

## پیشگفتار

امروزه استفاده بیش از حد از منابع موجود به دلیل رشد جمعیت و افزایش تقاضا به مشکلی بزرگ تبدیل شده است. بسیاری از منابع موجود مانند آب و خاک تجدیدپذیر نبوده و اگر باشند نیاز به زمان طولانی برای تجدید دارند که متأسفانه با روند افزایشی تخریب، چنین فرصتی برای منابع تأمین نمی‌شود. حرکات توده‌ای که به موجب آن هر ساله حجم زیادی از منابع از دسترس خارج می‌شود یکی از پدیده‌هایی است که متأسفانه به آن توجه جدی نمی‌شود. مطالعات اجرایی مربوط به حرکات توده‌ای و مدیریت آن اغلب بعد از وقوع این پدیده صورت می‌گیرد که معمولاً کمک‌چندانی به کاهش خسارات آن نمی‌کند. مطالعات پژوهشی نیز معطوف به کارهایی می‌شود که اول آنکه نتایج آن در دسترس همگان نیست و دوم آنکه خیلی کم به مرحله اجرا می‌رسد. حتی در تفکیک انواع حرکات نیز بسیاری از کارشناسان با توجه به طبقه‌بندیهای مختلفی که از این حرکات وجود دارد دچار سردرگمی می‌شوند. در کتاب حاضر سعی بر این است که حرکات توده‌ای قبل از هر چیز مورد شناسایی و در مراحل بعد عوامل ایجادکننده و تحلیل خطر این پدیده مورد بحث قرار گیرد. در این مجموعه علاوه بر مطالعات و پژوهشهای اینجانبان در زمینه حرکات توده‌ای، مطالعات دیگر در کشور و سایر نقاط دنیا مورد بحث قرار گرفته است. امید است با چاپ این کتاب بتوانیم گامی کوچک در کاهش تخریب منابع برداریم و سهمی هر چند کوچک در پیشرفت علم و آبادانی کشور عزیزمان داشته باشیم. کتاب شامل مباحث ذیل است:

در مقدمه کلیات و تاریخچه‌ای از وقوع حرکات توده‌ای در جهان و ایران، میزان خسارات مالی و جانی و مناطق مستعد وقوع این پدیده بیان می‌شود. در فصل

اول انواع حرکات توده‌ای و تعاریف آنها از دیدگاههای مختلف بررسی می‌شود. در فصل دوم به بررسی زمین‌لغزش به عنوان مهم‌ترین نوع حرکت توده‌ای در ایران و ریخت‌شناسی آن می‌پردازیم. در فصل سوم عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در فصل چهارم روشهای مطالعه و آنالیز وقوع زمین‌لغزش شرح داده می‌شود. در فصل پنجم پایدارسازی حرکات توده‌ای و در فصل ششم نرم‌افزارهای مورد استفاده در مطالعات زمین‌لغزش و نحوه کار با این نرم‌افزارها شرح داده می‌شود. با توجه به اینکه چاپ هر اثر علمی خالی از اشکال و کاستی نیست، بنابراین صمیمانه از خوانندگان محترم، به ویژه استادان و دانشجویان تقاضا داریم در صورت تمایل ما را از نظریات و پیشنهادات خود بی‌بهره نگذارند و ما را در ارتقای مطالب این اثر یاری دهند.

دکتر حمیدرضا مرادی

تابستان ۱۳۸۹

## مقدمه

انسان با مسائل زیست‌محیطی فراوانی مواجه است. بلایای طبیعی جزئی از این مشکلات هستند. بلایای طبیعی سالانه موجب کشته و مجروح شدن صدها هزار تن و بی‌خانمان شدن میلیون‌ها نفر در سراسر جهان می‌شود (محمدی، ۱۳۸۶: ۱). حرکات توده‌ای<sup>۱</sup> و به ویژه زمین‌لغزش<sup>۲</sup> یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که وجود عواملی از قبیل مستعد بودن ناهمواریها از نظر منشأ ساختمانی و دینامیک، قطع درختان و بهره‌برداریهای بی‌رویه از جنگلها، رعایت نکردن اصول فنی و نگهداری جاده‌های جنگلی و روستایی، اعمال نکردن مدیریت صحیح و بهره‌برداری غیر اصولی از منابع موجود باعث تشدید آن شده است (شادفر و همکاران، ۱۳۸۴: ۶۳). حرکات توده‌ای اصطلاحی است که دربرگیرنده کلیه انواع حرکات دامنه‌ای است و عموماً به کلیه رویدادهایی گفته می‌شود که در اثر ناپایداری در دامنه‌ها اتفاق می‌افتد و سبب جابه‌جایی توده‌ای از مواد در طول دامنه می‌شود. این اصطلاح دربرگیرنده فرایندهایی است که به حرکت توده‌ای از مواد رسوبی، سنگ، خاک یا ترکیبی از آنها به سمت پایین دامنه منجر می‌شود. حرکات توده‌ای هر ساله در بسیاری از مناطق دنیا سبب کشته شدن افراد زیادی می‌شود. نمونه‌ای از لغزشهای بزرگ و مرگ‌ومیر ناشی از آنها در جدول ۱ نشان داده شده است.

