

مقدمه

خاک به عنوان یک از چهار عنصر حیاتی (آب، خاک، باد و آتش)، مهم ترین بخش از اجزای تشکیل دهنده اکوسیستم و زیربنای اقتصاد کشاورزی هر کشور است. بی شک چگونگی بهره برداری و نگهداری از این منبع طبیعی می تواند مسیر پیشرفت یا سیر قهقراپی هر جامعه را تعیین می کند. با در نظر گرفتن چگونگی و سرعت پیدایش خاک و این که برای تشکیل یک لایه قابل تشخیص خاک به سال ها وقت نیاز است، می توان به اهمیت و ارزش خاک و به عظمت خسارت ناشی از تخریب این منبع حیاتی بیش تر پی برد. از این رو، ضرورت دارد راه کارهای عملی و اساسی همراه با اصلاح زیرساخت ها برای حفاظت و مدیریت خاک در اراضی زراعی و غیر زراعی با هدف کاهش فرسایش خاک و با توجه به کلیه ابعاد آن بررسی، تدوین و معرفی شود. در این خصوص، با استفاده از فرآیند برنامه ریزی و مدیریت فرسایش خاک به سوی حل مشکلات این بخش قدم برداشته می شود.

برنامه راهبردی^۱، روشی سیستماتیک است که فرآیند مدیریت را پشتیبانی می کند. طبق تعریف، برنامه راهبردی متضمن همه مقدماتی است که منجر به تعریف اهداف و تعیین راهبردهای مناسب برای دستیابی به آن اهداف برای کل یک سازمان می شود. در میان پیشرفت های دانش مدیریت در دهه های گذشته می توان به پیدایش جنبشی تازه به نام مدیریت استراتژیک یا راهبردی اشاره کرد. ضرورت توجه به مدیریت راهبردی به این دلیل است که با استفاده از روش های خاص، بیم ها و تهدیدهای احتمالی را بازشناسی کرده و با به کار بستن تمهیدات لازم، آن ها را به فرصت مبدل می کند. مدیریت راهبردی نه تنها از روش های معمول برای بررسی پدیده ها بهره می گیرد، که خود با تکیه بر اصول و قواعدی تازه می کوشد تا خطرهای احتمالی را به کامیابی های قطعی مبدل سازد و توان پایداری سازمان ها را افزایش دهد. بر همین اساس یکی از برنامه های اساسی و آرمان های مورد عنایت در بخش تحقیقات آبخیزداری و منابع طبیعی، داشتن برنامه راهبردی برای حفاظت خاک می باشد که به عنوان یکی از راهبردهای اساسی در راستای کاهش فرسایش و پسرقت خاک مد نظر قرار بگیرد.

دخالت انسان در طبیعت روند فرسایش طبیعی^۲ را به هم زده و

 بررسی تحقیقات و چالش های موجود در زمینه مهار
 فرسایش خندقی در ایران

رضا بیات^۱، داود نیک کامی^۲، مجید صوفی^۳، آزاده مهدی پور^۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۳

چکیده

یکی از آرمان های مورد عنایت در کشور، داشتن برنامه جامع برای کاهش فرسایش و پسرقت خاک است که می توان با استفاده از فرآیند برنامه ریزی راهبردی و تدوین رهیافت های عملی و تحقیقاتی به سوی آن قدم برداشت. این بررسی به منظور بررسی مشکلات و مسائل پیش رو در زمینه پژوهش های مهار فرسایش خندقی، ارایه راه کارها و رسیدن به یک برنامه جامع انجام شده است. بر همین اساس با کمک دست اندرکاران، محققین و اساتید کشاورزی و منابع طبیعی و طی جلسات متعدد، بحث و بررسی عمیق در زمینه های مربوطه انجام شد. با طراحی سوالات اساسی و جستجوی جواب ها و مثال ها، مشکلات و مسائل ارگان های مرتبط، ذینفع و یا موثر در فرسایش و حفاظت خاک در سطح کشور را مطرح نمودند. در نتیجه بررسی های فوق و پس از مشخص شدن چالش های پیش رو، درخت واره مسائل و مشکلات و در نهایت درخت اهداف استخراج شد. هم چنین مشکلات و نیازهای تحقیقاتی مشخص و عناوین پروژه های تحقیقاتی مورد نیاز پیشنهاد شده است.

واژه های کلیدی: مهار فرسایش خندقی، بهینه سازی، حفاظت خاک، برنامه راهبردی

۱. مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، نویسنده مسئول
 bayato2@gmail.com

۲. استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۳. استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

۴. کارشناس ارشد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

5. Strategic Plan
 6. Natural Erosion

موجب بروز فرسایش تشدید شونده^۱ می‌شود که در این صورت مقدار فرسایش از فرسایش مجاز^۲ (میزان خاک‌سازی) پیشی گرفته و طبیعت منطقه از حالت تعادل و پایدار خارج خواهد شد. در تعریف، فرسایش مجاز یا قابل تحمل^۳ به بیشینه مقدار فرسایش که در آن هنوز امکان دستیابی به تولید بالای قابل توجیه اقتصادی و بدون محدودیت فراهم باشد، اطلاق می‌شود. در مقیاس مزرعه نیز عبارت است از آن مقدار هدررفت که تاثیر منفی بر کیفیت‌های اکولوژیک و مدیریتی واحد ارزیابی اراضی در ارتباط با کاربری خاص نداشته باشد [۸]. در این میان، فرسایش خندقی^۴ یکی از انواع فرسایش آبی است عمدتاً در اثر فعالیت‌های بشری تشدید شده و خسارات و اثرات آن نسبت به انواع فرسایش پاشمانی^۵، سطحی^۶ و شیاری^۷، بیش‌تر قابل مشاهده است. فرسایش خندقی، نوعی فرسایش خطی است که از طریق ایجاد سر خندق و گسترش آبراه‌های کوچک با شکل‌های مختلف و مقاطع گوناگون مشاهده می‌شود. عمق آن‌ها بیش‌تر از ۳۰ سانتی‌متر است و به سه شکل خطی، جبهه‌ای و پنجه‌ای مشاهده می‌شود. این نوع فرسایش با عملیات خاک‌ورزی از بین نمی‌رود [۸].

