

زمین لغزش

ملچ آرام

وحدشدهای آموزشی

بهزاد سعیدی رضوی، اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی خراسان رضوی
مریم عابدینی، دبیر زمین شناسی آموزش و پرورش تهران، منطقه ۵
حمیدرضا امیری مقدم، دبیر آموزش و پرورش گلستان، رامیان
سولماز افسری کهنه شهری، دانشجوی دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

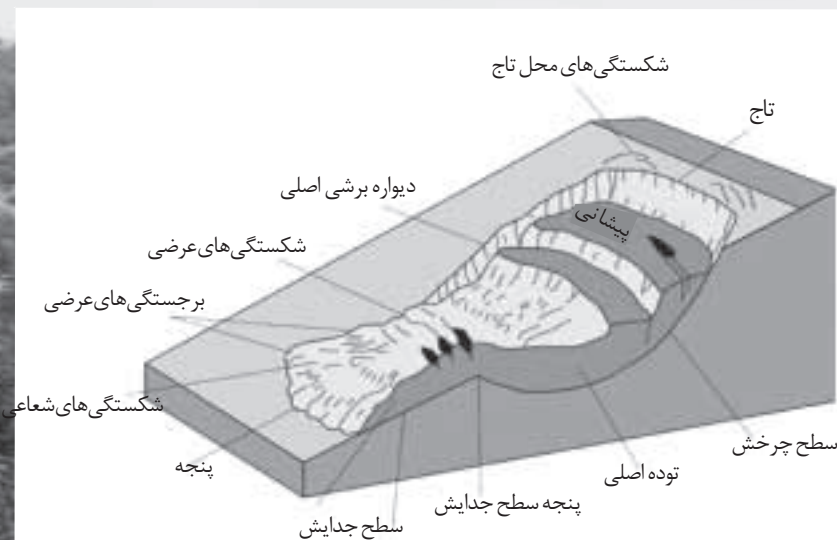
چکیده

«زمین لغزش» یا «رانش زمین» که به حرکت توده‌ای مواد روی شیب دامنه گفته می‌شود، از جمله پدیده‌های طبیعی است که برخی از عملکردهای انسانی در کنار عوامل طبیعی باعث ایجاد و وقوع زمین لغزش می‌شود. نمونه‌ای از آن، زمین لغزشی است که در روستای «ملچ آرام» از توابع شهرستان رامیان رخ داد و عوامل طبیعی و ویژگی‌های جغرافیایی منطقه (بارندگی فراوان، توپوگرافی و لیتولوژی) در کنار عوامل انسانی (نظیر احداث جاده و خاک‌برداری از پاشنه شیب، از بین بردن پوشش گیاهی و...) به وقوع زمین لغزشی عظیم و ایجاد خسارات مالی و جانی و تخریب جنگل منطقه انجامید. با این همه، زمین لغزش‌ها تا حدود زیادی قابل پیش‌بینی‌اند و با به کارگیری نرم‌افزارهای خاص و عکسهای هوایی، می‌توان مناطق با خطر بالا را شناسایی و به میزان زیادی از خسارت جانی و مالی احتمالی جلوگیری کرد. آشنایی با نشانه‌های وقوع زمین لغزش قریب‌الوقوع و آگاهی از راهکارهای در امان ماندن از خطرات این پدیده نیز به میزان زیادی در کاهش خسارات جانی و مالی مؤثر است.

کلیدواژه‌ها: زمین لغزش، بلایای طبیعی، لغزش، ریزش، جریان، روانه گلی.

مقدمه

در تعریف عمومی به حرکت مواد روی شیب، «زمین لغزش» یا «رانش زمین» گفته می‌شود (شکل ۱). ایران به دلیل توپوگرافی عمدتاً کوهستانی و شیب‌دار، داشتن پهنه‌های گسلی فراوان و ویژگی‌های خاص جغرافیایی و آب و هوایی خود، ظرفیت بالایی برای وقوع زمین لغزش دارد. به طوری که هر سال گزارش‌های فراوانی از وقوع این پدیده اعلام می‌شود. آمارها نشان‌دهنده خسارات جانی و مالی فراوانی هستند. خسارات ناشی از زمین لغزش تنها به جمعیت‌های انسانی محدود نمی‌شود و آثار جبران‌ناپذیری روی طبیعت گیاهی، جانوری و شرایط جغرافیایی می‌گذارد. از این رو، زمین لغزش یا Landslide به همراه آتشفشان، سیل، زلزله، بهمن، طوفان، سونامی و... در زمره «بلایای طبیعی»^۱ قرار می‌گیرد و لذا توجه به آن و داشتن اطلاعات پایه و کارآمد برای کاهش خطرات و اجتناب از پی‌آمدهای سنگین آن، لازم به نظر می‌رسد.



شکل ۱. نمایی از یک زمین لغزش چرخشی ایده‌آل
www.geology.com/usgs/Landslides

زمین لغزش چیست؟

خاک مستعد حرکت می‌شود. عامل دیگری که در زمان وقوع می‌تواند اثرگذار باشد، هوای محبوس زیر توده واریزه است. معمولاً این هوا زیر توده‌ای که در حال حرکت به سمت پایین شیب است، به دام می‌افتد و مانند یک بالش هوا، از اصطکاک سطحی بین واریزه‌ها و زمین می‌کاهد و باعث حرکت سریع توده مواد می‌شود. بنابراین آشکار است که هر عاملی که بتواند مقاومت درونی مواد را در برابر حرکت از بین ببرد، به حرکت توده‌ای مواد روی دامنه کمک می‌کند.

