

# فرسایش خندقی

## دکتر سیاوش شایان

استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

شهرام امیری و غلامرضا زارع

فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

### چکیده

از آغاز پیدایش کره زمین و با گذشت سیر تحولات آن و هم‌زمان با این سیر، فرایندهایی به صورت طبیعی به وقوع می‌پیوسته‌اند که به تعادل کره زمین منجر می‌شده‌اند. یکی از این فرایندها، «فرسایش خندقی» است که باعث ایجاد اشکالی شده و در این روند نقش طبیعی خود را ایفا می‌کرده است. این تعادل مساعد که تحت تأثیر شرایط طبیعی حکم‌فرما شده بود، از زمانی که بشر زمین را به منظور تهیه محصول و به دست آوردن غذا و دیگر مایحتاج خود، مورد کشت و زرع قرار داد تا از آن به عنوان مرتع استفاده کند، برهم خورد و اراضی در معرض فرسایش شدید و وسیع قرار گرفت. امروزه انسان با استفاده از فناوری خود به بهره‌برداری از منابع آبی و خاکی پرداخته و با استفاده بیش از حد و غیراصولی خود از این منابع، باعث ایجاد روندی تشدید در تخریب منابع شده است؛ به صورتی که امروزه از فرسایش خندقی به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی نام می‌برند. فرسایش خندقی یکی از انواع فرسایش آبی و تشدیدکننده فرسایش خاک است و در مناطقی که شاهد وقوع این نوع فرسایش هستیم، اثراتی هم‌چون فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع را در پی دارد و خسارات جبران‌ناپذیری به سایر منابع وارد می‌سازد. متأسفانه، انسان بعد از حدوث این مخاطره، به فکر راهکارهای مقابله یا کاهش پیامدهای ناشی از عملکرد آن افتاده است. لازمه این کار داشتن شناختی کافی از نحوه ایجاد و شکل‌گیری خندق‌ها، عوامل دخیل و تأثیرگذار در چگونگی توسعه آن‌ها و... است. البته باید با توجه به خصوصیات جغرافیایی هر منطقه، اقداماتی متناسب با آن را انجام داد. این تحقیق براساس روش کتاب‌خانه‌ای و مطالعه و گردآوری اطلاعات مورد نیاز از این طریق، صورت گرفته است.

**کلیدواژه‌ها:** فرسایش خندقی، فعالیت‌های انسانی، کنترل

فرسایش خندقی

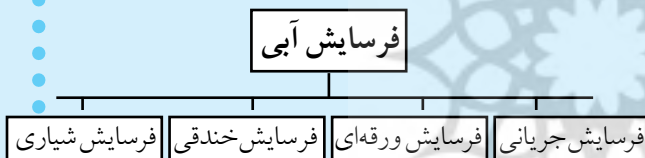
### مقدمه

خاک‌های حاصل خیز و آب، دو ماده حیاتی بسیار ارزشمند هستند. اصولاً باید بیشترین کوشش را در جهت نگهداری و اصلاح این مواد گران‌قیمت و اساسی معطوف داشت [رجایی، ۱۳۸۲]. ۱۶۷]. فرسایش خاک از جمله فرایندهایی است که منابع آب و خاک را به صورت مستقیم و غیرمستقیم تهدید می‌کند [علمی‌زاده، ۱۳۸۷]. فرسایش خاک یکی از مخاطرات زمینی است که باعث از بین رفتن یکی از ثروت‌های ملی هر کشوری، یعنی خاک حاصل خیز می‌شود [مومی‌پور و همکاران، ۱۳۸۷]. فرسایش خاک از جمله جدی‌ترین مشکلات محیط‌زیست در دنیای امروز است. زیرا اراضی کشاورزی و عرصه‌های طبیعی را تهدید می‌کند [صادقی و همکاران، ۱۳۸۴]. البته فرسایش خاک قبل از آن که زمین مورد بهره‌برداری انسان قرار گیرد نیز اتفاق می‌افتاده است (فرسایش طبیعی). ولی از وقتی که انسان در آن به کشت و زرع و... مشغول شده، باعث فرسایش بیش از حد (فرسایش سریع و شدید) خاک شده است [آکردوانی، ۱۳۷۶]. فرسایش خاک نه تنها سبب فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می‌شود و از این راه خسارت جبران‌ناپذیری به جا می‌گذارد، بلکه با رسوب مواد در آبراهه‌ها، مخازن سدها و بنادر، و کاهش ظرفیت آب‌گیری آن‌ها نیز خسارت‌ها و زیان‌های فراوانی را سبب می‌شود [اتاجگردان و همکاران، ۱۳۸۶].