متأسفانه آمار علمی قابل استنادی در خصوص میزان فرسایش خاک و خسارات آن و به‌ویژه فرسایش خندقی در کشور وجود ندارد. اعداد و ارقامی متفاوتی هم که در منابع مختلف ملاحظه می‌شود، کم‌تر براساس اندازه‌گیری و یا برآورد بر پایه مدل‌های واسنجی شده استوار بوده‌است. لذا ضرورت تهیه یک برنامه مدون براساس اصول علمی و آینده‌نگرانه جهت داشتن آمار مناسبی از وضعیت فرسایش خندقی در کشور و روش‌های مهار آن به‌منظور حفاظت خاک احساس می‌شود. مسایل و مشکلات ناشی از فرسایش خاک و حمل ذرات و رسوب‌گذاری، به‌صورت زیر قابل طبقه‌بندی است.

الف- مسایل و مشکلات در عرصه فرسایش که شامل تخریب و کاهش کیفیت اراضی و تغییر کاربری، متروکه شدن اراضی فرسوده، فشار بیش‌تر برای بهره‌برداری از اراضی باقی‌مانده، بالا رفتن هزینه‌های تولید، نیاز به عملیات پر هزینه کنترل فرسایش، و افزایش سیل‌خیزی می‌شود.

ب- مسایل و مشکلات در محل رسوب که شامل رسوب‌گذاری در آبراه‌ها، کانال‌ها و مخازن سدها، بالا آمدن کف بستر، کاهش کیفیت، کاهش عمق و ظرفیت آبراه‌ها، کانال‌ها و مخازن سدها، افزایش سیلاب‌ها و خسارات ناشی از سیل و حمل مواد شیمیایی، تغییر شرایط زیستی، تاثیر منفی بر گیاهان و جانوران، رشد ناخواسته خزه‌ها و جلبک‌ها و کاهش کیفیت آب در محیط‌های آبی می‌شود.

1. Accelerated Erosion
2. Permissible Soil Loss; Acceptable Soil Loss
3. Soil loss Tolerance
4. Gully Erosion
5. Splash Erosion
6. Surface Erosion
7. Rill Erosion

از سویی، حفاظت خاک به مجموعه‌ای از فعالیت‌های برنامه‌ریزی، مدیریتی و عملیات فنی در یک حوزه آبخیز اطلاق می‌شود که ضمن حفاظت از منابع آب و خاک، باعث افزایش کمیّت و کیفیت تولید در واحد سطح شود که خود گامی در راستای دستیابی به توسعه پایدار می‌باشد. این هدف زمانی تحقق می‌یابد که سرعت از دست رفتن خاک بیش‌تر از سرعت تشکیل آن نباشد.

سابقه حفاظت خاک در کشور ما به بیش از ۵۰ سال بر می‌گردد ولی با ارزیابی وضعیت فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز می‌توان دریافت که اقدامات آبخیزداری در این سال‌ها آن گونه که مورد انتظار است، به‌طور اصولی و موثر و کافی انجام نگرفته است. گواه این مدعا رسوب‌دهی حوضه‌ها است که روند کاهشی نداشته‌اند. اعتبارات محدود در بخش آبخیزداری (در طول برنامه پنج‌ساله سوم مجموعاً ۲۴۷۱ میلیارد ریال یا کم‌تر از ۵۰۰ میلیارد ریال در سال در سطح کشور)، نحوه هزینه کرد این اعتبارات (تنها پنج درصد صرف انجام اقدامات مدیریتی و بیولوژیکی شده است)، عدم جلب مشارکت مردمی، عدم وجود ابزارها و زمینه‌های قانونی مناسب از جمله نقطه ضعف‌های مدیریت حفاظت خاک و آبخیزداری کشور است و بدون رفع این نواقص معضل عظیمی که در حفاظت خاک و آبخیزداری کشور وجود دارد، حل نمی‌شود [۳].

در حال حاضر دفتر حفاظت خاک سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری در زیرمجموعه وزارت جهاد کشاورزی از نظر تشکیلاتی، مسئولیت حفاظت خاک اراضی ملی را به عهده دارد. این دفتر و سطح مدیریتی آن برای جلب مشارکت سایر وزارت‌خانه‌ها و دستگاه‌های اجرایی کارآیی لازم را نداشته و حتی برای حفاظت خاک اراضی کشاورزی هم ابزارهای لازم را در اختیار ندارد. پتانسیل نیروی انسانی در بخش حفاظت خاک و آبخیزداری نیز از جمله موارد دیگر است که در پیش‌برد اهداف این بخش نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای دارند. طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری بدون مشارکت مردم محکوم به شکست است. با توجه به این‌که ساکنان حوزه‌های آبخیز در سطح حوضه پراکنده هستند، لازم است نیروی انسانی شاغل در بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، تمامی مناطق حوضه را پوشش داده و ادارات مربوطه به تعداد کافی وجود داشته باشد تا ضمن پی‌گیری اجرای طرح و نظارت بر آن دائماً به ترویج، فرهنگ‌سازی و جلب مشارکت ساکنین آبخیز بپردازند.

اهمیت حفاظت خاک در مقابل فرسایش خندقی: فرسایش خندقی از فرآیندهای مهم تخریب خاک است که در اقلیم مختلف سبب تلفات قابل ملاحظه خاک و تولید مقادیر فراوان رسوب می‌شود. بر اساس تحقیقات انجام شده، Morgan سهم تولید رسوب آن را در واحد سطح چند صد برابر فرسایش پاشمانی و سطحی می‌داند [۵]. به‌نظر Poesen و همکاران [۱۶]، گرچه در سال‌های اخیر تحقیقات وسیعی بر روی تاثیرات تغییر اقلیم و کاربری اراضی بر نرخ فرسایش آبی صورت گرفته، ولی اکثر این تحقیقات به فرسایش سطحی در اراضی زراعی پرداخته و بیش‌تر در سطح کرت‌ها انجام

شده است [5]. در حالی که در همین مدت تحقیقات ناچیزی درباره فرسایش خندقی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی صورت پذیرفته است. در ایران نیز تحقیقات بسیار کمی در این زمینه انجام شده و نیاز شدیدی به پایش و مطالعات تجربی در زمینه ایجاد و گسترش انواع خندق و مدل‌سازی درباره فرسایش خندقی وجود دارد تا بستر مناسبی برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم و کاربری اراضی بر نرخ توسعه فرسایش خندقی و طراحی و اجرای پروژه‌های پایش‌گیری و مهار آن به وجود آورد. متأسفانه طرح‌های معدودی نیز در خصوص مهار و پایش‌گیری از توسعه خندق‌ها انجام شده است. یکی از سؤالات مطرح درباره انواع اقدامات مورد نیاز برای کنترل خندق‌ها، میزان کارایی آن‌ها و درس‌های گرفته شده از موفقیت‌ها و شکست‌ها در مبارزه با این نوع فرسایش است. به عبارت دیگر، با بررسی اقدامات متنوع به کار رفته در کنترل خندق در کشورهای مختلف جهان می‌توان به یک جمع‌بندی مناسب درباره طبقه‌بندی آن‌ها براساس شرایط اقلیمی، مباحث فنی، فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی رسید که یکی از اهداف زیربرنامه بهینه‌سازی روش‌های حفاظت خاک در فرسایش خندقی بوده است [۱۶].

