



تحقیقات آب و خاک ایران | دوره ۵۳ | شماره ۲ | اردیبهشت ۱۴۰۱ (ص ۴۳۳-۴۱۱)

DOI: <https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2022.337663.669190>

(مقاله مروری)

A Critical Report on Several Decades' Activities in the Universities, Research Institutes and Executive Organizations in the Field of Soil Erosion and Conservation in Iran

HOSSEIN ASADI*

Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
(Received: Jan. 20, 2022- Revised: Feb. 27, 2022- Accepted: March. 6, 2022)

ABSTRACT

Soil erosion and sediment yield are the most widespread causes of soil, land and environmental degradation in Iran. All soil erosion types are occurring widely across Iran territory due to high susceptibility of soils, poor vegetation, arid and semi-arid climate, severe topography and mismanagement of land, soil and vegetation. In this paper, while reviewing the current estimates of water, wind, gully and other forms of soil erosion, and sediment yield; the history of educational, executive and research activities in this field in the country are critically reviewed. Also, some of the laws and legal documents have been reviewed, and while several national committees are introduced, their important achievements are presented. Educational, executive and research activities in the field of soil conservation began in the late-1950s in Iran. Postgraduate education, scientific publications, journals and conferences have quantitatively developed very fast during the last two decades, but their quality and adaptation to the country needs are questionable. While trying to respond the country's needs, the research sectors in the field also face problems and challenges, especially their research findings are not implemented. The executive sector has not been able to overcome the increasing trend of soil degradation due to the country size, the severity and diversity of degradation, the lack of enough budget and experienced technical experts across the country, and excessive reliance on structural methods of soil conservation. It seems that the whole organization, relations and interactions of the sectors of soil conservation and management system in the country are disrupted and inefficient due to various internal and external factors. To overcome the current unstable situation, an intellectual governance is needed in which the needs, laws and policies of soil conservation and management are formed by participation of stakeholders and in a multifaceted interaction of education, research and executive sectors.

Keywords: Conferences, Documents and Rules, Postgraduate Courses, Sediment Yield, Soil Degradation.

واکاوی تاریخچه فعالیت دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و سازمان‌های اجرایی مرتبط با فرسایش و حفاظت خاک در ایران

حسین اسدی*

گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۳۰ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۸ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۲/۱۵

چکیده

فرسایش خاک و رسوبدهی حوزه‌های آبخیز گسترده‌ترین عوامل تخریب خاک، اراضی و محیط‌زیست در ایران هستند. وضعیت بسیار شکننده زیست‌بوم، در کنار شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک در بخش وسیعی از کشور، به همراه وضعیت توپوگرافی و مدیریت نامناسب سرزمین، موجب وقوع انواع فرسایش خاک در گستره وسیعی از کشور ایران شده است. در این مقاله ضمن مرور برآوردهای موجود از میزان فرسایش خاک و رسوبدهی، فرسایش آبکندی (خندقی)، فرسایش بادی و دیگر اشکال فرسایش، تاریخچه فعالیت‌های آموزشی، اجرایی و پژوهشی در زمینه فرسایش و حفاظت خاک در کشور مورد واکاوی قرار گرفت. همچنین، شماری از قوانین و اسناد ملی مرور شده، و ضمن معرفی برخی کمیته‌های ملی، مهم‌ترین دستاوردهای آنها ارائه شده است. فعالیت‌های آموزشی، اجرایی و پژوهشی در زمینه حفاظت خاک در کشور از اواسط دهه ۱۳۳۰ خورشیدی در ایران آغاز گردید. تحصیلات تکمیلی، انتشارات علمی، مجلات و همایش‌ها در یکی دو دهه گذشته توسعه کمی زیادی داشته‌اند، اما وضعیتی کیفی آن‌ها و تطابق با نیازهای جامعه رضایت‌بخش نیست. مراکز تحقیقاتی مرتبط علی‌رغم تلاش برای پاسخگویی به نیازهای کشور با مشکلات و چالش‌هایی درگیر بوده و یافته‌های پژوهشی آنها نیز چندان اجرایی نمی‌شود. بخش اجرایی نیز باتوجه به گستردگی کشور، و شدت و تنوع تخریب‌ها از یک سو، و کمبود بودجه و نیروی فنی کارآمد در برخی نقاط کشور، و تکیه بیش از حد به روش‌های ساده‌ای از سوی دیگر، نتوانسته است روند فزاینده تخریب‌ها را کنترل کند. به نظر ساختار، روابط و تناسبات سامانه حفاظت و مدیریت خاک در کشور به دلایل متعدد درونی و بیرونی دچار اختلال و ناکارآمدی شده است. راه برون‌رفت از وضعیت ناپایدار فعلی، ایجاد ساختاری است که در آن نیازها، قوانین و سیاست‌های حفاظت و مدیریت خاک در تعامل چندسویه آموزش، تحقیقات و اجرا و با محور قرار دادن و مشارکت بهره‌برداران شکل بگیرد.

واژه‌های کلیدی: اسناد و قوانین، تحصیلات تکمیلی، تخریب خاک، رسوبدهی، همایش‌ها.

مبانی و مفاهیم فرسایش خاک

فرسایش خاک، فرایند جدا شدن و انتقال ذرات خاک در اثر یک نیروی فرساینده است. بر مبنای نیروی فرساینده، فرسایش خاک به انواع آبی (ناشی از نیروی بارندگی و رواناب)، بادی، شخم^۱ و توده‌ای (شامل زمین‌لغزش یا حرکات دامنه‌ای) گروه‌بندی می‌شود (Rafahi, 2017). مهم‌ترین شکل‌های فرسایش آبی شامل فرسایش‌های سطحی (ورقه‌ای و شیاری)، آبکندی (خندقی)^۲ و کناره‌های^۳ هستند. فرسایش برداشت محصول^۴ نیز در اراضی زراعی آبی اهمیت دارد و ممکن است مقدار آن در شرایطی و تحت کشت

برخی محصولات (به‌ویژه غده‌ای)، از انواع دیگر فرسایش بیش‌تر شود (Faraji et al., 2017). فرسایش خاک بر مبنای عدم دخالت یا دخالت انسان، به دودسته فرسایش طبیعی و فرسایش تشدید می‌گروه‌بندی می‌شود (Rafahi, 2017). هدررفت خاک^۵ مقدار مواد و ذرات خاکی است که در اثر فرسایش از یک قطعه زمین، یک دامنه یا یک منطقه به صورت سطحی خارج می‌شود (Morgan, 2005). ذرات خاکی که توسط جریان آب یا باد در حال انتقال هستند را رسوب^۶ می‌گویند. تولید رسوب (با رسوبدهی)^۷ بخشی از خاک فرسایش یافته در سطح

* نویسنده مسئول: ho.asadi@ut.ac.ir

1 Tillage erosion
2 Gully
3 Bank (river bank)
4 Harvest erosion
5 Soil loss
6 Sediment
7 Sediment yield

قابل توجه کمتر، به ترتیب ۲/۲۳، ۰/۹۲ و ۰/۹ تن در هکتار در سال، در ردیف‌های بعدی هستند. از سوی دیگر، اثر اجرای کشاورزی حفاظتی در ۴۰ کشور، بیانگر کاهش معنی‌دار میزان فرسایش خاک بود. بر مبنای مطالعه et al Borrelli (۲۰۱۳)، کشورهای آرژانتین، پاراگوئه، برزیل، اروگوئه، نیوزیلند، کانادا، استرالیا، ایالات متحده، بولیوی، ونزوئلا و شیلی، به ترتیب با بیش از ۳۰ درصد تا حدود ۱۰ درصد کاهش تلفات خاک، موفق‌ترین کشورها در این زمینه هستند. شدت فرسایش خاک در اراضی تحت کشت در نواحی کشاورزی وسیع، همانند ایالات متحده، حدود ۶ تن در هکتار در سال، و در اراضی وسیعی که طی قرن گذشته در شمال شرقی چین زیر کشت رفته‌اند، به طور متوسط ۱۵ تن در هکتار در سال و حتی بیش‌تر گزارش شده است (Nearing et al., 2017). بر اساس این گزارش، اجرای عملیات حفاظت خاک، به‌ویژه شخم حفاظتی و کشت بدون شخم، متوسط نرخ فرسایش خاک را در ایالات متحده به حدود ۱ تن در هکتار در سال یا حتی کمتر، کاهش داده است. بر اساس گزارش سازمان خواروبار جهانی (FAO, 2019)، برآوردهای تلفات سالانه خاک بر مبنای اندازه‌گیری در کرت‌های صحرایی (۸ تا تقریباً ۵۰ تن در هکتار در سال) به طور قابل‌توجهی بیش‌تر از مقادیر تخمینی از مدل‌های منطقه‌ای و جهانی (۲ تا ۴ تن در هکتار در سال) هستند.

وضعیت فرسایش خاک در ایران

فرسایش آبی و تولید رسوب

کارشناسان در اواخر دهه ۱۳۴۰ و اوایل دهه ۱۳۵۰ معتقد بودند که میزان هدررفت خاک در اثر فرسایش در کشور بین ۶۰۰ میلیون تا یک میلیارد تن است (به نقل از Bakhtar, 1973). نخستین نقشه‌های فرسایش خاک برای ایران، نقشه‌هایی هستند که با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰۰ توسط یونسکو با همکاری فائو و برنامه محیط‌زیست سازمان ملل در سال ۱۹۸۰ با مدل USLE ساده شده، برای خاورمیانه و شمال آفریقا تهیه شده است. Shahoei (۱۹۸۹) درصد مساحت طبقه‌های مختلف نقشه خطر فرسایش خاک (بدون اعمال فاکتور پوشش گیاهی)، و میزان واقعی هدررفت خاک را در محدوده ایران تعیین کرد (جدول ۱). Arabkhedri (۲۰۱۴) متوسط هدررفت خاک کشور را بر اساس حد پایین و حد بالای کلاس‌های این جدول، به ترتیب ۶ و بالغ بر ۳۰ تن در هکتار در سال محاسبه کرد. بر اساس حد وسط هر طبقه، مقدار کل هدررفت خاک کشور ۳/۲ میلیارد تن (معادل ۲۰ تن در هکتار) در سال خواهد بود.

حوضه است که توسط جریان رودخانه از حوضه خارج می‌شود یا به درون دریاچه یا پشت سدها می‌ریزد. رسوب‌گذاری نیز فرایند ترسیب (ته‌نشینی) رسوبات همراه باد یا آب است. مقدار در واحد سطح رسوب‌دهی را رسوب‌دهی ویژه^۱ می‌گویند. انتقال رسوب به دو صورت کلی بار معلق و بار بستر صورت می‌گیرد. براین‌اساس و بر مبنای اینکه در رسوب‌سنجی کدام یک اندازه‌گیری شده‌اند، رسوب‌دهی برآوردی یک حوضه نیز ممکن است رسوب‌دهی کل و یا رسوب‌دهی معلق باشد. به نسبت بین رسوب‌دهی به فرسایش/هدررفت خاک، نسبت تحویل رسوب^۲ (SDR) می‌گویند که بر حسب درصد نیز بیان می‌شود. تلفات خاک و رسوب‌دهی ویژه اغلب بر حسب واحد جرم در واحد سطح و در واحد زمان بیان می‌شود. مرسوم‌ترین واحدهای مورد استفاده، تن در هکتار در سال ($t\ ha^{-1}\ y^{-1}$) و تن در کیلومترمربع در سال ($t\ km^{-1}\ y^{-1}$) هستند (Rafahi, 2017).

حد قابل تحمل فرسایش/هدررفت خاک^۳ مقدار معینی از هدررفت/فرسایش خاک است که منجر به زوال کارکردهای خاک نمی‌شود (Li et al., 2009). حد قابل تحمل فرسایش خاک، معیار بسیار مهمی برای تشخیص حد وخامت وضعیت فرسایش و نیز اولویت‌بندی برنامه‌های حفاظت خاک است. حد قابل تحمل خاک با بُعد مشابه تلفات خاک ($t\ ha^{-1}\ y^{-1}$ و یا $mm\ y^{-1}$) بیان می‌شود.

وضعیت فرسایش خاک در جهان و ایران

وضعیت فرسایش خاک در دنیا

بر اساس گزارش et al Nearing (۲۰۱۷)، نرخ فرسایش طبیعی خاک حدود یک تن یا کمتر از یک تن در هکتار در سال است. البته، مقادیر حاصل از اندازه‌گیری در رسوبات (در دامنه ۰/۸ تا ۱/۹ تن در هکتار در سال)، چندین برابر مقادیر تعیین شده بر مبنای نیمرخ خاک (در دامنه ۰/۳ تا ۰/۴ تن در هکتار در سال) هستند. بر مبنای "ارزیابی جهانی تخریب خاک"^۴، فرسایش خاک عامل ۸۲ درصد تخریب خاک ناشی از فعالیت‌های انسان است و ۱۶۴۳ میلیون هکتار از اراضی دنیا را تحت تأثیر قرار داده است (به نقل از Morgan, 2005). et al Borrelli (۲۰۱۳) با مدل‌سازی فرسایش خاک در سطح جهان با هدف ارزیابی اثر تغییر کاربری، متوسط سالانه پتانسیل فرسایش خاک را ۳۵ میلیارد تن در سال (با مقدار میانگین ۲/۸ تن در هکتار در سال) برآورد کردند. بر اساس این مطالعه، امریکای جنوبی، آفریقا و آسیا با مقادیر متوسط ۳/۵۳، ۳/۴۷ و ۳/۴۷ تن در هکتار در سال، بالاترین نرخ فرسایش خاک را دارند. امریکای شمالی، اروپا و اقیانوسیه با مقادیر به طور

جدول ۱- درصد مساحت کلاس‌های خطر فرسایش و میزان هدررفت خاک نقشه فائو در سطح ایران (Shahoei, 1989)

دریاچه‌ها	بیرون‌زدگی‌های سنگی	تپه‌های شنی	دشت‌های نمک	>۲۰۰	۵۰-۲۰۰	۱۰-۵۰	<۱۰	کلاس خطر فرسایش یا هدررفت خاک ($t\ ha^{-1}\ y^{-1}$)
۰/۲۸	۰/۶	۲/۲۵	۴	۱۲	۱۹	۲۱/۳	۴۰/۵	خطر فرسایش خاک
۰/۲۸	۰/۶	۲/۲۵	۴	۰/۱۵	۴	۴۰	۴۸/۹	هدررفت واقعی

تخمین فرسایش خاک و رسوب‌دهی کشور در طرح پژوهشی "بررسی فرسایش مجاز و تدقیق ارقام فرسایش آبی خاک در اقلیم مختلف کشور، (Arabkhedri et al., 2016)" را به شرح جدول ۲ جمع‌بندی کردند. ایشان با تجزیه و تحلیل این داده‌ها، مقدار کل فرسایش از سطح کشور را حدود یک میلیارد تن در سال و یا به طور متوسط، ۶ تن در هکتار برآورد کردند. ایشان همچنین بیان می‌کنند که حدود یک‌سوم از این فرسایش، به صورت رسوب معلق در آبراهه‌ها جریان می‌یابد. Arabkhedri (۲۰۱۴) سهم فرسایش سطحی در کل تولید رسوب را یک‌سوم، و بقیه رسوب تولیدی را ناشی از فرسایش‌های عمقی نظیر سازندهای حساس به فرسایش، فرسایش آب‌کندی و رانش زمین می‌دانند. هرچند میانگین ۱/۳ تن در هکتار در سال اندازه‌گیری شده در کرت‌های فرسایش، ممکن است بیانگر نرخ فرسایش و تلفات خاک در دامنه‌ها (فرسایش‌های سطحی) باشد، اما این میانگین به شدت تحت تأثیر مقادیر بیشینه (۳۴ تن در هکتار در سال) قرار دارد که از کرت‌های احداث شده روی مارن‌ها به دست آمده‌اند (جدول ۲). لذا Arabkhedri (۲۰۱۴) به دلیل توزیع غیرنرمال داده‌ها، بر میانه اعداد (مقدار ۰/۰۵ تن در هکتار در سال) تاکید دارند. در مطالعه دیگری، Arabkhedri et al (۲۰۱۶) برای تدقیق مقدار رسوب برآوردی، سطح کشور را به هشت منطقه همگن تفکیک، و با مقایسه ارقام مشاهده‌ای و برآوردی، و به دست آوردن ضریب اصلاحی، وزن کل فرسایش خاک کشور را ۸۹۵ میلیون تن در سال (معادل ۵/۵ تن در هکتار در سال) برآورد کردند.

نخستین برآورد رسوب‌دهی و فرسایش خاک بر مبنای آمار رسوب‌سنجی در سطح وسیع، توسط Jalalian و همکاران (۱۹۹۴) در ۲۴ زیر حوضه با مساحتی بالغ بر ۷۳ میلیون هکتار، نشان دادند که میانگین رسوب‌دهی ویژه ۳/۴۸ تن در هکتار در سال است. این محققین با این استدلال که در سال‌های عادی آب لازم برای انتقال رسوب فراهم نیست، رقم مزبور را مناسب ندانسته و بر اساس آمار حداکثر رسوب در سال‌های پر آب، متوسط رسوب‌دهی سطح مورد مطالعه را ۵۴۹ میلیون تن در سال (رسوب‌دهی ویژه ۷/۵ تن در هکتار در سال) برآورد کردند. بر این اساس میزان فرسایش (با SDR، ۳۰ درصد) در این حوضه‌ها، حدود ۲۵ تن در هکتار در سال برآورد شد. Arabkhedri (۲۰۰۵) بر اساس آمار رسوب‌دهی معلق ۲۰۹ ایستگاه رسوب‌سنجی در سطح کشور، میانه^۱ رسوب‌دهی ویژه معلق کشور را ۲/۱۴ تن در هکتار در سال، و میزان فرسایش خاک کشور را بدون احتساب بار بستر، بالغ بر یک میلیارد تن در سال (حدود ۶ تن در هکتار در سال) برآورد کردند. در مطالعه Arabkhedri (۲۰۱۴)، میانگین رسوب‌دهی معلق، ۳/۶ تن در هکتار در سال بود که به مقدار تعدیل نشده مطالعه et al Jalalian (۱۹۹۴) نزدیک است.

