برای اندازه گیری های پیشگیرانه وجود دارد. این خطری است که انسان باید یاد بگیرد تا با آن زندگی کند.

زمین لرزه موضوع کتاب های درسی اثر ایبی^۲ (۱۹۶۷)، اوکشات (۱۹۷۶)، ویگل^۳ (۱۹۷۶) و بولت^۴ (۱۹۷۸) بوده است.

پژوهش موردی مخاطرات ژئومورفولوژیکی: قره قروم

بخش های معینی از دنیا از آن جهت که به طور غیر معمول تعداد زیادی از مخاطرات ژئومورفولوژیکی طبیعی را تجربه می کنند بداقبال هستند. یک چنین منطقه ای قره قروم، ناحیه ای کوهستانی در شمال پاکستان می باشد (شکل ۱۰). در تابستان ۱۹۸۰ این ناحیه، موضوع مطالعه برای تیمی شامل ۷۰ دانشمند از چین، پاکستان، سوئیس و بریتانیا بود، ماموریتی سازمان یافته به وسیله انجمن جغرافیایی سلطنتی^۵، پروژه بین المللی قره قروم^۶ نامیده شد. تعدادی از یافته ها در سه مقاله اخیر مجله جغرافیایی اثر گودی (۱۹۸۱)، وود و هانت^۷ (۱۹۸۱) و دیویس (۱۹۸۲) چاپ شده اند.

قره قروم ترکیبی از پدیده های فیزیکی طبیعی زیر می باشد.

¹ - Lisbon

² - Eiby

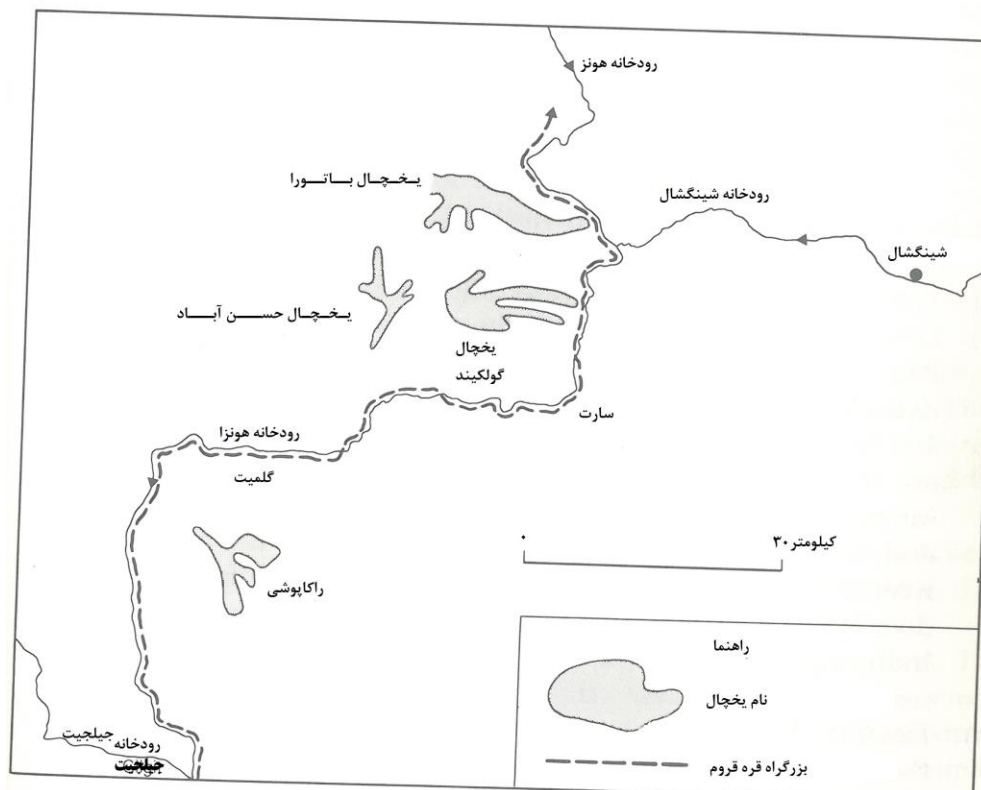
³ - Wiegell

⁴ - Bolt

⁵ - Royal Geographical Society

⁶ - International Karakoram

⁷ - Goudie, Wood & Hunt



شکل ۱۰. نقشه موقعیت قره‌قروم.

الف) یک رشته بلند عمودی بین کف دره و قله کوهستان که جایی بی‌نظیر در دنیا است. در یک محل، برای مثال راکاپوشی (۷۷۷۲ متر)، در یک کوه توده‌ای و استثنایی ۵۹۹۰ متری در بالای دره هونزا^۱ (۱۸۰۰ متر) فقط ۸ کیلومتر دورتر قد برافراشته‌است.