از روش‌های متعددی که در مهار فرسایش خندقی استفاده می‌شود، بعضی در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است. اولین و مهم‌ترین اقدام در مهار فرسایش خندقی، کاهش حجم و سرعت روان‌آب سطحی و یا زیرسطحی است. شواهد نشان می‌دهد که بدون توجه به عامل اصلی که معمولاً با مدیریت اراضی، تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده به مراتع، هدایت مناسب روان‌آب در حواشی راه‌های احداث شده و آب‌گذرها و مدیریت آبیاری قابل کنترل است، اقدام به احداث انواع سدهای اصلاحی در درون خندق‌ها و آبراه‌ها شده و در واقع به جای توجه و درمان ریشه‌های مشکل (علل)، به معلول‌ها پرداخته شده است [۷].

البته در مناطقی مانند بخش‌هایی از استان کرمان که دارای اقلیم خشک و کم‌بارانی می‌باشند، نمی‌توان از روش‌های بیولوژیکی استفاده نمود. به نظر می‌رسد که برخی از روش‌های مکانیکی متناسب با شرایط منطقه هم‌راه با اعمال روش‌های مدیریت اراضی و سازه‌ای بتواند در بسیاری از مناطق نتایج بهتری به دست آورد [۹]. این در حالی است که در کشورهای اروپایی، امریکا و استرالیا، مهار فرسایش خصوصاً خندقی به صنعتی تبدیل شده که شرکت‌ها و صنایع دست‌اندر کار، آخرین راه‌کارهای نوین خود را ارائه می‌دهند و به‌منظور شکوفایی آن جوایزی برای نوآوران اختصاص داده می‌شود [۷].

مسئله در تعریف حد قابل قبول فرسایش در مقیاس حوزه‌های آبخیز در آینده باید فرسایش خندقی مد نظر قرار گیرد. نوآوری در تحقیق مهار فرسایش خندقی کم‌تر از نوآوری در تحقیقات فرآیندهای فرسایش در زمینه خندق بوده است [۱۶]. با وجود تحقیقات ارزنده در این زمینه، هنوز نیاز بیش‌تری برای بررسی تاثیر اقدامات پیشنهاد شده در یک موقعیت خاص و ارزیابی هزینه کارایی آن‌ها لازم است. بدیهی است بسیاری از اقدامات پیشنهادی مهار خندق در محل

دیگر ممکن است پاسخ مناسبی ارائه ندهد و لازم است تا تحقیق بیش‌تری در زمینه سازگاری آن انجام گیرد. متأسفانه اکثر اقدامات اجرایی مهار خندق بدون پشتوانه تحقیقاتی بوده و بیش‌تر به شکست انجامیده است. هر چند در سال‌های اخیر همین مقدار تحقیقات در خصوص شناسایی خندق‌های کشور می‌تواند کمک شایانی به مدیران کند تا بتوانند شناخت مناسبی از انواع و گسترش خندق در کشور داشته باشند، اما متأسفانه معدود پروژه‌هایی در خصوص پایش عوامل موثر بر ایجاد و گسترش و پایش‌گیری از توسعه آن بوده و بیش‌تر پروژه‌های تحقیقاتی با موضوع خندق به دلیل نبود اطلاعات و ضرورت تامین آن، در محدوده شناخت خندق‌ها انجام شده است.

تخریب اراضی مرتعی و زراعی، تخریب راه‌ها و پل‌ها و منازل مسکونی روستاها، تخلیه رطوبت خاک مراتع و زراعت دیم، تخلیه آب زیرزمینی و ایجاد یا تشدید بحران آبی، پر شدن سدها و مخازن آبی، افزایش گل‌آلودگی آب رودخانه‌ها و چشمه‌ها و آبراه‌ها و در نتیجه صدمه رسیدن به موجودات آبی، باعث ارائه یک نقش منفی برای فرسایش خندقی در دست‌رسی به اهداف توسعه می‌شود. هر چند تحقیقات سال‌های اخیر می‌تواند کمک شایانی به شناخت انواع و گسترش خندق در کشور داشته باشند، اما متأسفانه معدود پروژه‌های انجام شده، برای برآورد خسارات ناشی از این پدیده کافی به نظر نمی‌رسند. حتی خسارات ثانوی ناشی از شکست پروژه‌های اجرایی مهار فرسایش خندقی در جایی منعکس نیست.

اطلاعات به دست آمده در خصوص مشکلات و مسائل ناشی از تشدید این پدیده حکایت از آسیب‌های جدی به منابع آبی در پایین‌دست از نظر افزایش گل‌آلودگی و تخریب اکوسیستم‌های آبی، تخلیه منابع آب زیرزمینی و کف‌کنی چاه‌ها و افزایش هزینه‌های پمپاژ آب، قطع راه‌های ارتباطی و به‌موقع نرسیدن محصولات کشاورزی به بازار و خراب شدن آن‌ها می‌شود. تخریب راه‌ها و پل‌ها علاوه بر افزایش مشکلات روحی و روانی برای روستائیان، هزینه‌های زیادی را برای دستگاه‌های دولتی تحمیل می‌نماید. همچنین، گسترش خندق باعث تخریب مراتع و مزارع و متعاقباً کاهش درآمد و بیکاری روزافزون روستائیان و نهایتاً بستر و دلیل مهاجرت ایشان به شهرها را فراهم می‌کند [۷]. آمار مشخصی از نحوه و میزان گسترش این پدیده در دست نیست ولی مشاهدات نشان داده که در دهه‌های اخیر با افزایش تغییرات در کاربری‌ها، سرعت گسترش و ایجاد مناطق خندقی بسیار زیاد بوده و در بعضی مناطق سرعت رشد شاخه اصلی خندق به ۲۵ متر در سال می‌رسد.