بعد از نقشه فائو، دومین برآورد میزان فرسایش در سطح کشور، در قالب طرح سیمای فرسایش حوزه‌های آبخیز کشور (SCWMRI, 2007) با کاربرد مدل EPM^۲ (تا حدی ساده شده) انجام گرفت که در آن متوسط فرسایش خاک ۶/۹ تن در هکتار در سال و مقدار کل فرسایش ۱/۱۳ میلیارد تن برآورد شد. Arabkhedri (۲۰۱۴) داده‌های جمع‌آوری شده از اندازه‌گیری و

جدول ۲- برخی آمار توصیفی داده‌های تلفات خاک، فرسایش و رسوب‌دهی بر حسب تن در هکتار در سال (اقتباس از Arabkhedri, 2014)

متغیر	روش اندازه‌گیری	تعداد	میانگین	کمینه	بیشینه	میانه ^۳
تلفات خاک	کرت فرسایش	۲۹۲	۱/۳	۰	۳۴/۰	۰/۰۵
فرسایش خاک	سزیوم ۱۳۷	۳۸۲	۴۵/۵	۰	۲۷۸	۲۹/۶
رسوب‌دهی معلق	رسوب‌سنجی رودخانه	۲۰۹	۳/۶	۴	۲۳/۹	۲/۱
رسوب‌دهی کل	رسوب‌سنجی مخزن سد یا رودخانه	۲۷۰	۶/۲	۴	۵۵/۹	۳/۴

^۳ به استدلال نرمال نبودن توزیع آماری داده‌ها، میانه به عنوان نقطه مرکزی (متوسط کشوری) توسط محقق انتخاب شده است.

ایستگاه^۳ را مورد استفاده قرار داده، برای تعیین درصد بار بستر از روشی تجربی بهره بردند و در نهایت با کمک داده‌های بار رسوب^۴ (بار معلق و بار بستر)، برای تهیه نقشه فرسایش خاک از مدل

Nikkami و Shadfar (۲۰۲۱) با دسته‌بندی حوضه‌های رده هفت در هفت ناحیه؛ البرز شرقی، میانی و غربی؛ زاگرس شمالی، میانی و جنوبی، و ایران مرکزی، آمار رسوب‌سنجی ۱۱۸

^۱ از این داده‌ها برای تعدیل (اصلاح) برآوردهای مدل استفاده شد.

^۲ با توجه به توزیع غیرنرمال داده‌ها، میانه به عنوان نقطه مرکزی انتخاب شد.

^۳ Erosion Potential Method

^۴ از مجموعه ایستگاه‌های مورد استفاده در پروژه‌های قبلی

(۲) ایران کشوری پهناور با تنوع بسیار زیاد در همه عوامل مؤثر بر فرسایش خاک (اقلیم، توپوگرافی، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی و خاک، مدیریت و بهره‌برداری) است، (۳) شبکه پایش فرسایش خاک و رسوب‌سنجی کشور از نظر کمی و کیفی متناسب با سطح کشور و وضعیت فرسایش خاک نیست، (۴) نقش تحلیل و تصمیم‌گیری کارشناسی در روش‌های موجود و مورد استفاده برای برآورد فرسایش خاک کشور، پررنگ است. در هر حال، شواهد موجود در عرصه‌ها در بسیار از مناطق زاگرس و البرز، داده‌های اندازه‌گیری شده در کرت‌های فرسایش خاک، و ماهیت احتمالاتی فرسایش خاک (غیرنرمال بودن توزیع آماری)، مقادیر زیاد متوسط فرسایش خاک (مثلاً ۲۰ تن در هکتار در سال) را تأیید نمی‌کند. نکته مهم دیگر این است که کم‌ترین مقدار برآوردی نرخ فرسایش خاک، حداقل بیش از ۱۰ برابر حد قابل تحمل فرسایش خاک در ایران است، چرا که باتوجه به مجموعه شرایط و مطالعات جهانی (Verheijen et al., 2009)، متوسط نرخ خاک‌سازی در کشور با احتمال زیاد بیش از ۰/۵ تن در هکتار در سال نیست.

دو نوع فرسایش دیگر نیز شامل فرسایش شخم و هدررفت ناشی از برداشت محصول در اراضی دیم و آبی رخ می‌دهد. در مطالعه موردی که در توتکابن استان گیلان انجام شد (Seyed-Olama et al., 2016)، حجم خاک جابه‌جا شده در جهت شیب و در جهت جانبی به ترتیب بین ۸ تا ۳۶ و ۵ تا ۲۲ تن در هکتار در سال برآورد گردید. Ravasani (2021) نرخ هدررفت خاک با برداشت سیب‌زمینی حدود ۱ تن در سال، و مقدار کل هدررفت خاک همراه برداشت سیب‌زمینی در کشور را ۱۳۷ هزار تن در سال برآورد کرد. نرخ هدررفت خاک با برداشت سیب‌زمینی در استان خوزستان توسط Amirpour-Gorani et al. (۲۰۰۸) و Faraji et al. (2017) به ترتیب ۰/۶۴۵ و ۲/۵ تن در هکتار در سال، و در دو منطقه در استان کردستان توسط Nosrati et al. (2019) بین ۰/۶۶ الی ۱/۱۴ تن در هکتار در هر برداشت اندازه‌گیری شد. Faraji et al. (۲۰۱۷) میانگین فرسایش برداشت محصول برای سیر، چغندر قند، تربچه و چغندر قند لبویی را در استان خوزستان به ترتیب برابر با ۶/۳، ۲/۳، ۴/۲ و ۶/۹ تن در هکتار برآورد کردند. این مطالعات اندک بیانگر اهمیت زیاد فرسایش شخم و هدررفت ناشی از برداشت محصول در برخی از شرایط به‌ویژه و به ترتیب در اراضی دیم و آبی در مقایسه با سایر انواع فرسایش خاک هستند که متأسفانه چندان مورد توجه محققین نبوده‌اند.

فرسایش خندقی (آبکندی)

EPM استفاده کردند. آنها میانگین رسوب‌دهی ویژه و متوسط وزنی^۱ فرسایش خاک حوضه‌های مشرف به ایستگاه‌های رسوب-سنجی را به ترتیب ۳/۳ و ۱۶ تن در هکتار در سال برآورد کردند. کم‌ترین و بیش‌ترین میزان فرسایش خاک با مقدارهای ۹ و ۳۲/۴ تن در هکتار در سال، برای مناطق زاگرس میانی و جنوبی گزارش شد. در این تحقیق، با تعمیم این نتایج به سطح ۱۲۵ میلیون هکتار دارای فرسایش آبی، میزان فرسایش آبی کشور ۲ میلیارد تن در سال به دست آمد.

در جدیدترین برآورد سراسری فرسایش خاک با مدل‌سازی، محمدی et al. (2021) با کاربرد مدل G2 (که بر مبنای الگوریتم ورودی‌های مدل RUSLE توسعه یافته است) در سطح کشور بر مبنای اطلاعات ورودی عمدتاً دورسنجی شده، میانگین سالانه فرسایش خاک را برای ایران ۱۶/۵ تن در هکتار (معادل ۲/۷ میلیارد تن تلفات کل سالانه) برآورد کردند. مدل G2 بر مبنای الگوریتم و ورودی‌های مدل RUSLE توسعه یافته است و در حقیقت مقدار تلفات خاک ناشی از فرسایش شیاری و بین‌شیاری را به صورت ماهانه برآورد می‌کند. لازم به یادآوری است که مطالعات مختلف بیانگر، بیش برآوردی قابل توجه مدل‌های خانواده USLE است (Asadi et al., 2017).

Arabkhedri (2021) داده‌های فرسایش خاک اندازه‌گیری شده در کرت و برآورد شده با سزیم ۱۳۷، و رسوب‌سنجی رودخانه‌ها در ایستگاه‌ها و مخازن بندهای کوچک و سدهای بزرگ در حدود ۱۰۰۰ محل را مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. ایشان میانه رسوب‌دهی ویژه کل (مجموع بارهای معلق و کف) ایستگاه-های رسوب‌سنجی که اغلب در مناطق کوهستانی واقع شده‌اند را ۳/۳۶ تن در هکتار در سال بیان کردند. باتوجه به داده‌های اندازه‌گیری شده در کرت‌ها و مطالعات منشأیابی رسوب، Arabkhedri (۲۰۲۱) معتقد است سازندهای حساس، دیمزارهای شیب‌دار، فرسایش آبکندی و حرکت‌های توده‌ای، به همراه فرسایش کناری نقش بیش‌تری در رسوب‌دهی دارند. به‌عنوان مثال، Alidoost et al. (۲۰۱۳) در یکی از زیرحوضه‌های ناورود در غرب گیلان با مساحت ۴۵۰ هکتار، میانگین سهم منابع رسوب شامل دیواره خندق، مراتع تخریب‌شده، مراتع خوب و جنگل در تولید رسوب، را به ترتیب برابر ۹۲، ۶/۵، ۱ و ۰/۵ درصد برآورد کردند.

تفاوت حدود شش برابری بین متوسط فرسایش آبی خاک کشور (دامنه حدود ۵ تا ۳۰ تن در هکتار در سال) بعد از چند دهه فعالیت، ناشی از چند عامل مهم است. مهم‌ترین این عوامل عبارت‌اند از؛ (۱) فرسایش خاک به‌عنوان یک پدیده چندوجهی و متأثر از عوامل مختلف طبیعی و انسانی، پیچیدگی زیادی دارد،

^۱ از نسبت مساحت هر ناحیه به مساحت کل، به عنوان ضریب وزنی استفاده شد.

ضروری می‌دانند.

فرسایش توده‌ای

ایران با وجود دو رشته‌کوه البرز و زاگرس و واقع شدن در ناحیه فعال تکتونیکی (Yamani et al., 2012)، خواستگاه زمین‌لغزش-های متعددی است که تعداد آن تا بیش از ۳۲ هزار عنوان شده است (به نقل از رئیس گروه مطالعه امور زمین‌لغزش‌های سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور). بزرگ‌ترین زمین‌لغزش تاریخی جهان نیز زمین‌لغزش سیمره عنوان شده است که ابعاد آن بیش از ۱۵ کیلومتر در ۲۰ کیلومتر با حجمی حدود ۴۰ میلیارد مترمکعب برآورد شده است (Yamani et al., 2012). Kardan et al. (2007) بر مبنای عکس‌های هوایی تعداد ۲۸۴۴۳ مورد انواع رخدادهای لغزشی را تا شهریور ۱۳۸۶ در کشور شناسایی کردند. بیش‌ترین فراوانی رخدادهای دو محور شمال غرب-شمال شرق (محور البرز) و محور شمال غرب-جنوب شرق (محور زاگرس) است. خاک‌برداری‌ها و خاکریزی‌های گسترده در اقدامات عمرانی نظیر جاده‌سازی، تغییر کاربری و زلزله از عوامل مؤثر بر تشدید حرکت‌های توده‌ای در ایران شناخته شده‌اند (et al Imami, 2006، به نقل از Arabkhedri, 2021). نقشه‌هایی از پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌های ایران توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی تهیه شده است.

فرسایش بادی

ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده و حدود نیمی از مساحت آن را مناطق کویری، تپه‌های ماسه‌ای، بیابان‌ها یا مناطق با پوشش گیاهی ناچیز می‌پوشانند (Rafahi, 2012)؛ بنابراین فرسایش بادی و وقوع پدید گردوغبار یکی از پیامدهای طبیعی همیشگی این شرایط بوده که طی دهه‌های اخیر به دلایل متعددی تشدید شده است. مساحت ماسه‌زارهای ایران حدود ۱۲ تا ۱۳ میلیون هکتار است که ۵ تا ۶ میلیون هکتار آن را تپه‌های شنی فعال تشکیل می‌دهد (Ahmadi, 1992; Rafahi, 2012). طبق نقشه پتانسیل فرسایش‌پذیری سرزمین، بیش از ۳۰ میلیون هکتار از مساحت کشور پتانسیل فرسایش بادی دارد (NCCSDS, 2020a).

برآورد و مقایسه پتانسیل فرسایش بادی و گردوغبار در استان‌های مختلف ایران در اراضی زراعی و غیرزراعی در قالب پروژه‌ای با مدل‌های IRIFR1 و IRIFR2 انجام شد. مقدار کل تلفات خاک ناشی از فرسایش بادی معادل ۳۰۴ میلیون تن در سال از مساحتی در حدود ۲۰ میلیون هکتار (حدود ۱۸ میلیون هکتار اراضی زراعی و ۱/۹ میلیون هکتار اراضی غیرزراعی) برآورد

در پروژه ملی "بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندق‌های ایران" که در فاصله سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ انجام شد، تعداد ۱۷۴ پهنه آبکندی با مساحت بزرگ‌تر از ۵۰۰ هکتار در تمامی استان‌های ایران مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه در مجموع، تعداد ۵۲۲ آبکند معرف (سه آبکند در هر پهنه خندقی) بررسی دقیق شد (Soufi, 2017). مجموع مساحت پهنه‌های آبکندی مورد مطالعه تا سال ۱۳۹۴ بالغ بر ۱/۴ میلیون هکتار اندازه‌گیری شد. آبکندهای ایران دارای طول متوسط ۵۱۷ متر، عرض بالای متوسط ۷/۲۳ متر، عرض پایین متوسط ۲/۹۸ متر و عمق متوسط ۲/۷۹ متر هستند. متوسط حجم خاک تلف شده در واحد طول آبکندهای ایران معادل ۲۱/۲۴ مترمکعب در متر بوده است (Soufi et al., 2020). بر اساس طبقه‌بندی شدت فرسایش آبکندی، آبکندهای ایران دارای تراکم زیاد تا خیلی زیاد هستند. به‌عنوان نمونه، تراکم آبکندهای فارس بر مبنای عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ (سال ۱۳۷۳)، در محدوده توسعه آبکندها بین ۵/۷۳ تا ۱۲/۵۷ کیلومتر در کیلومتر مربع اندازه‌گیری شد.

یکی از مناطق با فرسایش آبکندی زیاد در ایران، منطقه دشتیاری در جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان است. تراکم آبکندهای این منطقه بر مبنای عکس‌های هوایی (۱:۵۵۰۰۰) در سال ۱۳۳۴، ۲/۱۴ کیلومتر در کیلومتر مربع بوده که تا سال ۱۳۸۸ (بر مبنای تصاویر ماهواره‌ای ایلاس) به ۷/۷۲ کیلومتر در کیلومتر مربع رسیده است و در سیلاب سال ۱۳۹۸ نیز گسترش زیادی داشته که هنوز گزارش کمی آن منتشر نشده است. متوسط میان‌مدت (۱۵ ساله) تلفات خاک ناشی از فرسایش آبکندی در این منطقه حدود ۵۰ تن در هکتار در سال برآورد شده است. اما در حقیقت قسمت عمده گسترش آبکندها و در نتیجه تلفات خاک در این بازه، مربوط به دو رخداد سیلابی شدید است، و در بقیه سال‌ها آبکندها رشد چندانی نداشته‌اند (IPTCC, 2013).

بنا به گزارش Soufi et al (2022) بیش‌تر آبکندهای ایران در دو کلاس کوچک (عمق کوچک‌تر از یک متر) و متوسط (عمق یک تا ۱۰ متر) قرار دارند و اغلب در اراضی زراعی دیم و مراتع و در خاک‌های با بافت لوم، لوم شن و لوم رس توسعه یافته‌اند. آن‌ها، مهم‌ترین دلایل ایجاد و توسعه آبکندهای ایران را تخریب پوشش گیاهی مراتع، تبدیل اراضی مرتعی به کشاورزی، ساخت راه‌ها و احداث آبگذرهای غیراصولی می‌دانند. این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد از آبکندهای ایران فاقد اقدامات مدیریتی و اصلاحی هستند و اغلب اقدامات سازه‌ای نیز با هدف کنترل رسوب اجرا شده‌اند. آنها اقدامات مدیریتی برای پیشگیری از ایجاد آبکند به‌ویژه در دیمزارها و رعایت اصول حفاظت خاک در طراحی و ساخت آبگذرهای جاده‌ای و راه‌های کوهستانی را

(متأثر از فرایندهای متعدد و بهم‌وابسته زیستی، اقلیمی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، پدولوژی و ژئو مرفولوژی) است که به‌شدت تحت‌تأثیر فعالیت‌ها و بهره‌برداری انسان از طبیعت قرار می‌گیرد. براین‌اساس و در حقیقت، اصل علم فرسایش و حفاظت خاک، موضوعی چندگانه و بین‌رشته‌ای است. از سوی دیگر و در قرن حاضر، به دلیل ارتباط تنگاتنگ فرسایش و تخریب خاک با چالش‌های اقتصادی-اجتماعی و محیط‌زیستی بشر، همچون امنیت غذایی، بحران آب، خشکسالی، تغییر اقلیم، سیل، و گردوغبار، این موضوع به‌تدریج موردتوجه بسیاری از مراکز و رشته‌های علمی-آموزشی و مراکز تحقیقاتی قرار گرفته است. اما، رشته‌های اصلی مرتبط با موضوع شامل آبخیزداری، خاکشناسی، آب‌و‌خاک، محیط‌زیست و مدیریت بیابان هستند. در رشته خاکشناسی، فیزیک و حفاظت خاک یکی از رشته/گرایش‌های چهارگانه این علم است. یکی از موضوعات اصلی رشته آبخیزداری (گاهی با نام مرتع و آبخیزداری) نیز فرسایش، حفاظت خاک و تولید رسوب است. البته مفهوم آبخیزداری (Wang et al., 2016)، بعضاً فراتر از حفاظت خاک است که در اینجا موردبحث نیست.

