(۱) فصل اول (مقدمه)

(۱-۱) مقدمه..... ۲

(۱-۲) زمین شناسی زیست محیطی..... ۲

(۱-۳) مشکلات زمین شناسی محیط زیست..... ۳

(۱-۴) ابزارهای زمین شناسی مهندسی..... ۴

(۲) فصل دوم (جابجایی زمین)

(۲-۱) خطرات ناشی از جابجایی زمین..... ۸

(۲-۲) برخی از مهمترین جابجایی های زمین در قرن بیستم..... ۸

(۲-۳) نواحی در معرض خطر فروریزش..... ۹

(۲-۴) تقسیم بندی جابجایی های زمین..... ۱۰

(۲-۵) ارزیابی ریسک مخاطرات حاصل از جابجائی‌های زمین ۱۰

(۲-۶) پیشگیری از جابجائی زمین..... ۱۲

(۳) فصل سوم (زلزله)

(۳-۱) زلزله..... ۱۲

(۳-۲) شدت زمین لرزه..... ۱۴

(۳-۳) بزرگی زلزله..... ۱۴

(۳-۴) تناوب..... ۱۷

(۳-۵) پیشگوی و کاهش خطر..... ۱۷

(۴) فصل چهارم (آتشفشان)

(۴-۱) آتشفشان..... ۱۹

(۴-۲) پیشگویی فعالیتهای آتشفشانی..... ۲۱

(۴-۳) مقابله با خطر..... ۲۲

(۵) فصل پنجم(سیل)

(۵-۱) مقدمه..... ۲۳

(۵-۲) مهمترین اقدامات برای جلوگیری از وقوع سیل ۲۵

(۵-۳) ارزیابی ریسک سیل..... ۲۵

(۶) فصل ششم (انرژی)

(۶-۱) انرژی محیط زیست..... ۲۶

(۶-۲) اثرات توسعه منابع انرژی..... ۲۷

مقدمه

در مبحث زمین شناسی محیط زیست کنش و واکنش انسان با محیط زمین‌شناسی بررسی می‌شود. زمین‌شناسی محیط زیست علمی است که مورد قبول عامه واقع شده است. زمین شناسی محیط زیست در واقع یک موضوع جدید نیست و بطور کلی باسه شاخه از علوم زمین بیشتر در ارتباط است، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی اقتصادی و زمین‌شناسی مهندسی.

با اطلاع از زمین‌شناسی محیط زیست می‌توان نیازها ، نحوه اداره محیط زیست ومدیریت در امور زیست را بهتر فهمید. در زمین‌شناسی محیط زیست فقط مناطق روستایی و طبیعت اطراف ما بررسی نمی‌شود، بلکه محیط زیست‌های شهری و منابع آلوده‌کننده آنها نیز مورد تحقیق و کاوش قرار میگیرد. از سال ۲۰۰۰ میلادی حدود ۳/۵ میلیارد نفر از مردم جهان (۵۰ درصد مردم جهان) در مناطق شهری زندگی می کنند که فقط ۱ درصد مساحت زمین را شامل می‌شود. در این وضعیت است که کنش و واکنش انسان و محیط زیست زمین‌شناسی بیشترین شدت را خواهد یافت و زمین‌شناسی محیط زیست بصورت عملی بیشترین کاربرد را پیدا می‌کند. رشد شهرها وجود منابع آب، کانی‌ها و سنگها را ایجاب می‌کند و مواد باطله و زباله‌های زیادی را باعث می‌شود که همین آسیب‌پذیری انسان به مخاطرات طبیعی را بالا می‌برد و این باید در مدیریت مورد توجه قرار گیرد. در این تحقیق چنین مطالبی بررسی می‌شود.

زمین‌شناسی محیط زیست یک موضوع کاربردی است و زمین‌شناسان محیط زیستی یک نقش اصلی و مهم در مدیریت مرتبط با زمین‌شناسی محیط زیست دارند.

زمین شناسی زیست محیطی

کنش و واکنش (تقابل) انسان و محیط زمین‌شناسی که محیط زمین‌شناسی نه تنها شامل سنگها رسوبات، خاک و سیالات است بلکه سطح زمین یعنی شکل سطح زمین و عوامل تغییر دهنده آنرا نیز در بر می‌گیرد. محیط زیست منابع لازم برای زندگی بشر را تأمین می‌کند و اصل حیات بر آن استوار است. آب، کانی‌های صنعتی، مواد اولیه ساختمانی و سوخت ما از آن تهیه می‌شود. با توجه به شرایط محیط زیست است که موقعیت شهرها و راه‌های حمل و نقل برای ما تعیین می‌شود. با این علم تأثیر زباله‌های ایجاد شده توسط خودمان قابل پیش‌بینی است. هر چند مواد اولیه و پارامترهای لازم برای زندگی ما از محیط زیست زمین‌شناسی است اما بسیاری از مخاطرات مانند آتشفشانی، زلزله و سیل نیز در همین محیط زیست زمین‌شناسی ایجاد می‌شوند.

ممکن است که زمین‌شناسی محیط زیست را زیر مجموعه‌ای از علم محیط زیست در نظر گرفت. علمی که رابطه انسان و تمام محیط اطراف او را مطالعه می‌کند که شامل مشکل‌های زمین‌شناسی، جوی و زیستی است. علوم محیط زیستی پایه‌ای‌ترین دانسته‌های ما در مورد زمین است.

علم محیط زیست مبانی علمی خاصی را به ما می‌دهد که با آنها می‌توان بیشترین موفقیتها را برای بشر در محیط زندگی او ایجاد کرد در حالیکه کمترین زیان و خسارت بر او وارد شود. بنابراین زمین‌شناسی بطوریکه توسعه آنها صورت پذیرد را برای ما روشن می‌کند و می‌تواند از وارد شدن خسارت به منابع طبیعی و محیط زیست جلوگیری نماید.

مشکلات زمین شناسی محیط زیست

چهار مشکل مهم زمین‌شناسی محیط زیست به شرح زیر است:

۱- نگهداری و استفاده صحیح از منابع زمینی مثل سوختهای فسیل، کانی‌های صنعتی و آب. این یک فرایند است که نه تنها شامل اکتشاف و بهره‌برداری از منابع کانی‌هاست بلکه محدودکردن و کاهش صدمات حاصل از همین اکتشاف و بهره‌برداری وارد بر محیط زیست را شامل می‌شود.

۲- درک و تطابق محدودیت‌های مهندسی و ابنیه ساخته شده توسط زمین‌شناسی محیط زیست. این موضوع می‌تواند در مناطق دارای آب و هوای بسیار سرد یا بسیار گرم حائز اهمیت باشد.

۳- استفاده مناسب زمین‌شناسی محیط زیست برای ضایعات حاصل از مصرف در جامعه، بطوریکه کمترین آلودگی و ناپاکی در محیط زیست صورت گیرد.

۴- شناسایی مخاطرات طبیعی و کاهش تلفات انسانی حاصل از وقوع آنها. در زیر مدل محیط زیستی از شهرها نشان داده شده است.

محیط زیست شهری را می‌توان مثل یک ماشین در نظر گرفت که از محیط زیست طبیعی ورودی‌هایی برای آن قابل در نظر گرفتن است و یک سری محصولات نیز از آن خارج می‌شود.

ورودی‌های عبارتند از:

۱- انرژی که از منابع فیزیکی مانند ذغال سنگ، گاز نفت و اورانیم (یک نوع از موارد رادیو اکتیو) بدست می‌آید.

۲- غذا بسیار مهم است و از گیاهان و جانوران قابل استفاده تأمین می‌شود.

۳- آب که از منابع محلی و در دسترس یا از منابع دوردست و رودخانه‌ها تأمین می‌شود و بطور کلی دو منبع سطحی و زیر زمین برای آب وجود دارد.

۴- مواد خام از منابع کانی و در واقع معادن برای استفاده در صنعت بدست می‌آیند که این منابع می‌توانند در نزدیک محل مصرف باشند یا فواصل آنها بسیار زیاد باشد و از تمام نقاط جهان به مراکز شهری و صنعتی حمل شوند.

و خروجی‌ها عبارتند از:

۱- زباله‌ها که بصورت مواد دور ریختنی، محصلات فرعی و زباله‌های روزانه شهری‌اند و بطورکلی زباله خانگی، زباله صنعتی و زباله‌های تجاری‌اند.

۲- آلودگی محیط زیست که آلودگی هوا و اتمسفری، آلودگی خاک و زمین و آلودگی سیستم‌های آب را شامل می‌شود مواد آلوده‌کننده بصورت جامد، مایع و گاز هستند.

۳- محصولات صنعتی و تجاری

کار این ماشین با توجه به سازه‌های مختلف آن به مقاومت و پایداری زمینی که بر روی آن قرار دارد و مخاطرات طبیعی موجود در سطح و درون زمین (مثل سیل و زلزله) وابسته است. وابستگی زمین‌شناسی محیط زیست به ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی اقتصادی و زمین‌شناسی مهندسی بدین صورت است؛

ژئومورفولوژی عملی برای جغرافیای فیزیکی، پایه است و مخاطرات طبیعی و محدودیت‌های موجود در توسعه جوامع انسانی با شکل و سطح زمین مرتبط می‌باشد.

زمین‌شناسی اقتصادی بهره‌برداری اقتصادی از ذخایر معدنی زمین را نشان می‌دهد. زمین‌شناسی مهندسی بخشی پایه‌ای و اساسی از مهندسی سازه است زیرا این علم به دانستن مقاومت و رفتار سطح زمین نیاز دارد.

این موارد در زمین‌شناسی محیط زیست در نظر گرفته می‌شوند و علاوه بر تکمیل شدن در تحقیقات و آموزش بکار می‌روند.

تأثیر متقابل مشاور – کارفرما (صاحب کار) در زمین‌شناسی محیط زیست:

مشاور- کارفرما	نوع فعالیت
۱	شناخت مسئله یا اطلاعات مورد احتیاج.
۲	تصمیم برای آوردن و استفاده از یک مشاور.
۳	خلاصه کردن موضوع طرح.

یک اعتبار برای کارهای حرفه‌ای باعث می‌شود که قراردادهای بعدی نیز منعقد شوند و در مناقصه‌های بعدی برنده شوید.

آیا کار انجام شده موفق بوده و مورد تأئید کارفرما است؟ آیا نیازهای مطرح شده در خلاصه پروژه را انجام داده است؟ این به کار انجام شده توسط مشاور بستگی دارد.

در تحقیقات دقیق و پیشرفته مهمترین نکته همان توجیه اقتصادی است. تحقیقات باید در زمان کوتاه و با صرف هزینه کمتر انجام شود که اغلب در دانشگاه‌ها و مراکز عالی وقوع می‌یابد. تحقیقات دقیق و سطح بالا به محصول نهایی فکر میکند. زمان و هزینه‌های صرف شده با ابزار، تکنیک و آن استراتژی که زمین‌شناسان محیط زیستی اختیار کرده‌اند مطابقت دارد.

ابزارهای زمین شناسی مهندسی

ابزارهایی که زمین‌شناسان محیط زیستی بکار می‌گیرند به ۵ گروه قابل تقسیم‌اند؛

۱- بررسی‌های دفتری.

۲- بررسی اسناد، مدارک و نقشه‌ها.

۳- تحلیل و بررسی ناحیه یا زمین مورد مطالعه.

۴- پردازش‌های محیط زیستی.

۵- ابزار نمایش یا ابزار ارائه کار.

در زیر هر یک از این ابزارها را شرح می‌دهیم؛

۱- تحقیقات با بررسی‌های دفتری

در تحقیقات دفتری می‌توان مطالب و اطلاعات زیادی درباره منطقه مورد مطالعه بدست آورد و مسائل منطقه را بر اساس کارهای انجام شده قبلی متوجه شد. در این بخش از مطالعات با صرف هزینه و وقت کم میتوان اطلاعات با ارزشی بدست آورد.

مقالات منتشر شده نقشه‌ها کتابها و گزارشات منابع اطلاعاتی تبییک را تشکیل می‌دهند. منابع محلی و ملی نیز جزو این منابع اطلاعـاتی‌انـد. ارزشمندی این اطلاعات و داده‌ها به طبیعت منطقه مورد مطالعه کشور مربوطه و نیز نوع مسائل مطرح شده که مورد علاقه ما هستند بستگی دارد.

عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای می‌توانند اطلاعات ارزشمندی را به ما بدهند و می‌توانند در پروژه‌های ناحیه‌ای یا پروژه‌های مورد بررسی در نواحی کوچک بسیار مفید باشند.

با استفاده از عکس‌های هوایی نقشه زمین مورد مطالعه بسرعت قابل انجام است و ژئومورفولوژی، ساختمانهای زمـین‌شناسـی (مثـل گسـل، چین‌خوردگی و عوارض ساختمانی دیگر) و رخنمونهای سنگی قابل شناسایی است. کاهش در زمان انجام دقیق، همچنین تشـخیص تنـوع‌هـای محیط زیستی از مهمترین موارد استفاده عکس‌های هوایی است. امروزه از امکانات کامپیوتری و سیستمهای فراوری تصاویر در تفسیر عکس‌های هوایی استفاده فراوان می‌شود و وضعیت ظاهری زمین مثل شیب‌های تند نیز قابل تعیین و تشخیص است. پوشش گیاهی، کاربردهای زمین (چـه استفاده‌ای از زمین مورد مطالعه می‌شود). ژئومورفولوژی، لیتولوژی، ساختمان زمین‌شناسی، وضعیت آبهای جاری و میزان آلودگی آبهای جاری و یا آلودگی خود زمین مورد مطالعه با عکس‌های هوایی و ماهواره‌هـای قابـل درک اسـت. ارزشـمندی عکـس‌هـای مـاهواره‌ای دیـدگاه‌هـای جدیدی در تصورات و عقاید محیط زیستی وارد کرده است.