نتایج تحقیقی در لامرد و علامرودشت استان فارس نشان داده که مساحت تحت اشغال خندق از ۹۵/۵ کیلومتر مربع در سال ۱۳۳۴ به ۳۳۲/۵۱ کیلومتر مربع در سال ۱۳۷۳ افزایش یافته است. این نتایج نشان‌گر افزایش سطح مناطق مسکونی، زراعت و تحت اشغال خندق به ترتیب به میزان ۱۰، ۳ و ۴ برابر می‌باشند. به عبارت دیگر، بهره‌برداری از اراضی و سطوح تولید روان‌آب سطحی در منطقه در

طی چهار دهه گذشته افزایش چشم‌گیری یافته است [۴]. فرسایش خندقی در برخی از استان‌ها نظیر سیستان و بلوچستان، زنجان و فارس، سبب تخریب سکونت‌گاه‌های روستائی و مهاجرت سکنه آن‌ها و یا تغییر محل روستاها شده است. برای مهاجرت روستاها اندرکنش فرسایش خندقی با تشدید بحران آب زیرزمینی و کاهش رطوبت خاک و تخریب مراتع که به‌صورت کاهش تولید حتی در سال‌های پر باران و مصرف کافی کودهای شیمیایی ظهور دارد، سبب افزایش فقر، ورشکستگی دام‌داران و کشاورزان و مهاجرت به حاشیه شهرهای بزرگ می‌شود. متأسفانه آمار دقیقی از میزان تخریب اراضی و سکونت‌گاه‌های روستائی، بیکاری و مهاجرت سکنه آن‌ها و یا تغییر محل روستاها در دست نمی‌باشد [۶].

نظام‌ها و روش‌های جاری تولید در کشور، نقش مهمی در بروز فرسایش خندقی دارند و تبدیل بسیاری از مراتع در اراضی حاشیه‌ای به زراعت دیم، سبب بروز پدیده فرسایش خندقی شده است که خطرات نامشهود و یا ناگفته برای منابع طبیعی، کشاورزی و توسعه عمرانی دارد. از دیگر علل عمده ایجاد خندق جاده‌سازی، کنش (پایین رفتن) بستر رودخانه‌ها، افزایش ارتفاع روان‌آب در خروجی آب‌گذرها و مدیریت نادرست آبیاری مزارع تشخیص داده شده است [۶].

نتایج تحقیقات داخلی در مهار فرسایش خندقی

نوآوری در تحقیقات مربوط به کنترل فرسایش خندقی بسیار کم‌تر از نوآوری در تحقیقات سایر زمینه‌های فرسایش خندقی است. محققین علت این امر را پیچیده بودن ساز و کار این نوع از فرسایش، هزینه بالا در روش‌های کنترل و تحقیقات مربوط به آن و بلندمدت بودن ماهیت تحقیقات آن می‌دانند. یکی از مشکلات موجود در ارائه روش‌های مختلف برای کنترل خندق‌ها مربوط به شناخت علل ایجاد یا گسترش آن‌ها است. با توجه به تاکید بسیاری از محققین در شناخت فرآیندهای ایجاد و گسترش خندق و عدم انجام این مهم در شرایط مختلف آب‌خیزهای دنیا، مبحث کنترل، شاهد نوآوری و تحقیقات ناچیزی است [۱۶]. با نگاهی به کنترل فرسایش خندقی در ایران و سایر کشورها و بررسی نتایج آن‌ها خلاءهای موجود تعیین می‌شوند.

حیبی [۱] نتایج طرح تحقیقاتی تثبیت و کنترل خندق‌ها را به‌طریق بیولوژیکی و در منطقه فیروزکوه را که از سال ۱۳۷۶ شروع شده بود، از بین رفتن قلمه‌های کاشته شده و در نتیجه، شکست طرح اعلام کرده است. در این تحقیق، قرار بود از طریق کاشت قلمه درختان بید و صنوبر در کف خندق، مانع رشد بیش‌تر آن شده و از هدررفت آب و خاک جلوگیری شود که به‌دلیل وقوع خشک‌سالی، نامناسب بودن گیاه انتخاب شده، عدم انجام اقدامات پشتیبانی و سرمای زمستانه، قلمه‌ها از بین رفتند. در تحقیق دیگری، مهار خندق‌ها به‌روش بیولوژیکی در نزدیکی اینچه‌برون و در ۶۰ کیلومتری شمال گرگان، با استفاده از چهار تیمار شاهد، قرق، قرق به‌علاوه کاشت گونه‌های

درختی و قرق به‌علاوه استفاده از بند چپری در میانه حوضه انجام و در خندق‌های انتخاب شده پارامترهای گسترش رأس خندق‌ها، عمق، عرض، طول و حجم و هم‌چنین میزان فشردگی خاک سطحی، میزان محتوای رطوبت خاک و درصد پوشش گیاهی اندازه‌گیری شد. در تیمار کاشت درخت، گونه‌های زیتون، اقاچیا، زیتون تلخ و عرعر مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که بین تیمار شاهد و تیمارهای دیگر اختلاف آماری وجود دارد [۲].

مهدی‌پور [۹] در تحقیق خود بر روی اثر سه راه‌کار انحراف آب از پیشانی خندق، احداث بندهای گابیونی و چپر بر روی پیش‌روی طولی خندق‌ها در منطقه بافت کرمان نتیجه گرفت که پیش‌روی طولی در نتیجه استفاده از چپر، انحراف آب و گابیون از ۱۹۰-۲۲/۵ سانتی‌متر قبل از اجرای سازه‌ها به ۲۴/۲-۱۰ سانتی‌متر پس از اجرای آن‌ها رسید. تفاوت مقادیر پیش‌روی خندق‌ها قبل و بعد از اجرای هر سه سازه در سطح ۵ درصد معنی‌داری بوده است. از ۱۲۱ رساله کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری دانشگاه تهران تنها سه رساله در زمینه فرسایش خندقی بوده است. یعنی ۲/۵ درصد از رساله‌های با موفقیت گذرانده شده از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۵ که آن‌هم در رابطه با شناخت و عوامل ایجاد و گسترش بوده است. در بررسی موضوعات پژوهشی چاپ شده نیز در گزارشات تحقیقی و مقالات مجلات فقط ۱۰ مقاله در زمینه فرسایش خندقی ملاحظه می‌شود.