همچون بسیاری از رشته‌های علمی دیگر، دانشگاه تهران نخستین دانشگاهی است که رشته‌های مرتبط با فرسایش و حفاظت خاک در آن دایر شده‌اند. دانشکده کشاورزی که در حقیقت از توسعه مدرسه عالی فلاحت (تأسیس ۱۳۰۲) به وجود آمد، در سال ۱۳۱۹ تشکیل، و در سال ۱۳۲۸ از وزارت کشاورزی جدا و به دانشگاه تهران ملحق شد. دانشکده منابع طبیعی نیز در سال ۱۳۵۱ از تغییر نام دانشکده جنگل‌داری (تأسیس ۱۳۴۵) در کنار دانشکده کشاورزی، در اراضی کاخ سلیمان کرج ایجاد شد (برگرفته از کتابچه: گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران در پهنه تاریخ پنجاه ساله، ۱۳۹۲). در ایران، آموزش کلاسیک مباحث خاکشناسی از سال ۱۳۰۷ خورشیدی در مدرسه عالی فلاحت، در سه درس "شیمی فلاحتی"، "تغذیه نباتات و خاک"، و "فلاحت عمومی" آغاز شد. آموزش خاکشناسی در دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران از سال ۱۳۲۴ شروع شد. رشته مستقل خاکشناسی در سال ۱۳۴۲ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، و به ترتیب در سال‌های ۱۳۴۴، ۱۳۴۴، ۱۳۴۹ و ۱۳۶۳ در دانشگاه‌های شیراز، تبریز، اهواز و صنعتی اصفهان راه‌اندازی شد. مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری خاکشناسی به ترتیب در سال‌های ۱۳۴۵ و ۱۳۶۹ برای اولین بار در ایران در گروه خاکشناسی دانشگاه تهران ایجاد شدند (برگرفته از کتابچه: گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران در پهنه تاریخ پنجاه ساله، ۱۳۹۲). رشته مهندسی مرتع و آبخیزداری دانشگاه تهران در سال ۱۳۴۵ هجری شمسی در قالب گروه آموزشی احیاء مناطق خشک

گردید. میانگین وزنی تلفات خاک ناشی از فرسایش بادی در مساحت مورد مطالعه حدود ۱۵ تن در هکتار در سال گزارش گردید. بررسی بر مبنای محدوده استان نشان داد، استان‌های خراسان جنوبی، کرمان، و سیستان و بلوچستان به ترتیب با حدود ۱۹/۵، ۱۶ و ۱۵ درصد، بالاترین سهم نسبی از کل بار رسوب بادی کشور را دارند. استان‌های اصفهان و خراسان رضوی نیز با سهم حدود ۱۰ درصدی در جایگاه بعدی هستند؛ بنابراین بالغ بر ۷۰ درصد فرسایش بادی در این پنج استان رخ می‌دهد و حدود ۱۴/۵ درصد نیز مربوط به استان‌های سمنان و یزد است (Azimzadeh and Tahmasebi-Birkani, 2022). در مقابل، مقدار کل فرسایش بادی کشور با همین دو مدل توسط اختصاصی در حدود ۱/۳ میلیارد تن و فرسایش ویژه بادی را ۷/۸ تن در هکتار در کل سطح کشور برآورد کرده‌اند. ایشان ۹۵ درصد از مساحت کشور را تحت شرایط اقلیمی نیمه‌خشک، خشک و فرا خشک و در نتیجه متأثر از فرسایش بادی می‌دانند (Ekhtesasi and Jahanbakhshi, 2016). این مقادیر به نظر دارای بیش برآوردی زیادی هستند.

بررسی ۲۱ ساله (۱۳۶۴-۱۳۸۴) روند گردوغبار بر مبنای اطلاعات ۱۱۲ ایستگاه هواشناسی نشان داد، تعداد کل روزهای غبارناک از ۱۱ روز (خلخال) تا ۳۸۳۳ روز (ایستگاه زابل، و به طور متوسط معادل نیمی از سال) متغیر بوده است (Mohammadkhan, 2017). این تحقیق نشان می‌دهد که حتی مناطق شمال کشور (بابلسر، رشت، نوشهر) نیز در این دوره ۲۱ ساله حداقل ۱۴ تا ۳۰ روز دارای گردوغبار بوده‌اند. مطالعات ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار نشان می‌دهد کل مساحت مناطق دارای شار گردوغبار در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ حدود ۵۶/۷ میلیون هکتار است و مقدار کل شار غبار در این مساحت حدود ۵ میلیون تن برآورد شد (NCCSDS, 2020a). کانون‌های داخلی گردوغبار در کشور با مساحت حدود ۳۴/۶ میلیون هکتار در ۲۳ استان کشور پراکنده هستند. مقدار غبار گسیل شده کانون‌ها سالانه حدود ۴/۲ میلیون تن (معادل ۰/۱۲ تن در هکتار) در سال است (NCCSDS, 2020a). میزان سالانه خسارت ناشی از پدیده گردوغبار در سطح شش استان کرمانشاه، ایلام، خوزستان، سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی و هرمزگان بر اساس قیمت‌های سال ۱۳۹۷، حدود ۷۷۶۱۶ میلیارد ریال (معادل حدود ۲/۸ درصد از کل تولید ناخالص ملی این شش استان) برآورد شد (NCCSDS, 2020a).

ساختار و پیشینه آموزشی و پژوهشی

آموزش و پژوهش در دانشگاه

فرسایش خاک پدیده‌ای بسیار پیچیده بیهیدروژئوپدومرفولوژی

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ارتقاء و مستقل شد و در سال ۱۳۷۱ به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تبدیل گردید.^۲

پایان نامه و رساله

بر مبنای جستجو در پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج-ایراندک)، کتابخانه‌های دانشگاه تهران، وبگاه برخی دانشگاه‌ها و رزومه برخی استادان در شهریور ماه ۱۴۰۰، تعداد ۱۲۲۳ عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد (۱۰۶۱ عنوان) و رساله دکتری (۱۵۹ عنوان) در زمینه فرسایش خاک (آبی و بادی)، گردوغبار، رسوب‌دهی، آبخیزداری، حفاظت خاک، بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی استخراج گردید.^۳ تعداد یک رساله پسادکتری نیز یافت شد. موضوعات مرتع، جنگل، هیدرولوژی و رواناب، خشکسالی، سیل، هواشناسی، شوری و کیفیت خاک، آلودگی و کیفیت آب، آب‌های زیرزمینی و استحصال آب در این جستجو مدنظر قرار نگرفتند. نخستین پایان‌نامه‌ها و رساله‌های انجام شده در زمینه فرسایش و حفاظت خاک در دو رشته خاکشناسی و آبخیزداری دانشگاه تهران در جدول ۳ آمده‌اند.

و کوهستانی راه‌اندازی و فعالیت‌های آن در سه بخش مرتع‌داری، آبخیزداری و بیابان‌زدایی ساماندهی شد. مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری این رشته به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵ راه‌اندازی شدند. پیش از تشکیل دانشکده جنگل‌داری/منابع طبیعی (۱۳۴۵)، رشته جنگل و مرتع از سال ۱۳۲۱ در دانشکده کشاورزی دایر بود. مرکز تحقیقات بین‌المللی همزیستی با بیابان نیز در سال ۱۳۵۴ در دانشگاه تهران ایجاد شد. گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت‌مدرس در سال ۱۳۶۸ ابتدا در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس ایجاد و سپس (۷۰-۶۹) تحت عنوان دانشکده منابع طبیعی به شهرستان نور منتقل گردید.^۱ آموزشگاه عالی جنگل و مرتع گرگان در سال ۱۳۳۶ توسط وزارت کشاورزی ایجاد شد. این آموزشگاه در سال ۱۳۵۵ به مدرسه عالی منابع طبیعی تبدیل گردید. این مدرسه عالی در سال ۱۳۵۸ به وزارت علوم ملحق و زیرپوشش دانشگاه مازندران، به دانشکده منابع طبیعی تبدیل شد. رشته جنگل و مرتع در مقطع فوق‌دیپلم در سال ۱۳۴۵، و گرایش حفاظت خاک در مقطع کارشناسی از سال ۱۳۵۴ در این دانشکده دایر شدند. دانشکده منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۶۷ به مجتمع دانشگاهی علوم

جدول ۳- برخی از نخستین پایان‌نامه و رساله‌های انجام شده در داخل کشور در زمینه فرسایش، حفاظت خاک و آبخیزداری

عنوان	پدیدآور	سال	استاد راهنما
بادشکن "پناهگاه برای محصولات زراعی" #	محمدعلی برنجی	۱۳۴۴	-
فرسایش و حفاظت خاک #	محمد نجمانی	۱۳۴۵	مهندس ناجی
مطالعاتی در خصوص حفاظت خاک و آب در دیمزارهای ایران	بهرام عظیمی‌زنوز	۱۳۵۱	دکتر رفاهی
روش‌های جلوگیری از فرسایش و بررسی حدود تأثیر این روش‌ها در قسمتی از حوزه آبخیز سد کرج	حبیب‌الله بیات	۱۳۵۲	دکتر رفاهی
بررسی چگونگی حرکت تپه‌های شنی در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از عکس‌های هوایی	محمدجعفر ملکوتی	۱۳۵۳	دکتر رفاهی
هیدروپدولوژی بخشی از حوزه آبخیز سد شاه عباس کبیر	احمد جلالیان	۱۳۵۵	دکتر رفاهی
بررسی چهره‌های مختلف تخریب اراضی و برآورد نقش آنها در تغییر خصوصیات خاک، کاهش قدرت تولید و طرز استفاده از اراضی شیب‌دار در حوزه آبخیز گرگان رود	صابر شاهویی &	۱۳۷۵	دکتر رفاهی
بررسی پدیده پیچان رود و فرسایش روخانه‌ای در قسمتی از رودخانه کارون	عبدالرسول تلوری	۱۳۶۸	دکتر مهدوی
بررسی سیلاب‌های حداکثر در حوزه‌های آبخیز البرز شمالی	محمود عرب‌خدری	۱۳۶۸	دکتر مهدوی
بررسی روش‌های گوناگون تثبیت ماسه‌های بادی در ایران	علی خلدبرین	۱۳۶۸	دکتر احمدی
مدل‌سازی مرفولوژی فرسایش خندقی و پهنه‌بندی خطر آن (مطالعه موردی: در آبخیز زنجانرود)	جمال قدوسی &	۱۳۸۲	دکتر احمدی

این دو در رشته کشاورزی عمومی انجام شدند؛ & رساله دکتری

غیرسازه‌ای و مدیریتی حفاظت خاک (مثلاً سکوبندی، کشت روی خطوط تراز و کشت نواری)، ارزش‌گذاری اقتصادی خسارات فرسایش خاک، فرسایش برداشت محصول، اثر جاده‌سازی و معدن‌کاوی بر ایجاد فرسایش، و میزان فرسایش در اراضی دیم تحقیقات دانشجویی/دانشگاهی اندک هستند یا اساساً تحقیقی انجام نشده است. از کل عنوان‌ها، حدود ۶/۱ درصد (تعداد حدود

در جدول ۴، توزیع (درصد) پایان‌نامه و رساله‌های مورد بررسی برحسب موضوع، رشته و دانشگاه (۱۰ دانشگاه نخست) محل انجام تحقیق آمده است. به‌طورکلی، در دانشگاه‌ها کار پژوهشی در موضوعات فرسایش آب‌کندی و زمین‌لغزش به نسبت کم انجام شده است. در زمینه‌های مبانی و فرایندهای فرسایش خاک، حد قابل‌تحمل فرسایش، موضوع مقیاس، روش‌های

^۲ این تعداد احتمالاً حدود ۹۰-۸۵ درصد کل کارهای انجام شده در کشور باشد.

^۱ برگرفته از وبگاه دانشکده‌ها

^۲ برگرفته از وبگاه دانشگاه

موضوعی یا عدم هدفمندی، تکراری بودن، و به روز نبودن برخی مطالعات بنیادی اشاره کرد. همچنین، تعداد تحقیقات بین رشته‌ای یا مشارکتی واقعی بسیار اندک است، هرچند که در حد مشاوره پایان‌نامه‌ها و رساله‌ها، بین استادان رشته‌های مختلف دانشگاه‌ها، و بین استادان دانشگاه‌ها و پژوهشگران مراکز تحقیقاتی همکاری‌هایی وجود دارد. گسترش سریع و بیش از حد تحصیلات تکمیلی در یک دو دهه گذشته و عدم تناسب آن با ظرفیت‌های دانشی، بودجه‌ای و ابزاری دانشگاه‌ها، سیاست‌های غلط وزارت علوم به‌ویژه آیین‌نامه‌های ترفیع و ارتقاء، بودجه‌های بسیار اندک مصوب برای انجام پروژه‌ها، نبود ارتباط با مراکز اجرایی، را می‌توان از جمله دلایل احتمالی و مهم این نقاط ضعف دانست. البته، پراکندگی (تنوع) موضوعی برای استاد دانشگاه به دلیل وظایف آموزش، تا حدی لازم است.

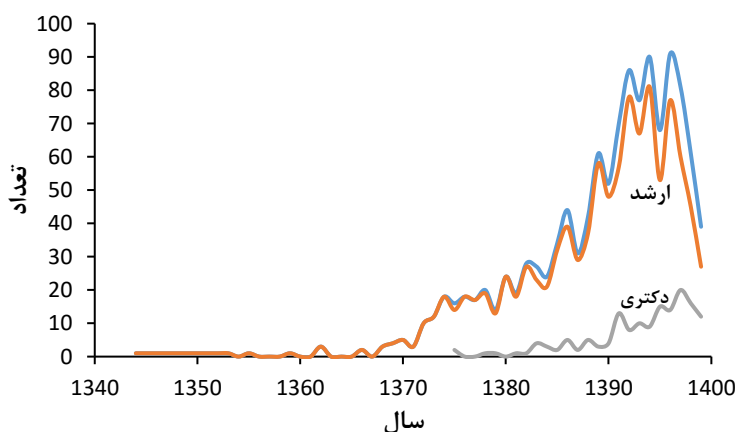
۷۵ مورد) دارای موضوع برآورد رسوب‌دهی و منحنی سنج رسوب بودند. تعداد حدود ۲۴۰ مورد (حدود ۲۰ درصد کل پایان‌نامه‌ها و رساله‌ها) دارای موضوع مدل و مدل‌سازی بودند که در این میان مدل‌های خانواده USLE، PSIAC/MPSIAC و EPM به ترتیب ۳۹، ۲۹ و ۱۶ مورد را به خود اختصاص دادند. مدل‌سازی به روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی نیز هرکدام ۱۶ مورد بودند. از میان مدل‌های فرایندی فرسایش خاک، WEPP با ۱۴ مورد فراتر از بقیه بود. در مجموع، حدود ۷۲ درصد کل تحقیقات مرتبط با فرسایش و حفاظت خاک در ده دانشگاه ذکر شده در جدول ۴ انجام شده است.