۲- بررسی اسناد، مدارک و نقشه‌ها.

یکی از کارهای ادرای دارای حوضه وسیع برای زمین‌شناسان محیط زیست، کار بر روی اسناد و مدارک یا نقشه‌هـایی اسـت کـه بـه آنهـا اطلاعات خوبی می‌دهد و در حل مسائل مطرح شده به آنها کمک می‌کند. در اینجا چند نکته کلیدی در گردآوری داده‌ها بایـد در نظـر گرفتـه شود که به اصولی از توجیه اقتصادی باز می‌گردند.

الف) شرح وظایف. چه اطلاعاتی و چه داده‌هایی از کار در صحرا باید جمع‌آوری شوند. در صورتیکه کار در صـحرا بطـور کامـل انجـام نشده، یک زمین‌شناس محیط زیستی باید دوباره به صحرا برود و نمونه‌برداری تکمیلی انجام دهد و موارد مطالعه نشده صحرایی را بررسی نماید. سپس لیستی از آن متغیرهای موجودی که به حل مسئله منجر می‌شود، تهیه کند. در ادامه، انجام پروژه بر اساس تجربیات قبلی یـا بـا مراجعـه بـه منابع کتابخانه‌ای شروع می‌شود.

ب) شرح وظایف کار در صحرا سه نوع کار در صحرا باید مد نظر باشد.

ب-۱) بررسی مجدد نقشه‌های قبلی و منابع اطلاعاتی قبلی، با توجه به مطالعات دفتری یا عکس‌های مـاهواره‌ایـی بدسـت آمـده‌انـد (تعیـین صحت موارد مربوطه به زمین).

ب-۲) جمع‌آروی اطلاعات اضافی از زمین مورد مطالعه مثل نمونه‌بـرداری صـحرایی و آزمایشـات قابـل انجـام در صـحرا ماننـد داده‌هـای ژئوشیمیایی، خواص فیزیکی واحدهای سنگی و تعیین خواص فیزیکی سنگاه بطور دقیق.

ب-۳) جمع‌آوری اطلاعات حاصل از عملیات صحرایی بعدی و تکمیلی.

نوع کار و کیفیتت اطلاعات مورد لزوم در هنگام انجام کارهای دفتری میزان کار در این سه زمینه را تعیین خواهد نمود.

ج) مقیاس فاصله‌ای. مقیاس مطالعات پروژه با توجه به ابعاد آن (از چندین متر تا چندین کیلومتر) می‌تواند متفاوت باشـد. بـا توجـه بـه ایـن مورد و پلان‌های دقیق سایت (سازه‌ها) مقیاس انجام کارهای صحرایی و عکس‌ها متفاوت خواهد بود بطوریکه وقتی ابعـاد کـار بـزرگ باشـد و

مطالعات در یک ناحیه صورت پذیرد آن وقت عکس‌هی ماهواره‌ای بکار می‌آیند. برای تهیه نقشه‌های زیر بنایی پروژه باید روش جمع‌آوری داده‌ها سیستماتیک و طبقه‌بندی شده باشد. بسیاری از نقشه‌های پایه‌ای بر اساس مرزهای سنگ‌شناسی تهیه شده‌اند. به هر حال اطلاعات بهتر و مفیدتر میتوانند با نمونه‌برداری سیستماتیک از برخی نقاط بدست آیند.

د) داده‌های حاصل از مشاهدات در مقابل داده‌های ابزاری – داده‌های حاصل از تجهیزات مشاهده‌ای معمولاً بطور سیستماتیک از روی نقشه‌ها، در طول ترانشه‌ها یا روی لوگها و یا طرح‌ها گردآوری می‌شوند. انواع داده‌های پایه‌ای تیپیک شامل نقشه‌های رخنمونهای زمین‌شناسی، نقشه‌های ساختمانی، نقشه‌های هیدروژئولوژی و هیدرولوژی، نقشه‌های ژئومورفولوژیکی و نقشه‌های نشان دهنده کاربرد زمین‌ها هستند. نقشه‌های رخنمونهای زمین‌شناسی واحدهای سنگ‌شناسی، نقشه‌های ساختمانی، گسل‌های اصلی، چین‌خوردگی‌ها و درزه‌های تکتونیکی یک منطقه، نقشه‌های هیدروژئولوژی، وجود آبهای زیرزمینی، عمق آبهای زیرزمینی و جهت جریان آنها، نقشه‌های هیدرولوژی رودخانه‌های دائمی و فصلی، برکه‌ها و دریاچه‌ها و نقشه‌های ژئومورفولوژی که عوارض جزئی سطح زمین یا فرایندهای ایجاد کننده حاکم بر آنرا نشان می‌دهد. این نقشه‌ها معمولاً با توجه به نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی یا پلان دقیق سایت مورد بحث تهیه و رسم شده‌اند. علائم شکافهای شیبها (در نقشه‌های موروفولوژیک)، افتادگی‌های زمین (در نقشه‌های مورفوژنتیک) یا فرایندهای تشکیل آنها را نشان می‌دهند. نقشه‌های نشان دهنده کاربرد زمین‌ها، انواعی از داده‌های متنوع و موارد استفاده زمین‌ها را طبقه‌بندی کرده است. مثلاً رودهای زمین‌های شهری، زمین‌های روستایی، زمین‌های صنعتی یا زمین‌های باقی مانده‌ای که هنوز دست نخورده‌اند و باید هستند.

نمایش داده‌ها

بر روی این نقشه‌ها زمین‌های با پوشش گیاهی و زمین‌های کاشته شده نیز معلوم‌اند. علاوه بر اینها یک نقشه‌های مخصوصی نیز از مناطق مورد مطالعه قابل تهیه‌اند. (مثل نقشه مخاطرات و بلایای یک منطقه که بر روی آن نقاط خطرناک از جهت بلایای طبیعی مشخص شده‌اند، یا نقشه‌های ریسک مثل نقشه ریسک زلزله یا سیل).

داده‌های ابزاری یا در آزمایشگاه یا در سرزمین بدست می‌آیند. داده‌های آزمایشگاهی نتیجه آزمایشات ژئوشیمیایی یا ژئوتکنیکی نمونه‌هایی حاصل می‌شوند که بطور سیستماتیک از زمین مورد مطالعه برداشته شده‌اند. داده‌های ابزاری صحرایی از چیزهایی مثل تکنیک‌های ژئوفیزیکی یا آزمایشات دستگاه‌های ژئوتکنیکی که در صحرا انجام می‌شوند و یا وسایل اندازه‌گیری کیفیت آبهای را که بدست می‌آیند.

۳- تحلیل و بررسی نواحی یا زمین مورد مطالعه.

در این مرحله از تحقیق خواص فیزیکی و وضعیت خاص زمین برسری می‌شود و یک آنالیز از منطقه مورد مطالعه انجام می‌شود. مثلاً یک سری نقشه‌های ثانوی از ناحیه مورد مطالعه تهیه می‌شود که در آنها سیمایی از وظایف ویژه زمین‌شناس محیط زیستی نمایش داده می‌شود. این یک ابزار پایه‌ای برای تهیه نقشه‌های مخاطره‌ای، نقشه‌های رده‌بندی زمین، نقشه‌های موقعیت سایت‌ها و غیره می‌باشد و بنابراین یک ابزار اصلی در زمین‌شناسی محیط زیست است.

با تلفیق نقشه‌های مختلف مثل نقشه‌های خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی می‌توان نقشه‌های جدیدی بدست آورد که با هدف از مطالعات همخوانی داشته باشد. امروزه سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی (Geographical Information system=GIS)نقش مهمی در تکنیک‌های آنالیزی و تحلیلی بازی می‌کنند.

۴- پردازش‌های محیط زیستی

این پردازش‌ها به زمان بستگی دارد بدین صورت که مسئله‌ای قابل توجه وجود دارد اما زمان برای حل آن کم است یا زمان وقوع آن باید حدس زده شود. مثلاً سیل بعدی چه زمان خواهد آمد؟ با گذشت زمان وضعیت رسوبگذاری چطور و چگونه خواهد بود؟ هر چند محاسبه و بیان این مطلب مشکل است اما چاره‌ای نیست و زمین‌شناسان محیط زیستی باید با پردازش‌های مختلف یک راه حلی برای این مسئله بیابند. برای نیل به این هدف از تحلیل‌های کامپیوتری که مدل‌هایی را بدست بدهند می‌توان ایتفاده نمود. دو روش مستقیم و غیرمستقیم برای اینکار وجود دارد.

الف) روش مستقیم شامل مشاهده یک پروسه در یک دوره زمانی است. که با اندازه‌گیری تغییرات واقع شده در طول زمان قابل درک است. در اینجا می‌توان از جستجوهای تحقیقات مکرر و فوتوگرافی نقاط ثابت استفاده نمود.

ب) دو روش غیرمستقیم اطلاعات مربوط به موضوع مورد نظر را بسرعت تهیه می‌کند.

مثالی که در مورد پردازش‌های محیط زیستی می‌زنیم مدل‌های کامپیوتری و دوره یخبندان بعدی در شمال اروپا می‌باشد که نتیجه این پردازش بدین قرار است؛

دوره یخبندان در شمال غربی اروپا پس از دو میلیون سال وقفه مجدداً شروع خواهد شد همچنین یخچالها در سلافید انگلستان نیز ظهور خواهند کرد (Sellafield).

یکی از داده‌های مهم و با ارزش در پردازش‌های محیط زیستی داده‌های تاریخی است که می‌تواند بصورت:

الف) نقشه‌های قدیمی، شکل‌ها و تصاویر قدیمی، عکس‌های هوایی قدیمی.

ب) گزارش‌های نوشته شده، نوشته‌های مربوط به وقایع رخ داده (مثلاً در چه زمانهایی زلزله‌هایی در منطقه تهران رخ داده است).

ج) وقایع کلی مشاهده شده توسط افراد در قدیم که آنرا شرح می‌دهند (مشاهدات عینی)

د) سری داده‌های آماری مثل تبت روزانه از وضعیت آب یک رودخانه (دبی‌رود) در جایی که اطلاعات تاریخی خوبی ثبت شده است این داده‌ها در زمین‌شناسی محیط زیست خیلی کاربرد دارد اگر چه در تفسیرها باید محتاط بود.

۵- نمایش داده‌ها

نمایش مناسب و مختصر داده‌ها یکی از وظایف زمین‌شناسان محیط زیست است. اطلاعات داده شده پس از پایان تحقیقات باید روشن و واضح باشد و در یک فرم و قالب مناسبی ارائه شود.

یکی از ابزارها برای نمایش داده‌ها نمودارها هستند. مثلاً نموداری که نشان‌دهنده دبی آب یک رودخانه در پنجاه سال اخیر است. یا نموداری که یک متغیر مثل تعداد طوفانهای کویری در طول یک سال در محور عمودی آن و سال‌ها بر روی محور افقی آن قرار دارد.

دیگر ابزار مناسب در نمایش داده‌ها جداول هستند که مطالب زیادی را بصورت جمع شده و متمرکز ارائه می‌کنند و به راحتی قابل استفاده‌اند.

خطرات ناشی از جابجایی زمین

جابجایی زمین را می‌توان اینگونه تعریف کرد؛ حرکت خاک، گل، رسوبات و سنگها به سمت پائین.

این جابجائی می‌تواند به مقدار کم و به‌آرامی انجام می‌تواند به مقدار کم و به آرامی انجام شود مثل خزش خاک و یا به مقدار زیاد و به تندی صورت گیرد مانند زمین لغزه و یا فروافتادن سنگها از شیبها و دیواره‌ها. در مقیاس جهانی جابجایی زمین تلفات کمی را نسبت به کل تلفات کمی را نسبت به کل تلفات ناشی از بلایای طبیعی داشته است. با وجود این نمی‌توان خسارات زیادی که جابجائی زمین را ایجاد نموده است را نادیده گرفت. زمین لغزه‌ها صدمات گسترده‌ای به ساخته‌های دست بشر می‌زنند و گاه باعث جابجائی سازه‌ها و یا انقطاع جاده‌ها میشوند. خسارات مالی ناشی از زمین لغزه‌ها در دهه ۱۹۷۰ برای آمریکا ۱ میلیارد دلار و برای ایتالیا ۱/۱۴ میلیارد دلار بوده است. ۵ مورد جابجائی زمین گزارش شده است.

برای جابجائی زمین لازم است که ابتدا مواد تشکیل دهنده یک زمین شیبدار ناپایدار شوند و سپس بلغزند و این هنگامی رخ می‌دهد که نیروهای جداکننده بر نیروهای مقاوم و نگهدارنده غلبه کند. این تعادل بعنوان فاکتور سلامت تعریف شده است که باFنشان داده می‌شود.