نتایج تحقیقات خارجی در مهار فرسایش خندقی

Poesen و Govers [۱۵] در تحقیق خود در بلژیک، فرسایش خندقی را در خاک‌های لومی بلژیک بررسی کردند تا ضمن شناسایی آن‌ها روش‌های کنترل را نیز بررسی نمایند. Xiang-Xu و همکاران [۱۸]، تحقیقی در فلات لسی در چین انجام داده و سامانه‌های چکدم در خندق‌ها را مورد بررسی قرار دادند. Guera و همکاران [۱۲]، برای مهار فرسایش خندقی در محدوده شهری برزیل از روش مهندسی- بیولوژیکی و با کاربرد ضایعات برگ نخل به‌صورت تشک‌های قابل تجزیه استفاده نمودند که دارای مزیت‌هایی از جمله ارزان بودن، قابل توسعه به‌وسیله مردم فقیر و با آموزش و ترویج آسان بوده است.

مشاهدات میدانی و نتایج تحقیق Martinaz-Casansnovas و همکاران [۱۳] در خندق‌های منطقه‌ای در شمال‌شرق اسپانیا نشان می‌دهد که پوشش گیاهی یکی از عوامل موثر بر پایداری دیواره‌های کناری خندق است، ولی حضور پوشش گیاهی برای جلوگیری از پیش‌روی خندق کافی نیست.

نتایج تحقیق Bingner و همکاران [۱۰] نشان می‌دهد که غالب خندق‌های موقت ایجاد شده در اراضی زراعی آمریکا به‌دلیل عملیات شخم بوده است. USDA [۱۷] در تحقیقی راجع به ارزیابی تثبیت خندق‌ها با استفاده از گیاهان در فلوریدا گزارش نموده است که در این منطقه فرسایش خندقی مشکلات جدی ایجاد نموده است، ولی پوشش گیاهی، پتانسیل کاهش این نوع از فرسایش را داشته و قادر

به کنترل آن می‌باشد. Uma و Okagbue [۱۴] در جنوب شرقی نیجریه با کاشت درخت، اقدامات اصلاحی هیدرولیکی، کاربرد چکدم در کانال اصلی و استفاده از حفاظ توری و پرچین بر روی شیب داخلی خندق‌ها تحقیقی را انجام دادند. تحقیقات De Baets و همکاران [۱۱] نشان داده که در مناطق مدیترانه‌ای مستعد فرسایش خندقی، ۸۰ درصد رسوب به وسیله فرسایش خندقی ایجاد می‌شود و احیا و کاشت مجدد در مناطق دارای روان‌آب متمرکز مثل خندق‌ها، موثرترین راه کاهش تولید رسوب است.

جمع‌بندی مطالب نشان می‌دهد که تحقیقات انجام شده در زمینه فرسایش خندقی به خصوص پروژه‌های مهار خندق، در سطح کشور بسیار کم است و از سویی دیگر استفاده از نتایج تحقیقات سایر نقاط جهان نیز با توجه به اختلافات خاک و اقلیم باید با دقت زیاد صورت پذیرد. از آنجایی که یکی از آرمان‌های مورد عنایت در کشور، داشتن یک برنامه برای کاهش فرسایش و پسرفت خاک می‌باشد که می‌توان با استفاده از فرآیند برنامه‌ریزی راهبردی و تدوین رهیافت‌های عملی و تحقیقاتی می‌توان به سوی یک برنامه راهبردی قدم برداشت. بنابراین، ضرورت دارد در این خصوص ضمن برنامه‌ریزی مشخص و در نظر گرفتن اعتبارات کافی با توجه به اهمیت موضوع، تحقیقات منسجم بنیادی و کاربردی انجام شود.

روش تحقیق

به منظور انجام بررسی در خصوص پژوهش‌های مرتبط با مهار فرسایش خندقی، ابتدا نسبت به شناسایی دست‌اندرکاران، محققین و اساتیدی که تخصص یا تجربه‌ای در زمینه فرسایش خندقی، کنترل فرسایش و مدیریت و برنامه‌ریزی داشتند، اقدام شد. برنامه‌ریزی لازم جهت تشکیل جلسات مستمر، تفکیک وظایف همکاران و تنظیم برنامه زمان‌بندی اجرایی براساس تجربه و تخصص صورت گرفت. از طریق جستجوهای اینترنتی، کتابخانه‌ای و فردی بر روی گزارشات، پایان‌نامه‌ها و سایر منابع مرتبط، نهاده‌ها و آمارهای مورد نیاز فراهم و در طول اجرای طرح به تکمیل آن توجه شد.

با تشکیل جلسات و بحث و بررسی در زمینه‌های مربوط به فرسایش و حفاظت خاک و با تمرکز بر مهار فرسایش خندقی، به روش تهیه برنامه راهبردی، با طراحی سوالات اساسی و بررسی جواب‌ها و مثال‌ها، نسبت به تعیین وضعیت موجود، مصادیق مشکلات و مسائل، ارگان‌های ذینفع و موثر در فرسایش و حفاظت خاک کشور خصوصاً در حیطه جنگل‌ها، مراتع و اراضی کشاورزی و پروژه‌های پیشنهادی مورد نیاز اقدام شد.

نتایج

الف- وضعیت موجود: در خصوص مهار فرسایش خندقی و اقدامات انجام شده می‌توان گفت که فاصله زیادی بین وضع فعلی تا وضعیت مطلوب در تحقیقات مرتبط با مهار گسترش فرسایش خندقی وجود دارد. به نحوی که در بررسی‌های انجام شده در اکثر استان‌ها

و براساس مدارک موجود در طرح ملی طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندق‌های ایران، مشخص شده که در ۹۰ درصد مناطق خندقی هیچ اقدامی برای مهار آن‌ها انجام نشده است. به نظر می‌رسد که اقدامات انجام شده در محدوده امور مربوط به مدیریت آب‌خیزها باشد که در بعضی مناطق سازه‌هایی چون گابیون برای تعدیل شیب و کاهش فرسایش احداث شده و در مناطقی نیز به تقویت پوشش گیاهی و یا فرق اقدام شده است. در این میان اقداماتی نظیر سدهای اصلاحی از نوع خشکه‌چین، گابیونی و سنگ و سیمان و در برخی از سدهای سبک فلزی و یا چوبی استفاده شده است. لازم به ذکر است که در بیش‌تر موارد مهار خندق، به دلیل مطالعه، طراحی و اجرای ناصحیح به شکست انجامیده و میزان خسارت ناشی از عدم موفقیت، متعاقباً با شدت بیش‌تری افزایش یافته است.