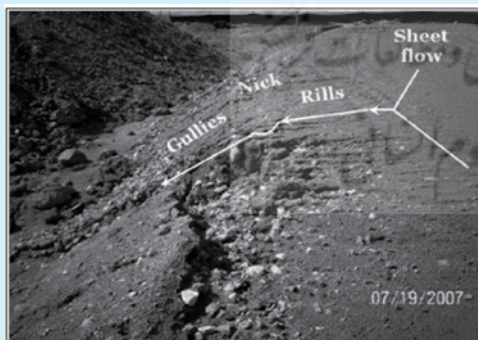
به دست می‌آید و از همین رو، بخش‌های کشاورزی، دامپروری، جنگل‌داری و صنایع غذایی، به صورت مستقیم و ده‌ها بخش صنعتی دیگر به صورت غیرمستقیم، فعالیت‌های خود را مدیون فرایندهایی هستند که در محیط خاک صورت می‌گیرند. از دیدگاه اقتصادی، خاک هر کشور در زمره منابع طبیعی آن قلمداد می‌شود. با نگاهی اجمالی به نقشه پراکندگی جمعیتی دنیا، به خوبی این حقیقت را درمی‌یابیم که خاک‌های حاصل خیز و وسیع، محور اصلی شکل‌دهی این کانون‌ها بوده و هستند [رامشت و همکاران، ۱۳۷۹: ۸]. در واقع می‌توان گفت که خاک مهم‌ترین بستر زندگی روی خشکی‌ها است [براتی، ۱۳۸۳: ۳].

### فرسایش و جایگاه فرسایش خندقی

فرسایش فرایندی است که طی آن، ذرات خاک از بستر خود جدا و به کمک یک عامل انتقال دهنده، به مکانی دیگر حمل می‌شوند. در صورتی که عامل جدا شدن ذرات از بستر و انتقال آن‌ها آب باشد، به آن «فرسایش آبی» گفته می‌شود [علیزاده، ۱۳۸۵: ۷۰۳]. در نمودار ۱ جایگاه فرسایش خندقی و در تصویر ۱، انواع فرسایش آبی مشخص شده است.



نمودار ۱. انواع فرسایش‌های آبی



انواع فرسایش‌های آبی

### فرسایش خندقی

«فرسایش آبکندی»<sup>۱</sup> نوعی از فرسایش آبی است که در نتیجه انحلال و قلیایی بودن، در سازند اراضی (جنگلی، مرتعی و کشاورزی)

بر پایه برآوردهای انجام شده، بر اثر فرسایش خاک سالانه چندین میلیون هکتار از اراضی کشاورزی جهان به کام نابودی کشیده می‌شوند. بر پایه همین برآورد پیش‌بینی می‌شود که تا آینده‌ای نه چندان دور، یک سوم تا یک پنجم اراضی کشاورزی بر اثر فرسایش خاک غیرقابل استفاده شوند [www.maximumtechnic.com]. علائم فرسایش خاک برای هر کس قابل رؤیت است و فقط تعیین میزان شدت فرسایش مربوط به آینده است و به آسانی میسر نمی‌شود. ولی از روی شدت فرسایش می‌توان وضع زمین‌های زراعی را تشخیص داد. شیارها (مجاری آب‌های سطحی به ویژه در دامنه‌ها) بهترین شاهد عینی انهدام خاک هستند و با آغاز پیدایش جویبارهای پرشیب، شیارها وسعت مهبی پیدامی‌کنند. با عمیق‌تر شدن شیارها، فرسایش‌های خندقی به وجود می‌آیند که خاک تحت‌الارضی آن‌ها غالباً فاقد موجودات زنده و از لحاظ موادغذایی نیز بسیار فقیر است [کردوانی، ۱۳۷۶].

### روش تحقیق

یکی از محاسن هر تحقیق خوب، برگزیدن روشی مناسب است. به منظور رسیدن به هدف و با توجه به نوع تحقیق، از روش کتاب‌خانه‌ای استفاده شده است. در اولین مرحله به گردآوری اطلاعات و منابع و کارهای صورت‌گرفته در رابطه با موضوع پرداخته شده است. سپس از طریق مطالعه آن‌ها، مطالب مورد نیاز استخراج شد و بعد از آن، دسته‌بندی مطالب از طریق تطبیق و مقایسه آن‌ها صورت پذیرفت. در نهایت از طریق تجزیه و تحلیل اطلاعات، نتایج تحقیق به دست آمد.