F= Factor of safety

F= مجموع نیروهای مقاوم / مجموع نیروهای جداکننده= نیروی مقاوم / تنش

برخی از مهمترین جابجایی های زمین در قرن

نام محل	تاریخ	نوع حرکت زمین	تلفات و تأثیر مخرب
جاوه	۱۹۱۹	روانه خردسنگ	۵۱۰۰ کشته، خرابی ۱۴۰ دهکده
کانسو، چین Kansu	۱۹۲۰	روانه لس	۲۰۰۰۰۰ کشته
کالیفرنیا	۱۹۳۴	روانه خرده سنگ	۴۰ کشته، خرابی ۴۰۰ خانه
(پاتراچیرکا، پرو)	۱۹۶۲	بهمنی از یخ و سنگ	۳۵۰۰ کشته و مجروح
وایونت، ایتالیا Vaiont	۱۹۶۳	سقوط و سرخوردن سنگ	۲۶۰۰ کشته و مجروح
ویرجینیا	۱۹۶۹	روانه خرده سنگ	۱۵۰ کشته
یونگی (yungag)	۱۹۷۰	زلزله که باعث ریزش بهمن‌های از خرده‌سنگ	
پرو (ماگونمارکا) (Magunmarca)	۱۹۷۴	روانه خرده‌سنگ	تخریب و ۴۵۱ کشته
پرو (آرمرو) (Armero)	۱۹۸۵	لاهار	۲۲۰۰۰ کشته و مجروح

یک سطح شیبدار با فاکتور سلامت کمتر از ۱ ناپایدار است و بنابراین در شرایط مناسبی برای لغزش و فروافتادن قرار دارد در حالیکه یک سطح شیبدار با فاکتور سلامت بزرگتر از ۱ پایدار است. سطح شیبداری که فاکتور سلامت آن مساوی ۱ است در شرایط تعادل بحرانی قرار دارد.

بیشتر شیبها پایدار هستند و علت سقوط یا جابجایی‌ها، تغییر تعادل بین نیروهای مقاوم و نیروهای جداکننده است. وقتی F نزدیک به ۱ باشد عوامل تمام کننده کار همچون زلزله، طوفان و عواملی شبیه به آن می‌توانند باعث جابجایی زمین و اجرام تشکیل‌دهنده آن شوند. اینها می‌توانند به گروه‌هایی تقسیم شوند که کاهش نیروی مقاوم شیب در آنها وجود دارد و یا گروه‌هایی که تنش برای آنها بالا و افزایش یافته است. (منظور گروه‌هایی است که F در آنها نزدیک به ۱ است)

نیروی مقاوم شیب می‌تواند توسط هوازدگی و تغییر در محتوای مقدار آب محیط کاهش یابد در حالیکه تنش ممکن است توسط چیزهایی مثل افزایش بار، افزایش ترافیک وسایل نقلیه و لرزشهای حاصل از زلزله بالا رود.

نواحی در معرض خطر فروریزش

بطور کلی ۶ نوع ناحیه برای وقوع فرو ریزش زمین یا جابجایی زمین‌شناسان شده است؛

۱- نواحی دارای فعالیت لرزه‌ای

زلزله‌ها باعث می‌شوند که تنش‌های برشی (Shear Stress) در یک منطقه افزایش یابند و رسوبات ریزدانه حالت سیال به خود گرفته و به حرکت در بیایند. برای مثال زلزله سال ۱۹۷۶ در گواتمالا سیتی ۱۰۰۰۰ مورد جابجائی زمین را باعث شد که در هر یک از آنها ۱۵۰۰۰ مترمکعب ماده جابجا شده است (سنگ و خاک).

۲- محیط‌های کوهستانی

مناطق خیلی برجسته و خیلی پرشیب که امروزه در نواحی یخچالی و مناطق شدیداً فروافتاده توسط بالا آمدگی‌های تکتونیکی دارای انرژی پتانسیل زیاد در محیط هستند. این انرژی زیاد باعث ریزش دیواره‌های سنگی می‌شود و واریزه‌های ایجاد شده می‌توانند، آنقدر زیاد شوند که جریان یابند. در این مناطق ممکن است ۵ تا ۱۰۰ میلیون مترمکعب از مواد با سرعت ۹۰ تا ۴۰۰ کیلومتر در ساعت حرکت کنند و این جابجائی می‌تواند تا مسافت طولانی صورت گیرد. بر اثر یک چنین حادثه‌ای در سال ۱۹۷۰ توده‌های سنگ و یخ در منطقه هواسکاران (Huascaran) کشور پرو ۲۵۰۰۰ نفر از بین رفتند.

۳- نواحی که زمین در آنها کنده شود (کنده شدن زمین)

در نواحی با برجستگی متوسط، خاکهای شکننده و خردشونده و زمینهای جداشده از هم می‌توانند از جای کنده شوند و به پایین دست منتقل گردند. در این مناطق زمین لغزه زیاد است. بعنوان مثال در جنوب ایتالیا روستاهای واقع در بخش بالایی یک تپه که دارای آثار تاریخی نیز بودند دچار حرکت شده و به پایین شیبها انتقال یافتند.در مناطق گرمسیری که قطع اشجار بشدت صورت گرفته باشد نیز کنده‌شدن زمین انجام می‌شود.

۴- مناطقی که با ورقه‌های ضخیم لس پوشیده شده‌اند (Areas covered by thick loess sheets)

این مناطق برای جابجائی زمین و فرو ریزش مناسب هستند، بخصوص اینکه زلزله‌ای بیاید یا بارندگی شدیدی صورت گیرد. در زلزله‌های کانسو (Kansu) در سال ۱۹۲۰ ژاپن ۲۰۰۰۰۰ نفر را هلاک کرد. بخش بزرگی از تلفات به جابجایی‌های زمین‌های شیبدار لسی مربوط بوده است.

۵- نواحی دارای آب و هوای نامساعد.

مناطقی که بارندگی‌های خیلی شدید در آنها وقوع می‌یابد و بارانهای موسمی در آنجا وجود دارد، اغلب مسائل مربوط به جابجائی‌های زمین دارند.

۶- مناطق با توسعه سریع

در برخی مناطق مقاومت زمین بر اثر ساخت و سازهای انسان تغییر می‌یابد. این تغییرات شامل تغییر شیب زمین، کاهش و از بین رفتن پوشش گیاهی، آبیاری، تخلیه و خروج آب از زیر پی سازه‌ها و شهرسازی بر روی تپه‌ها و شیبهای ناپایدار است.

تقسیم بندی جابجایی های زمین

جابجائی زمین در ابعاد و اشکال متفاوتی انجام می‌گیرد که می‌توان بر اساس موارد زیر آنها را تقسیم‌بندی کرد؛

- نوع مواد :رسوبات نرم هوازده یا سنگهای مقاوم و محکم.

- نوع جابجائی : جابجائی بصورت روانه‌ها (مثل روانه‌های گل، خاک یا خرده‌سنگ). سرخوردن یا جابجائی لایه‌های رسوبی در امتداد طبقات.

- سرعت : سرعت جابجائی می‌تواند خیلی کم یا خیلی زیاد باشد.

جابجائی‌های معمول زمین شامل خاک، واریزه‌های چرخشی (واریزه‌هایی که هنگام سقوط و ریزش دچار چرخش نیز می‌شوند)، روانه‌های گل، سقوط سنگ، سقوط بهمن و سرخوردن بلوکهای سنگی است، عملاً مشاهده می‌شود وقتی اندازه و ابعاد جابجائی‌های زمین و مواد آن افزایش می‌یابد ترکیب آنها نیز تغییر می‌کند یعنی ترکیب و یافت بخش جابجا شده و بزرگی جرم آن با هم در ارتباط است مثلاً وقتی رسوباتی ست رد یک شیب تند قرار داشته باشند، ممکن است در طول آن شیب، حال هر چقدر که درازا داشته باشد فرو ریزش حاصل کند.

ارزیابی ریسک مخاطرات حاصل از جابجائی‌های زمین

در نقشه‌های ریسک مخاطرات (Hazard Maps) میزان پایداری شیبها ترسیم شده است.

برای ارزیابی ریسک مخاطرات جابجایی زمین دو نکته مهم است؛

۱- پیش‌بینی احتمال سقوط یا لغزش و خزش در شیبها.

۲- تعیین موقعیت، زمان و بزرگی واقعه.

برای پیش‌بینی احتمال جابجائی زمین می بای‌ست ای‌ن دو نکته را دانست.

کروزیر (crozier.1986) یک رده‌بندی کیفی احتمال وقوع زمین لغزه ارائه نموده که در ذیل به شرح آن می‌پردازیم (یک زمین‌شناس محیط زیستی باید در صحرا رده هر شیب یا زمین شیبداری را تعیین کند).

شرح:

۱- شیبهای که سابقه فعالیت زمین لغزه ندارند و این مطلب بر اساس ۳ چیز نتیجه‌گیری می‌شود. الف- تجزیه و تحلیل استرسها ب- مقایسه با دیگر شیبها ج- تجزیه و تحلیل فاکتورهای پایداری.

۲- شیبهایی که سابقه زمین لغزه ندارند اما در شکافهای سنگها و بخشهای گسیخته بین سنگها امکان زمین لغزه وجود دارد. پتانسیل زمین لغزه با تجزیه و تحلیل استرس‌ها، مقایسه با دیگر شیبها با توسط تجزیه و تحلیل فاکتورهای پایداری نشان داده می‌شود.

۳- شیبهایی که سابقه فعالیت زمین لغزه دارند اما این سابقه به ۱۰۰ سال قبل مربوط است و از ۱۰۰ سال پیش تا به امروز هیچ نوع زمین لغزه‌ای گزارش نشده است.

۴- شیبهایی که فعالیت زمین لغزه جدید بندرت در آنها دیده می‌شود و سن زمین لغزه‌های حادث شده در آنها از ۵ سال است.

۵- شیبهایی که فعالیت زمین لغزه جدید در آنها زیاد دیده می‌شود و زمان وقوع زمین لغزه‌ها به کمتر از ۵ سال می‌رسد.

۶- شیبهایی دارای زمین لغزه‌های فعال در این شیبها مواد دائماً در حال جابه‌جا شدن هستند و شکلهای زمین لغزه‌ها تازه می‌باشد و فعالیت و بزرگی آنها بخوبی تعریف شده است جابجایی‌ها وو حرکات زمین می‌تواند بصورت پیوسته یا فصلی باشد.

در ناحیه گرایندوالد (Grindelwald) آلپ سویس مخاطرات زمین لغزه را دسته‌بندی کرده‌اند Kienholz 1978.

رده مخاطرات	شرح
۳	خانه‌ها خراب شده‌اند و مردم در خطر وقوع زمین لغزه قرار دارند.
۲	خانه‌ها کمی در خطر هستند اما مناطق بین خانه‌ها تعدادی زمین لغزه به خود دیده‌اند و بنابراین مردم در خطر هستند.
۱	خانه‌ها خیلی کم در خطر زمین لغزه هستند اما خطر بندرت مردم را در خارج از خانه‌هایشان تهدید می‌کند.
۰	خطری شناخته نشده است.

الف) میزان ناپایداری نسبی در یک سایت موردنظر.

ب) تعیین پتانسیل تغییرات ناحیه‌ای خطرات جابجایی زمین (یعنی از یک ناحیه به ناحیه دیگر خطرات جابجائی زمین چگونه تغییر می‌کند).

برای تعیین ناپایداری نسبی مهندسان سازه یا زمین‌شناسان بطور گسترده در تلاش هستند و یکی از مطالعات مهم برای یک سایت همین تعیین میزان ناپایداری نسبی است.

در اینجا فاکتور سلامت (F) محاسبه می‌گردد که برای محاسبه آن لازم است ابتدا تنش‌های برشی فعال (Active shear stress) وارد بر یک شیب محاسبه شود و سپس با نیروی مقاوم یا (shear strength) آن شیب مقایسه شود که لازم است اطلاعات دقیقی از مکانیک خاک سایت مورد مطالعه در دست باشد.

برای تعیین پتانسیل تغییرات ناحیه‌ای این خطرات از نقشه‌های مخاطرات ناحیه‌ای regional hazard maps)) استفاده فراوان می‌شود. بر روی نقشه شدت جابجائی زمین و مواد تشکیل‌دهنده سطح آن، رده‌بندی کیفی شیبها و تعداد سیستم‌های بریده شدگی و قطع‌شدگی لایه‌های زمین قابل درک است.

تعیین موقعیت مناطق تحت مخاطره با توجه به سوابق قبلی جابجائی‌های زمین در آن مناطق صورت یم‌گیرد اما زمان و بزرگی واقعه جابجائی زمین می‌تواند بسیار متفاوت باشد. بدین صورت که زمان واقعه چندان قابل پیش‌بینی نیست و بزرگی آن نیز به عوامل تشدید کننده جابجائی‌ها بستگی دارد مثلاً اگر در منطقه‌ای که امکان جابجائی زمین وجود دارد زلزله‌ای با بزرگی ۴ درجه ریشتر رخ دهد یا زلزله‌ای با بزرگی ۷ درجه ریشتر رخ دهد مسلماً میزان جابجائی زمین و بزرگی تخریب حاصل از آن فرق خواهد داشت.