عوامل ایجاد زمین لغزش

زمین لغزش هنگامی رخ می‌دهد که شرایط پایایی شیب از حالت پایدار به ناپایدار تغییر می‌یابد. تغییرات پایداری توسط عوامل زیادی که به تنهایی یا با هم عمل می‌کنند، به وجود می‌آیند. دلایل طبیعی ایجادکننده زمین لغزش عبارت‌اند از:

- بالا آمدن آب‌های زیرزمینی (نیروی آب) به عنوان عامل فشار برای ناپایدار کردن شیب.
 - کمبود یا فقدان ساختار و شبکه‌بندی عمودی گیاهی، مواد غذایی خاک، و ساختار خاک.
 - فرسایش پاشنه شیب توسط رودخانه یا امواج اقیانوسی.
 - تضعیف شیب از طریق ذوب برف، ذوب یخچال‌ها یا باران‌های شدید.
 - زمین‌لرزه‌هایی که بار اضافه به شیب وارد می‌کنند.
 - زمین‌لرزه‌های میعانی ناپایدارکننده شیب‌ها.
 - فوران‌های آتشفشانی.
- زمین لغزش‌ها با فعالیت‌های انسانی نیز تشدید می‌شوند. عوامل انسانی شامل قطع درختان جنگلی، فعالیت‌های کشاورزی و

زمین لغزش به حرکت ناگهانی یا آرام و یکنواخت توده خاک و سنگ روی شیب دامنه گفته می‌شود. این پدیده زمین‌شناسی، گستره وسیعی از حرکات، نظیر ریزش قطعات و بلوکه‌های سنگی، تخریب عمیق شیب‌ها، و جریان‌های کم‌عمق واریزه را شامل می‌شود و در نواحی خشکی دور از ساحل، مناطق ساحلی و حتی محیط‌های آبی آشفته (توربیدایت) نیز رخ می‌دهد. نیروی جاذبه زمین^۳ انرژی لازم برای حرکت واریزه‌ها را به سمت پایین شیب فراهم می‌آورد. گرچه اثر نیروی جاذبه عامل محرک اولیه برای وقوع زمین لغزش است، اما عوامل همراه دیگری که باعث ناپایداری شیب می‌شوند، نیز، در ایجاد این پدیده نقش دارند. معمولاً عوامل پیش‌شرط، باعث تقویت شرایط تخریب‌کننده شیب می‌شوند، درحالی‌که زمین لغزش حقیقی غالباً برای ریزش و آزادسازی به یک عامل برانگیزنده نیاز دارد.

آب به عنوان یکی از نیروهای اثرگذار بر این پدیده، به نیروی ثقل کمک و کار آن را آسان می‌کند. فضای خالی بین ذرات رسوبات نرم معمولاً از هوا و آب پر شده است. وجود آب بین‌دانه‌ای و نیروی کشش سطحی باعث انسجام خاک می‌شود. اما زمانی که تمام این فضاها از آب پر شود، کشش سطحی از بین می‌رود و توده خاک مستعد حرکت به پایین شیب می‌شود. از طرف دیگر، حضور آب باعث افزایش وزن خاک موجود روی شیب نیز می‌شود که باز هم به عملکرد نیروی جاذبه کمک می‌کند. اشباع شدن خاک و پر شدن تمامی فضاها خالی و خلل و فرج‌ها، درون توده خاک یا سنگ فشار به وجود می‌آورد که این فشار سبب دور شدن دانه‌های مجزا و یا حتی واحدهای بزرگ سنگی از یکدیگر می‌شود. در نتیجه، اصطکاک داخلی یا مقاومت مواد در برابر حرکت کاهش می‌یابد و باز هم توده

فعالیت‌های معدنی، شیب‌های ضعیف و شکننده را ناپایدار می‌کنند. بعضی عوامل سبب این ناپایداری عبارت‌اند از:

- لرزش‌های ناشی از عملکرد ماشین‌آلات یا رفت‌وآمد وسایل نقلیه.
- انفجارها و ایجاد لرزش‌های مصنوعی.
- خاک‌برداری‌هایی که شکل شیب را تغییر می‌دهند یا آن‌هایی که بار جدیدی به شیب موجود وارد می‌سازند و یا در فعالیت‌های معدنی و جاده‌سازی‌های غیر اصولی، بی‌توجهی به نوع سنگ‌شناسی و وضعیت لایه‌بندی نسبت شیب توپوگرافی.
- حذف پوشش گیاهی با ریشه عمیق که در خاک‌های کم‌عمق، خرده‌سنگ‌های رویی را به سنگ مادر متصل نگه می‌دارد.
- ساخت و سازها، فعالیت‌های کشاورزی و یا جنگل‌داری (قطع درختان) که مقدار آب نفوذی خاک را تغییر می‌دهد.
- ساخت سد در حاشیه‌های ناپایدار.

انواع زمین‌لغزش

برای توضیح دلایل و اثرات متفاوت در تخریب شیب، زمین‌شناسان زمین‌لغزش‌ها را با توجه به نوع حرکت و اندازه مواد متشکله به این شرح تقسیم‌بندی می‌کنند:

[www.idahogeology.org/Draw one pag.asp? Dag id =83](http://www.idahogeology.org/Draw%20one%20pag.asp?Dag%20id%3D83)

● **لغزش^۴**: عبارت از حرکت بلوکه‌هایی از مواد روی صفحه برشی است که به «لغزش چرخشی»^۵ که در امتداد یک سطح مقعر حرکت می‌کند و «لغزش انتقالی»^۶ که حرکت به موازات سطح زمین انجام می‌گیرد، تقسیم می‌شود.

● **ریزش^۷**: عبارت است از رها شدن ناگهانی سنگ‌ها یا خاک‌ها که آزادانه در هوا و با سطح تماس کمی با سطوح دیگر، به

زمین برخورد می‌کنند. «برگشتی»^۸ مشابه ریزش است با این تفاوت که حرکت اولیه شامل یک چرخش رو به جلوی توده مواد است.

● **جریان^۹**: عبارت است از حرکت توده مواد به صورت سیال غلیظ به سمت پایین دامنه. مواد دامنه که از آب اشباع شده‌اند، به صورت «جریان واریزه»^{۱۰} یا «جریان گل»^{۱۱} به حرکت درمی‌آیند. نتیجه اشباع شدن سنگ و خاک از آب می‌تواند از جاکندن درختان، تخریب خانه‌ها و ماشین‌ها، مسدود شدن پل‌ها و نتیجه آن طغیان و سیل در طول مسیر عبور آن باشد.