### خاک، پیدایش و اهمیت

خاک سطحی‌ترین لایه زمین است که در آن گیاهان و درختان می‌رویند [براتی، ۱۳۸۳: ۳]. به عبارت دیگر، خاک را می‌توان یک پدیده طبیعی مرکب از مواد آلی و معدنی تلقی کرد که در سطح پوسته خارجی زمین تشکیل می‌شود. تکوین خاک حاصل ترکیب و تلفیق فرایندهای متعددی است که به صورت مستمر و دائمی در شرف انجام هستند و لذا باید پدیده‌ای پویا و دینامیک تلقی شود [رامشت و همکاران، ۱۳۷۹: ۹]. بنا به نظر بنت، در یک زمین زیر کشت که اصول همه‌جانبه خاک‌داری در آن رعایت می‌شود، ۳۰۰ سال طول می‌کشد تا ۲۵ میلی‌متر خاک تشکیل شود. این در حالی است که بعضی عوامل قادرند خاک‌های چندین ساله فراهم‌شده را در کمتر از چند دقیقه تخریب کنند. لذا مطالعه و شناسایی این عوامل و عناصر ضروری و مهم است [علمی‌زاده، ۱۳۸۷].

اگرچه بشر امروز با دست‌یابی به فناوری، مصنوعات و دست‌پرورده‌های بسیاری دارد، ولی گفته می‌شود بیش از ۸۰ درصد از تولیدات خام در عصر فعلی، بدون واسطه و یا باواسطه از خاک

۱۳۸۷].

خندق‌ها که در بیشتر موارد به عنوان شاخص‌های عمده تغییرات محیطی در نظر گرفته می‌شوند، به لحاظ رشد سریعی که دارند، از اشکال عادی فرسایش به‌شمار نمی‌آیند. به همین دلیل، بررسی شکل خندق‌ها و علل و نحوه تشکیل و توسعه آن‌ها، و همچنین عوامل تسریع‌کننده پسروری سر خندق‌ها در شیب‌های طبیعی، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. توسعه سر خندق‌ها گاه چنان سریع صورت می‌گیرد که با هیچ تدبیری نمی‌توان رشد سریع آن‌ها را کنترل کرد [خطیبی، ۱۳۸۳].

فرسایش خندقی، زمانی که رواناب‌ها متمرکز باشند و جریان به اندازه کافی برای جدا کردن و حمل ذرات خاک سرعت داشته باشد، به‌وجود می‌آیند. رواناب می‌تواند در شیب تند سر خندق انرژی به‌دست آورد و با ریختن آب از ارتفاع به کف خندق، خاک زیر سر خندق را فرسایش دهد. در این صورت، خندق به طرف بالاتر توسعه می‌یابد. علاوه بر این، خندق‌ها ممکن است در آبراهه‌ها یا دیگر جاده‌هایی که رواناب متمرکز می‌شود، تشکیل شوند. اگر مدیریت پیش‌گیری در آن‌جا صورت نگیرد، در زمین‌های زراعی یا چراگاه‌ها، پیشرفت فرسایش شیاری به فرسایش خندقی می‌انجامد. جاده‌های مال‌رو نیز می‌توانند نقطه شروع برای به‌وجود آمدن شیاری کوچک باشند که می‌تواند توسعه یابد و به یک خندق بزرگ تبدیل شود.

آبراهه معمولاً در شرایطی از تعادل به سر می‌برد و شکل و شیب مناسبی برای انتقال جریان دارد. اگر این تعادل، مثلاً در نتیجه بزرگ شدن جریان‌های عادی به هم بخورد، ممکن است خندق‌ها تشکیل شوند. معمولاً خندق‌ها برای انتقال بیشتر جریان رواناب تشکیل می‌شوند. پهن شدن کناره‌های خندق ممکن است در نتیجه کنده شدن یا حرکات دامنه‌ای، مخصوصاً در منحنی بیرونی مماندهای مسیر رخ دهد. شست‌وشو در شیب دیواره‌ها می‌تواند به هدایت گسیختگی توده‌ها در کناره خندق به شیب پایین دست منجر شود. خاک حاصل از این فرایند، به‌وسیله جریان‌های ثانویه شسته می‌شود. کناره خندق‌های فعال معمولاً قائم است، اما امکان دارد یکبار خود را به شکل مایل وفق دهد که این اتفاق به‌صورت طبیعی رخ می‌دهد. البته فعالیت‌های انسانی از عوامل تشدیدکننده آن محسوب می‌شوند.