از جمله نگرانی‌های مرتبط با عنوان پایان‌نامه و رساله‌های انجام شده در دانشگاه‌ها، می‌توان به موردی بودن مطالعات (تعداد مطالعات با عنوان ایران یا بخشی از ایران مثل غرب یا جنوب ایران، یا دشت مرکزی ایران، حدود یک درصد است)، پراکندگی

جدول ۴- توزیع (بر حسب درصد) پایان‌نامه و رساله‌های مورد بررسی بر حسب موضوع، رشته و دانشگاه

موضوع	درصد	رشته	درصد	دانشگاه	درصد
فرسایش / هدررفت خاک	۳۰/۹	آبخیزداری	۳۵/۳	تهران	۲۸/۴
رسوب و رسوب‌دهی	۳۰/۰	خاکشناسی	۲۲/۰	تربیت‌مدرس	۱۴/۵
آبخیزداری	۱۱/۵	مدیریت بیابان	۱۴/۵	صنعتی اصفهان	۷/۲
حفاظت و مهار فرسایش	۸/۲	جغرافیای طبیعی	۹/۳	شهید بهشتی	۴/۵
فرسایش بادی و گردوغبار	۷/۸	مهندسی آب	۴/۳	محقق اردبیلی	۳/۹
بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی	۶/۶	مکانیزاسیون	۱/۲	علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان	۳/۴
خاک‌ورزی حفاظتی	۲/۵	نامشخص &	۳/۴	تبریز	۲/۹
فرسایش آبکندی (خندقی)	۱/۷	بقیه رشته‌ها یا اشتباه &	۹/۹	گیلان	۲/۷
زمین‌لغزش	۱/۰			شهید باهنر کرمان	۲/۵
				علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری	۲/۵

& در سامانه ایرانداک رشته تحصیلی برخی به طور مشخص اشتباه درج شده است و یا کشاورزی یا منابع طبیعی ذکر شده



شکل ۱- روند زمانی تعداد پایان‌نامه و رساله‌های دفاع شده با موضوع فرسایش و حفاظت خاک از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۹

تکمیلی تا اواسط دهه ۱۳۸۰ منطقی به نظر می‌رسد، اما در دوره تقریباً ده ساله ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، تعداد دانشجویان تحصیلات تکمیلی و به تبع آن تعداد پایان‌نامه و رساله‌ها رشد شدیدی داشته و بین ۲/۵ تا ۳ برابر می‌شود. اتفاقاً اوج تعداد کارها (حدود ۹۰ مورد در سال)

روند کلی تعداد پایان‌نامه و رساله‌های با موضوع فرسایش و حفاظت خاک از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۹ در شکل ۱ آمده است. این روند قاعدتاً تابعی از توسعه تحصیلات تکمیلی در کشور و تعداد دانشجویان جذب شده است. به‌طور کلی، روند گسترش تحصیلات

سال ۱۳۵۱ به دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری تبدیل شد. در حال حاضر، معاونت آبخیزداری سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور متشکل از چهار دفتر مستقل کنترل سیلاب و آبخوانداری، امور مراتع، امور بیابان، و آبخیزداری و حفاظت خاک است. با شروع احداث سدهای بزرگ و نمایان شدن معضل ورود رسوبات به مخازن سدها، در شهریور ۱۳۵۲ یک کمیته هماهنگی رسوب-سنجی در دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری تشکیل شد که اعضای آن، نمایندگانی از دفتر مذکور، سازمان هواشناسی، سازمان حفاظت محیط زیست، اداره کل آب‌های سطحی وزارت نیرو و مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع بودند. از اقدامات این کمیته، راه‌اندازی تعدادی ایستگاه رسوب‌سنجی در رودخانه‌های منتهی به سدهای ساخته شده، و ایجاد مراکز آبخیزداری در حوزه سدهای احداث شده آن روز بود.^۱

بخش تحقیقات حفاظت خاک و آب در سال ۱۳۴۶ در مؤسسه خاکشناسی (تحقیقات خاک و آب فعلی) ایجاد شد و به تدریج پنج ایستگاه حفاظت خاک و آب (تکمه‌داش، حیدرلو، کوهین، خرکه و دوتو) در دیمزارهای استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، گیلان، کردستان، و چهارمحال و بختیاری تأسیس شد (Ragahi, 2017). بنای مؤسسه تحقیقات خاک و آب در سال ۱۳۳۱ با تشکیل "بنگاه مستقل آبیاری" با هدف مطالعات خاکشناسی برای تعیین قابلیت آبیاری اراضی گذاشته شد و در سال ۱۳۴۰ به مؤسسه خاکشناسی تغییر نام یافت.^۲ انستیتو جنگل و مرتع نیز به منظور تحقیقات در زمینه جنگل‌ها و مراتع در سال ۱۳۴۲ دایر شد. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع با ابلاغ قانون مصوب سال ۱۳۴۸ مجلس شورای ملی وقت (قانون تشکیل مؤسسه تحقیقات منابع طبیعی)، در وزارت منابع طبیعی ایجاد شد و در کنار موضوعات مربوط به جنگل و مرتع، موضوعات آبخیزداری و حفاظت خاک، و تثبیت شن‌های روان نیز جزو وظایف آن بود. در سال ۱۳۶۶، بخش تحقیقات آبخیزداری و تثبیت شن‌های روان به دو بخش مجزا تفکیک شد. بخش تثبیت شن‌های روان در سال ۱۳۷۲ به بخش تحقیقات بیابان تغییر نام داد. تفکیک وظایف وزارت‌خانه‌های کشاورزی و جهاد سازندگی، و توجه بیش‌تر به اهمیت حفاظت آب‌و‌خاک، منجر به تشکیل مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری در سال ۱۳۷۲ گردید که با ادغام بخش مربوطه در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع (بخش تحقیقات آبخیزداری)، و مرکز تحقیقات آب جهاد سازندگی ایجاد شد. با ارتقای این مرکز به پژوهشکده در سال ۱۳۷۸ در قالب سه

نیز در دامنه ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ است و بعد از آن با سرعت زیادی در حال کاهش است، هرچند که تعداد دانش‌آموختگان تحصیلات تکمیلی در زمینه مورد بحث (حدود ۴۰ مورد)، در سال ۱۳۹۹ به احتمال زیاد متأثر از شیوع کووید ۱۹ نیز بوده است. بیشینه تعداد دانش‌آموخته دکتری در سال با موضوع زمینه‌های مورد بررسی، با تعداد ۲۰ نفر در سال، در ۱۳۹۷ بوده است.

مطالعات و تحقیقات دانشگاهی اندکی نیز به‌ویژه قبل از دایر شدن مقاطع تحصیلات تکمیلی توسط استادان در دانشگاه‌ها انجام شده است که فرصت بررسی آن فراهم نشد. تنها به‌عنوان نمونه می‌توان به نخستین تحقیقات در زمینه مکانیسم فرسایش بادی و بررسی روش‌های مبارزه با آن و برآورد سرعت آستانه فرسایش بادی در منطقه الباجی اهواز توسط Nakhjavani (۱۹۶۸)، و Nakhjavani و Ahmadi (۱۹۷۱)، و مطالعات Pashaei (۱۹۷۶) در زمینه سرعت باد، پروفیل مقدار گردوغبار در ارتفاعات مختلف و روش‌های تثبیت زیستی تپه‌های شنی اشاره کرد.

ساختار و پیشینه اجرا و پژوهش در کشور

ساختار اجرا و پژوهش

برای نخستین بار، ضرورت و اولویت‌های پژوهشی و مطالعه حفاظت خاک در ایران، در گزارش دو نفر از کارشناسان فائو به دولت ایران در سال ۱۳۳۴ بیان شد (Sparwasser and Day, 1954 به نقل از Shahoei, 1989). اولین کمیته حفاظت آب‌و‌خاک در ایران، در سال ۱۳۳۷ در پی اولین گزارش با موضوع فرسایش و حفاظت آب‌و‌خاک که توسط دوان و ریبن کارشناسان سازمان خواروبار و کشاورزی سازمان ملل (فائو) تهیه شده بود، در سازمان جنگلبانی تشکیل شد. در ابتدا، عمده فعالیت دفتر فنی حفاظت خاک و آبخیزداری، برنامه‌ریزی برای ترغیب نیروی متخصص، و ترجمه و انتشار دستورالعمل‌های فنی بود. از تصمیمات اولیه دیگر این کمیته، انجام بررسی‌ها و آزمایشاتی در زمینه نحوه مبارزه و جلوگیری از فرسایش بادی و آبی در کشور بود.^۱ به‌عنوان نخستین مطالعه حفاظت خاک، اقدامات تحقیقاتی در زمینه فرسایش آبی و حفاظت خاک در سال ۱۳۳۹، با بررسی‌هایی در کرت‌های آزمایشی در حوزه سد لتیان و تأسیس ایستگاه تحقیقاتی سیراچال در آبخیز سد کرج بود، انجام شد (Rafahi, 2017). دفتر فنی خاک در سال ۱۳۴۷ با هدف مبارزه با فرسایش بادی، تثبیت شن‌های روان و افزایش عمر مفید سدها تأسیس گردید که در

^۱ وبگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

^۲ وبگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

^۳ وبگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب

فرسایش خاک کشور، شاخص فرسایش باران در ایران، واسنجی مدل های EPM و MPSIAC، برآورد مقدار فرسایش قابل تحمل در کشور، می باشد. ویژگی بارز طرح های پژوهشکده، تلاش برای پاسخگویی به مسائل کشور است. برخی از نقاط ضعف این پژوهشکده را می توان عدم پایش و اندازه گیری طولانی مدت فرسایش خاک، اتکا بیش از حد به روش ها و مدل سازی با مقیاس کوچک، عدم توجه و بررسی میدانی روش های حفاظت خاک، طول مدت کوتاه طرح ها، توجه کم به تحقیقات بنیادی، مشارکت کم با دانشگاه ها دانست. از جمله دلایل احتمالی و مهم این نقاط ضعف؛ می تواند کمبود بودجه و امکانات، گستردگی و تنوع انواع، عوامل و پیامدهای فرسایش خاک، تغییر زیاد برنامه ها و مدیران بالادست، بسط قوانین و آیین نامه های وزارت علوم برای ترفیع و ارتقاء پژوهشگران باشد. یکی از اقدام های ارزشمند که با حمایت پژوهشکده توسط بخش حفاظت خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی انجام شده، ایجاد پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه در اوایل دهه ۱۳۷۵ و آغاز داده برداری از اواسط این دهه است. معرفی این پایگاه به همراه نتایج تحقیقات ۲۵ ساله آن اخیراً در کتابی (Arabkhedri and Noor, 2021) گردآوری و منتشر شده است. به دلیل عدم درج تاریخ شروع و اتمام طرح ها در تارنمای پژوهشکده، ارزیابی زمانی و مدت اجرای طرح تحقیقاتی دارای گزارش مصوب و منتشر شده، انجام نشد. بر مبنای فایل دریافتی لیست طرح های مصوب (تعداد ۲۲۰۰ طرح)، حدود ۸۰ درصد طرح ها با مدت اجرای کمتر از سه سال تصویب شده اند. بررسی این لیست نشان می دهد که از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۹ تعداد طرح های مصوب در پژوهشکده روند افزایش داشته و به رقم ۲۸۴ در سال رسیده، و بعد از آن روندی کاهشی داشته است. بیشترین تعداد طرح مصوب در دوره های پنج ساله نیز مربوط به دوره ۱۳۸۵-۸۹ با تعداد ۶۹۶ طرح است.

گروه پژوهشی مهندسی "حفاظت خاک و آبخیزداری"، "هیدرولوژی و توسعه منابع آب" و "رودخانه و سواحل" موافقت شد. اساسنامه مصوب پژوهشکده در سال ۱۳۸۰ ابلاغ شد. در دهه ۹۰ خورشیدی نیز دو گروه "مدیریت حوزه آبخیز" و "خشکسالی و تغییر اقلیم" در این پژوهشکده ایجاد گردید^۱.

یکی از چالش های مهم کشور در زمینه ساختارهای سازمانی، تغییرات زیادی است که در این ساختارها و سازمان ها ایجاد می شود. در حال حاضر (سال ۱۴۰۰) نیز یکی از بحث های داغ در سطح کلان، ضرورت تغییر ساختار و سازمان ها است. هرچند تقویت برخی ساختارها و ایجاد ساختارهای جدید بر حسب نیاز و ضرورت می تواند به حفاظت و مدیریت خاک کمک نماید، اما به نظر می رسد راه حل مشکلات ارتباط زیادی با تغییرات فیزیکی ساختارها نداشته باشد، و حتی در برخی موارد این تغییرات اثرات منفی از جمله هدررفت منابع و اختلال در کارکردها (به عنوان نمونه ایستگاه های تحقیقاتی حفاظت خاک و آب) را به دنبال داشته است.

پروژه های تحقیقاتی مؤسسات

در این بررسی، لیست مطالعات و پروژه های تحقیقاتی منتشر شده پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، و بخش بیابان مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع از تارنمای این دو مرکز استخراج و مورد تحلیل قرار گرفت. در جدول ۵ دسته بندی و نتایج تحلیلی از ۷۸۴ مورد طرح تحقیقاتی دارای گزارش مصوب و منتشر شده پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری آمده است. لازم به یادآوری است که بر اساس لیست دریافتی، تعداد کل طرح ها و زیر طرح های مصوب در ستاد پژوهشکده و بخش وابسته مراکز تحقیقاتی استان ها، ۲۲۰۰ مورد می باشد. علاوه بر طرح های محوری ذکر شده در جدول ۵، برخی طرح های ملی مهم انجام شده در پژوهشکده، شامل؛ زمین لغزه در حوزه های آبخیز کشور، برآورد رسوب دهی و تهیه نقشه تولید رسوب برای ایران، تدقیق ارقام

جدول ۵- آمار و دسته بندی گزارشی نهایی منتشر شده طرح های تحقیقاتی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

گروه/بخش تحقیقاتی	تعداد کل	تعداد مرتبط ^{&}	طرح های با موضوع محوری ^{\$}	تعداد زیر پروژه [#]	محل اجرا ^{\$}	تعداد
خشکسالی و تغییر اقلیم	۴۲	۹	ویژگی رودخانه ها و مسیل های کشور	۵۰	ستاد	۳۹۳
مدیریت حوزه های آبخیز	۱۶۸	۱۳۵	تدوین برنامه و زیر برنامه	۴۳	فارس	۴۴
مهندسی حفاظت آب و خاک	۲۳۸	۲۰۰	ارزیابی اثرات عملیات آبخیزداری	۴۰	خراسان رضوی	۴۰
مهندسی رودخانه و سواحل	۱۴۴	۱۰۰	اثرات پخش سیلاب بر خاک	۳۵	آذربایجان شرقی	۲۵
هیدرولوژی و توسعه منابع آب	۱۹۱	۲۰	اطلس سیمای حوزه های آبخیز کشور	۳۰	آذربایجان غربی	۲۲
جمع کل	۷۸۴	۴۶۴	بررسی مورفوکلیماتیک آبکندهای ایران	۲۱	ایلام	۲۰

[&] همانند پایان نامه ها موضوعات هیدرولوژی، موضوعات منابع آب، خشکسالی و غیره در دسته بندی موضوعی مستقیم قرار نگرفتند، بنابراین تعداد تقریبی و از دیدگاه نگارنده است. [#] تعداد تقریبی است. ^{\$} طرح های با بیش از ۲۰ زیر پروژه، و استان های فعال با بیش از ۲۰ مورد

کم با دانشگاه‌ها، توجه کم به تحقیقات بنیادی به‌ویژه در دهه‌های اخیر، تحقیقات اندک در زمینه بادشکن‌ها (تنها در دو عنوان طرح واژه بادشکن وجود دارد)، تحقیق اندک در زمینه گردوغبار و روش‌های مقابله با آن دانست. از جمله دلایل احتمالی و مهم این نقاط ضعف؛ می‌تواند کمبود بودجه، امکانات و نیرو، تداخل وظایف با سایر مرکز و سازمان‌ها، بسط قوانین و آیین‌نامه‌های وزارت علوم برای ترفیع و ارتقاء پژوهشگران باشد.

فعالیت‌های اجرایی

در زمینه مقابله با فرسایش آبی و تولید رسوب، نخستین برنامه اجرایی حفاظت خاک در سال ۱۳۳۹ در بخش از حوزه سد کرج در وسعتی به مساحت ۶۰۰ هکتار در منطقه سیراچال به اجرا درآمد (Rafahi, 2017). به تدریج و با احداث سایر سدهای بزرگ، عملیات آبخیزداری در حوزه آبخیز سدهای دز و سفیدرود نیز اجرایی گردید. بر اساس گزارش Niknam (۱۹۷۳) مدیرکل دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری وقت از زمان تشکیل دفتر تا سال ۱۳۵۲، حجم عملیات اجرایی شامل ۸۰۰۰ کیلومتر بانکت، ۱۰۰ هزار هکتار بذرپاشی، ۴/۵ میلیون اصله نهال کاری، بیش از ۹۰۰ هزار مترمکعب سدهای خشکه‌چین، و ۱۵۰ هزار هکتار قرق بوده است. بر اساس همین گزارش، و در سال ۱۳۵۲، اقدام‌های لازم برای تهیه طرح‌های آبخیزداری در سطح ۱۷ میلیون هکتار آغاز گردید. همچنین، برنامه پنج ساله برای تثبیت شن با ایجاد کمربند سبز به طول ۲۷۰۰ کیلومتر و استفاده از مالچ‌های نفتی برای کمک به استقرار پوشش تدارک‌دیده شده بود. نخستین طرح جامع آبخیزداری توسط کارشناسان ایرانی در سال ۱۳۵۳ تهیه و طی دوره ده ساله ۱۳۴۸-۱۳۵۷ در مجموع عملیات آبخیزداری در ۶۸۹ هزار هکتار اجرا گردید. در جدول ۶ آماری چکیده‌ای از سطح و اعتبارات عملیات اجرای آبخیزداری طی دوره ده ساله از ۱۳۴۸ تا ۱۳۸۶ ارائه شده است. در مجموع در دوره ۳۹ ساله، در مساحتی کمتر از ۲۱ میلیون هکتار از سطح آبخیزهای کشور عملیات آبخیزداری با مبلغ کل هزینه شده (بدون تعدیل نرخ تورم) در حدود ۵۶۵۰ میلیارد ریال (معادل حدود ۸۵۰ میلیون دلار با قیمت ارز زمان هزینه کرد) اجرا شده است. افزایش سالانه اعتبار تخصیص‌یافته اجرای عملیات آبخیزداری در ۱۹ سال (۱۳۶۸ تا ۱۳۸۶) با تعدیل نرخ ارز، حدود ۳۰ درصد بوده است. دفتر مطالعات و ارزیابی معاونت آبخیزداری طی گزارش سال ۱۳۷۹، مجموع اعتبارات ملی و استانی تخصیص‌یافته به طرح‌های آبخیزداری (از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۷۹) و اعتبارات حفظ، اصلاح و احیاء مراتع (از سال ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۶) را با تعدیل نرخ تورم سالانه

تعداد طرح‌های تحقیقاتی ثبت شده بخش بیابان فعلی (و بخش‌هایی همچون حفاظت خاک و آبخیزداری، از زمان تشکیل) مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۲۲۵ مورد است که در فاصله سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۹۶ انجام شده‌اند. براین‌اساس می‌توان آغاز اجرای نخستین طرح‌های تحقیقاتی در یک مرکز پژوهش در زمینه فرسایش و حفاظت خاک را سال ۱۳۴۷ دانست. در این سال، اجرای تعداد چهار طرح آغاز شده که سه مورد آن در زمینه تپه‌های شنی (چگونگی حرکت و مهار آن) و یک مورد در زمینه اندازه‌گیری رسوبات در رواناب در ایستگاه سیراچال بوده است (تحقیقات فرسایش آبی در بخش آبخیزداری و حفاظت خاک آن زمان). در سال ۱۳۴۸ نیز نه طرح مصوب شده است که عمدتاً در زمینه روش‌های نهال‌کاری و تثبیت تپه‌های شنی بوده است. حداکثر تعداد طرح مصوب در یک سال مربوط به سال ۱۳۸۴ با ۲۰ عنوان است، در بقیه سال‌ها روند خاصی مشاهده نمی‌شود. تحلیل بر مبنای دوره‌های ۵ ساله، نشان می‌دهد که بیش‌ترین فعالیت بخش بیابان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع در دوره‌های ۸۰-۱۳۷۶ و ۸۵-۱۳۸۱ به ترتیب با تعداد ۴۷ و ۴۹ طرح مصوب بوده است. بر مبنای تعداد طرح مصوب، بعد از چهار سال نخست فعالیت (۵۰-۱۳۴۷)، دوره رکود تقریباً ۱۵ ساله‌ای (۱۳۵۱ تا ۱۳۶۵) در فعالیت‌های این بخش دیده می‌شود. متوسط مدت اجرای طرح‌ها ۳/۲۸ سال و حداکثر مدت اجرای یک طرح ۱۴ سال (مشخص نیست که به دلیل تأخیر در اجرا و یا با برنامه اولیه بوده) است. حدود ۸۰ درصد طرح‌ها مدت اجرای کمتر از چهار سال داشته‌اند.