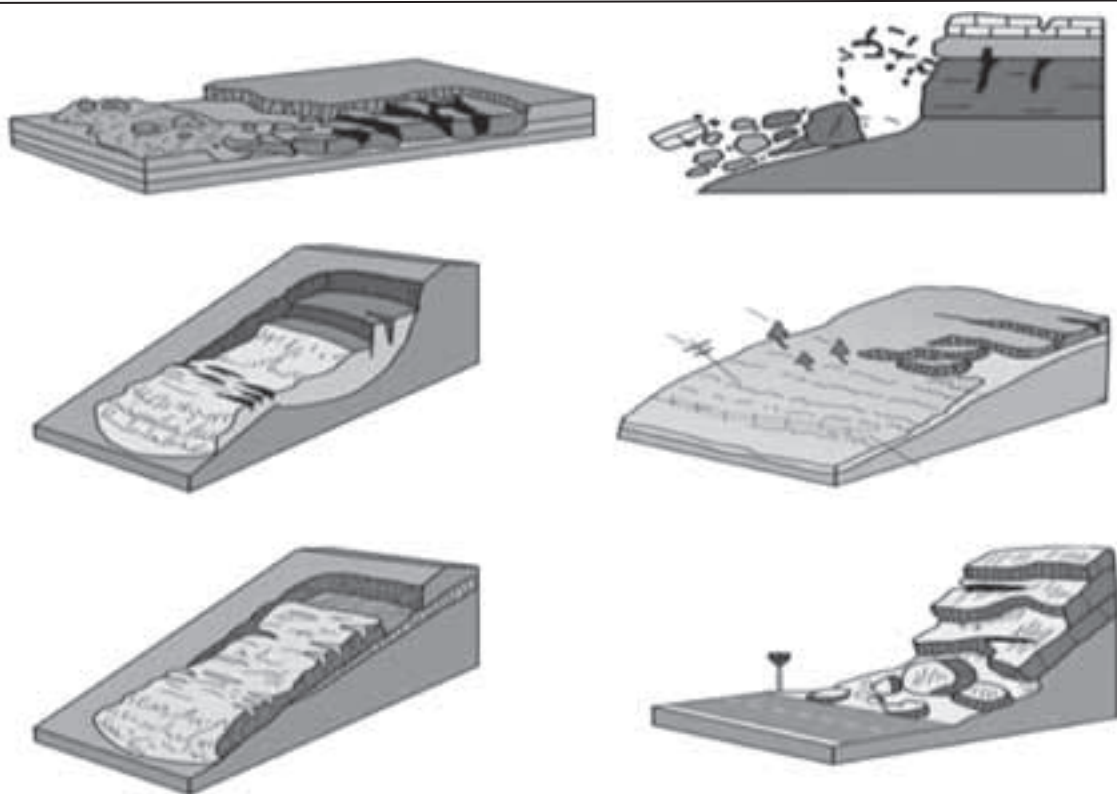
● **جریان واریزه**: اما فرایند تشکیل آن کاملاً متفاوت است. جریان‌های گل- واریزه در مناطق دارای ارتفاع زیاد، تخریب‌های شدیدی در ساختمان‌ها و حتی زیر بنایشان ایجاد می‌کنند و زندگی انسان‌ها را غالباً به خطر می‌اندازند. آغاز یک جریان گل- واریزه ممکن است در نتیجه عوامل وابسته به شیب باشد که عموماً وقتی با عمق کم رخ می‌دهد، می‌تواند بستر یک رود را مسدود کند. زمانی که عمل آگیری توده قطع شود، «اثر دومینو» به وجود می‌آید که در آن، رشد چشم‌گیری در حجم و مقدار توده جریان یافته به وجود می‌آید و ممکن است واریزه‌ها از کانال مسیر رود بالا بزنند. چگالی مخلوط جامد- مایع می‌تواند به بیش از ۲ تن در متر مکعب و سرعت حرکت مخلوط به بالاتر از ۱۴ متر در ثانیه برسد. معمولاً نتیجه چنین فرایندهایی نه تنها تجمع واریزه‌ها (از چندین متر مکعب تا صدها متر مکعب) روی جاده و انسداد آن است، بلکه در برخی موارد جاده، پل یا خط آهن که روی این کانال رودخانه قرار دارد را کاملاً از بین می‌برد و حذف می‌کند.



ب. جدایش جانبی که با گسستگی در جاده قابل مشاهده است



الف. لغزش توده بزرگی از مواد روی جاده



شکل ۲. نقشه‌های پیش‌بینی زمین‌لغزش

(www.idahogeology.org/Drawonepag.asp)



ت

ت. جریان واریزه در نتیجه وقوع سیل



پ

پ. جریان واریزه در جنگل

● **روانه گلی**^{۱۲}: نوع نسبتاً سریعی از حرکت ثقلی مواد و عبارت از جریانی از خرده‌سنگ‌ها و گل همراه با مقدار زیادی آب است. روانه‌های گلی، خاص نواحی کوهستانی نیمه‌خشک هستند و به دلیل دارا بودن آب زیاد و ذرات ریز فراوان، در امتداد شیارها و دره‌ها جریان می‌یابند. اما عمدتاً سنگین و شدید هستند. به هنگام رگبارهای شدید و ذوب سریع برف‌های کوهستانی، سیلاب‌های ناگهانی ایجاد می‌شوند و چون پوشش گیاهی برای نگهداری مواد سطحی کم است، مقدار زیادی خاک و رگولیت شسته و به داخل

کانال‌های رودخانه‌ای وارد می‌شود این امر جریان زبانه‌ای ایجاد می‌کند. روانه‌های گلی پر حجم و شدید قادرند سنگ‌ها، درختان و حتی خانه‌ها را به آسانی جابه‌جا کنند. روانه‌های گلی هم‌چنین روی دامنه‌های برخی از آتشفشان‌ها فراوانند که در این صورت به آن‌ها «لاهار»^{۱۳} می‌گویند. لاهار هنگامی حاصل می‌شود که لایه‌های بسیار ناپایدار خاکستر و قطعات ریز سنگ‌های آتشفشانی از آب اشباع شوند و به سمت پایین دامنه آتشفشان حرکت کنند.