رواناب ممکن است از کناره‌ها وارد خندق شود و خندق ثانویه ایجاد کند یا انشعاب آن تشکیل بدلندها را در پی داشته باشد. کف خندق ممکن است تحت تسلط زبربری جریان در نتیجه پیشروی جلوی کانال خندق‌های ثانویه باشد. ته‌نشست رسوب در زیر سر خندق، حاصل یک الگوی مرحله-مرحله است. عمق خندق غالباً وابسته به عمق سنگ مادر است. به‌طور متوسط، خندق معمولاً عمقی کمتر از دو متر دارد؛ اگرچه عمق خاک‌های آبرفتی و واریزه‌های خندق‌ها ممکن است به ۱۵-۱۰ متر برسد [Carey, ۲۰۰۶].

به‌وجود می‌آید. با توجه به تعاریف متعدد در مورد خندق‌ها و ناشناخته ماندن ابعاد دقیق و خصوصیات هندسی آن‌ها، آبکندها را می‌توان آبراهه نسبتاً دائمی با دیواره‌های جانبی قائم (عمود) با جریان‌های موقتی (زودگذر) آب هنگام بارندگی تعریف کرد. آبکندها با خصوصیتی از جمله، وجود دیواره عمودی پیشانی خندق، پله‌ها و نقاط گود شده در طول مسیر، مشخص می‌شوند [فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶].

خندق‌ها، به‌طور وسیعی به روی مواد غیر چسبنده یا نیمه‌چسبنده تأثیر می‌گذارند (تراکم آبرفتی، رسوب‌های دریایی که به صورت ضعیف سیمانی شده‌اند و...) و با توجه به منشأ تشکیل آن‌ها، انواع متعدد دارند. برخی از محققان، از این خندق‌ها با عنوان تکامل طبیعی فرسایش‌های شیاری در یک سیستم شیاری نام می‌برند. این وضعیت به هر حال ممکن است فقط هنگامی که شیب به اندازه کافی طولانی و عوارض مورفولوژی برای خطوط جریان مطلوب باشد، رخ دهد.

در دوره‌های عمومی، خندق‌ها با پیروی از یک مسیر از قبل تعیین شده توسط یک خاک‌برداری منفرد، یا چند خاک‌برداری سطحی، بالادست را به عقب می‌رانند (خندق‌های محوری در رسوبات درشت دانه). نوع اخیر ممکن است توضیحی در مورد چشم‌اندازی از مکانی که فرسایش در آن عمیقاً شکل گرفته و بعد از حرکت زیگزاگی دانه‌ها و تقابل با یکدیگر و باقی گذاشتن مواد فرسایش‌یافته کمتر، به ما بدهد [Alexander, ۱۹۸۲].

هنگامی که جریانی غلیظ، از مقاطع میانی یک مسیر خاکی عبور می‌کند، توسعه خندق رخ می‌دهد. نوع خاصی از خندق تکامل‌یافته، جایی که عرض به‌طور وسیعی از طول بیشتر است، معمولاً در ارتباط با عمل جوشش قرار می‌گیرد. در سازه‌های ستونی، رسوبات ماسه‌ای لومی که دیواره‌های رودخانه و شعب آن را ناپایدار می‌کنند، باعث فروریختن آن‌ها می‌شوند. خندق‌های موقتی از جایی که جریان به خطوط زه‌کش طبیعی یا عوارض خطی نظیر، شیاری، جاده‌ها در دست‌رس و... جمع می‌شود، شکل می‌گیرد [poesen, ۱۹۹۳]. فرسایش از طریق جریانات و کناره‌های خندق، می‌تواند تا ۹۰ درصد از کل رسوب حاصل از یک آبخیز را تولید کند و بالا بیاورد [Hughes et al, ۲۰۰۱].