ب) یخچال‌ها، بزرگترین یخچال‌ها در دنیا، بیرون از منطقه قطبی.

پ) قره‌قروم یک بیابان‌است. متوسط بارندگی ۱۲-۱۰ سانتیمتر (۱۰۰-۱۲۰ میلیمتر: م) در هر سال و دمای تابستان غالباً تا ۴۰ درجه‌سانتیگراد افزایش می‌یابد. پروژه بین‌المللی قره‌قروم شاهد هفت طوفان گردوغبار سخت در طی شش هفته بود.

ت) این ناحیه در معرض زمین‌لرزه‌ها قرار دارد.

با وجود این ویژگی‌های مخالف، زمین‌های کف دره به‌وسیله جوامع کشاورزی روستایی مسکونی شده‌اند و در سال‌های اخیر پیشرفت‌هایی در راه‌های ارتباطی به‌وجود آمده‌است. بزرگراه قره‌قروم که پاکستان را به تبت وصل می‌نماید در امتداد دره‌های رود ایندوس^۲ و یکی از شعبات آن، هونزا قرار دارد. این بزرگراه تعدادی از مشکل‌ترین نواحی دنیا را طی می‌کند و با وجود مشکلات ساختاری متراکم، ساخته شده‌است. دومین نمونه از پیشرفت‌ها در زمینه راه‌های ارتباطی مسیر ساخته شده در ۱۹۶۶ در طول دره شینگشال، شعبه‌ای از هونزا نزدیک روستای شینگشال است. این تضاد با دورنمای سکونت و پیشرفت است که انسان باید مخاطراتی که ناحیه را تحت سلطه خود درآورده‌است را در نظر بگیرد. مخاطرات،

^۱ - Hunza

^۲ - Indus

مستقيما از اشكال فيزيكي چشم‌انداز ناشی می‌شوند. به گفته ديويس (۱۹۸۲) ساکنان محلی، مخاطرات را به‌ترتیب اهمیت زیر مشاهده می‌کنند:

الف) کمبود آب، نارسایی آب رسانی.

ب) فرسایش زمین. این عامل می‌تواند منجر به ترک خوردگی زمین کشاورزی و حتی روستا شود. قره‌قروم مقادیر بسیار بالای ساییدگی و تخریب- به‌طور متوسط حدود ۵۰۰۰ تن در کیلومتر مربع در سال- را تجربه می‌کند که حدود ۱۰۰ بار بیشتر از سرتاسر حوضه تیمز است. عوامل پیچیده و بغرنج: ناهمواری بزرگ موجود، طبیعت شکننده سنگ، شدت هوازگی ناشی از یخبندان و نمک، فراوانی سقوط سنگ‌ها و زمین‌لغزش‌ها، کمبود گیاهان و دبی‌های بالای تابستانی رودخانه هنگامی که یخ و برف‌ها ذوب می‌شوند می‌باشد. در حقیقت خطر در آنجا پایانی ندارد، برای گذرگاه های رسوبي پایین‌رود به‌سوی ایندوس جایی که این رود پشت سر خود سدهایی را به‌وجود می‌آورد، عمر مفید سدها و مخازن را تا ده‌ها سال کاهش می‌دهد.

پ) سیلاب. اینها عمدتاً آب ناشی از ذوب یخ و سیلاب‌های برق‌آسا هستند، اما در حقیقت هولناک‌ترین سیلاب‌ها هنگامی روی می‌دهند که جریان‌های گلی و زمین‌لغزش‌ها یک رودخانه را مسدود می‌کنند، با تشکیل یک دریاچه فقط به‌دلیل سد طبیعی موقتی با شکست روبرو می‌شود. در ۱۸۵۸ قطعه بزرگی از سنگ و خرده‌سنگ‌های یخچالی، رودخانه هونزا را در سارات^۱ مسدود کرد. گرفتگی و انسداد ۶ ماه پس از آن خراب شد، با آزاد شدن چنین حجم زیادی از آب ایندوس ۱۶/۸ متر در ۷/۵ ساعت در محل ۲۵۰ کیلومتری پایین‌رود بالا آمد. در ۱۸۴۱ رهاشدن یک دریاچه با ۵۵ کیلومتر درازا باعث افزایشی ۲۴ متری شد. گرچه چنین دیواری از آب قرار بود امروز روی دهد، ممکن بود که سد تاربلا^۲ را خراب کند.