در ادامه رده‌بندی و انواع معمول جابجائی‌های زمین که توسط کارسون و کیربی انجام گرفته است بصورت فهرست‌وار و همراه با شکل ذکر می‌شوند. (carson & Kirby.1972)

پیشگیری از جابجائی زمین

برای پیشگیری از جابجائی زمین راههای زیادی وجود دارد. ابتدا باید با توجه به نقشه‌های مربوطه (نقشه‌های مخاطرات و نقشه‌های جابجائی زمین) آن منطقه و بازدید مستقیم از زمین، بخشهای دارای خطر جابجائی را معلوم نمود، سپس با توجه به وضعیت بخشهایی که احتمال حرکت زمین دارند، تدابیری اندیشید، مثلاً در یک سایت سطح آب بالا است که می‌توان با حفر تونل یا کانال آب را زهکشی کرد و بدین ترتیب آنرا خشک نمود (مثل منطقه اینچه برون گنبد کاووس) یا اگر در بخشهای زیرین لایه‌های نفوذپذیر وجود دارد میتوان با حفر چاه‌هایی آب را از بخشهای بالایی به قسمتهای زیرین هدایت نمود.

اگر در یک شیب رسوبات نرم وجود داشته باشند و احتمال لغزش آنها به پایین شیب، خطر را گوشزد نماید می‌توان با ایجاد دیوار نگهدارنده از حرکت بخشهای بالایی به سمت پائین شیب جلوگیری نمود که با توجه به حجم رسوباتی که امکان حرکت دارند باید ضخامت دیوار را تعیین نمود.

در یک دیواره که شیب زیادی دارد و احتمال ریزش آن می‌رود یا برای صخره‌های مشرف به سواحل اقیانوس می‌توان تعدادی شمع بتونی (مسلح یا غیرمسلح) قرار دارد که از ریزش جلوگیری می‌نماید.

در برخی مناطق زمینهای شیبدار به ساختمانهای احداث شده مشرف هستند و احتمال ریزش و لغزش مواد تشکیل‌دهنده شیبها بر روی ساختمانها وجود دارد. در اینجا می‌توان با ایجاد دیوار نگه‌دارنده ایمنی را بالا برد که باید در داخل دیوار نگهدارنده لوله‌ها یا قسمتهایی را برای عبور آبهای نفوذ نموده از قسمتهای بالایی تعبیه نمود.

زلزله

لرزش ناگهانی زمین بر اثر آزاد شدن انرژی در یک لحظه یا در چند ثانیه تا چند دقیقه را زلزله می‌گویند که شدت‌های متفاوتی دارد. زلزله خسارات مالی و جانی فراوانی را به جامعه بشری وارد نموده و می‌نماید. از زلزله‌های بزرگ دنیا زمین لرزه ۲۷ ژوئن سال ۱۹۷۶ تانگشان چین را می‌توان ذکر کرد که در حدود ۶۵۰۰۰۰ نفر را به هلاکت رساند. بزرگی این لرزه ۷/۶ درجه ریشتر بود.

سال	کشور	تلفات	بزرگی
۱۷۳۷	کلکته، هندوستان	۳۰۰۰۰۰	؟
۱۷۵۵	پرتقال، لیسبون	۷۰۰۰۰	؟
۱۷۸۳	ایتالیا، کالابر	۵۰۰۰۰	؟
۱۸۶۸	اکوادور	۴۰۰۰۰	؟

۱۸۹۷	هندوستان، آساما	۱۵۰۰	۸/۷
۱۹۰۸	ایتالیا، میسن	۱۲۰۰۰۰	۷/۵
۱۹۲۰	چین، گانسو	۱۸۰۰۰۰	۸/۵
۱۹۲۳	ژاپن، کوانتو	۱۴۳۰۰۰	۸/۲
۱۹۳۲	چین، گانسو	۷۰۰۰۰	۷/۶
۱۹۳۹	شیلی، شیلان	۳۰۰۰۰	۷/۷
۱۹۳۹	ترکیه، ارزینکان	۲۳۰۰۰	۸
۱۹۷۰	پرو	۶۶۰۰۰	۷/۸
۱۹۷۹	ایران، طبس	۱۲۰۰۰	۷
۱۹۸۹	ایران، رودبار	۴۵۰۰۰	۷/۴
۱۹۹۹	ترکیه، ازمیر	۱۵۰۰۰	۶/۷
۱۹۶۸	ایران دشت بیاض	۲۵۰۰	۷/۴

انتشار جغرافیایی زلزله دارای نظم خاصی است بطوریکه ۹۰٪ آنها در حاشیه اقیانوس آرام و ۱۰٪ دیگر بر روی کمربند کوهزایی آلپ – هیمالیا (سلسله کوه‌های آلپ، کارپات، آناتولی، البرز، زاگرس، هندوکوش، پامیروتبت) رخ می‌دهند. مدل تکتونیک صفحه‌ای (plate tectonic) توانست علت اصلی وقوع زلزله و مناطق زلزله خیز را مشخص کند. طبق این مدل سطح کره زمین از یک ورقه به ضخامت ماکزیمم ۹۰ کیلومتر تشکیل یافته است که خود این ورقه به قطعات مختلفی قابل تقسیم است که هر قطعه را یک صفحه یا ورقه می‌نامیم مهمترین این صفحات عبارتند از:

۱- صفحه اورازی ۲- صفحه آفریقا ۳- صفحه اقیانوس آرام ۴- صفحه اقیانوس هند ۵- صفحه قطب جنوب ۶- صفحه آمریکای جنوبی ۷- صفحه آمریکای شمالی ۸- صفحه ناسکا (امریکا جنوبی)

که در حاشیه‌های هر یک از پلیت‌ها ممکن است یک میکروپلیت نیز وجود داشته باشد مثل میکروپلیت هندوستان، میکروپلیت عربستان یا میکروپلیت ایران در زیر صفحات تشکیل‌دهنده زمین بخشی خمیر مانند وجود دارد. خود صفحات را لیتوسفر (پوسته به اضافه بخش بالایی گوشته) و بخش مذب زیر آن را گوشته می‌گویند. اگر به ساختمان داخلی کره زمین بنگریم از خارج به داخل بخشهایی را به ترتیب زیر خواهیم داشت (توسط بررسی امواج لرزه‌ای وجود هر بخش یا لایه شده است)

۱- پوسته که جامد است.

۲- گوشته که بخش بالایی آنرا استنوسفر می‌گوید و این بخش خاصیت مذاب دارد.

۳- بخش خارجی هسته که خاصیت مذاب دارد.

۴- بخش داخلی هسته که خاصیت جامد دارد.

بر اثر جریان همرفتی درون گوشته صفحات تشکیل‌دهنده سطح کره زمین نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند که این حرکات به چند صورت انجام می‌شود.

۱- ممکن است دو صفحه از یکدیگر دور شوند.

۲- دو صفحه در کنار یکدیگر بلغزند.

۳- دو صفحه به یکدیگر نزدیک شوند و با یکدیگر برخورد نمایندکه در نتیجه این برخوردها نیروهای بزرگی آزاد می‌شوند که همان نیروهای مولد زلزله‌اند.

بر اثر حرکات صفحات حد و مرز آنها بطور مداوم در حال تغییر است و مساحت آن افزایش یا کاهش می‌یابد. مثلاً مساحت اقیانوس اطلس بعلت باز شدن ریفت کف آن در حال افزایش است یا مساحت صفحه ناسکا که در غرب آمریکای جنوبی قرار دارد و به زیر آن فر می‌رود در حال کاهش یافتن می‌باشد.

سرعت بازشدن پوسته‌های کف اقیانوسها و یا نابود شدن صفحات چند سانتی‌متر در سال است.

سن قاره‌ها نسبت به اقیانوس‌ها زیادتر است زیرا صفحات قاره‌ای به داخل گوشته فرو نمی‌روند و نابود نمی‌شوند در حالیکه صفحات اقیانوسی بر اثر فرو رفتن به داخل گوشته از بین می‌روند.

بزرگترین زلزله‌ها در مناطق مرزی صفحات آنهم صفحاتی که با یکدیگر برخورد دارند و یکی به زیر دیگری فرو می‌رود، به وقوع می‌پیوندند.(در محل ریفت‌های میان اقیانوس ها)

شدت زمین لرزه

تا قبل از اختراع دستگاه‌های ثبت زلزله اهمیت زلزله‌ها با توجه به وسعت تخریب حاصل از آن مطرح بود. اولین بار روبروت ماله (Robert Mallet) منحنی شدت را ترسیم کرد بدین صورت که در زلزله ۱۸۷۵ ایتالیا، وی نقاط دارای خسارت یکسان را به یکدیگر وصل نمود و بدین ترتیب منحنی‌های هم شدت ترسیم شدند و محل دارای حداکثر خسارت را کانون زلزله نامید که همان کانون بیرونی یا مرکز خارجی زلزله است.

اولین بار مقیاس شدت در سال ۱۸۸۰ توسط روسی (Rossi) ایتالیایی و فورل (Foret) سویسی مطرح شد که در سال ۱۹۰۲ توسط مرکالی (Mercalli) ایتالیایی اصلاح شد. این مقیاس بعدا توسط افراد دیگر تکمیل شد و امروزه تنها مقیاسی است که برای بیان شدن زلزله مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اسامی تکمیل کنندگان که وکارنیک (Karnik) اسپاکز (Sponkener) مدودر (Medveder) می‌باشد آنرا مقیاس M S K نیز می‌گویند.

بزرگی زلزله

بزرگی زمین لرزه‌ها به انرژی آنها بستگی دارد بطوریکه زلزله قوی‌تر دارای ارتعاشات شدیدتر است. بزرگی زمین لرزه با مقیاس ریشتر بیان می‌شود که توسط ریشتر آمریکایی مطرح شد. با اندازه‌گیری بزرگی، به آسانی مقدار انرژی حاصل از زلزله --- اصلاح شده (۱۹۵۶) با معادل شتاب کنکنی (Cancani).

شرح	شتاب(میلی‌متر بر مجذورثانیه
احساس نمی‌شود. فقط با زلزله‌نگارها آشکار شود.	کمتر از ۲/۵
ضعیف است. توسط اشخاص در مکانهای مناسب یا طبقات بالایی ساختمانها احساس می‌شود.	۲/۵–۵
بطور خفیف در داخل منزل احساس می‌شود. اجسام آویزان تکان می‌خورند. لرزشی مثل لرزش ناشی از عبور کامیونهای سبک وزن ایجاد می‌شود. ممکن است بعنوان زلزله شناخته نشود.	۵–۱۰
متوسط است. اشیاء آویزان تکان می‌خورند. لرزشی شبیه به لرزش کامیونهای سنگین ایجاد می‌شود. با احساس مشابه تکان خوردن دیوار بر اثر برخورد یک توپ سنگین ایجاد می‌شود. پنجره‌ها، بشقابها و درها تکان می‌خورند. شیشه‌ها بر اثر لرزش صدا می‌دهند. اجسام سفالی نیز صدا می‌دهند. در بالاتر از شدت ۴، دیوارهای چوبی صدا می‌دهند.	۱۰–۲۵
نسبتاً قوی است. در خارج از منازل احساس می‌شود. راستای زلزله قابل تخمین است. مردم از خواب بیدار می‌شوند. مایعات تکان می‌خورند و حتی از ظرف بیرون می‌ریزند. اشیاء کوچک نامقاوم جابجا یا واژگون می‌شوند. درها باز و بسته می‌شوند. پرده‌ها کرکره‌ها و قاب عکس‌ها جابجا می‌شوند. پاندول ساعتها می‌ایستند. حرکت می‌کنند و نحوه حرکت آنها تغییر می‌کنند.	۲۵–۵۰
قوی است. همه آنرا احساس می‌کنند. خیلی‌ها وحشت می‌کنند و از منازل خارج می‌شوند. راه رفتن افراد بصورت نامتعادل می‌شود. پنجره‌ها و بشقابها و بلورجات می‌شکنند. لوازم آرایش، کتابها و غیره از قفسه‌ها پایین می‌افتد. قابهای عکس از دیوارها می‌افتند. اثاثیه منزل جابجا یا واژگون می‌شوند. گچ‌های سست دیوارها و سنگهای نما می‌شکنند. زنگهای کوچک (کلیسا و مدرسه) صدا می‌دهند. تکان خوردن درختان و بوته‌ها قابل مشاهده است یا صدای خش خش آنها شنیده می‌شود.	۵۰–۱۰۰
خیلی قوی است. ایستادن مشکل است. رانندگان و موتورسواران متوجه می‌شوند. اشیاء آویزان می‌لرزند. اثاثیه می‌شکنند. تخریب ساختمانهای نوع D انجام می‌شود و ترک می‌خورند. لوله بخاری‌های سست واقع بر روی پشت بام‌ها می‌شکنند. گچ‌های سست دیوارها، آجرهای لق سنگها، سفالهای پشت بام، چوب پرده‌ها، همچنین دیواره‌هایی که خوب ساخته نشده‌اند و تزئینات معماری فرو می‌افتند. برخی از ساختمانهای نوع C ترک می‌خورند. آب سدها مواج بر اثر آشفتگی و گل آلود می‌شود. لغزش‌های کوچک و حفراتی در پهنه‌های ماسه‌ای و شنی ایجاد می‌شود. زنگهای بزرگ کلیساها به صدا در می‌آیند. جوی‌های آب که محکم ولی غیر منظم ساخته شده باشند، تخریب می‌شوند.	۱۰۰–۲۵۰
ویرانگر است. بر روی کار موتور ماشین‌ها تأثیر می‌گذارد. ساختمانهای نوع C تخریب می‌شوند و بطور بخشی فرو می‌ریزند. به ساختمانهای نوع B نیز مقداری آسیب می‌رسد. اما نوع A خراب نمی‌شوند. برخی از گچ‌بری ها و دیواره‌های کاذب فرو می‌ریزند. پیچ و تاب برداشتن و افتادن لوله بخاری‌ها، دودکش‌های کارخانه‌ها، سنگ قبرها، برج‌ها و اطاقکهای آسانسورها. خانه‌های چوبی و دارای انسجام سازه‌ای ضعیف بر روی پی خود حرکت می‌کنند. دیواره‌های سست فرو می‌ریزند. ستونهای فرسوده، نیز فرو می‌ریزد. شاخه‌های درختان می‌شکنند و جریان یا دمای آب چشمه‌ها و چاهها تغییر می‌کند. در زمینهای مرطوب و شیبهای تند شکستگی‌هایی ایجاد می‌شود.	۲۵۰–۵۰۰
خانمان برانداز است. وحشت و هراس عمومی ایجاد می‌کند. ساختمانهای نوع D تخریب می‌شوند، ساختمانهای نوع C به مقدار زیادی خراب می‌شوند. بعضی اوقات فرو ریزش کامل انجام می‌شود و ساختمانهای نوع B به سختی آسیب می‌بینند. خسارت کلی به شالوده‌های ساختمانهای چوبی، اگر انسجام سازه‌ای خوب نداشته باشند حرکت می‌کنند. ساختمانها می‌شکنند آب انبارها بشدت آسیب می‌بینند. لوله‌های زیرزمینی شکسته می‌شوند. ترکهای مشخصی در زمین ایجاد می‌شود. در مناطق آبرفتی ماسه و گل از زمین خارج می‌شود. چشمه‌ها زلزله زده می‌شوند و کراترهای ماسه‌ای ایجاد می‌شود.	۵۰۰–۱۰۰۰