## ساز و کارها

براساس مطالعات سالیان اخیر، ساز و کار فرسایش خندقی جدا از سایر اشکال فرسایش آبی است و معمولاً در اراضی کم‌شیب (دشت‌ها)، شدت فرسایش خندقی چندین برابر اراضی شیب‌دار است [فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶]. با توجه به تنوع و میزان تأثیر عوامل گوناگون، شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی از نقطه‌ای به نقطه دیگر و نوع و میزان تأثیر آن، تغییر می‌کند [ثروتی و همکاران،

## دلایل ایجاد خندق

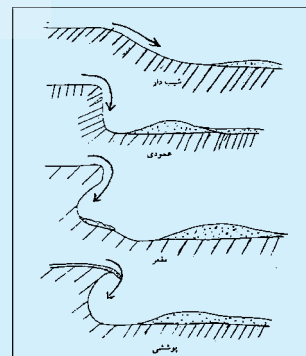
از جمله عواملی که باعث تشکیل خندق می‌شوند، می‌توان به استفاده نادرست انسان از زمین، بارندگی‌های شدید و کوتاه‌مدت، ذوب سریع برف‌ها و... اشاره کرد که باعث ایجاد سیلاب و به دنبال آن تشکیل خندق می‌شوند [Geyik, ۱۹۸۶]. نوع و شدت فرسایش خاک در یک منطقه عمدتاً تابع شرایط اقلیمی، پستی و بلندی، کیفیت خاک و کاربری اراضی است که در این میان، کاربری اراضی نسبت به دیگر عوامل مؤثرتر است [صادقی و همکاران، ۱۳۸۴]. برخی از دلایل ایجاد خندق عبارت‌اند از:

**افزایش آب سطحی (زیر سطحی):** افزایش جریان آب می‌تواند به دلایل چندگانه‌ای، از جمله رشد کانال‌های آبریز در سراب‌ها، تغییر مسیر آب در سراب‌ها، توسعه آبخیز یا تغییر در کشاورزی و حاصل طرح‌های بدون برنامه باشد.

**کاهش مقاومت خاک در نتیجه فرسایش:** حذف پوشش گیاهی، از بین رفتن ساختار خاک به علت کشاورزی نامرغوب، اعمال شیوه‌های سنتی و متراکم شدن خاک به وسیله چرخ‌های تراکتور، باعث کاهش مقاومت خاک به وسیله فرسایش می‌شوند.

**باتلاقی شدن و از بین رفتن مواد مادری در خندق:** باتلاقی شدن کف خندق به علت وجود یک چشمه، اشباع دائمی ناحیه به وسیله یک حوض آب، قدرت فرسایش آبشار از یک ارتفاع به ارتفاع پایین‌تر می‌تواند سبب شود که آب‌شستگی سر خندق به طرف سر آب حرکت کند و خندق در پهنا و عمق گسترش یابد [Hilborn, ۱۹۸۵].

شکل پلان پیشانی خندق را می‌توان به چهار دسته نقطه‌ای، مدور، نوک‌دار و پنجه‌ای، و نیم‌رخ طولی پیشانی خندق‌ها را می‌توان به چهار صورت شیب‌دار، عمودی، مقعر و پوششی طبقه‌بندی کرد [احمدی، ۱۳۸۶]. شکل خندق‌ها به چهار گروه عمودی، مایل، لوله‌ای و بریده بریده تقسیم می‌شود [انکویی مهر و همکاران، ۱۳۸۶]. شکل ۱ انواع سر خندق را نشان می‌دهد



شکل ۱. انواع سر خندق [احمدی، ۱۳۸۶]

## انواع فرسایش خندقی

هید<sup>۲</sup> در سال ۱۹۷۰، در تحقیق خود در منطقه کلرادوی آمریکا به این نتیجه رسید که شکل خندق به فرآیندهای ایجادکننده آن برمی‌گردد و اولین مرحله در ارزیابی علل رخداد خندق، بررسی شکل‌شناسی خندق است. وی هم‌چنین خندق‌ها را به دو دسته پیوسته و ناپیوسته تقسیم‌بندی کرده است.

**ایمسون** <sup>۳</sup> و همکارانش (۱۹۸۰)، خندق‌ها را بر مبنای شکل مقطع ارضی به چهار دسته V شکل، U شکل، دوزنقه‌ای و مرکب طبقه‌بندی کرده و نتیجه گرفته‌اند که خندق‌های V شکل توسط فرآیند رواناب ایجاد می‌شود، در حالی که انواع U شکل آن‌ها به وسیله فرآیندهای زیرسطحی یا سطحی شکل می‌گیرند [Deploey, ۱۹۸۹]. آن‌ها خندق‌ها را به سه دسته خطی، پنجه‌ای و جبهه‌ای تقسیم کرده و معتقدند، دسته اول خندق‌هایی هستند که یک پیشانی منفرد دارند. دسته دوم خندق‌هایی هستند که چند پیشانی مجزا دارند و دسته سوم خندق‌هایی هستند که به طور معمول در حاشیه رودخانه‌ها و یا به صورت شاخه‌های عمودی فرعی از آبراهه‌ها و یا خندق‌های اصلی دیده می‌شوند.