ج

ج. جریان گل و خودروهای به دام افتاده در آن



ث

ث. جریان گل و ترک‌های گلی ایجاد شده پس از خشک شدن

باشد. آنالیزها را برای شناسایی عوامل اثرگذار بر زمین لغزش، تخمین میزان ارتباط عوامل تخریب شیب، ایجاد ارتباط بین عوامل مذکور و زمین لغزش، و پیش‌بینی خطر زمین لغزش در آینده براساس این ارتباط، به کار می‌گیرند. عواملی را که برای آنالیز خطر زمین لغزش مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان در گروه‌های ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و هیدرولوژی دسته‌بندی کرد. از آن جاکه عوامل زیادی برای نقشه‌برداری خطر زمین لغزش در نظر گرفته می‌شوند، نرم‌افزار GIS ابزار مناسبی برای این کار است؛ چرا که توانایی دریافت، ذخیره‌سازی، تغییر، نمایش و آنالیز حجم‌بالایی از داده‌های فاصله‌ای رفرنس را دارد.

تکنیک‌های سنجش از دور نیز برای ارزیابی خطر زمین لغزش و آنالیزشان بسیار کاربردی‌اند. عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای قبل و بعد از زمین لغزش، برای مشخص کردن ویژگی‌ها و اختصاصات

● روانه‌های خاکی^{۱۴}: برخلاف روانه‌های گلی، روانه‌های خاکی

در نواحی مرطوب متداول‌اند. وقتی آب رگولیت‌های غنی از رس دامنه‌های پرشیب را اشباع می‌کند، مواد موجود در دامنه‌ها شروع به حرکت می‌کنند و پس از طی مسافتی کوتاه، آثار و زخم‌هایی روی دامنه از خود به جای می‌گذارند. برحسب میزان شیب دامنه و یکنواختی ترکیب مواد، سرعت روانه‌های خاکی از چند میلی‌متر در ساعت تا چندین متر در دقیقه متغیر است. چون روانه‌های خاکی کاملاً غلیظ هستند، لذا نسبت به روانه‌های گلی حرکت کندتری دارند.

● خزش^{۱۵}: حرکت تقریباً غیرقابل مشاهده مواد به سمت پایین

شیب است. «جدایش‌های جانبی»^{۱۶} هنگامی رخ می‌دهند که آب‌گونه شدن مواد سطحی باعث شود که سنگ‌های سطحی یا خاک‌ها به سمت قسمت کم‌شیب حرکت کنند.



ح

ح. خمیدگی تنه درختان در نتیجه خزش



چ

چ. خزش در دامنه تپه

نقشه‌های پیش‌بینی زمین لغزش

یک زمین لغزش نظیر گستردگی و نوع آن و تعیین عواملی مثل شیب و لیتولوژی که به پیش‌بینی رویدادهای بعدی کمک می‌کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. عکس‌های هوایی قبل و بعد از زمین لغزش، هم‌چنین به تشخیص این که یک زمین لغزش بعد از وقوع چگونه

آنالیز خطر زمین لغزش و نقشه‌برداری، می‌تواند اطلاعات مفیدی برای کاهش تلفات فاجعه‌آمیز فراهم آورد و نیز راهنمایی برای یافتن زمین‌های پایدار مورد استفاده در برنامه‌ریزی‌ها و طراحی‌ها

ناشی از آن اجتناب کرد، بسیار اهمیت دارد. مدیریت و توسعه زمین‌های پایدار کلیدی ضروری برای کاهش اثرات منفی ایجاد شده توسط زمین‌لغزش است.

زمین‌لغزه‌های ماقبل تاریخ

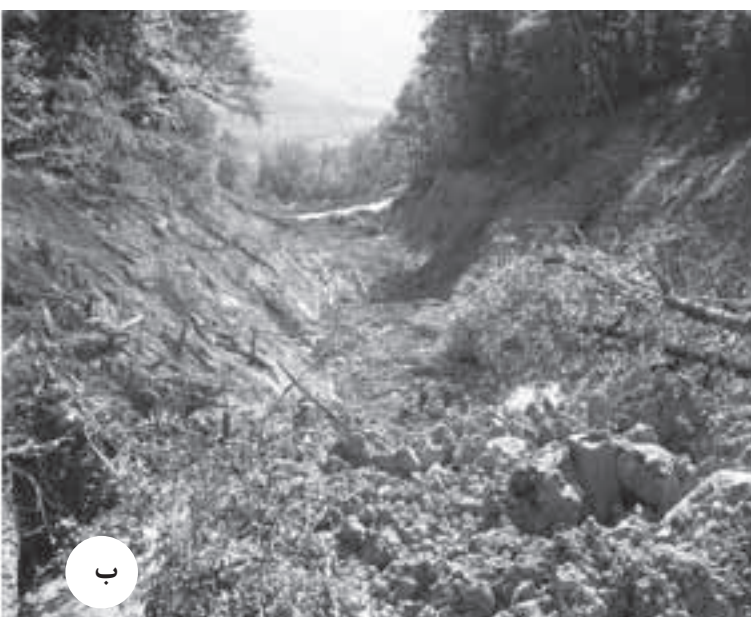
زمین‌لغزش‌ها از گذشته و در دوران‌های متفاوت زمین‌شناسی تاکنون وجود داشته‌اند که می‌توان شواهد و آثار آن‌ها را روی زمین شناسایی کرد. زمین‌لغزشی که کوه‌های «هارت»^{۱۷} را به موقعیت کنونی‌شان حرکت داد، بزرگ‌ترین زمین‌لغزشی است که تاکنون روی زمین کشف شده است. از ۴۸ میلیون سال پیش به بعد که این زمین‌لغزش رخ داد، فرسایش بیشتر قسمت‌های آن را از بین برده است. نمونه دیگر آن زمین‌لغزش «فلمز»^{۱۸} با وسعت ۱۳ هزار کیلومتر مربع در سوئیس است که حدود ۱۰ هزار سال پیش و در دوره پس از یخچالی پلیستوسن- هولوسن رخ داده است. این زمین‌لغزش دورترین زمین‌لغزشی است که تاکنون از کوه‌های آلپ گزارش شده است. زمین‌لغزشی در حدود ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح که دریاچه «وایکارموانا»^{۱۹} را در ایسلند شمالی به‌وجود آورد نیز باعث ریزش

تغییر می‌یابد و چه عواملی آن را به‌راه انداخته است، کمک می‌کنند. به‌علاوه فرایند بازیابی و بهبود منطقه را نیز نشان می‌دهند.