از کل طرح‌های بخش بیابان فعلی، تعداد ۱۷۴ مورد مستقیماً مرتبط با فرسایش و حفاظت خاک بود (به بخش‌های پایان‌نامه و رساله‌ها مراجعه شود) و مورد تحلیل قرار گرفت. از این تعداد، ۵۰ طرح دارای موضوع تپه‌های شنی (ماسه‌های روان) و روش‌های منشأیابی و تثبیت آنها، و تعداد ۳۰ مورد مرتبط با بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی بوده است. دو طرح ملی محوری با عنوان‌های "تعیین قلمرو محدوده بیابان" با ۱۵ زیر طرح، و "تعیین اشکال ناهمواری‌ها و ویژگی‌های شنزارها" با ۲۰ زیر طرح، در میان کل طرح‌ها وجود دارد. تعداد هفت طرح دارای موضوع مالچ‌های نفتی و دو مورد با موضوع کاربرد قیر است. نقطه قوت طرح‌های بخش بیابان را می‌توان، تعداد قابل‌توجه پژوهش در زمینه تعیین ویژگی‌های شن‌های روان و روش‌های تثبیت آن (به‌ویژه روش‌های زیستی) دانست. برخی از نقاط ضعف این بخش را می‌توان عدم پایش و اندازه‌گیری فرسایش بادی، عدم استفاده از ظرفیت روش‌های مدل‌سازی، طول مدت کوتاه طرح‌ها، مشارکت

از آن نیز به دلیل تورم بالا و جهش نرخ ارز در این دوره، تعدیل می‌شود. بر اساس گزارش معاونت آبخیزداری، امور مراتع و بیابان سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، تا پایان سال ۱۳۹۹ حدود ۳۵ میلیون هکتار مطالعات تفصیلی اجرایی آبخیزداری و حدود ۳۱ میلیون هکتار عملیات آبخیزداری در حوزه‌های بحرانی فرسایش و تولید رسوب و سیل خیز به اجرا درآمده است.

۱۵ درصد، بالغ بر ۷/۹۱ هزار میلیارد ریال اعلام کرده است (به نقل از Nazari-Samani, 2001). این مبلغ بر اساس نرخ ارز سال ۱۳۷۹، معادل ۹۷۱ میلیون دلار می‌باشد. لازم به ذکر است که در ۱۵ سال گذشته و به‌ویژه در سال‌های اخیر و با اختصاص بودجه از صندوق توسعه ملی، اعتبارات ریالی اجرای عملیات آبخیزداری در کشور رشد بسیار زیادی یافته، هرچند که بخشی

جدول ۶- چکیده‌ای از سطح اجرایی عملیات آبخیزداری و بودجه صرف شده در دوره ۱۳۴۴ تا ۱۳۸۶*

دوره	طول دوره (سال)	مجموع سطح اجرایی (هزار هکتار)	سطح اجرا شده در سال (هزار هکتار)	مجموع اعتبارات دوره (میلیارد ریال)	مجموع اعتبارات ^۱ (میلیون دلار)
۱۳۴۸ تا ۱۳۵۷	۱۰	۶۸۹	۶۹	۲/۲۴	۳۰
۱۳۵۸ تا ۱۳۶۷	۱۰	۱۰۵۶	۱۰۶	۴/۸۵	۱۰
۱۳۶۸ تا ۱۳۷۷	۱۰	۷۳۱۴	۷۳۱	۳۹۷	۱۱۴
۱۳۷۸ تا ۱۳۸۶	۹	۱۱۶۸۲	۱۲۹۸	۵۲۴۴	۵۹۸

* داده‌های اولیه جدول از برنامه راهبردی حفاظت خاک پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (۱۳۸۸) استخراج شد.

^۱ این ستون بر اساس اعتبارات ریالی و نرخ ارز سالانه در هر دوره محاسبه شده است. در بررسی حاضر، برای سهولت برآورد هزینه‌های انجام شده به قیمت روز در هر زمانی، معادل دلاری هزینه‌ها برآورد گردید.

حوزه معرف و زوجی راهاندازی شد (Parvizi, and Arabkhedri, 2021). دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۸ دو نشست تخصصی (جلسه هم‌اندیشی) برای بررسی و ارزیابی وضعیت و آمار ایستگاه‌های فرسایش و رسوب پروژه حوزه‌های معرف و زوجی برگزار کرد. احداث ایستگاه آموزشی تحقیقاتی اندازه‌گیری و پایش فرسایش بادی در سال ۱۳۹۹ در میند یزد با همکاری محققان دانشگاه یزد، اقدام مهم دیگری در زمینه پایش فرسایش است.

در زمینه تثبیت شن از سال ۱۳۳۸ به بعد اقدامات موفقیت‌آمیزی توسط سازمان جنگلبانی ایران انجام می‌شد (Niknam, 1973) که اغلب با استفاده از موانع تخته‌ای، ساقه‌های پده و گز بود (Rouhipour, 1994). با تصویب اعتبار ۲۰۰ هزارریالی در سال ۱۳۴۴ نخستین طرح تثبیت شن در منطقه حارث‌آباد سبزوار (استان خراسان) آغاز گردید (Niknam, 1973). سپس بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده، از سال ۱۳۴۶ برنامه تثبیت شن در استان‌های کرمان، خوزستان، سیستان و بلوچستان، و مرکزی (آن زمان) اجرا شد که پیامد آن تا سال ۱۳۵۲، کاشت بیش از ۱۲۲ میلیون اصله نهال و بذریاشی در ۲۰۰ هزار هکتار، و قرق بیش از ۲/۳ میلیون هکتار محدوده‌های فعال شن‌های روان بود (Niknam, 1973). از سال ۱۳۴۴ تا ۱۳۴۷ اقداماتی برای مقابله با فرسایش بادی در منطقه الباجی اهواز با همکاری سازمان‌های اجرایی، توسط فیروز نخجوانی و زیر نظر پرفسور دوو انجام گرفت (Nakhjavani, 1968). همچنین در دوره ۱۳۴۷ تا ۱۳۵۰، دفتر مالچ‌های نفتی نیز سطوح نسبتاً وسیعی از شن‌های

نکته مهم و قابل توجه این است که در اغلب طرح‌ها و به‌ویژه در دهه‌های آخر، عملیات آبخیزداری عمدتاً مبتنی بر کارهای سازه‌ای و با هدف کنترل رسوب بوده و در حقیقت در هر حوزه آبخیز، عملیات اجرایی بعضاً در کمتر از یک درصد مساحت آن اجرا می‌شود. نکته مهم دیگر، بودجه بسیار اندک (در مقایسه با سایر کارهای عمرانی به‌عنوان مثال سدسازی یا راه‌سازی) اختصاص یافته به عملیات آبخیزداری در این کشور پهناور و دارای معضلات متنوع فرسایش خاک است. از سوی دیگر، به نظر می‌رسد نیروی کارشناسی دفاتر حفاظت خاک و آبخیزداری در سطح کشور حتی متناسب با این بودجه‌های اندک و سطح عملیات اجرایی نیست یا نگرش و سازوکار فنی و اجرایی آبخیزداری در کشور چندان درست نیست. در مواردی (از جمله، Nazari-Samani, 2001)، نتایج ارزیابی کارایی و عملکرد طرح‌های آبخیزداری نشان می‌دهد که وضعیت طرح‌های آبخیزداری از نظر مطالعاتی، اجرایی و مراحل بعد از اجرا ضعیف است.

از جمله اقدام‌های بسیار مهم دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری در ده‌های اخیر، ایجاد شبکه پایش با عنوان حوزه‌های معرف و نمایشی (زوجی) بود که طرح اولیه آن از اواخر سال ۱۳۷۳ در معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی آغاز شد. اهداف اولیه این آبخیزها پایش متغیرهای هیدرولوژیکی و فرسایش خاک، و ارزیابی پروژه‌های حفاظت خاک بود. فرایند احداث و تکمیل این شبکه پایش کمی طولانی شد، اما در نهایت در ۱۲ استان که شش اقلیم اصلی و هفت تیپ رویشگاهی و کاربری اراضی کشور را نمایندگی می‌کنند، در مجموع ۱۲ پروژه

های مختلف منابع طبیعی در چهارچوب دانشکده جنگلداری دایر گردید، این نشریه کامل‌تر شد و در رشته‌های مختلف جنگل، مرتع، چوب‌شناسی مقاله چاپ می‌کند. مجله منابع طبیعی ایران از دوره ۶۲ (۱۳۸۸) به چهار مجله با نام‌های «جنگل و فرآورده-های چوب»، «شیلات»، «مرتع و آبخیزداری» و «محیطزیست طبیعی» تفکیک شد.

تعداد کل مجلات دارای مجوز و رتبه علمی از وزارت علوم ۱۲۹۶ مورد است که از این تعداد، ۲۲۰ مجله با زبان انگلیسی یا بین‌المللی و ۱۰۷۶ مجله به زبان فارسی منتشر می‌شود.^۲ تعداد مجلات کشاورزی و منابع طبیعی حدود ۱۸۰ مورد (۱۴ درصد کل مجلات) است. از کل مجموعه مجلات کشاورزی و منابع طبیعی، تعداد ۳۹ مورد با موضوع و عنوان آب‌و‌خاک، آبخیزداری، بیابان، محیطزیست و مرتع هستند. از کل مجلات در همه رشته-ها، تعداد ۵۸ مورد (۵۴ مورد علمی-پژوهشی و ۴ مورد علمی-ترویجی) مرتبط با آب‌و‌خاک، آبخیزداری، بیابان، محیطزیست، مرتع، جغرافیای طبیعی، آمایش سرزمین، عمران و مهندسی آب هستند که نه مورد به زبان انگلیسی و ۴۹ مورد به زبان فارسی منتشر می‌شوند. تعداد مجلات تقریباً اختصاصی با موضوعات حفاظت خاک و آب، آبخیزداری، و بیابان حدود ۱۳ مورد است. تعداد ۷ مورد از مجلات مرتبط با فرسایش و حفاظت خاک توسط دانشگاه تهران، و تعداد ۱۴ مورد به‌صورت مستقل توسط انجمن-های علمی (از جمله انجمن آبخیزداری و انجمن علوم خاک ایران) و یا با مشارکت این انجمن‌ها منتشر می‌شود. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس نیز مجلات تخصصی مستقل یا با مشارکت انجمن‌ها منتشر می‌کنند. بر اساس پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، ۱۷۴ مجله در گروه کشاورزی و منابع طبیعی منتشر می‌شود. بر مبنای جستجو سریع در پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، تعداد و توزیع مقالات یافت شده در زمینه فرسایش خاک، تولید رسوب، آبخیزداری و مدیریت بیابان به شرح جدول ۷ است.

کنگره‌ها و همایش‌ها

کنگره علوم خاک ایران و همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مهم‌ترین کنفرانس‌های ملی مرتبط با موضوع هستند. کنگره علوم خاک ایران دو سالانه بوده و تاکنون ۱۷ بار برگزار شده است. اولین و دومین کنگره علوم خاک ایران به ترتیب در دانشگاه تهران

روان استان خوزستان را تثبیت کرد (Rouhipour, 1994). عملیات اجرایی مبارزه با فرسایش بادی و تثبیت شن‌های روان که از سطح ۱۸ هکتار در سال ۱۳۳۸ در اهواز آغاز شد، به حدود ۲ میلیون هکتار در ۱۳ استان و در ۱۵۰ منطقه مختلف در سال ۱۳۶۷ رسید (Ahmadi, 1992). در برنامه اول توسعه اقتصادی کشور بودجه اختصاص یافته برای تثبیت شن‌های روان حدود ۳۴ میلیارد ریال بود (به نقل از Ahmadi, 1992). بر اساس گزارش رئیس سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور^۱، تاکنون در حدود ۷/۵ میلیون هکتار از اراضی کشور، عملیات بیابان‌زدایی صورت گرفته که شامل حدود ۲ میلیون و ۳۰۰ هزار هکتار نهال‌کاری، حدود ۴ میلیون و ۷۰۰ هزار هکتار بذرپاشی، حدود ۳۰۰ میلیون هکتار مالچ‌پاشی و حدود ۴۶۰ هزار هکتار مدیریت رواناب‌ها بوده است.

مجلات و مقالات منتشر شده

سعید نفیسی بانی و سردبیر نخستین مجله کشاورزی با عنوان «مجله فلاح و تجارت» در وزارت «فلاح و تجارت و فواید عامه» بود، که نخستین شماره آن، اول فروردین ۱۲۹۷ در ۱۶ صفحه منتشر شد و به طور مرتب تا سال ۱۳۰۰ هر ۱۵ روز یکبار منتشر شد. در پی تعطیلی مجله فلاح و تجارت، مصطفی قلی‌بیات، در سال ۱۳۰۱ ماهنامه‌ای با عنوان «مجله فلاح-رهنمای دهقان» را منتشر کرد. دکتر تقی بهرامی که در سال ۱۳۲۰ به ریاست دانشکده کشاورزی کرج برگزیده شد، مؤسس و مدیر دو مجله با عناوین «فلاح» و «آب‌و‌خاک» بوده، که اولی را در سال ۱۳۱۲ و دومی را در سال ۱۳۲۱ منتشر کرده است (Bahrami, 1951). نخستین شماره مجله «آب‌و‌خاک» در ۱۵ اردیبهشت ۱۳۲۱ در ۲۴ صفحه با مقالاتی از تقی بهرامی و کریم ساعی منتشر شد.

تاریخچه مجله علوم کشاورزی ایران را می‌توان به

پنج دوره تقسیم کرد. دوره اول (۱۳۱۱ تا ۱۳۳۰) با نام «مجله مدرسه عالی فلاح»، دوره دوم (۱۳۳۰ تا ۱۳۴۸) با نام «نشریه دانشکده کشاورزی»، دوره سوم (۱۳۴۸ تا ۱۳۵۶) با عنوان نشریه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، دوره چهارم (۱۳۵۶ تا ۱۳۸۷) با عنوان «مجله علوم کشاورزی ایران»، دوره پنجم (۱۳۸۷ تاکنون) شامل هفت مجله تخصصی است که یکی از آنها مجله «تحقیقات آب‌و‌خاک ایران» است. سابقه مجله منابع طبیعی ایران نیز به سال‌های قبل از ۱۳۴۰ می‌رسد که با نام نشریه چوب‌شناسی منتشر می‌شد. از سال‌های ۱۳۴۸ به بعد که رشته

^۲ وبگاه دفتر سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی امور پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

^۱ مراسم روز جهانی مقابله با بیابان زایی: <http://www.iana.ir/fa/tiny/news->

مدیریت پایدار، امنیت بوده است. در هفده کنگره علوم خاک ایران در مجموع بالغ بر ۹۰۰۰ مقاله ارائه شده است که حدود ۹۰۰ مورد آن مرتبط با فرسایش، حفاظت و مدیریت خاک بوده است. تاریخچه و تحلیل کنگره‌های علوم خاک ایران تا کنگره پانزدهم توسط et al Esfandiarpour-Borujeni (۲۰۱۸) منتشر شده است، که البته از دو کنگره نخست داده‌ای در دسترس ایشان نبوده است. در این تحلیل، توجه اندک به چگونگی مدیریت و حکمرانی خاک در کنگره‌های علوم خاک ایران از جمله نقاط ضعف بیان شده است.