بامطالعه منابع موجود نمی‌توان گفت که تاکنون یک تقسیم‌بندی جامع درباره انواع خندق‌ها صورت گرفته است و به نظر می‌رسد، هیچ معیار و اصل استانداردی در این زمینه وجود ندارد.

## عوامل مؤثر در تشکیل خندق‌ها

پیدایش خندق حاصل فرآیند پیچیده‌ای است. عوامل مؤثر در تشکیل خندق عبارت‌اند از: شرایط آب و هوایی؛ ناهمواری‌های سطح زمین؛ ساختمان زمین‌شناسی (ترکیب سنگ و خاک)؛ حضور و یا عدم حضور پوشش سبزینه‌ای؛ زمین لغزه؛ شیب آبراهه‌ها؛ استفاده بیش از حد از زمین‌های کشاورزی؛ چرای بیش از حد مراتع؛ دخالت انسان و... [Desmit et al, ۱۹۹۶].

عامل اصلی تشکیل خندق‌ها، وجود مقدار زیادی آب است که یا در اثر تغییر نحوه بهره‌برداری از زمین حاصل شده است یا در اثر تغییر شرایط اقلیمی. اثر متقابل عوامل کنترل‌کننده داخلی و خارجی باعث پیچیدگی بیش از حد فرسایش خندقی می‌شود. در گذشته تصور می‌شد که فرسایش خندقی در اثر فرسایش سطحی به وجود می‌آید. در حالی که هم‌اکنون مشخص شده است که علاوه بر فرسایش سطحی، فرسایش زیرسطحی (فرسایش تونلی) نیز یکی از ساز و کارهای تشکیل خندق به حساب می‌آید.

## روش‌های کنترل فرسایش خندقی

معمولاً برای حفظ خاک و مبارزه با فرسایش دو راه وجود دارد: مبارزه مستقیم و مبارزه غیرمستقیم. این دو روش مبارزه را نمی‌توان جای‌گزین یکدیگر کرد، بلکه باید به صورت مکمل از آن‌ها بهره گرفت.

استفاده از فعالیت‌های مدیریتی در قالب مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، روشی مناسب در کنترل و کاهش میزان فرسایش و رسوب است [www.maximumechnic.com].

جلوگیری از فرسایش خاک که در واقع معنی آن کاهش میزان تلفات به حدی است که سرعت فرسایش تقریباً برابر با سرعت طبیعی تلفات خاک شود، به انتخاب راهبردهای مناسب در حفاظت خاک بستگی دارد. این امر مستلزم شناخت تمامی فرایندهای فرسایش است. از این گذشته، تغییرات زمانی درازمدت نیز ممکن است در فرسایش اتفاق بیفتد. بنابراین، نقش متقابل تغییرات زمانی و مکانی فرسایش تا حد زیادی پیچیده است [مرتضایی فریز هندی و همکاران، ۱۳۸۶].

کاشت پوشش گیاهی روشی اولیه و طولانی‌مدت در کنترل فرسایش خندقی است، اما ممکن است به ایجاد سازه‌هایی برای پایدارسازی سر خندق و یا ارتقای تشکیل خاک و رشد گیاهان در کف خندق نیاز باشد. در حالی که سازه‌ها با گذشت زمان در معرض تخریب قرار می‌گیرند، پوشش گیاهی چند برابر می‌شود و در طول سال‌ها ارتقا می‌یابد (شکل ۲).



عواملی که برای کنترل فرسایش خندقی باید در نظر گرفته شوند، عبارت‌اند از:

۱. علت به وجود آمدن خندق؛
۲. آثاری که در نتیجه کنترل نکردن فرسایش خندقی رخ می‌دهند؛

۳. وسعت حوضه آبخیز؛

۴. نوع خاک منطقه؛

۵. شناسایی اجزای سازنده خندق و این که در کدام قسمت از

خندق ظرفیت فرسایش بیشتر است.

همه سیستم‌های کنترل فرسایش نیازمند توجه منظم و واریسی

و تعمیر نواحی ضعیف هستند. به این منظور می‌توان موارد زیر را در

نظر گرفت:

□ هرگونه برهنه‌سازی و فرسایش در ناحیه باید فوراً مرمت شود.

□ گرفتگی‌ها یا نواحی دارای ظرفیت گرفتگی در مسیر جریان باید

برطرف شود.