به کمک عکس‌های ماهواره‌ای، نرم‌افزار GIS و مطالعات روی زمین، می‌توان نقشه‌هایی تهیه کرد که وقوع یک زمین‌لغزش را در آینده نشان دهند. چنین نقشه‌هایی باید موقعیت رویدادهای قبلی را هم به‌خوبی موقعیت رویدادهای احتمالی آینده نشان دهند. درحقیقت، برای پیش‌بینی زمین‌لغزش‌ها مهم‌ترین فرض این است که وقوع آن‌ها با عوامل مشخص زمین‌شناسی تعیین می‌شود و زمین‌لغزش‌هایی که در آینده رخ می‌دهند، تحت همان شرایط که زمین‌لغزش‌های گذشته اتفاق افتاده‌اند، رخ خواهند داد. بنابراین لازم است که بین شرایط ژئومورفولوژیکی که زمین‌لغزش قبلاً در آن رخ داده است و شرایط پیش‌بینی‌شده برای آینده ارتباطی برقرار شود (شکل ۲).

بلاهای طبیعی نمونه غم‌انگیزی از تعامل زندگی انسان‌ها با محیط است. پیش‌گویی‌های اولیه و اعلام خطر کردن برای کاهش خرابی‌های احتمالی و خسارات جانی، ضروری و لازم است. از آن‌جا که زمین‌لغزش به‌طور فراوان رخ می‌دهد و یکی از مخرب‌ترین نیروهای روی زمین است، بنابراین داشتن درک درستی از چگونگی وقوع آن و این‌که چه‌طور می‌توان مانع از رخ‌دادن آن شد و از اثرات

شکل ۳. تصویر فعالیت زمین‌لغزش و تخریب پوشش جنگلی در ملج آرام (تصویر الف) نمای دور و (تصویر ب) نمای نزدیک از تخریب جنگل



جدول ۱. نقش گیاهان و پوشش گیاهی در زمین لغزش (A ناپایدارکننده و B پایدارکننده)

نقش	عمل روی خاک	عامل	تأثیر
B	افزایش مقاومتی	ریشه گیاهان	مکانیکی
B	مهارسازی خاک		
B	کاهش قابلیت فرسایش		
A-B	ممکن است اثر منفی یا مثبت داشته باشد	وزن گیاهان	
A	وارد کردن نیروی دینامیکی به شیب توسط اثر برگ گیاهان	باد	
A A	افزایش نفوذپذیری افزایش زبری خاک جذب رطوبت و ایجاد ترک کششی	ریشه گیاهان	هیدرولوژیکی
B B	کاهش فشار آب منفذی در اثر جذب رطوبت خاک کاهش میزان نفوذ آب توسط جذب نزولات جوی	شاخه و برگ گیاهان	

رساند. ۱۵ سال بعد در سال ۱۳۸۶ نیز دوباره فعال شد و این بار تنها پوشش جنگلی منطقه را تخریب کرد. بررسی‌های زمین‌شناسی و مطالعات ژئوتکنیک انجام گرفته در منطقه مشخص کرده است که این زمین لغزش هنوز حرکت نهایی خود را انجام نداده است و احتمال وقوع زمین لغزش با شدت بیشتر وجود دارد. این امر بررسی و مطالعه دقیق منطقه را برای تعیین عوامل ایجادکننده به‌منظور جلوگیری از خسارات احتمالی آینده ضروری می‌سازد. دلایل وقوع این لغزش را در این منطقه می‌توان به دو عامل مستعدکننده و تحریک‌کننده تقسیم کرد:

۱. عوامل مستعدکننده

- **خصوصیات چینه‌شناسی:** وجود شیل در منطقه و قدرت جذب بسیار بالا زمین لغزشی که کوه‌های «هارت» را به موقعیت کنونی‌شان حرکت داد، و همچنین، نفوذناپذیری آن، سبب سنگین شدن خاک منطقه شده و امکان وقوع لغزش را افزایش داده است.
- **خصوصیات ساختاری:** در این منطقه شیب لایه‌بندی و شیب توپوگرافی هم‌جهت هستند و شیب توپوگرافی از شیب لایه‌بندی کمتر است. همچنین، جهت شیب یکی از دسته درزه‌ها با جهت شیب لایه‌بندی تقریباً در یک جهت قرار دارد که خود به‌صورت مضاعف شرایط وقوع زمین لغزش را فراهم می‌آورد.
- **وجود ذغال سنگ:** به دلیل این که منطقه حاوی ذغال سنگ

بلوکه‌های بزرگ سنگ و مسدود شدن رودخانه وایکارموانا شد و یک مخزن طبیعی با عمق ۲۸۴ متر ایجاد کرد
www.en.wikipedia.org/wiki/landslide

بررسی یک زمین لغزش در ایران

همان‌طور که گفته شد، ایران به‌دلیل شرایط جغرافیایی و آب و هوایی خاص و داشتن کوهستان‌های فراوان، مستعد وقوع زمین لغزش است و سالانه گزارش‌های فراوانی از این بلای طبیعی اعلام می‌شود که در آن‌ها حتی خبر از ناپدید شدن یک روستا با تمام سکنه به چشم می‌خورد. نمونه‌ای از این گونه زمین لغزش‌های مخرب که با خسارات جانی و مالی فراوان همراه بوده، زمین لغزش سال ۱۳۷۱ در روستای «ملج آرام» از توابع شهرستان رامیان در استان گلستان است. روستای ملج آرام در عرض جغرافیایی ۵۱° و ۳۶° عرض شمالی و طول ۱۵° و ۵۵° طول شرقی، در ۷۵ کیلومتری شمال شرق شاه‌رود واقع است. تنها دسترسی به آن از طریق جاده‌ای فرعی است که از ۵۵ کیلومتری محور شاه‌رود-آزادشهر جدا می‌شود. همچنین، به‌وسیله جاده آسفالت‌های به‌طول ۳۵ کیلومتر، با شهر رامیان در استان گلستان ارتباط دارد.