جدول ۷- تعداد و توزیع (درصد) مقالات در زمینه‌های مختلف فرسایش و حفاظت خاک

عبارت جستجو	فرسایش و هدررفت خاک	فرسایش پذیری خاک	فرساینده‌گی باران	رسوب معلق و رسوب‌دهی	گردوغبار و ریزگرد	آبخیزداری	فرسایش آبکندی	حفاظت خاک	بیابان‌زایی بیابان‌زدایی	جمع
تعداد	۳۴۰	۷۰	۳۴	۱۲۰	۱۹۱	۹۱	۷۶	۷۷	۱۸۰	۱۱۷۹
درصد	۲۹	۶	۳	۱۰	۱۶	۸	۶	۷	۱۵	۱۰۰

نور برگزار شده است. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری از سال ۱۳۹۴ تاکنون چهار کنفرانس ملی با عنوان حفاظت خاک و آبخیزداری برگزار کرده است که در مجموع بیش از ۴۱۱ مقاله در آنها ارائه شده است.

در ۲۷ تا ۳۰ اردیبهشت ۱۳۷۱ سمیناری با عنوان "بررسی مسائل مناطق بیابانی و کویری ایران" توسط مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران دانشگاه تهران در یزد برگزار گردید. در این سمینار، ۶۷ مقاله ارائه شد که اغلب آنها (بیش از ۵۰ مقاله) توسط استادان و محققان برجسته کشور با تخصص‌های گوناگون فرسایش و مدیریت بیابان، آب‌و خاک، هواشناسی و هیدرولوژی، جغرافیا و زمین‌شناسی، گیاه‌شناسی، آموزش و ترویج، اقتصادی و اجتماعی تهیه و ارائه گردید. این سمینار در نوع خود از کم‌نظیرترین همایش‌های ملی در زمینه فرسایش بادی و مسائل بیابان در ایران است که در آن برای نخستین (و شاید آخرین بار)، ابعاد مختلف یک موضوع توسط دانشمندان تراز اول کشور مورد واکاوی قرار می‌گیرد.

اولین همایش ملی بیابان (علوم، فنون و توسعه پایدار) در تاریخ ۲۷ خرداد ۱۳۹۱ با ارائه ۴۹۸ مقاله توسط مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران برگزار شد. دومین همایش نیز با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری با همکاری همین مرکز توسط دانشگاه سمنان در ۲۰ آبان ۱۳۹۳ و با ارائه ۳۸۹ مقاله برگزار گردید. تعداد چهار همایش ملی نیز با عنوان "فرسایش بادی (و طوفان‌های گردوغبار)" به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۹، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۶ و با تعداد ۷۵، ۱۶۸، ۱۳۰ و ۹۶ مقاله در یزد با مشارکت دانشگاه یزد و انجمن مدیریت کنترل مناطق

در سال ۱۳۵۱، و در دانشگاه شیراز در سال ۱۳۵۴ برگزار گردید. بعد از انقلاب، سومین کنگره در ۱۸-۱۵ شهریور سال ۱۳۷۱ برگزار گردید و پس از آن تقریباً به صورت مرتب هر دو سال یکبار برگزار شده تا به کنگره هفدهم در سال ۱۴۰۰ رسیده است. در کنگره‌های علوم خاک ایران، موضوعات و مباحث فرسایش و حفاظت خاک همواره به‌عنوان یکی از محورانشست‌ها اصلی مورد توجه بوده است. علاوه بر این، شعار کنگره‌های پنجم و نهم نیز "بهره‌وری بهینه از منابع آب‌و خاک با رویکرد فرسایش خاک" بود. شعار هفت گنکره نیز موضوعاتی چون توسعه پایداری،

اولین کنفرانس بررسی مسائل حفاظت خاک و آبخیزداری با حمایت دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری در ۳-۹ شهریور ۱۳۵۲ در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران برگزار شد. در این کنفرانس، تعداد ۱۹ مقاله ارائه که تمرکز اصلی آنها بر حفاظت خاک و آبخیزداری به‌ویژه در حوزه آبخیز سدهای بزرگ است. سه مقاله نیز مرتبط با بیابان لوت، پویایی شن‌های روان، و تثبیت شن‌های روان با روش‌های گوناگون است. نکته قابل توجه دیگر در اغلب مقالات، توجه به جنبه اقتصادی طرح‌ها است. مجموعه مقالات اولین کنفرانس توسط دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری در سال ۱۳۵۴ به چاپ رسیده است. پانزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران در آبان‌ماه ۱۳۹۹ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری برگزار شد. بر اساس اطلاعات موجود از چهارمین تا پانزدهمین همایش، در مجموع بالغ بر ۲۷۰۰ مقاله ارائه شده است که پرکاربردترین کلید واژه‌ها در این همایش‌ها شامل خشکسالی، سیل، پخش سیلاب، تغییر اقلیم، رسوب، آبخیزداری، زمین‌لغزش می‌باشند. گزارش و تحلیل همایش‌های علوم و مهندسی آبخیزداری تا همایش چهاردهم، توسط Hazbavi و Kolehrouei (۲۰۲۰) منتشر شده است، که از سه کنفرانس نخست داده‌ای در دسترس ایشان نبوده است. همچنین آمار تعداد مقالات نیز به دلیل برگزاری هم‌زمان دو همایش با سایر کنفرانس‌ها دارای اختلافاتی است.

تعداد چهار همایش ملی فرسایش و رسوب به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۹ با تعداد ۳۱، ۴۰، ۱۷۳ و ۹۷ مقاله در دانشگاه تربیت مدرس-نور، دانشگاه لرستان، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، و دانشگاه تربیت مدرس-



فعالیت‌های این کمیته است. از جمله کتاب‌های تألیف یا ترجمه شده توسط اعضای این کمیته، می‌توان به فرهنگ تخصصی فرسایش و رسوب، حفاظت خاک و آب در آبخیزهای جنگلی، و روش‌های سنتی حفاظت خاک و آب در ایران اشاره کرد.

کارگروه فرسایش خاک ستاد توسعه فناوری آب، خشکسالی، فرسایش و محیط‌زیست، معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهور در سال ۱۳۸۹ و در پی تشکیل این ستاد ایجاد شد. نخستین مأموریت این کارگروه جمع‌آوری و تدوین تجربیات گذشته و تدوین سند راهبردی بخش فرسایش و حفاظت خاک بود. این سند بعد از تدوین در قالب گزارش نهایی طرحی (تدوین راهبردهای حفاظت خاک در برابر فرسایش آبی و بادی و کنترل رسوب) که به این منظور در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام شد، در ستاد با سندهای سایر کارگروه‌ها تلفیق و بعد از چندین بار ویرایش، با عنوان نهایی سند راهبردی توسعه فناوری‌های "آب، خشکسالی، فرسایش و محیط‌زیست" در شهریور سال ۱۳۹۵ برای ارائه به شورای عالی انقلاب فرهنگی و تصویب در آن شورا، در نشست یک‌روزه‌ای توسط اعضای کارگروه‌های مختلف ستاد نهایی شد. هرچند که سرنوشت نهایی و قانونی این سند همچنان نامشخص است، اما محتوی آن به دلیل کار کارشناسی گسترده، دارای اهمیت است. در این سند نهایی، تعداد ۴۷ اقدام اجرایی در قالب هفت راهبرد ذیل عنوان راهبردهای اختصاصی حفاظت خاک، کنترل فرسایش و رسوب" پیشنهاد گردید (جدول ۸).

از جمله فعالیت‌های قابل‌ذکر کارگروه فرسایش خاک، علاوه بر اجرا و نظارت بر اجرای تعدادی طرح پژوهشی به‌ویژه در زمینه فناوری‌های مهار فرسایش، پیگیری تدوین دو پروپوزال کلان ملی با موضوع مدل‌سازی بومی فرسایش خاک و تعیین حد قابل‌تحمل فرسایش خاک، و برگزاری دو نشست تخصصی در این دو زمینه (در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) بود. دو پروپوزال مزبور بعد از بررسی و بازبینی‌های فراوان در طی چند سال گذشته (۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹)، تلفیق و در قالب یک طرح کلان ملی فناوری با عنوان "توسعه مدل بومی و تدوین استانداردهای حد قابل‌تحمل فرسایش آبی خاک در ایران" مراحل نهایی تصویب را گذرانده و منتظر تأمین اعتبار و ابلاغ برای اجرا می‌باشد.

بیابانی ایران برگزار شده است. همچنین دو همایش بین‌المللی گردوغبار به ترتیب با تعداد ۱۴۰ و ۱۸۰ مقاله در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۷ در دانشگاه‌های شهید چمران اهواز و ایلام برگزار شده است.

تعداد نه همایش ملی (کنفرانس سراسری یا کنفرانس علمی پژوهشی) "آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک" از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۸ (به‌صورت دوسالانه) توسط انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران در دانشگاه شهید باهنر کرمان برگزار شده است. پنج همایش با عنوان "صیانت از منابع طبیعی و محیط‌زیست" نیز در سال‌های -، ۱۳۹۴، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ توسط دانشگاه محقق اردبیلی برگزار گردید که همایش چهارم و پنجم به‌صورت بین‌المللی تدارک دیده شد. در این پنج همایش نیز در مجموع بیش از ۹۰۰ مقاله ارائه شد. همایش ملی "مدیریت پایدار منابع خاک و محیط‌زیست" نیز توسط دانشگاه شهید باهنر کرمان در سه دوره در مجموع با ۷۳۱ مقاله در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ برگزار شد که سومین آن به‌صورت بین‌المللی بود. همچنین تعداد نه همایش ملی یا بین‌المللی نیز با عنوان "سامانه‌های سطوح آبخیز باران" از سال ۱۳۹۱ برگزار شده و دهمین آن نیز در آذرماه ۱۴۰۰ برگزار گردید. درصدی از مقالات این سه گروه همایش نیز در زمینه فرسایش، حفاظت خاک، تولید رسوب و آبخیزداری بوده است.

در گردهمایی‌های دو دهه اخیر اغلب مقالات دانشجویی و موردی بوده‌اند. بررسی کیفی کنگره‌ها و همایش‌ها نشان می‌دهد که بدون سخنرانان مدعو یا سخنرانی‌های کلیدی سفارشی، کارکرد علمی و واقعی این رویدادها بسیار ضعیف شده است.

کمیته‌های ملی، قوانین و اسناد

کمیته تخصصی فرسایش و رسوب به توصیه کمیته ملی آب-شناسی کمیسیون ملی یونسکو و بر مبنای فاز چهارم و پنجم برنامه بین‌المللی هیدرولوژی در سال ۱۳۷۴ در معاونت آبخیزداری وقت آغاز به فعالیت نمود. این کمیته تلاش نمود با انجام فعالیت‌هایی در قالب برنامه‌های دو ساله، بخشی از نیازهای علمی و اجرایی کشور را برطرف نماید. برگزاری سمینارهای ملی، کارگاه‌های آموزشی ملی و منطقه‌ای، و چاپ چند کتاب از جمله

جدول ۸- راهبردهای اختصاصی حفاظت خاک، کنترل فرسایش و رسوب در پیش‌نویس سند ستاد توسعه فناوری آب، خشکسالی، فرسایش و محیط‌زیست (اقتباس از سند راهبردی توسعه فناوری‌های "آب، خشکسالی، فرسایش و محیط‌زیست، ۱۳۹۵")

تعداد اقدام (راهکار)	راهبردها
۹	توسعه فناوری‌های مدیریتی، زیستی و زیست‌مهندسی در پیشگیری و مهار فرسایش
۹	توسعه فناوری‌های آموزش و ترویج مدیریت و حفاظت خاک و آب‌خیزداری
۴	تبیین سازوکارهای ارتقای مشارکت ذی‌نفعان در مدیریت و حفاظت خاک و آب
۱۱	ارتقای توانمندی‌های دانش‌بنیان برای حفاظت آب‌و خاک و کنترل رسوب
۳	توسعه و تعالی الگوهای سازمانی و حقوقی حفاظت خاک و اراضی کشور
۴	تبیین معیارها و استانداردهای سازگاری برنامه‌های توسعه متناسب با حفاظت و پایداری منابع خاک
۷	توسعه فناوری‌های مقابله با بیابان‌زایی و ریزگردها

در راستای اجرای قانون الحاق جمهوری اسلامی ایران به کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی ملل متحد، آیین‌نامه تشکیل "کارگروه ملی بیابان‌زایی" در ۱۳۸۹/۰۵/۲۴ در هیئت دولت تصویب گردید. بر اساس این آیین‌نامه، ریاست کارگروه را وزیر جهاد کشاورزی بر عهده دارد و بیش از ۱۵ عضو کابینه (یا نمایندگان ایشان) نیز در آن حضور دارند. ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار در سازمان حفاظت محیط‌زیست نیز در راستای اجرای بند یک آیین‌نامه اجرایی "آمادگی مقابله با پدیده گردوغبار" که در ۱۳۹۵/۴/۲۳ به تصویب هیئت وزیران رسید، با مسئولیت رئیس سازمان حفاظت محیط‌زیست و با عضویت ۱۱ عضو کابینه یا نمایندگان آنها تشکیل گردید. بر اساس ماده ۱۸ آیین‌نامه، سازمان حفاظت محیط‌زیست موظف گردید، گزارش اجرای آن را هر شش ماه یک‌بار به هیئت دولت ارائه نماید. اطلاعاتی از این گزارش‌ها قابل‌دسترسی نبود. در تارنمای این ستاد، ذیل تارنمای اصلی سازمان حفاظت محیط‌زیست، چهار فعالیت (مبادله موافقت‌نامه با اعتبار ۲۷۱ میلیارد تومان برای اجرای سه عنوان طرح، پیگیری اجرای اقدامات توسط دستگاه‌ها برای مقابله با پدیده گردوغبار در سطح ۸۰ هزار هکتار با هزینه ۳۰۰ میلیارد تومان، راه‌اندازی سیستم پایش گردوغبار با همکاری کشور ژاپن، برگزاری ۱۰ جلسه در قالب کمیته تخصصی برای تدوین طرح منشأیابی)، به‌عنوان اهم اقدامات انجام شده توسط این ستاد ذکر شده است. تهیه و تدوین "دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ)" در کارگروه تثبیت‌کننده-های خاک ستاد و انتشار و ابلاغ آن توسط سازمان برنامه‌بودجه کشور (IRIPBO, 2019)، و انتشار گزارش منشأیابی گردوغبار داخل کشور (NCCSDS, 2020) از جمله فعالیت‌های ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار هستند.

قانون حفظ و حمایت از منابع طبیعی و ذخایر جنگلی کشور (مصوب ۱۳۷۱/۷/۵ مجلس شورای اسلامی)، قانون حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها (مصوب ۱۳۷۴ با اصلاحات ۱۳۸۵)، قانون بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (مصوب

آیین‌نامه تشکیل کارگروه ملی بیابان‌زایی (۱۳۸۹)، آیین‌نامه اجرایی آمادگی مقابله با پدیده گردوغبار (۱۳۹۵)، و قانون حفاظت خاک (مصوب ۱۳۹۸/۰۳/۰۴ مجلس شورای اسلامی) از جمله قوانین مهمی هستند که موضوع حفاظت خاک را در بر می‌گیرند. در کنار این قوانین، اسناد ملی بسیار مهمی نیز وجود دارند که در بندهایی به طور مستقیم به موضوع حفاظت خاک پرداخته‌اند و یا دستیابی به اهداف آن مستلزم حفاظت از منابع آب‌و خاک است. از جمله این اسناد می‌توان به: (۱) چشم‌انداز بخش کشاورزی سیاست‌های کلی نظام در افق ۱۴۰۴ که در بند ۷ آن، دستیابی به کشاورزی پایدار با مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز آمده است، (۲) نقشه جامع علمی کشاورزی که هدف کلان ۵ آن، ارتقاء و توسعه روش‌های علمی و فنی مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و بهره‌برداری پایدار منابع است، (۳) بند ۷ سیاست‌های اقتصاد مقاومتی مبنی بر تأمین امنیت غذایی و نیل به خودکفایی در محصولات اساسی که مستلزم حفاظت از کمیت و کیفیت منابع خاک است، و (۴) مواد ۴۱ و ۴۵ احکام برنامه توسعه ششم که شامل مواردی همچون ارتقاء بهره‌وری آب‌و خاک، توسعه کشاورزی حفاظتی، و اجرای عملیات آب‌و خاک (سازه‌ای و غیرسازه‌ای) است، اشاره کرد.