مصیبت‌آمیز است. بسیاری از بناها و ساختمانهای چوبی و پی آنها تخریب می‌شود. برخی از ساختمانها چوبی با ساخت خوب و پلها خراب می‌شوند. آسیب شدید به سدها، دیوارها و دیواره سنگی کناره‌های رودخانه. زمین لغزه‌های بزرگ واقع می‌شوند. آب از داخل کانالها، رودخانه، دریاچه‌ها و غیره بیرون می‌ریزد. ماسه‌ها و گل بر روی سواحل و زمین‌های تخت بطور افقی جابجا می‌شود. خطوط آهن کمی خم می‌شوند.	۱۰۰۰–۲۵۰۰
بسیار مصیبت‌آمیز است. خطوط آهن بشدت خم می‌شوند. خطوط لوله زیرزمین بطور کامل غیرقابل استفاده می‌شوند.	۲۵۰۰–۵۰۰۰
مصیبت کامل تقریباً تخریب کامل انجام می‌شود. سنگهای بزرگ جابجا می‌شوند.	۵۰۰۰–۱۰۰۰۰

محاسبه می‌شود. انرژی زلزله‌ای که ۵ درجه ریشتر بزرگی دارد با انرژی آن بمب اتمی است که در سال ۱۹۴۵ هیروشیما را نابود کرد. انرژی زلزله ۵ درجه ریشتری ۱۰ برابر انرژی زلزله با بزرگی ۴ درجه ریشتر است و ۱۰۰ برابر زلزله‌ای با بزرگی ۳ درجه ریشتر انرژی دارد. در هر قرن ۱۴۰ زلزله با بزرگی ۸/۵ درجه ریشتر رخ می‌دهند.

زلزله‌های یا بزرگی بیش از ۷ درجه ریشتر ۲۰۰ تا ۳۰۰ بار در قرن رخ می‌دهند.

زلزله‌های با بزرگی بیش از ۶ درجه ریشتر بیش از ۱۰۰۰۰ مرتبه در قرون وقوع می‌یابند. این موضوع نشان می‌دهد که زلزله‌های پر انرژی کمتر از زلزله‌های کم انرژی رخ می‌دهند. با توجه به افزایش جمعیت جهان، خسارات مالی و جانی ناشی از زلزله‌ها رو به افزایش است.

آیا شدت و بزرگی زلزله یکی است؟ موارد ذیل جهت روشن شدن موضوع آورده می‌شوند.

دو عامل در تأثیر مخرب زلزله اثر می‌گذارد؛

۱- ساختمان زمین‌شناسی ناحیه و نوع زمین یک منطقه.

۲- عمق کانون زلزله.

ساختمان زمین‌شناسی منطقه نقش مهمی در میزان تخریب حاصل از لرزه‌ها دارد بطوریکه اگر سنگها امواج برشی S را بخوبی هدایت کنند اثرات مخرب بیشتر خواهند بود مثلاً اگر منطقه زلزله زده بر روی زمینها و رسوبات نرم و یا مردابها قرار داشته باشد که میزان تخریب افزایش می‌یابد.

عمق کانون زلزله می‌تواند باعث شود که یک زلزله با بزرگی ثابت، اثرات تخریبی متفاوتی را در سطح زمین ایجاد کند. مثلاً زلزله‌های رخ داده در عمق ۶۵۰ کیلومتری با بزرگی ۷ ریشتر مانند زلزله‌ای است که عمق کانون آن در حدود چند کیلومتر باشد و بزرگی آن نیز ۵ درجه ریشتر باشد در واقع با توجه به زیاد بودن عمق کانون زلزله فقط در حدود انرژی آزاد شده به سطح زمین رسیده است. درست مانند آنکه یک لول دینامیت در فاصله زیاد از ما منفجر شود یا آنکه در چند قدمی عمل کند و انرژی آزاد نماید.

محاسبه می‌شود. انرژی زلزله‌ای که ۵ درجه ریشتر بزرگی دارد با انرژی آن بمب اتمی است که در سال ۱۹۴۵ هیروشیما را نابود کرد. انرژی زلزله ۵ درجه ریشتری ۱۰ برابر انرژی زلزله با بزرگی ۴ درجه ریشتر است و ۱۰۰ برابر زلزله‌ای با بزرگی ۳ درجه ریشتر انرژی دارد. در هر قرن ۱۴۰ زلزله با بزرگی ۸/۵ درجه ریشتر رخ می‌دهند.

زلزله‌های یا بزرگی بیش از ۷ درجه ریشتر ۲۰۰ تا ۳۰۰ بار در قرن رخ می‌دهند.

زلزله‌های با بزرگی بیش از ۶ درجه ریشتر بیش از ۱۰۰۰۰ مرتبه در قرون وقوع می‌یابند. این موضوع نشان می‌دهد که زلزله‌های پـر انـرژی کمتر از زلزله‌های کم انرژی رخ می‌دهند. با توجه به افزایش جمعیت جهان، خسارات مالی و جانی ناشی از زلزله‌ها رو به افزایش است.

آیا شدت و بزرگی زلزله یکی است؟ موارد ذیل جهت روشن شدن موضوع آورده می‌شوند.

دو عامل در تأثیر مخرب زلزله اثر می‌گذارد؛

۱- ساختمان زمین‌شناسی ناحیه و نوع زمین یک منطقه.

۲- عمق کانون زلزله.

ساختمان زمین‌شناسی منطقه نقش مهمی در میزان تخریب حاصل از لرزه‌ها دارد بطوریکه اگر سنگها امواج برشی S را بخوبی هدایت کنند اثرات مخرب بیشتر خواهند بود مثلاً اگر منطقه زلزله زده بر روی زمینها و رسوبات نرم و یا مردابها قرار داشته باشد که میـزان تخریـب افـزایش می‌یابد.

عمق کانون زلزله می‌تواند باعث شود که یک زلزله با بزرگی ثابت، اثرات تخریبی متفاوتی را در سطح زمین ایجاد کند. مثلاً زلزله‌های رخ داده در عمق ۶۵۰ کیلومتری با بزرگی ۷ ریشتر مانند زلزله‌ای است که عمق کانون آن در حدود چند کیلومتر باشـد و بزرگـی آن نیـز ۵ درجـه ریشتر باشد در واقع با توجه به زیاد بودن عمق کانون زلزله فقط در حدود انرژی آزاد شده به سطح زمین رسیده است. درست ماننـد آنکـه یـک لول دینامیت در فاصله زیاد از ما منفجر شود یا آنکه در چند قدمی عمل کند و انرژی آزاد نماید.

تناوب

تعداد زمین لرزه‌های کره زمین بسیار زیاد است و هر سال، هزاران لرزش زمین اتفاق می‌افتدکه توسط دستگاه‌های ثبت زلزله، قابل مطالعـه آمرای هستندو اگر بتوانیم تعداد و بزرگی زمین لرزه‌ها در یک کشور یا منطقه را تعیین کنیم، میتوانیم به میزان خطر در یک منطقه یا کشور پی ببریم. احتمال خطر یعنی احتمال وقوع یک حادثه معین (مثل زلزله) در یک محدوده زمانی معین و مشخص. برای تعیین احتمال خطر به آمارهای عصر حاضر و تاریخی منطقه توجه می‌شود. مثلاً از ۱۰۰۰ سال قبل تا به امروز در منطقه‌ای خاص ۸ زلزله با بزرگی بیش از ۷ درجه ریشتر وقـوع یافته است در واقع (سال ۱۲۵=۱۰۰۰/۸) یعنی در هر ۱۲۵ سال احتمال وقوع یک زمین لرزه با بزرگی بیش از ۷ درجه ریشتر وجـود دارد و البته صحیح‌تر آنست که بگوییم در هر ۱۰۰۰ سال احتمال وقوع ۸ زلزله با بزرگی بیش از ۷ درجه ریشتر در این منطقه وجود دارد. حـال ممکن است در طول ۱۰۰ سال سال ۳ زلزله پیش‌بینی شده بوقوع بپیوندد یا اینکه تا سالهای زیاد، مثلاً تا ۴۰۰ سال دیگر نیز چنین زلزلـه‌هـایی رخ ندهد. (پس نگران نباشید) البته با توجه به ناقص بودن داده‌های تاریخی پیش‌بینی‌های میتواند تا حدودی دارای اشکال و نارسایی باشد اما بـه هـر حال ارائه اعداد می‌تواند برای برنامه‌ریزی‌های ملی و استفاده از بودجه‌های کشور مفید باشد.

پیشگوی و کاهش خطر

امروزه با توجه به اینکه می‌دانیم زلزله‌ها در مناطق گسله و محل تماس بین صفحات قدیمی یا فعلی ایجاد می‌شوند. اقدام به تهیـه نقشـه‌هـای مناطق خطر نموده‌اند که اینکار در مورد ایران نیز انجام شده است. برای اینکار بررسی، زمین‌شناسی صحرایی در مقیـاس بـزرگ و اساسـی و بـا دقت زیاد لازم است و مطالعه زمین‌شناسی مناطقی که تاریخ لرزه خیزی دارند از کارهای ضروی است. در نتیجه می‌توان نقشه‌هایی تهیه کرد که

ریسک زلزله در هر منطقه را مشخص می‌کند و بزرگی احتمال زلزله در هر منطقه را معین می‌نماید. حتی با توجه به کانون زمین لرزه‌های کوچکتر واقع در یک منطقه می‌توان نقشه‌های شدت زلزله را قبل از ترسیم کرد.

امروزه زمین‌شناسان در بسیاری از کشورها، بخصوص کشورهای زلزله خیزی همچون ژاپن، چین، آمریکا و روسیه به دنبال راه حلی برای پیش‌بینی زلزله‌ها اند ولی تاکنون موفقیت خاصی نداشته‌اند و امروزه نمی‌توان گفت که پیش‌بینی زلزله‌ها امکان‌پذیر است بلکه فقط مناطق زلزله خیز مشخص شده‌اند.

تاکنون در برخی نقاط جهان پیش‌بینی زلزله انجام گرفته که بر اساس پیش لرزه‌های آنها بوده است که البته چنین پیش‌بینی پیشگویی‌ها بصورت انگشت شمار درست از آب درآمده‌اند. مثلاً در کالیفرنیای آمریکا وقوع زلزله در منطقه اروپل (Oroville) انجام شد، بدین شکل که زلزله‌ها نگارها زلزله‌های کوچک و ضعیف متعددی را ثبت کردند که روز به روز آنها اضافه می‌شد و به فاصله چند روز یک زلزله با قدرت ۵/۷ ریشتر در یکم اوت سال ۱۹۷۵ رخ داد، اما پیش‌بینی فقط در این حد بوده است که احتمال می‌رود یک زلزله در چند روز آن آینده در این منطقه رخ خواهد داد.

در چین نیز با توجه به زلزله‌های کوچک یک منطقه، پیش‌بینی‌هایی در مورد زلزله‌های بزرگتر انجام شده است که بعضی اوقات درست بوده‌اند. البته من و شما نیز می‌توانیم با تکرار زلزله‌های کوچک و ضعیف در شهرهای کشور به چنین پیشگویی‌هایی دست بزنیم که مانند کارهای قبلی می‌تواند درست یا اشتباه از آب در بیایند.