این زمین لغزش با طول ۶۳۰ و عرض ۲۰۰ متر، در اولین فعالیت خود سبب از بین رفتن ۳۰ خانه به‌همراه ساکنانش شد. به‌علاوه حدود ۱۵۰۰ اصله درخت جنگلی را نابود کرد و خساراتی به جاده

است، عملاً هیدروکربورهای موجود باعث لغزنده شدن سطوح می‌شوند.

۲. عوامل تحریک کننده

● فعالیت‌های انسانی

۷. **احداث جاده معدن:** در اثر احداث معدن برای شیب‌های قسمت بالادست جاده، باربرداری پاشنه و برای شیب‌های پایین دست جاده، بارگذاری روی شیب انجام گرفته که هر دو مورد باعث تحریک زمین لغزه شده است.

۷. **از بین بردن پوشش گیاهی:** اثر گیاهان بر پایداری شیب‌ها را به دو گروه اثر مکانیکی و هیدرولوژیکی می‌توان تقسیم کرد و به صورت جدول ۱ نمایش داد. ریشه درختان در منطقه مورد مطالعه در پهنه هوازده نفوذ کرده و روی سنگ پی بخش شده است. گسترش ریشه‌ها به‌طور متوسط حدود شش متر است. با توجه به فاصله متوسط درختان از یکدیگر (حدود ۶/۶ متر) می‌توان گفت که ریشه درختان مجاور در یکدیگر نفوذ کرده و خاک سطحی منطقه را به‌طور یکپارچه مسلح کرده است. این مورد فقط برای لغزش‌های سطحی مؤثر است و در لغزش‌هایی که عمق آن‌ها بیشتر از عمق نفوذ ریشه است، تأثیری ندارد. در چنین مواردی، مسئله وزن گیاه پیش می‌آید که در شیب‌های کم، نقش تثبیت کننده و در شیب‌های زیاد، نقش تحریک کننده دارند. از بین بردن پوشش گیاهی منطقه توسط انسان‌ها باعث از بین رفتن نقش پایدارکننده گیاهان شده است.

● **بارش شدید باران:** طبق آمار «ایستگاه باران سنجی قره‌چای» رامیان، طی اسفند ۱۳۷۰ و فروردین ۱۳۷۱، مقدار ریزش باران به ۳۳۶ میلی‌متر رسید و تنها طی سه روز قبل از لغزش، بارندگی ۶۴ میلی‌متر بود. این امر سبب سنگین شدن خاک در اثر جذب آب باران شد. هم‌چنین، بارش افزایش فشار آب منفذی شده و کاهش چسبندگی در خاک را در پی داشت.

● **عدم زه‌کشی مناسب آب‌های سطحی:** آب‌های سطحی منطقه و آب خروجی از چشمه بالادست ($Q=36m^3/day$)، به علت نبود زه‌کشی مناسب وارد ترک‌های کششی بالادست زمین لغزه می‌شوند و فشار جانبی خاک را افزایش می‌دهند.

سازوکار زمین لغزش ملج آرام: زمین لغزش مورد بحث دارای سازوکار چرخشی- انتقالی است که طی مراحل متفاوت شکل گرفته است. با توجه به «ضریب اطمینان»های به دست آمده روی

توپوگرافی قبل از لغزش و این که ضریب اطمینان زمین لغزه بزرگ‌تر، کمتر از زمین لغزه‌های کوچک‌تر است، نتیجه می‌شود که زمین لغزه از نوع پیش‌رونده است.

وضعیت کنونی لغزش: اکنون پس از گذشت ۱۸ سال از لغزش و متروک شدن روستای ملج آرام، لغزشی در این جا اتفاق نیفتاده، ولی در بالادست این محل، مشرف به جاده منتهی به معدن ملج آرام، لغزش بزرگی اتفاق افتاده است که دست‌کمی از لغزش ۱۳۷۱ ندارد. البته خوش‌یختانه تلفات و خساراتی جز از بین رفتن جنگل و جاده نداشته است. در بررسی این لغزش نیز از احداث جاده، فعالیت معدنکاری و نفوذ ذهاب معدن به عنوان عوامل تحریک کننده یاد شده است.

همان‌طور که بیان شد، زمین لغزش حرکت نهایی خود را انجام نداده است و امکان تسریع فعالیت آن وجود دارد. برخی از عواملی که احتمالاً در تشدید فعالیت لغزش می‌توانند مؤثر باشند عبارت‌اند از:

- آب‌های حاصل از بارندگی و آب‌های مربوط به چشمه بالادست؛
- از بین رفتن پوشش گیاهی؛
- فعالیت لرزه‌ای گسله‌های اطراف زمین لغزه و لرزه‌های حاصل از انفجارات در معادن ذغال سنگ.

راه‌های پیشنهادی برای پایداری سازی

- دور کردن آب‌های جاری و نزولات جوی از توده لغزش با ایجاد زه‌کشی در جهت شیب توپوگرافی؛
- منحرف کردن آب‌های خروجی از دهانه چشمه‌های منطقه؛
- کاهش شیب توده با خاک‌برداری از خط‌الرأس توده؛
- کاشتن گیاهان دارای ریشه زیاد، گسترده و عمیق برای ممانعت از ایجاد لغزش‌های سطحی.