بررسی آمار کشته‌شدگان ناشی از حرکات توده‌ای نشان می‌دهد که قاره امریکا بیشترین آمار تلفات را به خود اختصاص داده است (شکل ۱). از نظر خسارت مالی حاصل از زمین‌لغزش نیز اروپا در رتبه اول قرار دارد (شکل ۲).

---

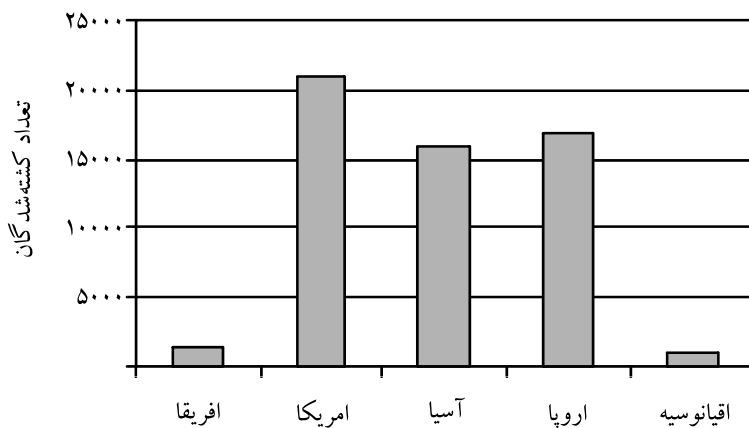
1. mass movement  
2. landslide

جدول ۱ مثالهایی از حرکات توده‌ای بزرگ و تعداد مرگ و میر ناشی از آنها (کمک پناه و همکاران، ۱۳۷۳)

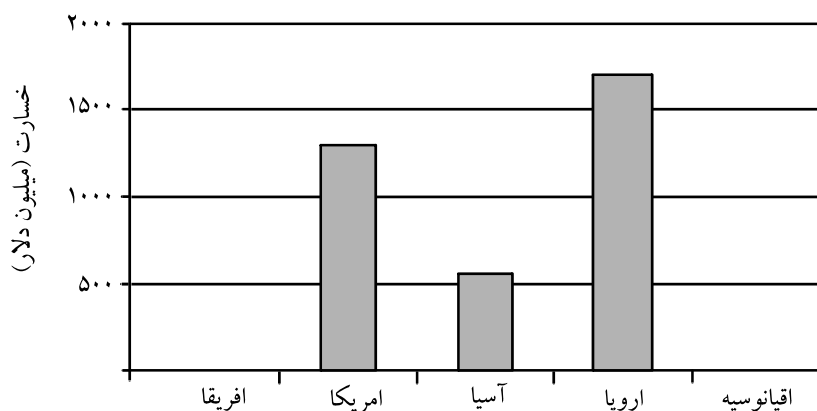
توضیحات	تعداد مرگ و میر (نفر)	کشور	زمان وقوع
زمین لغزه موجب تخریب شهر رن گردید.	۳۰۰	فرانسه	۱۵۸۴
لغزش سنگ	۲۲	امریکا	۱۷۴۱
لغزش کنگلومرای دوران سوم که موجب تخریب دهکده شد.	۴۵۷	سوئیس	۱۸۰۶
جرمی در حدود ۵۵ میلیون متر مکعب از خاک رس به داخل دره رودخانه لغزید.	۱۱۱	نروژ	۱۸۹۳
ریزش سنگ و بهمن واریزه	۷۰	کانادا	۱۹۰۳
گسیختگی و جریان مصالح که بر اثر زلزله به وقوع پیوست.	۲۰۰۰۰۰	چین	۱۹۲۰
لغزش بر اثر زلزله به وقوع پیوست.	۲۸	امریکا	۱۹۵۹
بر اثر لغزش سنگ بزرگی به داخل دریاچه سد، سیل بزرگی به راه افتاد.	۳۰۰۰	ایتالیا	۱۹۶۳
گسیختگی در محل تجمع مواد اضافی حاصل از بهره‌برداری معدن زغال سنگ به وقوع پیوست.	۱۴۴	بریتانیا	۱۹۶۶
گسیختگی خاک رس	۳۱	امریکا	۱۹۷۱
بهمن واریزه‌ای که در اثر پوشش برفی به وقوع پیوست.	۲۳۰۰۰	کلمبیا	۱۹۸۲