ت) زمین‌لغزش‌ها، سقوط سنگ‌ها و جریان‌های گلی. میزان برجستگی، پراکندگی گیاهان و طبیعت ترک خورده و پیچ و تاب خورده سنگ‌ها، این دامنه‌ها را به‌طور ویژه‌ای ناپایدار و تهدیدکننده می‌سازد. یک بخش ۱۳۹ کیلومتری از بزرگراه قره‌قروم بین جیلجیت و جیلمیت^۳ توسط پروژه بین‌المللی قره‌قروم به‌منظور بازدید ۲۳۵ مورد ریزش‌های خرده سنگ، ریزش‌های سنگی، جریان‌های گلی و زمین‌لغزش‌ها مورد مشاهد قرار گرفت. بخش‌هایی از مسیر شیمشال^۴ به درون رودخانه لغزیده است و بقیه بخش‌ها به‌وسیله جابجایی دایمی خرده‌سنگ‌ها در هم شکسته شده‌اند که مقداری از آنها بیش از ۲۰۰۰ متر فرازا دارند. بیش از این، همانطور که در بالا اشاره شد، ناپایداری دامنه می‌تواند به مخاطرات بیشتری منجر شود که با ایجاد یک دریاچه و طغیان آب در ارتباط است. برای مثال پروژه بین‌المللی قره‌قروم شاهد یک لغزش گلی در گوپیس^۵ بود که رودخانه گیزار^۶ را مسدود کرد. این عمل دریاچه‌ای با ۳/۳ کیلومتر درازا تشکیل داد که چندین آسیاب گندم را خراب کرد، به‌آهستگی یک روستا را با غرق کردن ۲۱ خانه آن به‌زیر آب فروبرد. محصولات کشاورزی را خراب کرد، دو نفر روستایی را کشت و جمعا بر ۶۰۰ نفر از مردمان تاثیر گذاشت.

^۱ - Sarat

^۲ - Tarbela

^۳ - Gilgit & Gulmit

^۴ - Shimshal

^۵ - Gupis

^۶ - Ghizar

(ث) زمین‌لرزه‌ها. در ۱۹۷۴ زمین‌لرزه‌ای در پاتان^۱ ۱۰۰۰ نفر از مردم را کشت. مقاله دیویس (۱۹۸۲) عمدتاً مرتبط با طرح‌های ساختمان‌سازی است که به‌وسیله مردم محلی با در نظر گرفتن خطر زمین‌لرزه به‌کار می‌رود. زمین‌لرزه‌ها همچنین می‌توانند اشکال متنوع ناپایداری دامنه را که در بالا توضیح داده شد، به‌جریان بیندازند. سه نکته درباره این فهرست وجود دارد که شایان گفتن می‌باشند.

(الف) ترتیب اتخاذ شده توسط ساکنان، الزاماً همانی نیست که خواننده انتظار داشته‌است.

(ب) ساکنان منطقه به پروژه بین‌المللی قره‌قروم توضیح‌دادند که آنها به‌مراتب نگرانی‌های بیشتری از هر کدام از این مخاطرات دارند. اولویت‌های آنان بیشتر مربوط به: کمبود آموزش برای بچه‌ها، سلامتی آنها، کمبود دارو در درمانگاه‌ها و مسئله خریدن با قیمت مناسب محصولات کشاورزی آنها می‌شود.

(پ) مخاطرات دیگری در قره‌قروم وجود دارد که تاکنون گفته نشده‌است. آنها به یخچال‌ها در این ناحیه مربوط می‌شوند. یخچال‌ها مخاطرات زیر را ایجاد می‌نمایند:

(۱) آنها می‌توانند به‌عنوان مسیر خطوط ارتباطی عمل کنند. جاده شینگشال برای مثال، یک تقاطع یخچالی را در بر دارد.

(۲) جویبارهای یخرفتی ناشی از یخچال‌ها همچنین می‌توانند مسیرهای ارتباطی را مسدود نمایند. بین جیلجیت و جیلیمیت (۱۳۹ کیلومتر) برای مثال از بزرگراه قره‌قروم ۱۸ جویبار یخرفتی یخچالی می‌گذرد.

(۳) اندازه یخچال‌ها به‌طور قابل توجهی می‌تواند متغیر باشد. برای مثال، با گذر یکصد سال، یخچال حسن آباد ۹/۵ کیلومتر در عرض ۲/۵ ماه گسترش یافت، که یک میزان بی نظیر در هر جایی از روی زمین است و در سال ۱۹۵۳ در منطقه ای مشابه، یخچال کوتیاه^۲ در یک مقدار تخمینی ۱۱۳ متر در روز به سمت جلو حرکت می‌کرد. پیشروهای یخچالی می‌تواند مزارع را از بین ببرد و کانال‌های آبیاری را خراب نماید. همچنین در ۱۹۷۴ یخچال باتورا^۳ یک پل اصلی را بر روی بزرگراه خراب کرد، برای اینکه بخش پایانی/پوزه یخچال ناگهان تغییر کرد.