بنابراین در کنار و در حمایت از بخش اجرایی حفاظت و مدیریت خاک و اراضی (دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری، دفتر کنترل سیلاب و آبخوان‌داری و دفتر امور بیابان سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، دفتر امور خاک معاونت آب‌و خاک، سازمان امور اراضی کشور)، قوانین و اسناد بالادستی، و کمیته و ستادهای ملی مهمی برای حفاظت از خاک و اراضی کشور وجود دارد. نقد اصلی وارد به اسناد بالادستی، عدم تبیین و پیش‌بینی سازوکار اجرایی دستیابی به اهداف این اسناد است که در اغلب موارد نیز بخش اعظم اهداف نیز محقق نشده یا در افق زمانی مدنظر قابل دستیابی نیست. برخی از قوانین موجود نیز دارای نقاط ضعفی هستند که ناشی از عدم درک دقیق کارشناسی از موضوع، و یا

در راستای اجرای قانون الحاق جمهوری اسلامی ایران به کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی ملل متحد، آیین‌نامه تشکیل "کارگروه ملی بیابان‌زایی" در ۱۳۸۹/۰۵/۲۴ در هیئت دولت تصویب گردید. بر اساس این آیین‌نامه، ریاست کارگروه را وزیر جهاد کشاورزی بر عهده دارد و بیش از ۱۵ عضو کابینه (یا نمایندگان ایشان) نیز در آن حضور دارند. ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار در سازمان حفاظت محیط‌زیست نیز در راستای اجرای بند یک آیین‌نامه اجرایی "آمادگی مقابله با پدیده گردوغبار" که در ۱۳۹۵/۴/۲۳ به تصویب هیئت وزیران رسید، با مسئولیت رئیس سازمان حفاظت محیط‌زیست و با عضویت ۱۱ عضو کابینه یا نمایندگان آنها تشکیل گردید. بر اساس ماده ۱۸ آیین‌نامه، سازمان حفاظت محیط‌زیست موظف گردید، گزارش اجرای آن را هر شش ماه یک‌بار به هیئت دولت ارائه نماید. اطلاعاتی از این گزارش‌ها قابل‌دسترسی نبود. در تارنمای این ستاد، ذیل تارنمای اصلی سازمان حفاظت محیط‌زیست، چهار فعالیت (مبادله موافقت‌نامه با اعتبار ۲۷۱ میلیارد تومان برای اجرای سه عنوان طرح، پیگیری اجرای اقدامات توسط دستگاه‌ها برای مقابله با پدیده گردوغبار در سطح ۸۰ هزار هکتار با هزینه ۳۰۰ میلیارد تومان، راه‌اندازی سیستم پایش گردوغبار با همکاری کشور ژاپن، برگزاری ۱۰ جلسه در قالب کمیته تخصصی برای تدوین طرح منشأیابی)، به‌عنوان اهم اقدامات انجام شده توسط این ستاد ذکر شده است. تهیه و تدوین "دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ)" در کارگروه تثبیت‌کننده-های خاک ستاد و انتشار و ابلاغ آن توسط سازمان برنامه‌بودجه کشور (IRIPBO, 2019)، و انتشار گزارش منشأیابی گردوغبار داخل کشور (NCCSDS, 2020) از جمله فعالیت‌های ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار هستند.

قانون حفظ و حمایت از منابع طبیعی و ذخایر جنگلی کشور (مصوب ۱۳۷۱/۷/۵ مجلس شورای اسلامی)، قانون حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها (مصوب ۱۳۷۴ با اصلاحات ۱۳۸۵)، قانون بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (مصوب



- استانی) و طرح‌های خدمات عمومی مورد نیاز مردم از پرداخت عوارض موضوع این ماده مستثنی بوده و تابع قوانین و مقررات مربوط می‌باشد؛ بنابراین این قانون، بیش‌تر قانون تغییر کاربری اراضی است تا اینکه قانون حفظ کاربری اراضی باشد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هرچند که در مورد مقدار دقیق فرسایش آبی و بادی در کشور اتفاق نظر وجود ندارد، اما ارقام بیش از ۵-۶ تن در هکتار در سال به‌عنوان متوسط بلندمدت فرسایش آبی در پهنه کشور به چند دلیل، منطقی به نظر نمی‌رسد. نخست آنکه، باتوجه‌به نرمال نبودن توزیع آماری داده‌های فرسایش خاک همچون داده‌های اقلیمی و هیدرولوژی آن هم در سطح کشور پهناور و متنوعی چون ایران، متوسط ۵ تن در هکتار در سال بیانگر وجود بیشینه‌ای بالغ بر ۳۰ تن در هکتار در سال خواهد بود. همانند متوسط بارندگی سالانه کشور که با رقم حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال در دامنه کمتر از ۲۵ تا بیش از ۲۰۰۰ میلی‌متر در سطح کشور متغیر است. دوم، بیش از نیمی از کشور را مناطق بیابانی و خشک می‌پوشاند و عوارض و شواهد فرسایشی شدید در مناطق زیادی از کشور دیده نمی‌شود. سوم، در بخش زیادی از سطح کشور همچون جنگل‌های طبیعی دست‌نخورده، مراتع با پوشش گیاهی خوب، باغات و اراضی آبی مسطح، بیرون‌زدگی‌های سنگی و سطوح فاقد خاک (سطوح مسکونی^۱، پهنه‌های آبی، شنزارها و غیره)، مقدار فرسایش آبی صفر یا بسیار ناچیز است. باین‌وجود هرگز نباید تصور کرد که مقدار فرسایش آبی ۵ تن در هکتار در سال مقدار کمی است. این مقدار به‌طور محتمل بیش از ۱۰ برابر حد قابل تحمل تلفات خاک در ایران است. سهم عمده فرسایش خاک در کشور (بیش از دو سوم) مربوط به فرسایش‌های عمقی از جمله فرسایش کناره‌ای و آب‌کندی، فرسایش‌های توده‌ای و فرسایش تشکیلات زمین‌شناسی حساس از جمله (مارن‌ها و لس‌ها) است. همچنین قسمت عمده فرسایش خاک در رخدادهای شدید و حدی (بارندگی‌های شدید و سیلاب‌ها) اتفاق می‌افتد که اغلب نیز بعد از یک دوره خشکی رخ می‌دهند. شواهد نشان می‌دهد که میزان فرسایش آبی در دیمزارها به‌ویژه در اراضی شیب‌دار نیز بسیار زیاد است. جابه‌جایی خاک ناشی از فرسایش شخم، و هدررفت خاک همراه برداشت محصولات ریشه‌ای نیز مهم هستند. همچنین فرسایش خندقی (آب‌کندی) که علاوه بر تلفات شدید خاک و تخریب اراضی، در تخلیه رطوبت خاک مزارع و مراتع در شرایط خشک و نیمه‌خشک ایران، دارای اهمیت فراوان است، باید مورد توجه ویژه باشد.

بعضاً تناقض ذاتی با روح قانون هستند که به دو مثال در ادامه اشاره می‌شود.

مثال نخست، در ماده ۱۱ قانون بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی، دولت مکلف شد طی برنامه پنج‌ساله پنجم، "متوسط کاهش سالانه فرسایش خاک کشور را به یک تن در هکتار" و "میزان فرسایش اراضی را حداقل به سه تن در هکتار" برساند. این ماده قانونی به‌طور مشخص یکی از نمونه‌هایی است که بیانگر تصمیم‌گیری بر مبنای اطلاعات و مبنای کارشناسی غلط می‌باشد. بیان یک عدد مطلق به‌عنوان هدف کمی کاهش فرسایش (به‌جای اینکه کاهش به‌صورت درصدی از وضع موجود بیان شود)، و نیز به‌کاربردن واژه حداقل به‌جای حداکثر برای حد مطلوب فرسایش در اراضی، گواه این موضوع هستند.

مثال دوم، قانون حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها است که در ماده ۱ (اصل قانون) آن آمده است، "ماده ۱ - به‌منظور حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها و تداوم و بهره‌وری آنها از تاریخ تصویب این قانون، تغییر کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها در خارج از محدوده قانونی شهرها و شهرک‌ها جز در موارد ضروری ممنوع می‌باشد." این قانون را می‌توان عجیب‌ترین قانون حفظ کاربری اراضی در دنیا و در طول تاریخ دانست، زیرا تغییر کاربری اراضی اولاً به‌طور عمده در محدوده مناطق مسکونی (فعلی یا آینده) و ثانیاً بنا به‌ضرورت اتفاق می‌افتد. تبصره ۴ و ۵ این ماده، موضوع را روشن‌تر می‌کند. "تبصره ۴ (ماده ۱) - احداث گلخانه‌ها، دامداری‌ها، مرغداری‌ها، پرورش ماهی و سایر تولیدات کشاورزی و کارگاه‌های صنایع تکمیلی و غذایی در روستاها، بهینه‌کردن تولیدات بخش کشاورزی بوده و تغییر کاربری محسوب نمی‌شود. موارد مذکور از شمول این ماده مستثنی بوده و با رعایت ضوابط زیست‌محیطی با موافقت سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها بلامانع می‌باشد. تبصره ۵ (ماده ۱) - اراضی داخل محدوده قانونی روستاهای دارای طرح هادی مصوب، مشمول ضوابط طرح هادی بوده و از کلیه ضوابط مقرر در این قانون مستثنی می‌باشند." تبصره‌های ۱ و ۲، ماده ۲ نیز در خور توجه هستند، "تبصره ۱ (ماده ۲) - تغییر کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها برای سکونت شخصی صاحبان زمین تا پانصد مترمربع فقط برای یکبار و احداث دامداری‌ها، مرغداری‌ها، پرورش آبزیان، تولیدات گلخانه‌ای و همچنین واحدهای صنایع تبدیلی و تکمیلی بخش کشاورزی و صنایع دستی مشمول پرداخت عوارض موضوع این ماده نخواهد بود. تبصره ۲ (ماده ۲) - اراضی زراعی و باغ‌های مورد نیاز طرح‌های تملک دارایی‌های سرمایه‌ای مصوب مجلس شورای اسلامی (ملی

^۱ در این مناطق در زمان ساخت و ساز جابه‌جایی و تخریب خاک شدید است.

نهایی طرح منتشر شده وجود دارد که بر مبنای دسته‌بندی نگارنده، به ترتیب حدود ۴۰ و ۲۰ درصد آنها غیرمستقیم با فرسایش و حفاظت خاک مرتبط هستند. بیش‌ترین فعالیت این دو مرکز در دهه ۱۳۸۰ بوده است. عدم پایش و اندازه‌گیری طولانی‌مدت فرسایش خاک، عدم مطالعه میدانی روش‌های غیرسازه‌ای حفاظت خاک، طول مدت کوتاه طرح‌ها را می‌توان از نقاط ضعف، و کمبود بودجه و امکانات، و گستردگی و تنوع موضوعات فرسایش خاک را می‌توان از جمله چالش‌های این مراکز دانست. بسط قوانین و آیین‌نامه‌های وزارت علوم برای ترفیع و ارتقاء پژوهشگران مراکز تحقیقاتی می‌تواند یکی از دلایل تضعیف عملکرد این مراکز باشد. همچنین به نظر می‌رسد، عدم انسجام سازمانی و در مواردی موازی‌کاری در بین مراکز تحقیقاتی مرتبط از جمله مؤسسه تحقیقات خاک و آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، و مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع در زمینه انجام پروژه‌های پژوهشی نیز از جمله چالش‌ها باشد.

عملکرد معاونت آب‌خیزداری، مراتع و امور بیابان سازمان جنگل‌ها، مراتع و آب‌خیزداری به‌عنوان بخش اصلی اجرایی حفاظت خاک کشور با توجه به گستردگی ایران و تنوع بسیار زیاد انواع و پیامدهای فرسایش خاک کشور قابل‌تقدیر و از منظر کسب تجربه‌های عملی، ارزشمند است. تا پایان سال ۱۳۹۹ حدود ۳۵ میلیون هکتار مطالعات تفصیلی اجرایی آب‌خیزداری و حدود ۳۱ میلیون هکتار عملیات آب‌خیزداری در حوضه‌های بحرانی فرسایش و تولید رسوب و سیل‌خیز به اجرا درآمده است. در زمینه تثبیت شن‌ها نیز بیش از ۴۰ سال سابقه فعالیت اجرایی وجود دارد. همچنین تلاش برای ایجاد شبکه پایش فرسایش آبی و بادی در کشور از جمله فعالیت‌های ارزشمند این معاونت است. باین‌وجود، از جمله نگرانی‌های مرتبط با فعالیت معاونت آب‌خیزداری، مراتع و امور بیابان، اتکای بیش از حد به روش‌های سازه‌ای (که اغلب کارکرد آن کنترل رسوب است تا حفاظت خاک) در مطالعات و اجرای عملیات آب‌خیزداری، توجه اندک به مشارکت بهره‌برداران در طراحی و اجرای عملیات آب‌خیزداری، و ضعف بدنه کارشناسی از نظر کیفی و کمی در سطح کشور می‌باشد. یکی از راه‌حل‌های مهم این مشکلات، اصلاح شرح خدمات مطالعات تفصیلی اجرایی آب‌خیزداری است. از مهم‌ترین چالش‌های بخش آب‌خیزداری و حفاظت خاک، توجه اندک سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور به ابعاد و اهمیت موضوع است، به‌عنوان نمونه کل بودجه صرف شده در دوره حدود ۴۰ ساله (۱۳۴۷ تا ۱۳۸۶) برای اجرای عملیات آب‌خیزداری در ایران کمتر از بودجه احداث یک سد متوسط یا احداث ۱۰۰ کیلومتر بزرگراه با قیمت‌های دهه ۱۳۸۰ بوده است. در دهه اخیر با اختصاص بودجه از صندوق توسعه ملی، وضعیت

علل اصلی شدت فرسایش خاک در ایران را می‌توان در جغرافیایی طبیعی ایران از یک سو، و بهره‌برداری و مدیریت غلط از سوی دیگر جستجو کرد. بر اساس گزارش دووان (به نقل از Shahoei, 1989)، که حاصل سه بازدید از مناطق مختلف ایران در سال ۱۳۴۶ بود، سه فعالیت اصلی سبب از بین رفتن پوشش گیاهی در سطح وسیعی از کشور می‌شود. ایشان بیان می‌کنند تا زمانی که این سه فعالیت ادامه دارند، نه حفاظت خاک امکان‌پذیر است و نه فرسایش خاک قابل‌کنترل است. این سه فعالیت عبارت از، چرای بی‌رویه، شخم و کشت مداوم اراضی شیب‌دار، و قطع درختان هستند. به نظر می‌رسد این دلایل همچنان پابرجاست، و عوامل دیگری همچون فعالیت‌های عمرانی (جاده‌سازی و معدن-کاوی)، توسعه کشاورزی در اراضی آبی، و تغییر گسترده کاربری/پوشش اراضی نیز بر آن افزوده شده‌اند.

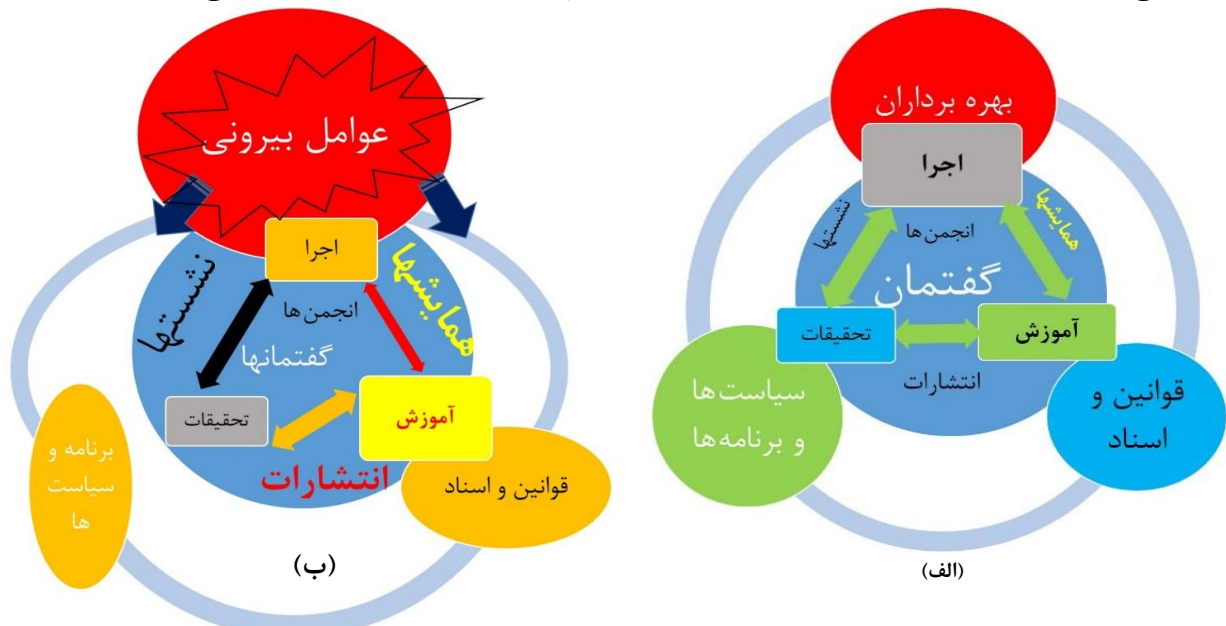
آموزش مباحث و موضوعات مرتبط با فرسایش خاک در قالب رشته‌های مختلف از جمله علوم و مهندسی آبخیز، علوم خاک، مدیریت و کنترل بیابان، و جغرافیای طبیعی به‌ویژه در مقاطع تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) در دو دهه اخیر رشد فزاینده‌ای داشته است. قبل از توسعه تحصیلات تکمیلی، استادان دانشگاه در کنار آموزش، در قالب پروژه‌های تحقیقاتی و مطالعاتی و اغلب در همکاری با سازمان‌های اجرایی فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه فرسایش و حفاظت خاک انجام می‌دادند. بر مبنای تعداد ۱۰۶۱ عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد و ۱۵۹ عنوان رساله دکتری جمع‌آوری شده، بیش از ۷۵ درصد در دو دهه اخیر، بیش از ۷۰ درصد در سه رشته آب‌خیزداری، خاکشناسی و مدیریت بیابان، و حدود ۴۰ درصد در سه دانشگاه تهران، تربیت‌مدرس و صنعتی اصفهان انجام شده است. به‌طورکلی، در دانشگاه‌ها کار پژوهشی در زمینه‌های حد قابل‌تحمل فرسایش، روش‌های غیرسازه‌ای و مدیریتی حفاظت خاک، ارزش‌گذاری اقتصادی خسارات فرسایش خاک، فرسایش برداشت محصول، اثر جاده‌سازی و معدن‌کاوی بر ایجاد فرسایش، و میزان فرسایش در اراضی دیم اندک هستند. به نظر می‌رسد، عمده رسالت و فعالیت دانشگاه‌ها در دو دهه گذشته به‌جای پرورش محقق و توسعه تحقیق، بر تولید دانش‌آموخته متمرکز بوده است.