دقت در شکل ۲ نشان می‌دهد که میزان خسارات ناشی از زمین لغزش در اروپا به طور متوسط سالانه ۱۷ میلیون دلار برآورد شده است (کوه‌ورست و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۲۴).

ایران نیز به دلیل شرایط خاص آب و هوایی، فیزیوگرافی و تغییر کاربری همواره با مشکل حرکات توده‌ای مواجه است و توجه به این محدودیت طبیعی امری ضروری به نظر می‌رسد. تخریب جاده‌ها، بزرگراهها، خطوط انتقال نیرو و انرژی (برق، گاز و نفت)، از بین رفتن و تخریب گسترده منابع طبیعی (مراعات، جنگلها،



شکل ۱ تعداد کشته‌شدگان زمین‌لغزش در دنیا طی سالهای ۱۹۰۳-۲۰۰۴ (کوهورست و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۲۴)



شکل ۲ هزینه خسارات زمین‌لغزش در دنیا طی سالهای ۱۹۰۳-۲۰۰۴ (کوهورست و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۲۴)

زمینهای کشاورزی، باغها و غیره)، رسوب‌زایی گسترده و سریع و کمک به پر شدن مخزن سدها و بستر رودخانه‌ها از رسوب، تخریب ابنیه فنی، منازل و مناطق مسکونی از جمله خسارات ناشی از بروز حرکات توده‌ای است (کورکی‌نژاد، ۱۳۸۰). در ایران در مورد خسارات ناشی از حرکات توده‌ای مطالعاتی صورت گرفته که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. دقت در جدول ۲ نشان می‌دهد که خسارات ناشی از ۴۹۰۰ زمین‌لغزش ثبت شده در کشور ۱۲۶۸۹۳ میلیارد ریال برآورد گردیده است.

جدول ۲ گزارش جمع‌بندی اطلاعات و خسارات مربوط به ۴۹۰۰ زمین‌لغزش از سال ۱۳۷۲ تا پایان شهریور ۱۳۸۶ (گروه مطالعه امور زمین‌لغزشها، ۱۳۸۶: ۳۲)

میزان خسارت	نوع خسارت
۱۷۸ نفر	تلفات جانی
۱۹۹۱ رأس	تلفات احشام
۲۱۳۴ باب	مناطق مسکونی
۵۹۷۴/۱۱ هکتار	زمین زراعی
۶۹۴۱ هکتار	اراضی جنگلی
۱۶۸۸۶ هکتار	اراضی مرتعی
۷۲۰ هکتار	باغها
۲۵۲/۶۷ کیلومتر	راه اصلی
۴۶ کیلومتر	راه روستایی
۳ کیلومتر	راه جنگلی
۶ کیلومتر	راه آهن
۰/۰۹ کیلومتر	پلها
۳/۷۲ کیلومتر	کانال آبیاری
۰/۵۲ کیلومتر	لوله انتقال گاز
۳/۳۸ کیلومتر	لوله انتقال آب
۰/۱ کیلومتر	لوله انتقال نفت
۳۷ عدد	دکل انتقال نیرو