ب- ارگان‌ها و نهادها: براساس جمع‌بندی نظرات مطروحه در جلسات، وزارت راه و ترابری، وزارت معادن و صنایع، معاونت زراعت، وزارت مسکن و شهرسازی، وزارت نفت، موسسه تحقیقات روستایی، موسسه تحقیقات دیم، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، موسسه تحقیقات خاک و آب، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، سازمان حفاظت محیط زیست، سازمان هواشناسی، سازمان جغرافیایی ارتش، ستاد حوادث غیر مترقبه، مجلس شورای اسلامی و قوه قضایی به‌عنوان ارگان‌ها و نهادهای مسئول شناخته شدند.

ج- درخت‌واره مسائل و مشکلات: با بررسی دقیق‌تر مشکلات و محدودیت‌ها و ارگان‌های درگیر یا موثر در کاهش فرسایش و حفاظت خاک، چالش‌های آموزش، صنعت و مکانیزاسیون، تحقیقات، مدیریت کاربری اراضی، عوامل طبیعی، مردم یا آبخیزنشینان، آمایش سرزمین، قابلیت اراضی، ارتباطات و تعامل ارگان‌ها، مالکیت، حفاظت و حمایت، قوانین و مقررات، مدیریت اراضی مرتعی، جنگلی و کشاورزی، نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، توزیع سوخت در سطح کشور، حریم رودخانه‌ها، مدیریت دام، کوره‌های آجرپزی در عرصه‌ها، حضور خانواده عشایر در عرصه‌ها به همراه دام، اطلس فرسایش کشور و بانک اطلاعاتی و شناسنامه حوزه‌های آبخیز کشور مشخص شدند. این چالش‌ها به صورت درخت‌واره مشکلات و محدودیت‌ها در چهار بخش اصلی تحقیقات، اجرا، آموزش و ترویج، و قوانین و مقررات دسته‌بندی و ارائه شدند.

۱- تحقیقات، کم‌بود بومی‌سازی تحقیقات جهانی، تحقیقات کم روش سنتی استفاده پایدار خاک، کم‌بود نوآوری در روش‌های حفاظت خاک، کم‌بود تحقیقات در تعیین ارزش واقعی خاک، فقدان بانک اطلاعاتی جامع از منابع آب و خاک و عدم وجود اعتبارات متناسب با اهمیت موضوع ملاحظه شدند.

۲- اجرا، عمده مشکلات و محدودیت‌ها در دو دسته اصلی قرار گرفتند. در دسته مشکلات و محدودیت‌های مدیریتی، اجرای غلط آمایش سرزمین، رعایت نکردن تناسب اراضی، مدیریت غلط منابع خاک و آب، عدم استفاده از مشارکت مردم، عدم وجود اعتبارات

متناسب، تعامل غلط نهادهای منابع طبیعی و کشاورزی، شرح خدمات غلط طرح‌های حفاظت خاک و عدم توسعه واحدهای تولید و خدمات روستائی و در دسته مشکلات و محدودیت‌های داده‌های پایه، فقدان بانک اطلاعاتی جامع، عدم وجود نقشه ثبتی منابع ملی و فقدان و به‌روز نبودن نقشه‌های پایه را می‌توان ملاحظه نمود.

۳- آموزش و ترویج، عمده مشکلات و محدودیت‌ها در چهار دسته اصلی قرار می‌گیرند که شامل ناآگاهی بهره‌برداران از اراضی، ضعف تعامل با اجرا و تحقیقات، فقدان ترویج یافته‌های تحقیقاتی و فقدان بانک اطلاعاتی جامع از منابع می‌شود.

۴- قوانین و مقررات نیز عمده مشکلات و محدودیت‌ها در پنج دسته اصلی قرار می‌گیرند که شامل فقدان، ضعف و اجرای نامناسب قوانین، اجرا نکردن قوانین مالکیت و استفاده اراضی، ضعف تعامل بین اجرا، تحقیقات و آموزش، قوانین نامناسب هزینه اعتبارات تحقیقاتی و نهایتاً فقدان بانک اطلاعاتی قوانین آب و خاک هستند.

د- درخت‌واره اهداف: با مد نظر قرار دادن درخت‌واره مشکلات و مسائل، درخت‌واره اهداف استخراج شد. به‌منظور کاهش فرسایش خاک و در نتیجه کاهش رسوب، این درخت‌واره در چهار بخش تحقیقات، اجرا، آموزش و ترویج، و قوانین و مقررات طبقه‌بندی شده است.

۱- در بخش تحقیقات، بومی سازی تحقیقات جهانی، تحقیقات بر پایه روش‌های سنتی استفاده پایدار خاک، نوآوری در روش‌های حفاظت خاک، تعیین ارزش واقعی خاک و شاخصه‌های کمی، تشکیل بانک اطلاعاتی جامع از منابع آب و خاک و تامین اعتبارات متناسب با اهمیت موضوع قرار گرفتند.

۲- در بخش اجرا، عمده اهداف در دو دسته اصلی قرار گرفتند. در دسته اهداف مدیریتی، آمایش سرزمین در کشور، رعایت تناسب اراضی، مدیریت منابع خاک و آب، مشارکت مردم در طرح‌ها، تامین اعتبارات متناسب، تعامل صحیح نهادهای منابع طبیعی و کشاورزی، تهیه شرح خدمات طرح‌های حفاظت خاک و توسعه واحدهای تولید و خدمات روستائی و در دسته اهداف داده‌های پایه، تشکیل بانک اطلاعات منابع، تهیه نقشه ثبتی منابع ملی و تهیه و بروز نمودن نقشه‌های پایه ارائه شدند.

۳- در بخش آموزش و ترویج، عمده اهداف در چهار دسته اصلی قرار می‌گیرند که شامل آگاهی دادن به بهره‌برداران از اراضی، تعامل بین اجرا، تحقیقات و آموزش، ترویج یافته‌های تحقیقاتی و به‌روز نمودن بانک اطلاعات جامع منابع می‌شود.

۴- در بخش قوانین و مقررات نیز عمده اهداف در پنج دسته اصلی قرار می‌گیرند که شامل تصویب و تحکیم و اجرای مناسب قوانین، اجرای قوانین مالکیت و استفاده اراضی، تعامل بین اجرا، تحقیقات و آموزش، مناسب کردن قوانین هزینه اعتبارات تحقیقاتی و تهیه بانک اطلاعاتی قوانین آب و خاک جای می‌گیرند. با توجه به این‌که وجود قوانین کارآمد از مبانی اصلی موفقیت محسوب می‌شود، تدوین و تصویب مقررات و قوانین در سه محور مقررات

پیش‌گیرانه، اقدامات اصلاحی و احیایی و تخلفات، جرائم و جبران خسارات پیشنهاد شده‌اند.