فرضیه انبساط، فرضیه‌ای بود که در ابتدا جهت پیشگویی زلزله‌ها بسیار امیدوار کننده بود اما در نهایت راه حلی روشن و خوب به نظر نرسید زیرا در بسیاری از مناطق صدق نمی‌شود. طبق نظریه انبساط که مبنای آن آزمایشات مختلف مربوط به واکنش سنگها نسبت به فشارها و تنش‌های وارده می‌باشد سنگها بر اثر وارد شدن تنش دچار شکستگی و ترک خوردگی شده و درزهای متعددی در آنها بوجود می‌آید که در نتیجه حجم آنها افزایش می‌یابد و البته سرعت عبور امواج در آنها نیز تغییر می‌کند به دیگر مناسبتر سرعت امواج زلزله در سنگ کاهش و هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد.

این مشاهدات آزمایشگاهی که به فرضیه انبساط معروف شد در برخی مناطق پیش‌بینی‌های خوبی را بدست داد و در مناطقی دیگر نیز هیچ جواب درستی را حاصل نمود.

در نیگاتای ژاپن (۱۹۶۴) قبل از وقوع زلزله‌ای به بزرگی ۷/۴ درجه ریشتر سواحل تا ۱۰ سانتی‌متر بالا آمدند که ناشی از انبساط سنگهای منطقه بر اثر وقوع پیش لرزه‌ها بوده است. یا در زلزله ۱۹۶۲ تاجیکستان قبل از وقوع زمین لرزه از سرعت امواج کاسته شد. این کاهش سرعت امواج در مناطق دیگری از شوروی سابق نیز مورد تأئید قرار گرفته است.

قبل از وقوع زلزله در صورت وجود مواد رادیو اکتیو در یک منطقه گاز رادن موجود در کانیهای حاوی اورانیوم آزاد می‌شوند که این موضوع توسط روسها ثابت شد.

تحقیقات بر روی سرعت امواج P و S نشان داده است که قبل از وقوع زلزله نسبت به سرعت امواج P و S مقدار قابل توجهی تغییر می‌یابد. این روش پیشگویی زلزله را روش $Vp - VS$ می‌گویند. که با توجه به آن دو زلزله پیش‌بینی شد. این برای زلزله‌های بزرگ دارای کمبودهایی است که جواب درستی نمی‌دهد.

چینی‌ها با استفاده از زلزله سنج‌های ساده و حرکات جانوران اهلی و وحشی مثل خروس، گاو، مار، موش صحرایی، شیرهای باغ وحش و ماهیهای قرمز رنگ و تغییر سطح آب زیرزمینی زلزله ۸ فوریه هایچینگ را پیش‌بینی کردند که باعث شد تلفات انسانی به حداقل برسد زیرا شهر قبل از وقوع زلزله تخلیه شده بود. این پیش‌بینی افتخار بزرگی برای چینی‌ها بود. این گونه پیش‌بینی‌ها باعث شد که ساکنین دو شهر چین بیهوده از شهر خود تخلیه شوند که باعث سست شدن پیشگویی به روش چینی شد. از همه بدتر اینکه در مورد زلزله ۲۷ ژوئیه ۱۹۷۶ تانگشان چین که بزرگی ۷/۶ درجه ریشتر داشت هیچ گونه پیش‌بینی انجام نشد. این زمین لرزه که حدود یک میلیون نفر را از بین برد و پیشگویی به روش چینی را نامطمئن و هر از گاهی نشان داد.

آتشفشان

اغلب آتشفشانهای فعال جهان بر مرز صفحات تشکیل‌دهنده زمین منطبق هستند. پشته‌های میان (Mid ocean Ridge) تقریباً بصورت مداوم در حال تولید مواد آتشفشانی هستند. از دیگر مناطقی که آتشفشانهای فعال وجود دارند زونهای فرورانش و گودالهای اقیانوسی‌اند مثل نواحی ژاپن، فیلیپین، شیلی، ایتالیا و یونان. همانطور که ملاحظه می‌شود این مناطق با مناطق زلزله خیز دنیا مطابقت دارند اما فقط در محل گسلهای تغییر شکل دهنده یا ترانسفورم فالتز (Transform faults) فعالیت آتشفشانی مشاهده نمی‌شود مثل شمال ترکیه یا گسل سان اندریاس در کالفرنیای آمریکا، علت در این است که انتقال مواد مذاب از گوشته به سطح صورت نمی‌گیرد پس آتشفشان فعالی نیز وجود ندارد.

در آتشفشانهای ریفتهای میان اقیانوس گدازه فراوان است اما آتشفشانهای مناطق زیر رانده اغلب انفجاری‌اند و کمتر دارای گدازه می‌باشند.

اغلب تلفات انسانی ناشی از ولکانیسم در مناطق آتشفشانی حاشیه قاره‌ها یا مناطق فرورانش است مثل آتشفشان مشهور وزوو در ایتالیا یا آتشفشانهای ژاپن، مکزیک و کلمبیا.

بطور مختصر می‌توان گفت مناطق زیر رانده یا فرورانش بعلت زلزله خیزی و وکانیسم برای زندگی انسانها خطرناک است هر چند این قاعده در تمام نقاط کاملاً صادق نیست برخی از آتشفشانی‌ها بر اثر عمل نقاط داغ بوجود می‌آیند. مثل آتشفشانی‌هی جزایر هاوایی.

(Hot points) این مناطق بر روی مرز صفحات قرار ندارند اما پس چگونه فورانهای آتشفشانی در این مناطق رخ می‌دهد. ویلسون (Tuzo Wilson) کانادایی و مورگان (jason Morgan) آمریکایی نظریه نقاط داغ را مطرح کردند. طبق آن در برخی مناطق زمین نقاطی داغ وجود دارند که در آنجاها ذوب گوشته صورت میگیرد و مذاب حاصله پس از صعود بیرون می‌ریزد. این فورانها در داخل صفحات لیتوسفری دیده می‌شود و بر اثر حرکت صفحات و ثابت ماندن محل نقاط داغ صفحه متحرک در نقاط مختلف ذوب و سوراخ خواهد شد. به همین علت است که جزایر هاوایی همگی در امتداد یک خط بوجود آمده‌اند.

۹۸ درصد آتشفشانی‌ها در مناطقی رخ می‌دهند که دارای آتشفشانی‌های قدیمی‌اند. وقوع آتشفشانی تلفات کمتری نسبت به زلزله داشته و دارد بطوریکه از ابتدای قرن ۱۷ تا سال ۱۹۸۰ فقط ۲۶۰۰۰۰ نفر بر اثر وقوع آتشفشانی از بین رفته‌اند. برای مقابله با خطر آتشفشانها کافی است که از آنها دور باشیم. با توجه به وجود خاکهای حاصلخیز در اطراف آتشفشانها نمی‌توان از مردم خواست که آن نواحی را تخلیه کنند و اگر چنین باشد، باید کل جزایر هاوایی تخلیه شوند یا مردم اندونزی با ترک مناطق آتشفشانی دچار قحطی و مرگ ناشی از بی‌غذایی می‌شوند زیرا تمام مناطق کشاورزی در اطراف آتشفشانهای فعال آن کشور قرار دارد.

ولکانیسم بطور کلی در بیشتر مناطق دنیا بر زندگی مردم تأثیر شدیدی ندارد و فقط در مناطق بشدت فعال که هر ساله گزارش آتشفشانی‌های جدید آنجاها می‌رود، می‌تواند خطرساز باشد.

در سال ۱۸۸۲ کوه کراکاتوا در شبه جزیره کامچانکا واقع در شرق روسیه فوران انفجاری عظیمی نمود که در نتیجه جزیره از روی نقشه پاک شد. یا بر اثر فوران انفجاری کوه پله در هشتم مه ۱۹۰۲ شهر سن پیر و ۳۲۰۰۰ نفر از اهالی آن نابود شدند. (سن پیر پایتخت قدیمی جزایر مارتینیک بوده است). در این فوران فقط دو نفر زنده ماندند. گاهی اوقات فورانهای آتشفشانی با زلزله‌های کوچک محلی نیز همراهند و زلزله‌ها هشدار دهنده هستند.

با استفاده از نقشه‌های زلزله‌شناسی یا آتشفشانی زمین نمی‌توان زمان وقوع زلزله یا آتشفشانی را مشخص کرد. برای پیش‌بینی زمان وقوع آتشفشانی جمع‌آوری و بررسی اسناد تاریخی می‌تواند مفید باشد از میان وقایع تاریخی آنها که مهمتر و بزرگتر بوده‌اند ثبت شده‌اند زیرا وسایل پیشرفته اندازه‌گیری وجود نداشته‌اند. استفاده از کاوش‌های تاریخی کمکهای فراوانی به درک وضعیت و شدت فعالیت آتشفشانی یک منطقه می‌نماید. نوع فوران را باید برای هر آتشفشان مشخص کرد فوران کوه وزوو که شهر پمپئی ایتالیا را نابود کرد از نوع انفجاری و بسیار شدید بود. پس باید بهترین و صادق‌ترین منابع اطلاعاتی تاریخی را بدست آورد و پس از ادغام و تفسیر آنها، نتایجی را استنباط کرد.

بهترین بانک اطلاعاتی که در آن فورانهای تاریخی آتشفشانی ذخیره شده است در ساب ۱۹۷۱ توسط انجمن اسمیت سونین واشنگتن تهیه شد که در کامپیوتر ذخیره گشته است و حدود ۵۶۰۰ فوران آتشفشانی در آن شرح داده شده است. نتایج حاصل از این اطلاعات هم از نظر آتشفشان شناسی و هم از نظر پیش بینی حوادث اهمیت بسیار زیادی یافته است.

مدت زمان یک فوران آتشفشانی می‌تواند از نیم ساعت تا سالها به طول انجامد. اما در مناطق فرورانش بطور متوسط در حدود ۲ ماه است. این زمان بطور متوسط برای مناطق غیز فرورانش در حدود یک ماه می‌باشد.

شدت یک فوران در چه زمانی از فوران زیادتر است؟ در فورانهای انفجاری روزهای اول حداکثر شدت را دارند و حتی ساعات اولیه حداکثر شدت فوران را دارند. البته نمی‌توان نتیجه‌گیری نمود که بنابراین با گذشت اولین ساعات فوران، خطر ناشی از آن رفع شده است. بلکه ممکن است چند روز یا حتی یکماه پس از فوران اولیه، شدیدترین فورانها واقع شوند، مثل فوران کوه سنت هلن (۱۹۸۰) یا کراکاتوا (۱۸۸۲) که شدیدترین فورانهای آناه یکماه پس از فوران اولی بوده است.

حد فاصل بین دو فوران زیادتر باشد، فعالیتهای آتشفشانی انفجاری‌تر خواهد بود.

فاصله زمانی بین دو فوران، که دومی بسیار شدید بوده باشد در تاریخ آتشفشانها در حدود ۸۰۰ سال بوده است که اغلب آنها اولین فوران انفجاری خود را داشته‌اند یعنی فوران دوم که خیلی هم شدید بوده، اولین فعالیت انفجاری آن آتشفشانها بوده است. معمولاً این وقفه در فوران برای مناطق فرورانش از ۱۰۰۰ الی ۱۵۰۰ سال تجاوز نمی‌کند.

خوب حالا دماوند که آخرین گدازه‌هایش ۳۸۵۰۰ سال سن دارند آیا مجدداً فوران می‌کند؟ قاعدتاً خیر. اما با توجه به اینکه آغاز فوران با زلزله همراه است می‌توان با توجه به آن از خطرات ولکانیسم دوری جست.

برای اطلاع از زمانهای فوران‌های یک آتشفشان استفاده از روشهای ژئوکرونولوژی (تعیین سن رادیومتری سنگها) مفید است بطوریکه می‌توان با توجه به گدازه‌های یک آتشفشان و تعیین سن رادیومتری آنها به تاریخ فورانهای آن پی برد.

پیشگویی فعالیتهای آتشفشانی

این پیشگویی‌ها بسیار مشکل هستند و بسیاری از اوقات غلط از آب درآمده‌اند و بر دو اصل استوار است. یکی شناخت زمین‌شناسی آتشفشان و دیگری وجود یک ایستگاه مراقبت در محدوده آتشفشان.

با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و تعیین سن یک آتشفشان می‌توان نوع فعالیت‌های آن، تعداد فورانها، نظم و قاعده فورانها و زمان خواب آتشفشان را دانست.

اگر مطالعه زمین‌شناسی دقیق نباشد اطلاعات اشتباهی از آتشفشان خواهیم داشت مثلاً حجم زیاد خاکستر و ایگنمبریت نشان دهنده فعالیتهای انفجاری آتشفشان است که باید در هنگام کار صحرایی تشخیص داده شوند وگرنه می‌توان به غلط گمان کرد که آتشفشان غیرانفجاری است و این به معنای اشتباه کامل در درک نوع فعالیت آن است.

در بررسی ساختمان زمین‌شناسی آتشفشان باید به گسلها و نحوه جریان آب در ساختمان آتشفشان دقت نمود و امروزه بررسی‌های آب‌شناسی نیز انجام می‌شوند زیرا ورود آب به سنگهای داغ گاز ایجاد می‌کند که بخار آب بشدت داغ عاملی برای انفجار خواهد بود. بنابراین بارندگی و میزان آن در یک منطقه آتشفشانی از اهمیت خاصی برخوردار است. در ضمن آبهای سطحی می‌توانند خاکسترهای دانه‌ریز را بصورت جریانی از گل (لاهار) به سمت پایین شیبها و دامنه آتشفشان روان کنند که این گلها ممکن است یک شهر یا آبادی بزرگ را در زیر خود مدفون سازند.