خسارات کلی ناشی از زمین‌لغزش: ۱۲۶۸۹۳ میلیارد ریال

بررسی پدیده حرکات توده‌ای از یک سو به منظور شناسایی مناطق دارای قابلیت حرکات توده‌ای در محدوده فعالیت‌های بشری حائز اهمیت بوده و از سوی دیگر جهت شناسایی مکانهای امن برای توسعه زیستگاههای جدید و یا سایر کاربریهای آتی انسان نظیر جاده‌ها، مسیرهای انتقال نیرو، انرژی و غیره در مقیاسهای مختلف مورد توجه برنامه‌ریزان قرار دارد (سفیدگری و همکاران، ۱۳۸۴: ۵۷۴). یکی از مشکلات عمده که غالباً پیامدهای سوء خطرهای طبیعی را مضاعف می‌سازد نبود برنامه‌ریزیهای از پیش تعیین شده در مورد مسئولیت ارگانها و هماهنگ کردن

فعالیت‌های آنهاست. بنابراین برای حفظ سرمایه‌های ملی ضروری است تا در برخورد با بلایای طبیعی مدیریتی جامع اعمال شود. به این ترتیب، با اتخاذ تدابیر و فعالیت‌های مناسب موجب پیشگیری، کنترل و ترمیم خسارت‌های ایجاد شده گردد. وجود مدیریتی واحد جهت برنامه‌ریزی‌های مربوط و واگذاری مسئولیتها و وظایف گروهها و سازمانهای مختلف مرکزی، منطقه‌ای و محلی از ضروریات مدیریت بلایای طبیعی<sup>۱</sup> است (میرصانعی، ۱۳۸۲: ۲). برای مدیریت صحیح سوانح طبیعی و همچنین حرکات توده‌ای قبل از هر اقدامی باید ماهیت، مکانیزم، عوامل محرک، پیامدها و راههای کنترل این پدیده را به خوبی شناخت و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. ارزیابی خطرهای این پدیده مانند بسیاری از موضوعات زمین‌شناسی محیطی به دلیل تنوع عوامل مؤثر در وقوع آن مسئله‌ای پیچیده است. نبود قطعیت که ناشی از گنگ بودن، ناکامل و مبهم بودن شرایط و مفاهیم مرتبط با پارامترهایی نظیر زمین‌شناسی، هیدرولوژیک، تکتونیک، پوشش گیاهی، بارندگی، فرسایش، نوسانات درجه حرارت و غیره در بروز ناپایداری دامنه‌ای<sup>۲</sup> است لزوم استفاده از روشهای دقیق و مناسب را در بررسی ناپایداریهای دامنه‌ای، منطقی می‌کند (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۴: ۴۴؛ پورقاسمی، ۱۳۸۶: ۱). تاکنون متخصصان مختلف علوم طبیعی مطالعات زیادی در مورد حرکات توده‌ای انجام داده‌اند، ولی به دلیل پیچیده بودن این پدیده، بیشتر مدل‌های مورد استفاده حالت کیفی داشته و برای منطقه‌ای خاص کاربرد دارند. در سالهای اخیر روشها از حالت کیفی و تجربی خارج شده و به سمت روشهای آماری و کمی سوق یافته‌اند. در این روشها بر اساس شرایط موجود در منطقه و پراکنش حرکات توده‌ای، رابطه‌ای بین عوامل مؤثر و وقوع حرکات توده‌ای پیدا شده است و منطقه بر اساس رابطه به دست آمده از نظر حساسیت به این حرکات بررسی می‌شود (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۰). امروزه استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۳</sup>، تجزیه و تحلیل در علوم مختلف و همچنین مطالعات مربوط به علوم زمین و به ویژه حرکات

---

1. natural hazards
2. slope instability
3. geographic information system (GIS)

توده‌ای را تا حد زیادی آسان و دقیق‌تر کرده است. دلیل این امر حجم زیاد اطلاعات و پویا و تغییرپذیر بودن این اطلاعات در محیط GIS است. تشکیل بانک اطلاعاتی از نقشه‌های موضوعی مختلف و امکان ارتباط و توسعه با فناوری پیشرفته پردازش تصاویر ماهواره‌ای<sup>۱</sup> از قابلیت‌های GIS است. به طور کلی مزایای استفاده از GIS برای پهنه‌بندی وقوع زمین‌لغزش را می‌توان به این صورت خلاصه کرد (فرج‌زاده و منتظرالقائم، ۱۳۷۵):

الف) با تشکیل بانک اطلاعاتی از منطقه در هر زمان امکان دستیابی به آنها میسر است.

ب) امکان آزمون مدل‌های مختلف ناپایداری دامنه‌ای وجود دارد.

ج) سرعت و دقت در مقایسه با روشهای دستی و سنتی بیشتر است.