در مقررات پیش‌گیرانه، در رابطه با عملیات حفاظت آب و خاک، ابتدا سیاست پیش‌گیری را اعمال نموده و به برنامه‌ریزی کلان، مهار و پیش‌گیری جامع و فراگیر، اتخاذ اقدامات مناسب با توجه به شرایط محلی، تقویت نظام مدیریت و تاکید بر نتایج سودمند و مفید روی آورده می‌شود. به منظور جلوگیری از پر شدن مخازن سدها و حفاظت و جلوگیری از فرسایش خاک، مناطق بحرانی، قرق اعلام گردیده و چرانیدن دام و زراعت دیم در مناطق قرق شده مطلقاً ممنوع می‌شود. کشت آبی در این مناطق و تعیین مناطق قرق در اراضی زیردست سدها طبق آئین‌نامه‌هایی به دستگاه‌های ذیربط ابلاغ می‌شود. هرگونه بهره‌برداری از اراضی ملی حوضه‌ها و یا تغییر کاربری موکول به اخذ مجوز لازم است. شرایط صدور، تعلیق، ابطال، مدت اعتبار و نحوه تمدید و انتقال کلی یا جزئی و میزان تعرفه مجوز بهره‌برداری براساس آیین‌نامه اجرایی خواهد بود. دولت در سطوح مختلف، تمام مردم را سازمان‌دهی و تشویق و ترغیب خواهد نمود تا متعهد به حفظ آب و خاک و توسعه فضای سبز و پوشش گیاهی از طریق جنگل‌کاری و اقدامات بیولوژیک شوند. در شرح خدمات پروژه‌های عمرانی دستگاه‌های مختلف که در حوزه‌های آبخیز فعالیت می‌کنند، بخشی تحت عنوان اقدامات آبخیزداری می‌گنجانند. در بهره‌برداری از معادن به‌خصوص معادن شن و ماسه رودخانه‌ای، تمهیدات لازم برای سامان‌دهی رودخانه و مهار فرسایش کناری رودخانه و حمل رسوبات به پایین‌دست توسط بهره‌بردار لحاظ می‌شود. دولت در سطوح مختلف کشور فرهنگ حفاظت آب و خاک را از طریق مبادی مربوطه چون صدا و سیما، نشریات و کتب درسی و ... اشاعه داده و سطح آگاهی عمومی را نسبت به موضوعات حفاظت آب و خاک ارتقاء می‌دهد. جهت تشویق و ترغیب اشخاص حقیقی و حقوقی به رعایت اصول فنی و مشارکت در اجرای پروژه‌های حفاظت آب و خاک و آبخیزداری، دولت هر ساله تسهیلات اعتباری و امکانات لازم در بودجه کشور منظور می‌نماید. دستگاه‌های مسئول واگذاری اراضی، موظفند اراضی مورد نیاز جهت اجرای پروژه‌های حفاظت آب و خاک و آبخیزداری را به مجریان حقیقی یا حقوقی واگذار نماید.

در اقدامات اصلاحی و احیایی، جهت احیای اراضی بیابانی و حاشیه کویرها، این اراضی در قالب پروژه‌های آبخیزداری در اختیار کارشناسان منابع طبیعی و مردم قرار می‌گیرند (ماده ۳۴ قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع مصوب سال ۷۲). به‌منظور حفاظت و پیش‌گیری از فرسایش خاک و تولید رسوب، مناطق بحرانی، حفاظت شده اعلام می‌شوند. هرگونه بهره‌برداری از این مناطق تا احیای مجدد، ممنوع شده و نحوه تعیین مناطق بحرانی و اجرای این ماده بر اساس آیین‌نامه‌ای مشخص می‌شود. به‌منظور اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری، مستثنیات مذکور در قانون ملی شدن جنگل‌ها واقع در منابع ملی در برابر واگذاری

عوض، تملک و تصرف می‌شوند. حفظ و ایجاد پوشش گیاهی و غرس اشجار برای تحکیم و تثبیت کناره‌ها و هم‌چنین اجرای پروژه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری در حوزه آبخیز رودخانه‌های مرزی به‌عهده دولت خواهد بود.

در قالب تخلفات، جرائم و جبران خسارات، هر کس ممنوعیت‌های قانونی را عمداً نقض نماید، علاوه بر جبران خسارات که طبق نظر کارشناس تعیین می‌شود، به پرداخت جزای نقدی تا دو برابر مبلغ خسارت مستقیم و غیر مستقیم محکوم می‌شود. هرگونه بهره‌برداری از اراضی که منجر به بروز یا تشدید سیل، فرسایش خاک و رانش زمین شود، ممنوع و متخلفین برای بار اول، جهت توقف فعالیت و جبران خسارات، به مراجع ذیصلاح معرفی شده و ادامه فعالیت منوط به رعایت دستورالعمل‌های پیش‌بینی شده می‌شود. در صورت تکرار، به پرداخت جریمه نقدی معادل خسارت وارده و حبس از ۳ تا ۶ ماه محکوم می‌شوند. دستگاه‌های اجرایی و بانک‌ها از ارائه خدمات و تسهیلات به متخلفین، به‌جز مواردی که منجر به جبران خسارت شود، خودداری می‌نمایند. درآمد حاصل از اجرای این قوانین به صرف تامین هزینه‌های حفاظت آب و خاک و آبخیزداری اختصاص داده می‌شود.

۵- طرح‌ها و پروژه‌های پیشنهادی: برای تامین نیازهای تحقیقاتی کشور در زمینه مهار فرسایش خندقی و با توجه به بررسی‌های انجام شده و مباحثی که در بخش‌های قبل ذکر شد، عناوین اصلی زیر پیشنهاد می‌شود.