استقرار ایستگاه مراقبت در آتشفشانهایی که احتمال فعالیت آنها می‌رود بسیار مفید است در این ایستگاه‌ها زلزله‌سنج و دستگاه‌های اندازه‌گیری حرکت خاک نصب می‌شوند که آنها را انحراف سنج می‌نامند.

در یک آتشفشان تحت مراقبت حدود ۱۰ زلزله سنج و شبکه‌ای از انحراف سنجها مستقر می‌شوند. امروزه در بین ۵۰۰ آتشفشان فعال دنیا فقط ۳۰ آتشفشان به ایستگاه‌های مراقبت مجهز هستند. از این میان ۶ ایستگاه در ژاپن مستقر است و در فرانسه، آمریکا و ایتالیا فقط ۳ ایستگاه وجود دارد. در ایسلند نیز ۴ ایستگاه مراقبت آتشفشان وجود دارد. هر ایستگاه ۱ میلیون دلار هزینه نصب دارد و سالانه در حدود ۲۰۰ هزار دلار مخارج نگهداری و کارشناسی برای آن صرف می‌شود.

زلزله‌سنجها فعالیتهای لرزه‌ای آتشفشان را نشان می‌دهند. زلزله‌های مرتبط با فورانهای آتشفشانی مداوم هستند و شدت متوسط دارند. مثلاً در آتشفشان سوفریر فرانسه زلزله‌های قبل از وقوع فوران سال ۱۹۷۶، روزانه به ۱۰۰۰ لرزه بالغ شدند که نشان‌دهنده حالت بحرانی بود. با توجه به درک فعالیتهای لرزه‌ای آتشفشانها، وقوع چندین فوران پیش‌بینی شده است مثل فورانهای آتشفشان کرافلا را در ایسلند (۱۹۸۰)، فوران آتشفشان نوادول روئیز در کلمبیا و فعالیت آتشفشان شیشون مکزیک (۱۹۸۵).

نفوذ ماگما از عمق به سطح باعث شکستن سنگهای زیر آتشفشان می‌شود که این شکستگی‌ها، لرزه‌ها را ایجاد می‌نماید، با ادامه شکستگی‌ها و صعود ماگما به سمت بالا، بالاخره ماگماهای صعود کرده، بیرون خواهد ریخت.

در انحراف سنجی‌های یک آتشفشان به جابجایی خاک و سنگهای سطح آن توجه می‌شود مثلاً قبل از فوران می‌بینیم که در شیبهای دامنه آتشفشان واریزه‌ها به حرکت درمی‌آیند و در نقاط مختلف روی آتشفشان بالا آمدن و فرونشتن خاک صورت می‌گیرد. در انحراف سنجی از

ابزارهای نوری و لیزری استفاده می‌شود. البته باید حرکات خاک که بطور طبیعی وجود دارند را با حرکات ناشی از شروع فعالیت‌های آتشفشان اشتباه نکرد.

مقابله با خطر

بهترین راه مقابله را خطر فوران و فعالیت‌های آتشفشانها، ترک و تخلیه منطقه است. در ۱۳ نوامبر سال ۱۹۸۵ زمین‌شناسان از فعالیت آتشفشان نوادودل روئیز کلمبیا خبر دادند ولی کسی به آن توجه نکرد مقامات مسئول دستور تخلیه شهر کوچک آرمرو را ندادند. که در نتیجه سیلاب گل شهر آرمرو نابود شد و ۲۲۰۰۰ نفر کشته شدند.

آیا می‌توان با هر هشداری اقدام به تخلیه منطقه مسکونی نمود؟ اینکار در صورت عدم وقوع فوران یکی دو بار قابل انجام خواهد بود ولی از آن به بعد مردم با دلسردی عمل خواهند نمود. یکی از کارهای پرخرج ولی مفید گود کردن دره‌های واقع بر دامنه آتشفشانهاست که باعث انحراف مسیر جریانهای گل یا ابرهای سوزان خواهد شد. ساختن بناهای مقاوم نیز ممکن ولی پرخرج است.

تهیه نقشه‌های خطر آتشفشانها بدلیل مشاهده دستگاه‌های آتشفشان در سطح زمین کاری ساده است.

نوع فوران در تعیین میزان خطر مهم است بدین صورت که باید دانست فوران انفجاری است یا ملایم، که این مطلب سرنوشت کار را بسیار متفاوت خواهد نمود زیرا سرعت حرکت گدازه ۱۰ تا ۱۰۰ متر بر ساعت است در حالیکه ابر سوزان می‌تواند ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت سرعت داشته باشد. ابر سوزان در واقع گازهای داغ و ذرات جامد آتشفشان است که بر سر مردم اطراف آتشفشان فرو می‌ریزد. میزان گاز یا ذرات جامد می‌توانند بسیار متفاوت باشند.

در اینجا آماری از قربانیان فورانهای آتشفشانی و نوع مواد حاصل را ارائه می‌کنیم. تعداد قربانیان فورانهای آتشفشانی از سال ۱۶۰۰ تا امروز ۲۶۲۰۰۰ نفر بوده است که ۱۱۰۰۰۰ نفر بر اثر علل ثانوی مانند بیماری و قحطی از بین رفته‌اند. تسونامی حاصل از لرزه‌ای آتشفشانها ۴۴۰۰۰ نفر را کشت. ابرهای سوزان ۵۵۰۰۰ نفر را نابود کرد. لاهار ۴۰۰۰۰ نفر، گدازه ۱۰۰۰ نفر، پرتاب و سقوط خاکستر ۱۱۰۰۰ نفر، گازهای سمی و باران اسیدی ۱۲۰۰ نفر و زلزله‌ها حاصل از لرزش آتشفشان ۱۰۰ نفر را به هلاکت رسانده است.

تلفات انسانی ناشی از فورانها در مناطق مختلف دنیا از سال ۱۶۰۰ (قرن ۱۷)

منطقه	کشته‌شدگان (نفر)
اندونزی	۱۶۱۰۰۰
آمریکای مرکزی	۵۵۰۰۰
منطقه دریای کارائیب	۳۱۱۰۰
آمریکای جنوبی	۲۸۰۰۰
ژاپن	۱۹۰۰۰
ایسلند	۹۵۰۰
فیلیپین و گینه نو	۷۰۰۰

مدیترانه	۴۰۰۰
دیگر مناطق	۲۰۰۰

سیل (مقدمه)

به عنوان مثال سیل رودخانه نکا در چند سال گذشته نمونه ای از سیلابهای مخرب

شدت بارندگی به حدی بود که دبی رودخانه نکا به ۲۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه رسید و این در حالیست که طبق آمار ۴۰ ساله، در مواقع طغیان رودخانه‌ها، دبی آن از ۴۰۰ مترمکعب بر ثانیه تجاوز ننموده است. بارندگی بصورت ناحیه‌ای بوده و در طی ۴۸ ساعت شهرستان‌های نوکنده، شاهرود و بجنورد چند بار با سیل مواجه شدند.

مهمترین علل وقوع این سیل را خشکسالی، کم بودن پوشش گیاهی در حوضه آبریز، روان شدن خاک و بارش سیل‌آسای کم سابقه باران دانسته‌اند. همچنین کشاورزی و شخم‌های مداوم در جهت شیب زمینهای کشاورزی شیبدار در ایجاد سیل مؤثر بوده‌اند. نبود دیواره‌های سنگی مقاوم در دو طرف رودخانه و ماندری شکل بودن آن در محدوده شهر نکا نیز از دلایل تشدید این سیل بوده است. مساحت جنگل‌های شمال کشور از سال ۱۳۲۰ تا به امروز به نصف کاهش یافته است. بهره‌برداری بی رویه از منابع محدود جنگلی در شمال کشور و نکاشتن نهال‌های جدید، تجاوز به حریم رودخانه‌ها که بطور کلی بصورت ساخت و ساز منازل در حریم رودها است نیز یکی از دلایل تشدید فاجعه بود. خشکسالی باعث شده بود که خاک، چسبندگی ذرات خاک نسبت به یکدیگر کاهش یافته بود. خشکسالی خود باعث تضعیف پوشش گیاهی است و در نتیجه خاک به آسانی توسط جریانهای آب جاری شسته می‌شود. تضعیف شدید در حوضه آبریز نیز به لخت شدن بیشتر منطقه از پوشش گیاهی شده بود و همه اینها فاجعه بزرگ سیل نکا را منجر شد.

سیلابها به تعداد کم و بیشتر در سرزمینهای خشک رخ می‌دهند و کمتر قابل دیدن هستند زیرا خیلی سریع رخ می‌دهند. سیلاب یک مسئله مهم و عامل تخریب کار ساز برای جاده‌ها، پلها و ساختمانها است. آنچه از سیل یک بلا می‌سازد نداشتن پوشش گیاهی خاکهای یک منطقه است سیلابها در مناطق صحرایی اغلب کوتاه مدت (یکروزه) ناپایدار هستند و کمتر دیده می‌شوند.

سیل نه تنها همه چیز را در سر راه خود تخریب می کند بلکه علاوه بر جاری شدن ناگهانی آب با حجم زیاد، ابتدا فرسایش سطح زمین و نابودی خاکهای کشاورزی و سپس رسوبگذاری گل و مواد معلق در مناطق پایین دست را در پی دارد.

سیل در شهرهای گسترده و ابنیه‌ای مانند جاده‌ها بررسی چهار مورد را ایجاد می کند.

۱- پیش‌بینی و جلوگیری از وقوع آن.

۲- دوری از آن و تغییر مکان وقوع سیل.

۳- تخریب حاصل زا وقوع سیل را چگونه بایدبه حداقل میزان خود برسد.

۴- انجام امور ساخت و ساز به چه شکلی باشد.

پیش‌بینی و جلوگیری از وقوع سیل بسیار سخت است، بخصوص آنکه معمولاً در مناطق خشک اطلاعات ثبت شده کم است. سریع بودن واقعه کار جلوگیری از سیل را مشکل میکند و در عمل ناممکن یا تا حدی ناممکن است.

بررسی نواحی مورد مطالعه با نقشه‌های ژئومورفولوژی می‌تواند به تهیه یک نقشه رودخانه‌ای برای پیش‌بینی بلایایی مثل سیل کمک کند. به عنوان مثال بر سیستم‌های رودخانه‌ای در زمینهای پست یک سری از مخروطهای افکنه حاکم است و عمق آبراهها و کانال‌های طبیعی، نحوه هدایت آبهای جاری را کنترل می‌کنند. سیل محصولی از ژئومورفولوژی یک منطقه محسوب می‌شود. بطور کلی مخروط افکنه‌های جوان خطرناکتر هستند زیرا عمق آبراهه‌های آنها کمتر و ارتفاع آنها بیشتر است.

با توجه به نقشه ژئومورفولوژی از سیستم‌های رودخانه‌ای، می‌توان مناطق مختلف را بر اساس پتانسیل مخاطرات سیل طبقه‌بندی کرد. هر چند برای بسیاری از مناطق شهری بزرگ، نقشه‌های نشان‌دهنده میزان خطر سیل تهیه شده است.

برای جاده‌ها نیز وضعیت ژئومورفولوژی مهم است. مثلاً اگر جاده‌ای بخش بالای یک سری از مخروطهای افکنه را قطع کرده باشد، اینچنین راهی در بهترین وضعیت است و اگر از قسمت پائینی مخروط افکنه می‌گذشت بدترین وضعیت را داشت زیرا باید آبراهه‌های زیادی را قطع می‌کرد و در مسیر سیلاب قرار میگرفت.

بر اثر جاری شدن سیل در مناطق شهری برای کف کانال‌ها دو اتفاق روی می‌دهد، یکی اینکه کف کانالها بر اثر شدت سیل کنده می‌شود که این مطلب در مناطق پر شیب بیشتر اتفاق می‌افتد و دیگر اینکه گل و دیگر رسوبات در کف کانال‌ها رسوب می‌کنند که در صورت عدم لایروبی و پاکسازی در سیلابهای بعدی خطرساز خواهند شد زیرا از حجم کانال کاسته خواهد شد و سطح آب در سیل یا سیل‌های بعدی بالاتر می‌آید، در ضمن حمل همین رسوبات می‌تواند میزان تأثیر تخریب سیل را افزایش دهد.

هنگامی که سیل رخ می‌دهد بستر طبیعی رودخانه یا یک کانال ظرفیت کافی برای جا دادن آب در حال جرین ندارد و سرریز می‌شود که در اینصورت حاشیه‌های کانال صدمه می‌بیند و دیواره‌ها را دچار خسارت می‌کند یا در اطراف رودخانه به خانه‌های احداثی خسارت وارد می‌آورد. سیلاب قطعات تشکیل دهنده منازل و ابنیه تخریب شده را با خود حمل می‌کند. ممکن است آب از سیل گیرها یا کانالها سر ریز شود و دشتهای زراعی اطراف را به باطلاق بدل سازد گاهی نیز سیل می‌آید ولی کانالها یا رودخانه‌ها تحمل حجم آب را دارند که در این صورت به ابنیه و زمینهای اطراف آسیبی نمی‌رسد.