هشدارهای آموزشی

۱. قبل از زمین لغزش

الف) بهتر است که قبل از وقوع، از خود در برابر اثرات آن حفاظت کنیم. توجه به این نکات قبل از حادثه می‌تواند خسارات و تلفات را به میزان چشم‌گیری کاهش دهد:

- از ساخت‌وساز در شیب‌های تند، نزدیک لبه کوه‌ها، نزدیک به آبراهه‌های زه‌کشی شده یا دره‌های طبیعی فرسایش یافته اجتناب کنید
- یک برآورد زمین‌شناسی از میزان خطر انجام دهید و اگر در خطر یک زمین لغزش قرار دارید، با نمایندگی بیمه تماس بگیرید (تا حد

امکان دارایی‌های خود را بیمه کنید).

● با مقامات محلی، بخش مطالعات زمین‌شناسی کشور یا سازمان منابع طبیعی و یا دانشکده‌های زمین‌شناسی در تماس باشید. رانش زمین در مکان‌هایی رخ می‌دهند که قبلاً هم روی داده‌اند. بنابراین مکان‌های خطرناک قابل شناسایی هستند. اطلاعاتی در مورد رانش زمین در منطقه خود و مناطق آسیب‌پذیر از رانش زمین به‌دست آورید.

● خطراتی را که ساختمان‌ها توسط آن‌ها تهدید می‌شوند، کاهش دهید:

○ از لوله‌های انعطاف‌پذیر برای لوله‌کشی استفاده کنید تا در زمین‌لغزش از نشت گاز و آب جلوگیری شود. چرا که لوله‌های انعطاف‌پذیر، در برابر شکستگی‌ها مقاوم‌ترند.

○ زمین‌شیب‌دار را با پوشش گیاهی بپوشانید و دیوارهای نگه‌دارنده بسازید.

○ در مناطق دارای جریان گل، کانال‌ها یا دیوارهای منتقل‌کننده احداث کنید و جریان را از ساختمان‌ها دور سازید. به‌خاطر داشته باشید، اگر دیوار یا کانالی برای تغییر مسیر جریان ساخته‌اید که به دارایی‌های همسایه‌تان می‌رسد، هرگونه خسارت ایجاد شده در آن متوجه شما خواهد بود.

(ب) نشانه‌های خطر زمین‌لغزش را بشناسید:

● تغییراتی در نما و چشم‌اندازها به‌وجود می‌آید. برای مثال، مسیر زهکشی آب‌های ناشی از بارندگی تغییر می‌یابد. یا در اثر حرکات زمین‌لغزش‌های کوچک، جریان‌ها و کج‌شدگی فزاینده درخت‌ها رخ می‌دهد.

● درها و پنجره‌ها سفت می‌شوند یا گیر می‌کنند.

● ترک‌های جدیدی در گچ‌کاری‌ها، کاشی‌ها، آجرها یا شالوده و فونداسیون بنا به‌وجود می‌آید.

● دیوارهای خارجی پیاده‌روها یا پله‌ها شروع به فاصله‌گرفتن از ساختمان می‌کنند.

● گسترش آرام و پهن شدن ترک‌ها روی زمین یا روی سنگ‌فرش‌های خیابان یا مسیرهای رانندگی دیده می‌شود.

● برجستگی‌ها و بالاآمدگی‌هایی در قاعده شیب نمایان می‌شوند.

● آب سطح زمین را در مکان‌های جدیدی می‌شکافد.

● حصارها، دیوارهای نگه‌دارنده، تیرهای چراغ‌برق یا درختان کج می‌شوند یا حرکت می‌کنند.

● صداها، خفیف از حرکت جسمی سنگین، در زمان نزدیک شدن

وقوع زمین‌لغزش افزایش می‌یابند.

● زمین در یک جهت به سمت پایین شیب‌دار می‌شود و ممکن است زیر پای شما شروع به جدایش و حرکت کند.

● صداها، غیرمعمول نظیر شکستن درخت و یافتادن تخته‌سنگ‌ها که باهم برخورد می‌کنند، می‌توانند شاخصی از حرکت واریزه‌ها باشد.

● سنگ‌فرش‌های فرو ریخته، گل، ریزش سنگ‌ها و دیگر مشخصه‌های یک جریان واریزه می‌تواند در حین رانندگی شما روی جاده یا خیابان دیده شود (مخصوصاً، خاکریزهای در امتداد طول جاده آماده ریزش و زمین‌لغزش‌اند).

۲. در حین زمین‌لغزش

هنگامی که زمین‌لغزش یا جریان واریزه در حال وقوع است، چه باید کرد؟

● گوش به زنگ و بیدار باشید. بیشترین تلفات جریان واریزه زمانی است که مردم در خواب هستند. به اخبار رادیو و تلویزیون یا اخبار محلی که درباره بارش‌های شدید هشدار می‌دهند، گوش دهید. از زمان بارش‌های شدید کوتاه، مخصوصاً بعد از یک دوره بارش طولانی و هوای مرطوب، آگاه باشید؛ چرا که این بارش‌های ناگهانی شدیداً خطرناک‌اند.

● اگر شما در منطقه مستعد زمین‌لغزش یا جریان واریزه هستید و ترک کردن محل برایتان امن‌تر است، حتماً این کار را انجام دهید. به خاطر داشته باشید که رانندگی در طوفان شدید و بارندگی به شدت خطرناک است. اگر در خانه ماندید، به طبقه دوم بروید. دور ماندن از مسیر حرکت رانش زمین یا جریان واریزه امن‌تر است.

● به هرگونه صدای غیرعادی که نشان‌دهنده شکستن درختان یا برخورد قله‌سنگ‌ها به هم باشد، توجه داشته باشید. یک چکه! از گل‌های جریان یافته یا واریزه‌های ریزش‌کننده، ممکن است از یک رانش زمین بزرگ‌تر باشد. واریزه‌های متحرک ممکن است به سرعت جریان پیدا کنند و گاهی نیز بدون هیچ‌گونه هشدار رخ دهند.