□ هرگونه تغییر مکان در جریان باید رفع شود.

□ همه نواحی علف‌زا در مسیر جریان، سالی دوبار چیده شوند.

□ ورودی‌های آب، قبل از این که جریان به پیک خود برسد، از یخ،

برف و خاشاک پاک شوند.

□ همه سکوها باید به‌طور منظم واریسی شوند و نارسایی‌های آن‌ها

بازسازی شوند [Hilborn, ۱۹۸۵].

معمولاً خندق‌ها در نتیجه افزایش رواناب سطحی به وجود

می‌آیند. بنابراین، کم کردن رواناب سطحی برای کنترل خندق‌ها

امری ضروری است. در کنترل خندق سه روش زیر را می‌توان به کار

برد:

□ اصلاح آبخیزهای خندق در جهت کاهش و تنظیم کردن رواناب.

□ انحراف مسیر آب سطحی واقع در بالای خندق.

□ تثبیت خندق‌ها به وسیله اقدامات بنیادی به همراه تقویت پوشش

گیاهی.

در مناطقی که دارای اقلیم معتدلی هستند، با انجام روش‌های

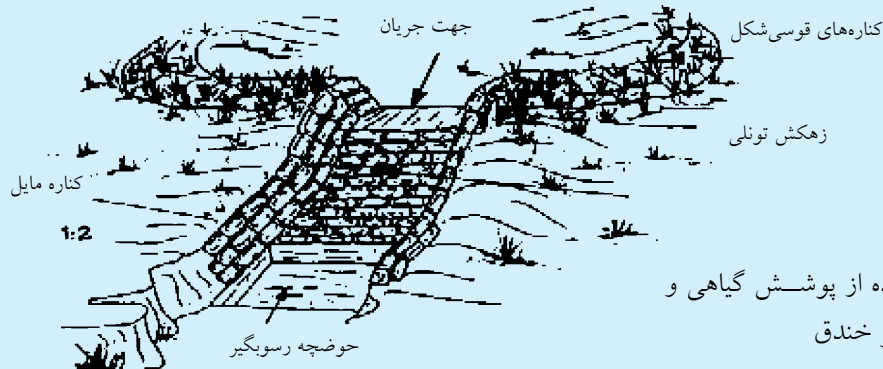
اول و دوم بالا می‌توان خندق را در مرحله نخست تثبیت کرد. اما در

مناطق که بارندگی در آن‌ها به صورت شدید و سیل‌آساست، برای

کنترل بهتر فرسایش خندقی انجام روش سوم نیز ضروری است.

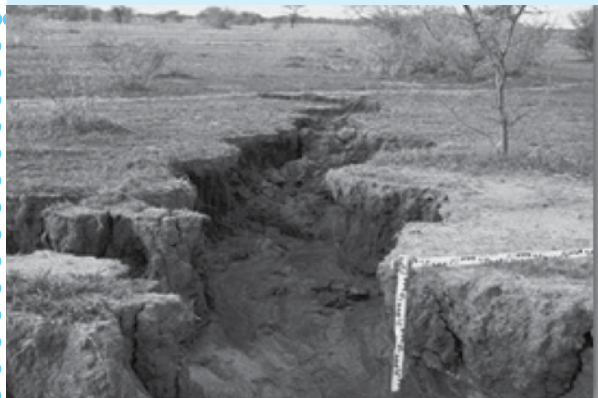
### نتیجه‌گیری

فرسایش خاک یکی از مشکلات اصلی در رابطه با منابع طبیعی



شکل ۲. نحوه استفاده از پوشش گیاهی و سازه‌ها برای تثبیت سر خندق

## ۲ نمونه از فرسایش خندقی



این طریق، امکان پهنه‌بندی و ممیزی مناطق حساس به فرسایش خندقی فراهم شود. چنین مطالعه‌ای به برنامه‌ریزان اجازه می‌دهد که در راهبرد خود، از تنش میان کاربری و ساز و کارهای طبیعی جلوگیری کنند. از آن جا که شکل خندق‌ها حاصل عملکرد فرایندهای ایجادکننده آنهاست، لذا درک‌شناسی خندق‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