در یک رودخانه تعیین سطح آب با یک هیدروگراف قابل ثبت نمودن است. هیدروگراف آب عبور کرده از یک نقطه رودخانه را در واحد زمان اندازه‌گیری می‌کند که با مترمکعب بر ثانیه بیان می‌شود. حجم آب عبوری از یک نقطه رودخانه در ثانیه را دبی رودخانه یا Dischargre آن رودخانه می‌گویند. دبی رودخانه در محل ایستگاه‌های هیدروگرافی اندازه‌گیری می‌شود به این صورت که ارتفاع آب در یک مقطع رودخانه که پروفیل آن از قبل اندازه‌گیری شده است، تعیین می‌شود که با محاسبه ساده بیانگر حجم خواهد بود، با تعیین سرعت عبور آب می‌توان حجم آب عبور کرده در واحد زمان را مشخص نمود که همان دبی است. قابل ذکر است که در هر نقطه از یک رودخانه شکل و نوع هیدروگراف یکسان است.

بستر آبراهه‌های کوچک در مناطق خشک و نیمه خشک اغلب توپوگرافی تند و پوشش گیاهی اندک دارند. پس اگر شدت بارندگی زیاد باشد سیل‌های ناگهانی در این مناطق رخ می‌دهد که سریع، بی خبر و غیرمنتظره خواهند بود. بخشهایی از کلرادوی آمریکا چنین وضعیتی دارند. در سال ۱۹۷۶، ۱۳۹ نفر رودخانه تامپسون کلرادو بر اثر سیل غرق شدند(Big thompson canyon).

مهمترین اقدامات برای جلوگیری از وقوع سیل

۱- حفظ پوشش گیاهی و افزایش مقدار آن در حوضه آبریز.

۲- پاک کردن کانالها و رودخانه‌ها از رسوبات و گلهایی که کف آنها را پر کرده‌اند و باعث کاهش حجم آنها شده‌اند.

۳- جلوگیری از احداث خانه‌ها، ویلاها و مکانهای تفریحی دارای ساختمان در بستر و حریم رودخانه‌ها و آبراهه‌ها.

۴- ایجاد سیل بندها و دیوارهای نگه‌دارنده در حاشیه رودخانه‌ها.

۵- ایجاد سدها و بندها در مسیر رودخانه‌هایی که هر چند وقت سیلابی می‌شوند.

۶- ایجاد بندهای کوچک در مسیر آبراهه‌ها، بطوریکه با ایجاد دیوارهای سنگی کوچک نیز می‌توان به آب پشت این دیوارها فرصت نفوذ در زمین را داد.

تنها عارضه سیل خطرات و تخریبهای آنی نیست بلکه فرسایش شدید بستر رودخانه‌ها و تغییر وضعیت و شکل و کف رودخانه‌ها از مسائل مهم است. رودخانه می‌تواند رسوبات بستر خود را بکند و پس از حمل در جای دیگر (پائین دست رودخانه) رسوب دهد.

فرسایش حاشیه رودخانه می‌تواند باعث تغییر مسیر رود شود و مآندر ا یجاد کند. با تغییر مسیر، بستر رودخانه به محل‌های دیگری منتقل می‌شود و زمینها و ساختمانهای آن بخشها را تخریب و بلا استفاده می‌کند.

در مناطق گرمسیری مآندرینگ می‌تواند بزرگتر و وسیعتر باشد مثل رودخانه براهماپوترا (Brahmaputra) در بنگلادش که بین سالهای ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۱ سالانه ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر بطور جانبی تغییر مسیر داده است.

میزان فرسایش حاشیه رودخانه‌ها با افزایش دبی آن نسبت مستقیم دارد بطوریکه در رودخانه‌های بزرگتر، بدلیل بالابودن دبی، فرسایش حاشیه‌ها نیز بیشتر است، بخصوص اگر مسیر رودخانه پر پیچ و خم نیز باشد. فرسایش حاشیه رودخانه با شکل رودخانه (میزان تا پیچ و انحنای آن) و جنس کناره‌های آن نیز تغییر می‌کند مثلاً هر چه پیچ‌های رودخانه تندتر باشند، فرسایش کناره خارجی پیچ‌ها نیز بیشتر است. بطورکلی فرسایش در رودخانه‌های دارای مآندر بیشتر است.

ارزیابی ریسک سیل

برای اینکار باید از تغییرات دبی یک رودخانه در ایام مختلف سال آگاه شد، از میزان تخریب و خسارات وارده ناشی از سیل‌های قبلی نیز برآوردهایی در دست داشت و از وضعیت آب و هوایی مطلع بود و امکان پیش‌بینی‌های هواشناسی وجود داشته باشد. در بسیاری از کشورها این اطلاعات وجود ندارد، مثلاً در کشور انگلستان ۷۵۰ ایستگاه برای اندازه‌گیری دبی رودخانه‌ها وجود دارد اما بطور متوسط اطلاعات ۲۳ سال موجود است.

با جمع‌آوری اطلاعات می‌توان یقین داشت که بعنوان مثال در هر ۵۰ سال در منطقه‌ای خاص مثلاً ۱ یا ۲ بار سیل‌های بزرگ رخ می‌دهد.

میزان خسارات ناشی از سیل مهم است. این میزان با توجه به نوع زمین (منظور میزان سستی و استحکام زمین است) و استحکام ابنیه قابل برآورد است. وقتی نه تنها خانه‌ها بلکه سازه‌های بزرگ مهندسی (مثل پل ها، جاده‌ها و سدها) و تأسیسات صنعتی یک ناحیه تخریب می‌شوند، آنگاه بزرگی ابعاد فاجعه یک سیل مشخص و معلوم میگردند.

سرانجام ارزیابی ریسک سیل برای یک رودخانه بصورت نموداری قابل ترسیم خواهد بود که بر روی محور افقی آن پریود زمانی به سال قرار دارد مثلاً عدد ۱۰ یعنی در هر ۱۰ سال و بر روی محور عمودی حداکثر دبی رودخانه در هنگام وقوع سیل برآورده می‌شود مثل ۳۰ مترمکعب در ثانیه یعنی هر ۱۰ سال در این رودخانه که نمودار برای آن ترسیم شده یکبار دبی رود به ۳۰ m 3/s می‌رسد.

طبق این نمودار در هر ۵۰ سال یکبار سیلی با دبی ۸۰ M 3/s آید (یعنی دبی رود m 3/s می‌شود). احتمال سیل گرفتگی یک بنا با توجه به فاصله آن از بستر رودخانه تغییر می کند بطوریکه هر چه از رودخانه‌های اطراف دور میشویم و به ارتفاع بیشتر می‌رویم احتمال سیل گرفتگی کاهش می‌یابد.

انرژی محیط زیست

انرژی محیط زیست (منابع انرژی – اثرات توسعه منابع انرژی)

در حال حاضر رشد در مصرف انرژی سه برابر رشد جمعیت است. سوختهای فسیل ارزانترین منابع انرژی جوامع بشری‌اند و ۹۵ درصد سوخت مصرفی جهان را تشکیل می‌دهد. مهمترین منابع انرژی که می‌تواند توسط بشر مورد استفاده قرار گیرد عبارتند از؛ انرژی خورشید که بدون هیچ گونه آلودگی در محیط زیست ما وجود دارد و روزانه انرژی معادل ۶ میلیون بشکه نفت، انرژی خورشیدی به ایران می‌تابد. در واقع منبع انرژی‌های حاصل از سوختهای فسیل نیز همان انرژی خورشیدی است که موجب رشد گیاهان و موجودات ذره‌بینی شده است.

انرژی اتمی از شکاف هسته اتم‌ها به دست می‌آید و قادر است مقادیر زیادی انرژی به ما پس دهد که تولید و استفاده از آن به تکنولوژی پیشرفته‌ای نیاز دارد.

یک راکتور اتمی و نیروگاه مربوط به آن با صرف هزینه زیادی قابل احداث و استفاده است و عوارض زیست محیطی تفاله‌های حاصله حداقل تا ۱۵۰۰ سال بعد از ایجاد تفاله‌ها ادامه خواهد داشت. دفع زباله‌های اتمی مشکلی است که برای صاحبان راکتورها و مصرف کنندگان انرژی هسته‌ای وجود دارد و مکانهای دفن زباله‌های هسته‌ای به آسانی بدست نمی‌آیند. بطوریکه دفن این زباله‌ها توسط هیچ کشوری قابل پذیرش نیست مگر خود کشور مصرف کننده انرژی اتمی. زیرا خاکها یا آبهایی که زباله‌های هسته‌ای در آن دفن می‌شوند آلوده وغیر قابل استفاده بشر خواهند شد.

ازدیگر منابع انرژی سوختهای فسیلی هستند. استفاده از این منابع انرژی از یکطرف موجب مصرف شدن اکسیژن و از طرف دیگر باعث آلودگی محیط زیست می‌شود و امروزه حیات بشر روی کره زمین را مورد تهدید قرار داده. این سوختها عبارتند از نفت، گاز و ذغال‌سنگ که در کشورهای مختلف به نسبتهای متفاوت مورد استفاده قرار می گیرند.

امروزه حدود ۵۰۰ میلیون وسیله نقلیه، کارخانجات متعدد، نیروگاه‌های برق و وسایل گرم کننده منازل که با سوختهای فسیل کار می کنند، منابع اصلی آلوده کننده هوا هستند.

یکی دیگر از منابع انرژی، آبهای جاری هستند که با استفاده از سدها می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند این منبع انرژی در مناطق پر آب جهان بیشتر قابل استفاده است و پس از تبدیل به انرژی الکتریکی قابل استفاده خواهد بود.

انرژی باد نیز در برخی نقاط جهان که بادخیز هستند به راحتی قابل استفاده است.

این منبع انرژی در مقایسه با دیگر منابع انرژی ارزش کمتر دارد و در مناطقی خاص قابل استحصال می‌باشد.

امروزه استفاده از انرژی مواد مذاب در مناطقی از جهان که آتشفشانهای فعال دارند، مورد توجه قرار گرفته است بطوریکه در مناطقی از ایسلند آبگرم و انرژی حرارتی جهت گرم کردن منازل از این منبع ارزان و قابل دسترسی تأمین استفاده می‌شود.

استفاده از انرژی مناطق آتشفشانی در صورتی امکان‌پذیر است که آن در مناطق، ذخایر آب نیز وجود داشته باشند زیرا این آب است که ابتدا باید گرم شود و سپس انرژی موجود در آن قابل استفاده خواهد بود.

اثرات توسعه منابع انرژی.

امروزه حدود یک میلیارد نفر هوای غیراستاندارد از نظر سازمانهای محیط زیست را استنشاق می‌کنند که عوارض جسمی و روانی منفی در پی دارد. این آلودگی هوا ناشی از استفاده سوختهای فسیل است.

استفاده روزافزون از منابع انرژی باعث آلودگی آب و هوا شده است. بطوریکه کشورهای صنعتی بیشترین CO_2 موجود در هوا را تولید می‌کنند. آمریکا ۲۵ درصد، کشورهای متحد مشترک المنافع ۱۴ درصد، چین ۱۰ درصد و هندوستان ۳ درصد گاز کربنیک جهان را تولید می‌کنند. نظر به اینکه میزان CO_2 قابل جذب توسط گیاهان سالانه در حدود ۲۰۰ میلیارد تن می‌باشد، لذا مازاد CO_2 تولید شده در اتمسفر باقی می‌ماند. از طرفی نابودی و مصرف بی‌رویه جنگلها خود باعث کاهش جذب مقدار کل CO_2 می‌شود پس بطور کلی هر سال CO_2 ممووجود در هوای اطراف ما افزایش می‌یابد.

افزایش میزان CO_2 در اتمسفر باعث افزایش اثر گلخانه‌ای و افزایش دمای زمین می‌شود بطوریکه پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ دمای کره زمین ۱/۵ درجه افزایش یابد که نتایج آن بطور عمده ایجاد خشک سالی در مناطق گرمتر زمین و ذوب یخ‌های قطبی می‌باشد. ذوب شدن یخهای قطبی باعث بالاآمدن سطح آب و بروز سیل و در نتیجه تخریب سواحل و بنادر خواهد شد.

تهران بزرگ روزانه ۳۰۰۰ تن منواکسیدکربن ۵۰۰ تن هیدروکربنهای خوب سوخته نشده، ۱۲۰ تن اکسیدهای نیتروژن، ۳۰ تن اکسید گوگرد و ۲ الی ۵ تن سرب تولید می‌نماید که این مواد معلق وارد هوای تهران می‌شوند. سرب وارده به خون مردم تهران در هر شبانه‌روز در حدود ۵۰ میکروگرم است در صورتیکه مقدار مجاز آن ۳۰ میکروگرم می‌باشد. این سرب اضافی وارد شده بر خون بر هوش کودکان و سلامت افراد جامعه تأثیر می‌گذارد.

مقدار اغلب دیگر آلاینده‌های هوا نیز در تهران بزرگ زیادتر از حد مجاز است که تأثیرات زیست محیطی نامطلوبی در پی دارد.

استفاده از انرژی اتمی نیز بر اثر ایجاد زباله‌های اتمی آلودگی محیط زیست را در پی دارد که در درازمدت خطرات و آسیبهای جدی به جوامع انسانی وارد می‌نماید.