● مخصوصاً هنگام رانندگی گوش به‌زنگ باشید. خاکریزهای حاشیه جاده به‌شدت آمادگی ریزش دارند. جاده را برای آسفالت فرو ریخته، گل و سنگ‌های ریخته و دیگر مشخصه‌های جریان واریزه را واریزی کنید.

● اگر در نزدیکی یک کانال یا مسیل هستید، به هرگونه تغییر ناگهانی در افزایش یا کاهش جریان آب یا شفاف و گل‌آلود شدن آن توجه داشته باشید. چنین تغییراتی می‌توانند نشان‌دهنده فعالیت زمین‌لغزش در بالادست باشند. بنابراین آماده حرکت باشید و تأخیر

نکنید. خودتان را در امان نگه دارید.

اگر احتمال می‌دهید یک زمین لغزش قریب‌الوقوع رخ خواهد داد:

● با آتش‌نشانی منطقه، پلیس یا سازمان‌های عام‌المنفعه تماس بگیرید.

مقامات محلی بهترین افراد برای تشخیص ظرفیت خطر هستند.

● همسایگان خود را با خبر کنید. همسایگان‌تان ممکن است از

خطرات احتمالی آگاه نباشند. آن‌ها را در مورد تهدید احتمالی و

این‌که چه‌طور از خود محافظت کنند، راهنمایی کنید. به همسایگانی

که برای ترک محل به مساعدت نیاز دارند، یاری برسانید.

● منطقه را تخلیه کنید. بهترین راه برای حفاظت خود این است که

از مسیر رانش زمین یا جریان واریزه دور شوید.

۳. بعد از اتمام زمین لغزش

● از منطقه وقوع لغزش دور بمانید. خطر وقوع زمین لغزش‌های

بعدی وجود دارد.

● برای آگاهی از آخرین اخبار ضروری، به رادیو و تلویزیون محلی

گوش دهید.

● متوجه سیل باشید، چرا که معمولاً پس از زمین لغزش یا

جریان واریزه، احتمال وقوع آن وجود دارد. سیل‌ها گاهی به دنبال

زمین لغزش و جریان واریزه جاری می‌شوند، زیرا احتمال دارد هر

دوی آن‌ها را یک عامل به وجود آورده باشد.

● به مجروحان یا افراد به دام افتاده در زمین لغزش رسیدگی کنید،

بدون این‌که مستقیماً به منطقه لغزش وارد شوید. گروه نجات را به

منطقه راهنمایی کنید.

● به همسایگانی که به کمک نیاز دارند، کودکان، افراد سالخورده

یا آن‌هایی که ناتوانی جسمی دارند، کمک کنید. سالخوردگان و

افراد دچار ناتوانی‌های جسمی ممکن است به کمک و مساعدت‌های

بیشتری نیاز داشته باشند. خانواده‌های بزرگ یا افرادی که از دیگران

مراقبت می‌کنند نیز به کمک‌های اضافه نیاز دارند.

● جاده‌ها، خطوط مواصلاتی و خطوط راه‌آهن را بررسی کنید و

شکستگی‌ها یا تخریب‌های احتمالی در آن‌ها را گزارش کنید.

● فونداسیون خانه‌ها، دودکش‌ها و زمین‌های اطراف را از نظر میزان

تخریب واریزه‌ها، تعیین میزان تخریب فونداسیون‌ها، دودکش‌ها،

یا زمین‌های اطراف می‌تواند به شما برای ارزیابی امنیت منطقه

کمک کند.

● به دنبال راهنمایی‌های یک متخصص ژئوتکنیک برای ارزیابی

خطرات زمین لغزش و یا تکنیک‌های اصلاحی برای کاهش آن‌ها

باشید. وی توانایی آن را دارد که شما را به بهترین مسیر ممکن برای

اجتناب از خطرات و یا کاهش آن‌ها راهنمایی کند.

راهکارهای کاهش خسارت

● از طریق آموزش، یاد بگیرید که چگونه زمین لغزش‌های موجود و

مناطق مستعد خطر را شناسایی کنید.

● از ساخت و ساز در لبه شیب‌ها بپرهیزید.

● بسیاری از زمین لغزش‌ها پس از بارندگی‌های شدید رخ می‌دهند.

بنابراین اگر در منطقه مستعد زمین لغزش هستید، گوش به زنگ باران

باشید.

● در حین سفر، به پل‌ها و حاشیه کوه‌ها توجه داشته باشید. هرگز

در طوفان رانندگی نکنید و از کنار مسیرهای طغیان نگذرید.

● توجه داشته باشید که بعضی از زمین لغزش‌ها بعد از آتش‌سوزی‌های

طولانی مدت جنگل رخ می‌دهند. چرا که زمین به دلیل از بین رفتن

پوشش گیاهی مستعد، دچار ریزش شده است.

پی‌نوشت

1. Landslide
2. Natural Hazard
3. Gravity
4. Slide
5. Rotational slide
6. Translational slide
7. Rockfall
8. Topple
9. Flow
10. Debris flow
11. Domino effect
12. Mud flow
13. Lahar
14. Earth flows
15. Creep
16. Lateral spread
17. Heart
18. Flims
19. Waikaremoana

منابع

۱. مور، ف. (۱۳۶۸). زمین‌شناسی فیزیکی. انتشارات دانشگاه شیراز.
۲. امیری مقدم، ح و سعیدی، ب (۱۳۷۲). گزارش بررسی زمین لغزش ملج آرام برای ارائه به فرمانداری گنبد کاووس.
۳. حسینی، ع. (۱۳۷۵). بررسی زمین لغزش ملج آرام در شهرستان رامیان. چهارمین کنفرانس دانشجویی عمران دانشگاه علم و صنعت.
۴. امیری مقدم، ح. (۱۳۸۶). «اثرات زیست محیطی معدنکاری در منطقه معدنی النگ». دانشگاه صنعتی شاهرود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
5. www.usgs.gov
6. www.en.wikipedia.org
7. www.fema.gov/hazard/landslide/index.shtm