بنابراین، استفاده از اراضی برحسب استعداد و قابلیت آنها در چارچوب یک برنامه صحیح مدیریتی، می‌تواند از شدت تخریب و هدر رفتن منابع بکاهد. استفاده صحیح از اراضی، یکی از روش‌های غیرمکانیکی حفاظت خاک است که نوعی مبارزه غیرمستقیم با فرسایش به شمار می‌آید. هم‌چنین، با انجام یک‌سلسله عملیات مدیریتی صحیح می‌توان از فرسایش خاک جلوگیری به‌عمل آورد. مبارزه مستقیم هنگامی شروع می‌شود که خاک فرسایش یافته باشد و باید اقداماتی انجام داد که خاک بیش از این فرسایش نیابد و امکاناتی فراهم کرد تا سطوح فرسایش یافته ترمیم شوند. بنابراین در مبارزه مستقیم، وضع خاک از نظر فرسایش از مرحله پیش‌گیری به مرحله استعلاجی می‌رسد که انجام این امر مستلزم صرف هزینه زیاد است و اصل اقتصادی آن باید مراعات شود.

هر چند بشر با یک‌سلسله اقدامات پیش‌گیرانه توانسته است تا حدودی در بعضی از نقاط از اثرات فرسایش خندقی بکاهد، اما بهترین اقدام برای جلوگیری از مخاطره این نوع از فرسایش، تغییر شیوه و روش بهره‌برداری از منابع آبی و خاکی است؛ روشی که منطبق با ویژگی‌های محیط‌های مورد استفاده در مکان‌های متفاوت باشد. انجام این‌گونه روش‌ها کلیدی برای توسعه پایدار است و از نابودی و تخریب بیش از حد منابع محیطی جلوگیری می‌کند. به نظر می‌رسد با توجه به پیشرفت علوم، می‌توان راهکارهای جدیدی برای استفاده منطقی از منابع زمینی و کاهش سوانح ناشی از فرسایش خندقی یافت.

### پی‌نوشت

1. Gully erosion
2. Heede
3. Imeson

هر کشوری است. از جمله عواملی که در کشاورزی بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد و عامل اصلی نابودی بسیاری از زمین‌های حاصل‌خیز کشاورزی و تبدیل آن به مکان‌های غیرقابل کشت محسوب می‌شود، پدیده فرسایش خاک است. البته فرسایش قبل از آن که زمین مورد بهره‌برداری انسان قرار گیرد نیز اتفاق می‌افتاده است (فرسایش طبیعی)، ولی از وقتی که انسان در آن به کشت و زرع پرداخت، باعث فرسایش بیش از حد (فرسایش سریع و شدید) خاک شد.

بر اثر فرسایش، خاک‌رو که از نظر کشاورزی فعال‌ترین و بارخیزترین قسمت پوسته جامد زمین است، فرسوده می‌شود و از بین می‌رود و در نتیجه، حاصل‌خیزی آن کاهش می‌یابد. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی‌شود، خاک‌ها به تدریج فرسایش می‌یابند و حاصل‌خیزی خود را از دست می‌دهند. در این میان، فرسایش خندقی از جمله انواع فرسایش آبی و تشدیدشونده است که رخداد و گسترش آن موجب تغییرات بارز در شکل زمین، پسرفت اراضی و تخریب محیط‌زیست می‌شود. بنابراین نباید مسئله حفاظت و حراست از خاک را کم‌اهمیت شمرد.

پیدایش خندق حاصل فرایند پیچیده‌ای است. از جمله عواملی که باعث تشکیل خندق می‌شوند، می‌توان به استفاده نادرست انسان از زمین، بارندگی‌های شدید و کوتاه‌مدت، ذوب سریع برف‌ها و... اشاره کرد. توسعه خندق‌ها در شرایط خاصی توسط چند عامل تعیین می‌شود. وضعیت مقاومت در برابر فرسایش خاک و سنگ بستر، شدت بالای پدیده‌های زوگذر، شرایط پوشش گیاهی، مورفولوژی شیب، استفاده از زمین زراعی و مدیریتی غیر اصولی، باعث ایجاد و توسعه فرسایش خندقی شده است. جلوگیری از فرسایش خاک که در واقع معنی آن، کاهش میزان تلفات به حدی است که سرعت فرسایش تقریباً برابر با سرعت طبیعی تلفات خاک شود، بستگی به انتخاب راهبردهای مناسب در حفاظت خاک دارد.

در این میان، برنامه‌ریزان محیط‌زیست، به‌منظور جلوگیری از خسارات وارده یا به حداقل رساندن آنها، باید مورفولوژی خندق‌ها را در نظر بگیرند و میزان گسترش سرخندق‌ها را در مقیاس زمانی برای پیش‌بینی گسترش خندق‌ها، مورد مطالعه و ارزیابی قرار دهند تا از