(۴) جویبارهای ناشی از ذوب یخ که از یخچال‌ها جاری می‌شوند، همچنین می‌توانند به نحوی غیر منتظره مسیرهایشان را جابجا نمایند. این یک تهدید آشکار نسبت به انسان، خانه‌های او و زمین‌های کشاورزی است که او ایجاد می‌کند، این وضعیت همچنین بر روی بزرگراه تاثیر می‌گذارد. در ۱۹۸۰ پروژه بین‌المللی قره قروم جویبارهای یخرفتی ناشی از یخچال گولکایند^۴ را مشاهده کرد که بخشی از جاده ای را که تصور می‌شد از این خطر ایمن باشد را مسدود نمود. در حقیقت، آنها به بیرون از امتداد جاده انتقال یافتند و ارتباطات را برای چندین روز متوقف کردند.

نتیجه‌گیری

مخاطرات ژئومورفولوژیکی موضوعی عملی است. هر چند می‌خواهیم این بخش را با ایجاد تعدادی اظهارات، از طریق اینکه پیشرفت‌های جدید، اطلاعات جنبی جالبی را برای بحث‌های گذشته فراهم می‌کنند به پایان برسانیم.

¹ - Pattan

² - Kutiah

³ - Batura

⁴ - Ghulkind

اصل یکنواختی باور دارد که لندفرمها محصول فرایندهای کنونی می باشند که به طور آهسته در طی دوره های درازمدت عمل نموده اند. کاتاستروفیسم به ایجاد و طغیان آب توجه دارد. البته اصل یکنواختی در مورد طغیان آب درست است، اما بنابراین برخی از تحولات جدید در ژئومورفولوژی حدس می زند که ما هم اکنون در حال گزینش یک دیدگاه بیشتر کاتاستروفیسمی از آنچه انسان می اندیشیده است هستیم.

یکی از این تحولات جدید به مخاطرات ارتباطی ندارد. در بسیاری از موارد ما عملاً در حال گفتن این هستیم که منشأ لندفرمها به دوره پلیستوسن بر می گردد. این نسبتاً فاجعه آمیز است با در نظر گرفتن اینکه میلیون ها سال پیش از زمان زمین شناسی است. علاوه بر این، حداقل در عرض های میانی، ما شک داریم که آیا فرایندهای امروزی، برخی از لندفرمها را شکل داده و اینکه آیا این فرایندها برای بیش از چند هزار سال عمل می کرده اند. این همه دقیقاً به قلب اصل یکنواختی برخورد می کند.

مخاطرات با این دو بحث از دو طریق ارتباط پیدا می کند. نخست، تعدادی از این مخاطرات برآیند حرکات ساختاری پوسته هستند که در واقع در فاصله زمانی بسیار کوتاهی عمل می کنند: آتشفشان ها، زمین لرزه ها، گسل خوردگی ها. دوم و شاید به طور جالب تر، تعدادی از مخاطراتی که ناشی از عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژیکی هستند که در طی دوره های زمانی کوتاه- روزها، گاهی اوقات حتی طی ساعت ها، روی می دهند. نمونه ها شامل: سیلاب های رودخانه ای و دریایی و لغزیدن زمین می شود. رویداد، زودگذر و غیرعادی است و می تواند به شکل فاجعه آمیز در بیشتر از یک طریق شرح داده شود.

مفهوم ارتباط این پدیده ها آستانه است. مخاطرات زمانی روی می دهند که از آستانه پیشی بگیرند- یک رودخانه طغیان می کند، پرتگاهی فرومی ریزد، حرکت دامنه ای روی می دهد. در این راه آستانه مشاهده شده است. همچنین آستانه بین اصل یکنواختی و کاتاستروفیسم هست. بیشترین زمان تاثیرگذاری چشم انداز توسط فرایندهای دایمی- درازمدت هستند که دارای شدت متوسطی می باشند. این نظر توسط اصل یکنواختی خلاصه و دربرگرفته شده است. سپس به طور ناگهانی رویداد ژئومورفولوژیکی با شدت بالا، باعث می شود که آستانه ای نقض گردد و در اینجا ما خطری داریم و درباره اصطلاحات فاجعه آمیز صحبت می کنیم. بنابراین با قرار دادن مخاطرات در ژئومورفولوژی کاربردی در صف نخست موضوع، ما تأکیدی دوباره، در رد پارادایم قدیمی کاتاستروفیسم در قالب و ظاهری متفاوت داریم.