عملکرد مراکز تحقیقاتی اصلی مرتبط با فرسایش و حفاظت خاک از نظر تلاش برای پاسخگویی به مسائل کشور (با انجام پروژه‌های محوری و کلان) قابل‌تقدیر و ارزشمند است. در پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری در دوره حدود ۳۰ ساله، و در بخش بیابان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آب‌خیزداری در دوره حدود ۵۰ ساله به ترتیب بالغ بر ۷۸۴ و ۲۲۵ گزارش

با کنار هم قراردادن تمامی اجزا و ذیمدخلان، و بررسی روابط و برهمکنش بین آنها می‌توان به یک ساختار آرمانی یا حکیمانه برای حفاظت و مدیریت خاک و آب دست‌یافت. این ساختار در شکل ۲-الف آمده است. در این الگو، سه بخش آموزش، تحقیقات و اجرا که دارای ارتباطات دوسویه‌ای هستند، در بستر گفتمانی که اغلب توسط انجمن‌های علمی و در قالب سه شکل همایش‌ها، نشست‌های تخصصی و مشورتی، و انتشارات، فراهم می‌شود، می‌توانند زمینه‌های لازم برای تدوین و اجرای قوانین و اسناد، و راهکارها و راهبردهای اجرایی مدیریت و حفاظت خاک و آب را فراهم کنند. در عین حال، فعالیت و ارتباطات این سه بخش مهم، همواره می‌بایست بر مبنای و در راستای قوانین و سیاست‌های کلان کشوری باشد. در زمینه، حفاظت و مدیریت خاک، تمام این نیازها و روابط، قوانین و سیاست‌ها، می‌باید با محور قراردادن و مشارکت بهره‌برداران به‌عنوان یک حلقه مهم، شکل بگیرد. در این ساختار، گردش اطلاعات و دانش روان است، و روابط منطقی چندسویه با اعتماد همه‌جانبه شکل می‌گیرد.

تا حدودی زیاد بهبود یافته است، اما همچنان نگرانی اصلی بهره‌وری و کارایی پایین عملیات اجرایی است به‌گونه‌ای که با تمام تلاش‌هایی که برای حفظ منابع طبیعی، مبارزه با تخریب خاک و کنترل فرسایش صورت گرفته است، هدررفت خاک و زوال منابع طبیعی همچنان ادامه دارد.

حدود ۵۴ مجله مرتبط با آب و خاک وجود دارد که ۱۳ عنوان آن به طور ویژه مربوط به فرسایش و حفاظت خاک، و آبخیزداری است. در پنج دهه گذشته بیش از ۷۵ گردهمایی در زمینه حفاظت خاک، رسوب، گردوغبار، آبخیزداری و موضوعات مربوطه با ارائه بالغ بر ۸۰۰۰ مقاله برگزار شده است. چالش اصلی مقالات منتشر شده در مجلات و ارائه شده در کنفرانس‌ها، موردی و غیر کاربردی بودن و کیفیت پایین آنها است. کمیته‌های رسمی و مشورتی، و همچنین قوانین و اسناد مناسبی در زمینه حفاظت خاک و آب وجود دارد. اما اثرگذاری آنها شاید به دلیل فقدان ضمانت اجرایی، چندان روشن نیست و در برخی قوانین نیز نقاط ضعف مهمی وجود دارد.



شکل ۲- ساختار حکیمانه (آرمانی) حفاظت و مدیریت خاک و سرزمین (الف)، و ساختار حاکم فعلی (ب)

اشتغال و مهار تورم به منابع خاک و آب وارد می‌شود؛ سودجویی، منفعت‌طلبی گروهی و بخشی‌نگری؛ مسئولیت‌ناپذیری؛ بی‌عدالتی یا احساس بی‌عدالتی اشاره کرد. در واقع شرایط فوق در کنار دیدگاه کوتاه‌نگرانه مدیریتی موجب شده است تا فشارهای ناشی از افزایش جمعیت و تقاضا، و مبحث اشتغال مبتنی بر توسعه تولید رانتهی بر برنامه‌های حفاظت و احیای طبیعت غلبه پیدا کند. در ساختار حکمران چند دهه گذشته، نه تنها از انسجام بین سازمانی و درون‌سازمانی و به تبع آن مشارکت بهره‌برداران در تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری خبری نبوده است، بلکه ویژگی‌ها و

آنچه متأسفانه و در عمل در طی دهه‌های گذشته رخ داده (وضعیت حکمران جاری)، وضعیتی است که می‌توان آن را در قالب الگوی شکل ۲-ب بازنمایی کرد. در عمل به دلیل مجموعه‌ای از عوامل و شرایط که می‌توان آنها را عوامل بیرونی نامید، تمام مناسبات و تناسبات، روابط و کارکردها دچار اختلال شده‌اند. از جمله این عوامل و شرایط می‌توان به تصمیمات و علایق سیاسی (توسعه شتابان و بدون آمایش تحصیلات تکمیلی، تولید مقاله، برنامه خودکفایی و تولید برخی محصولات)؛ بیکاری، فقر و تورم (بخش از فشار ناشی از ناتوانی دولت‌ها در رونق تولید، ایجاد

ناپایداری و تخریب سرزمین، پایبندی به ساختار حکیمانه‌ای است که تلاش شده است در الگوی شکل ۲-الف ارائه شود. قطعاً این الگو می‌تواند مورد نقد قرار بگیرد و در یک فرایند اشکال‌های احتمالی آن مرتفع گردد.

سپاس‌گزاری

از آقایان دکتر عرب‌خدی، مهندس بهبودی، دکتر صادقی، دکتر نظری سامانی، دکتر خالدی درویشان، خانم دکتر حزباوی و مهندس آویژگان به جهت همکاری، راهنمایی و در اختیار گذاشتن اطلاعات، صمیمانه سپاس‌گزاری می‌شود.

شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی بهره‌برداران اثرگذاری چندانی نیز در ساختار و سازمان سه‌گانه آموزش، تحقیقات و اجرا و در نتیجه در تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری نداشته است. به بیان دیگر، در بسیاری از موارد سیاستگذاری (آموزشی، تحقیقاتی، اجرایی) به‌دور از بهره‌بردار و بدون لحاظ مختصات بهره‌بردار انجام می‌شود. در این شرایط، بهره‌بردار خود تبدیل به یک عامل بیرونی مخرب می‌شود. آموزش (دانشگاه‌ها)، همایش‌ها و انتشارات رشد‌های کمی و بی‌کیفیتی داشته‌اند. اغلب برنامه‌ها و سیاست‌های اجرایی تقریباً بی‌توجه به سایر ارکان، مقطعی و ظاهراً معطوف به رفع مشکلات روزانه و بحران‌های جاری هستند. براین‌اساس، به نظر می‌رسد راه برون‌رفت از وضعیت فعلی

REFERENCES

- Ahmadi, H. (1992). Calculation of the threshold of wind erosion and its use to implement windbreak. The Abstract of Seminar on the Problems on Iranian Deserts and Kavirs, May 1992, University of Tehran, Yazd, Iran.
- Alidoust, E., Asadi, H., Pirvali, N., Moussavi, A., and Blouri, L. (2013). Use of multiparameter fingerprinting techniques for tracing sediment sources (case study: west of Guilan). *Iranian Journal of Water and Soil Research*, 43(4): 289-295.
- Amirpour-Gorani, P., Asouadar, M.A., Kazemi, N., Shafeinia, A., and Morvaridi, N. (2008). Evaluation of soil loss due to potato and sugar beet harvest in the province Khuzestan by field method. Proceedings of the 5th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, August 27, 2008, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- Arabkhedri, M. (2005). A study on the suspended sediment yield in river basins of Iran. *Iran-Water Resources Research*, 1(2), 51-60.
- Arabkhedri, M. (2014). A review on the Water erosion and sediment yield rate in Iran. *Extension and Development of Watershed Management* 2(4), 23-30.
- Arabkhedri, M. (2021). Water erosion and sediment production status in Iran: Statistical and comparative analyses. *Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 6(2), 139-156.
- Arabkhedri, M., and Noor, H. (2021). Experimental Erosion and Sediment Research (at Sanganeh Soil Conservation Research Site): Research, Education and Extension Opportunities. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ministry of Agriculture-Jahad, 336 pp.
- Arabkhedri, M., Shadfar, S. and Sokuti-Oskoei, R. (2016). Verification of soil water erosion data and estimation of its tolerable values in the country. Project Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.
- Asadi, H., Honarmand, M., Vazifedoust, M., and Mousavi, A. (2017). Assessment of Changes in Soil Erosion Risk Using RUSLE in Navrood Watershed. *Iranian Journal of Agricultural Science and Technology*, 19: 231-244.
- Azimzadeh, H.R., and Tahmasebi-Birkani, A.M. (2022). Quantitative estimation of wind erosion in non-agricultural and agricultural lands of Iran. In: Gorji, M., Besharati, H., Asadi, H. (eds.) *Challenges of Soil Resources in Iran: Management and Strategies*, Chapter 7, In press.
- Bahrami, T. (1951). *The History of Agriculture in Iran*. The University of Tehran Press, 227 pp.
- Bakhtar, B. (1973). Soil and water conservation practices. The First Conference on the Problems of Soil Conservation and Watershed Management, August 25-31, 1973, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj (The Conference Book Published on August 1975)..
- Borrelli, P., Robinson, D.A., Fleischer, L.R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Meusburger, K. et al. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications* 8, 2013. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>.
- Ekhtesasi, M.R., and Jahanbakhshi, F. (2016). Models and tools for estimating and measuring wind erosion and dust storms. Yazd University Press, 240 pp.
- Esfandiarpour-Borujeni, I., Mosleh, Z., and Javaheri, F. (2018). Iranian Soil Science Congress: History (1972–2017) and selected highlights. *Geoderma* 332, 29–36.
- FAO, (1971). Report to the Government of Iran on Sand Dune stabilization (based on the C.P. Bhimmaya, FAO forestry expert in Iran). UNDP, No. 2959, Rome, 32 p.
- FAO. (2019). Soil Erosion: the greatest challenge to sustainable soil management. Rome, 100 pp.
- Faraji, M., Amirian-Chakan, A., Jafarizadeh, M., and Mohammadian-Behbahani, A. (2017). Soil and nutrient losses due to root crops harvesting: a case



- study from southwestern Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(11), 1523-1534.
- Gibbs, G.K. (1954). Report to the Government of Iraq on Soil Conservation. Report No. 242. Rome, FAO.
- Hazbavi, Z., and Kalehhouei M. (2020). Watershed Management Sciences and Engineering Conference in Iran: History and Highlights. *Ecopersia*, 8(4), 231-245.
- Ideh Pardazan Tosseh Consulting Company (2013). Detailed-executive survey and control of gullies in Kajo and Gargro watersheds of Chabahar, Volume 11: Completion and synthesis. Department of Natural Resources and Watershed Management of Sistan and Baluchestan Province, Deputy Watershed Management, Forests, Rangelands and Watershed Management Organization, Ministry of Agriculture-Jahad.
- Imami, N., Ghaioomeyan, J., Charkhabi, A.M., Raeisian, R. (2006). Investigating the causes of Afsarabad landslide in order to suggest suitable stabilization measures. Project Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.
- Islamic Republic of Iran Plan and Budget Organization (2019). Technical Instructions for Evaluating Performance of Soil stabilizers (mulch). No. 783, Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs, Department of Technical & Executive affairs, Consultants and Contractors.
- Jalalian, A., Ghahsareh, A.M., and Karimzadeh, H.R. (1994). Soil erosion and sediment yield, and the effecting factors in the country watersheds, and case results for some watersheds in Iran. 4th Soil Science Congress of Iran, 29-31 August 1994, Isfahan University of Technology, Isfahan.
- Kardan, R., Ghobadi, M., and Mirsanei, R. (2007). The landslides of Iran based on aerial photographs. Fifth Iranian Engineering Geology Conference, Tarbiat Moalem University, Tehran.
- Li, L., Du, S., Wu, L., and Liu, G. (2009). An overview of soil loss tolerance. *Catena*, 78(2), 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.03.007>
- Mohammadi, Sh., Balouei, F., Haji, Kh., Khaledi-Darvishan, A., and Karydas, C.G., (2021). Country-scale spatio-temporal monitoring of soil erosion in Iran using the G2 model. *International Journal of Digital Earth*, 14:8, 1019-1039, DOI: 10.1080/17538947.2021.1919230.
- Mohammadkhan, S. (2017). Status and trends of dust storms in Iran from 1364 to 1384. *Journal of Range and Watershed Management*, 70(2), 495-514.
- Morgan, R.C.P. (2005). *Soil Erosion and Conservation*. Third Edition, Blackwell Publisher, Oxford, London.
- Nakhjavani, F. (1968). Investigation of wind erosion control in Al-Baji, Ahvaz. *University of Tehran Journal of Forestry*, No. 9.
- Nakhjavani, F., and Ahamdi, H. (1971). Wind erosion control. *University of Tehran Journal of Forestry Faculty*, 23, 68-103.
- Nazari-Samani, A.A. (2001). Assessment of watershed management projects in Zayandeh-Rod basin (B2 sub-catchment). M.Sc. Thesis in Watershed Management, University of Tehran.
- Nearing, M. A., Xie, Y., Liu, B., and Ye, Y. (2017). Natural and anthropogenic rates of soil erosion. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(2), 77-84.
- Nikkami, D., Shadfar, S. (2021). Soil erosion mapping in sediment gauged watersheds of Iran. *Watershed Engineering and Management*, 13(2), 479-496.
- Niknam, F. (1973). Report on actions of the Office of Soil Conservation and Watershed Management. The First Conference on the Problems of Soil Conservation and Watershed Management, August 25-31, 1973, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj (The Conferens Book Published on August 1975).
- Nosrati, K., Rostami, M., and Amini, M. (2019). Estimation of soil loss due to potato harvesting in Ghorveh-Dehgolan plain, Kurdistan Province. *Applied Soil Research*, 7(1), 177-186.
- Parvizi, Y., and Arabkhedri, M. (2021). The monitoring of soil erosion in the country: Introducing of the potential of the Representative and Paired watersheds. 17th Iranian Soil Science Congress & 4th National Conference on Farm Water Management, October 18-20, 2021, Tehran.
- Pashaei, A. (1976). Investigation of the dynamics of sand dunes and their biological stabilization in Khuzestan. Ahvaz Jundishapur University, Journal No. 18.72, 35 p.
- Rafahi, H. (2017). *Water Erosion and Conservation*. University of Tehran Press, 672 p.
- Rafahi, H. (2012). *Wind Erosion and Conservation*. University of Tehran Press, 320 p.
- Ravasani, S. (2021). Study of soil and nutrients losses due to potato harvest erosion (case study: Karaj markets). Master of Science Thesis, Soil Science Department, University of Tehran.
- Rouhipour, H. (1994). Determining the critical height of sand dunes based on humidity fluctuations in different seasons of the year. Forests and Renglands Research Institute.
- Seyed-Olama, S.N., Asadi, H., and Zavareh, M. (2016). Effect of tillage erosion on soil displacement and productivity (Case study: Tutkabon, Guilan). *Iranian Journal of Water and Soil Research*, 46(4): 769-780.
- Shahoei, S. (1989). Assessment the effective factors of soil erosion by water in Kuhin Soil Conservation Station and applying the results for preparing soil erosion map of upper chachment of Mulla-rud. Master of Science Thesis, Soil Science Department, University of Tehran.
- Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, (2007). The study of waterhseds landscapes. Research Final Report, Forests, Range and Watershed Management Organization.
- Soufi, M. 2017. Morphoclimatic classification of gullies in different climates of I.R. Iran (phase 1).

- Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 92 pages.
- Soufi, M., Bayat, R., and Partovi, A. (2022). Methods of gully control and reclamation in different provinces of Iran. *Watershed Engineering and Management*, 14(1), 1-16.
- Soufi, M., Bayat, R., and Charkhabi, A.H. (2020). Gully erosion in IR Iran: characteristics, processes, causes, and land use. In: *Gully erosion studies from India and surrounding regions*. Cham: Springer; p. 357–368.
- Sparwasser, W.A., and Day, T.H. (1954). Report to the Government of Iran on soil conservation and land classification. FAO Report No. 553. 318 pp.
- The National Center for Combating Sand and Dust Storm (2020a). Research Management Report: The identification of internal sources of wind erosion, sand and dusts storms. Department of Environment Deputy of Islamic Republic of Iran.
- The National Center for Combating Sand and Dust Storm (2020b). Research Management Report: Estimation of economic damage caused by dust storms to biological and economic. Department of Environment Deputy of Islamic Republic of Iran.
- Verheijen, F.G.A., Jones, R.J.A., Rickson, R.J., and Smith, C.J., (2009). Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth Science Review*, 94, 23–38.
- Yamani, M., Goorabi A., and Azimirad S. 2012. Large Saymarreh landslide and lake terraces sequence. *Physical Geography Research*, 44(4), 43-60.
- Wang, G., Mang, S., Cai, H., Liu, S., Zhang, Z., Wang, L., and Innes, J.L. (2016). Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. *Journal of Forestry Research*, 27, 967–994.
<https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3>