- ۱- بررسی منابع و اقدامات انجام شده در خصوص راه‌کارهای سنتی و نوین مهار خندق در ایران
- ۲- شناسایی روش‌های سنتی و بومی مهار فرسایش خندقی و بهینه‌سازی آن‌ها با استفاده از فن‌آوری‌های روز
- ۳- تحقیقات به‌منظور نوآوری و ابداع روش‌های جدید مهار فرسایش خندقی با استفاده از فن‌آوری‌های روز
- ۴- بومی‌سازی تحقیقات جهانی و روش‌های خارجی پیش‌گیری و مهار خندق
- ۵- بررسی و تعیین روش‌های مناسب پیش‌گیری از ایجاد یا مهار فرسایش خندقی در مناطق مختلف کشور
- ۶- بررسی گونه‌های مناسب گیاهی در مهار و یا پیش‌گیری از ایجاد فرسایش خندقی
- ۷- بررسی و بومی‌سازی روش‌های سازه‌ای و مکانیکی در مهار یا پیش‌گیری از ایجاد فرسایش خندقی
- ۸- بررسی نقش مواد اصلاحی آلی، معدنی و یا مصنوعی در مهار یا پیش‌گیری از ایجاد فرسایش خندقی
- ۹- بررسی روش‌های مدیریتی و تلفیقی مناسب در مهار یا پیش‌گیری از ایجاد فرسایش خندقی
- ۱۰- بررسی و تعیین زمان و روش مناسب مهار فرسایش خندقی در مناطق کشور
- ۱۱- بررسی و ارزیابی تاثیر اقدامات به‌کار رفته در پیش‌گیری و

مهار خندق‌های ایران

۱۲- تهیه بانک اطلاعات و نقشه مناطق فرسایش خندقی تحت حفاظت و پایش آن‌ها با استفاده از فن‌آوری‌های نوین با توجه به روند طی شده در مراحل مختلف این تحقیق و نتایج حاصل از آن، شایسته است مسئولین ذیربط، به‌روز رسانی نتایج این تحقیق را مورد توجه قرار دهند.

تشکر و قدردانی

بی‌شک نتایج این تحقیق مرهون زحمات تعدادی از اساتید دانشگاه‌ها، اعضای هیئت علمی و کارشناسان مراکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی استان‌ها بوده که به‌نوبه خود قابل تقدیر می‌باشد. هم‌چنین از مدیران و اعضای هیئت علمی و کارشناسان پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به‌دلیل حمایت‌های علمی، مدیریتی و تدارکاتی تشکر می‌شود.

منابع

- ۱- حبیبی، ر. ۱۳۸۳. طرح تثبیت و کنترل گالی‌ها در منطقه فیروزکوه به‌طریق بیولوژیکی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۲- شاهینی، غ. ۱۳۸۷. بررسی نقش پوشش گیاهی و اقدامات حفاظت خاک در کنترل رشد خندق‌ها در اراضی لسی گلستان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۳- صمدی بروجنی، ح. و شمسانی، م. ۱۳۸۵. نقش و جایگاه آبخیزداری در آینده کنترل و بهره‌برداری منابع آب کشور. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۴- صوفی، م. ۱۳۸۱. فرآیند ایجاد خندق و نرخ رشد آن در لامرد و علامرودشت. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۵- صوفی، م. ۱۳۸۲ الف. ایجاد و گسترش فرسایش آب‌کندی: اهمیت و نیازهای تحقیقاتی. سومین گردهمایی علمی مجریان استانی طرح محوری بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندقی ایران (منتشر نشده).
- ۶- صوفی، م. ۱۳۸۲ ب. گزارش سالانه طرح بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک آب‌کندهای ایران. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (منتشر نشده).
- ۷- صوفی، م. ۱۳۸۶. زیربرنامه شناخت عوامل مؤثر بر ایجاد گسترش آب‌کندها از برنامه راهبردی شناخت عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش و تولید رسوب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۸- طالب بیدختی، ناصر، صابر شاهوئی، عبدالکریم بهنیا و فرهاد بهبودی. ۱۳۸۲. فرهنگ تخصصی فرسایش و رسوب. تهران: انتشارات یونسکو - ۳۸۶ صفحه.
- ۹- مهدی‌پور، آ. ۱۳۸۷. بررسی و ارزیابی برخی از روش‌های

- 14- Okagbue, C.O. and UMA, K.O. 1987. Performance of Gully Erosion Control Measures in Southeastern Nigeria. *Forest Hydrology and Watershed Management, Proceedings of the Vancouver Symposium, August 1987: IAHS-AISH Publ. No. 167.*
- 15- Poesen, J. and Govers, G. 1990. Gully Erosion in the Loam Belt of Belgium, Typology and Control Measures. *Soil Erosion on Agriculture Land. Edited 1990. John Wiley and Sons Ltd.*
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstaeten, G. and Valentin, C. 2003. Gully Erosion and Environmental Change: Importance and Research Needs. *Catena. 50: 91-133*
- 16- USDA. 2001. Evaluation of Plants for Gully Stabilization in the Florida Panhandle. Final Report.
- 17- Xiang-Xu, X., Hong-Wu, Z. and Ouyang, Z. 2004. Development of Check-Dam System in Gullies on the Loess Plateau, China. *Environmental Science and Policy. 7: 79-86.*
- کاهش فرسایش خندقی در منطقه بافت. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- 10- Bingner, R.L., Theurer, F.D., Gordon, L.M., Bennett, S.J., Parker, C., Thorne, C. and Alonso, C.V. 2007. Ann AGNPS Ephemeral Gully Erosion Simulation Technology. Casali, J. and R. Gimenz (Eds.). 2007. Progress in Gully Erosion Research. IV International Symposium on Gully Erosion, (UPNA) Public University of Navarre. 20-21.
- 11- De Baets, S., Poesen, A., Knapen, J., Barberá, G.G. and Navarro, J.A. 2007. Evaluation of Mediterranean Plants for Controlling Gully Erosion. *Earth Surface Processes and Landforms Earth Surf. Process. Landforms. 32: 1323-1345.*
- 12- Guerra, A.J.T., Bezerra, J.F.R., Fullen, M.A., Mendonca, J.K.S., Sathler, R., Lima, F.S., Mendes, S.P., Guerra, T.T. 2007. Urban Gullies in SAO Luis City, Maranhao atate. Brazil. Casali, J. and Gimenz, R. (Eds.). Progress in Gully Erosion Research, IV International Symposium on Gully Erosion, (UPNA) Public University of Navarre, 58-59.
- 13- Martinaz-Casansnovas, J.A., Garcia-Hernandez, D., Ramos, M.C., 2007, Does Vegetation Cover Suppose Gully Erosion Stabilization?, Casali, J. and Gimenz, R. (Eds.). 2007. Progress in Gully Erosion Research, IV International Symposium on Gully Erosion, (UPNA) Public University of Navarre. 78-79.