



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



نگاهی به حکمرانی، مدیریت جامع نگر و قوانین حفاظت از خاک: تجربیات جهانی و جهت گیری های آینده ایران

محمد برزعلی^{۱*}، فاطمه دینکو^۲، زهرا آباریکی^۳، سید قاسم حسینی^۴ و علی خاندوزی^۵

- ۱- استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران؛ * (barzali@hotmail.com)
- ۲، ۳- کارشناس ارشد، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
- ۵- دانش آموخته مهندسی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان.

چکیده

در دهه های اخیر، کیفیت و سلامت خاک به دلیل تخریب فزاینده خاک ناشی از فرسایش، آلودگی، و بهره برداری ناپایدار، به یکی از تهدیدات بنیادین برای امنیت غذایی، تنوع زیستی و پایداری زیست محیطی بدل شده است. این مقاله با رویکرد توصیفی-تحلیلی به بررسی و مقایسه نظام های حکمرانی و مدیریت هوشمند، جامع نگر و پایدار خاک در تعدادی از کشورهای منتخب و ایران پرداخته است. ضمن مرور دستورالعمل پیشنهادی اتحادیه اروپا برای پایش و تاب آوری خاک و قوانین نمونه در کشورهای مختلف، قانون حفاظت از خاک جمهوری اسلامی ایران نیز مورد واکاوی، نقد و آسیب شناسی قرار گرفته است. یافته ها نشان می دهد که حکمرانی مؤثر بر خاک مستلزم تقویت چارچوب های حقوقی، مشارکت ذی نفعان، دسترسی به داده های جامع، هماهنگی بین نهادی، توجه به عوامل اجتماعی-اقتصادی و بهره گیری از فناوری های نوین است. در ایران، چالش هایی چون ضعف ضمانت اجرای قوانین، فقدان داده محور بودن و مشارکت ناکافی، کارآمدی حکمرانی خاک را محدود ساخته اند. در نهایت پیشنهاد می شود با اصلاح قانون و انسجام بین قوانین، تدوین سند ملی حکمرانی خاک، بهره مندی از فناوری های نوین، مشارکت فعال ذی نفعان و ارتقای پیوند با نهادها و استانداردهای بین المللی، زیرساخت ها و ارتقاء حکمرانی و مدیریت جامع نگر، هوشمند و پایدار خاک در کشور تقویت گردد.

واژگان کلیدی: حکمرانی و مدیریت جامع نگر خاک، دستورالعمل نظارت خاک اتحادیه اروپا، تداخل علم-قانون، قانون حفاظت از خاک

مقدمه

از زمان شکل گیری جوامع کشاورزی، دستیابی به خاک سالم و حاصلخیز که بتواند غذای کافی تولید کند، همواره یکی از چالش های اساسی تمدن های بشری بوده است. در دهه های اخیر، روند کاهش کیفیت و سلامت خاک در سراسر جهان به سرعت شدت گرفته است. به طوری که خاک ها به طور فزاینده ای در معرض تهدیداتی همچون فرسایش، نبود اقدامات حفاظتی کافی و آلودگی گسترده قرار دارند. کارشناسان و سازمان های بین المللی هشدار داده اند که تخریب خاک، خطری جدی برای بقای تنوع زیستی، امنیت غذایی، کیفیت آب و تعادل بخشی اقلیمی محسوب می شود. از سوی دیگر، توسعه سریع شهری و صنعتی بدون توجه به کیفیت خاک، پراکندگی سیاست ها و نبود هماهنگی بین نهادی، ضعف در پایش وضعیت خاک در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، همچنین فشار بازار و جهانی شدن کشاورزی که منجر به بهره برداری بیش از حد از خاک می شود، این تهدیدات را تشدید کرده است. در حال حاضر، حدود ۳۳ درصد از کل خاک های جهان به میزان متوسط تا شدید

دچار تخریب شده‌اند و فرسایش خاک، عامل اصلی این وضعیت است. تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۷۰، نرخ فرسایش جهانی خاک تحت سناریوهای مختلف اقلیمی و اقتصادی بین ۳۰ تا ۶۶ درصد افزایش یابد. این افزایش عمدتاً ناشی از عواملی مانند آب، باد، کشاورزی فشرده، تخریب جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی است (ESDAC, 2025). به‌دنبال این روند، خسارتی تا سقف ۶۲۵ میلیارد دلار به اقتصاد جهانی وارد خواهد شد و امنیت غذایی مناطق آسیب‌پذیر، به‌ویژه در آفریقا و مناطق گرمسیری، به شدت به خطر می‌افتد (Sartori et al., 2024). در شرایط کنونی، حفاظت از خاک به یک مسئله راهبردی در سطح ملی و جهانی تبدیل شده است. نبود حکمرانی مؤثر بر منابع خاکی، بحران‌های اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی را تشدید می‌کند. در این میان، حکمرانی و مدیریت هوشمند، جامع‌نگر و پایدار خاک می‌تواند مسیر عبور از این بحران‌ها را هموار سازد و به حفظ خاک به عنوان سرمایه اصلی بشر در بقاء و توسعه کمک کند. حکمرانی خاک مجموعه‌ای است شامل سیاست‌ها، قوانین، نهادها و سازوکارهای مشارکتی که هدف آن استفاده پایدار از خاک و جلوگیری از تخریب آن است. از جمله عناصر کلیدی حکمرانی خاک می‌توان به شفافیت و پاسخ‌گویی نهادی، مشارکت ذینفعان (کشاورزان، دولت و نهادهای محلی)، نظام مالکیت و بهره‌برداری منصفانه و ابزارهای اقتصادی و حقوقی پایدار اشاره کرد. مدیریت هوشمند نیز رویکردی فناورانه و داده‌محور است که می‌تواند از طریق حکمرانی چندسطحی، در حفظ، ترمیم و استفاده پایدار از خاک نقش مؤثری ایفا کند. این نوع مدیریت با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا، سنسور از دور، هوش مصنوعی و پایگاه داده‌های خاک، امکان تصمیم‌گیری پایدار در خصوص کاربری و حفاظت خاک را فراهم می‌آورد. از طرفی اغلب سیستم‌های حقوقی موجود در جهان استفاده از خاک را به عنوان کالای مصرفی تسهیل یا حتی الزامی می‌کنند. این نگرش، بازتابی از ارزش‌های تاریخی است که عمدتاً بر بهره‌وری کوتاه‌مدت تأکید داشته‌اند. با این حال، نگاه علمی و اجتماعی روزافزون، خاک را یک منبع حیاتی و تجدیدناپذیر می‌داند که ارزش اکولوژیکی، فرهنگی و اقتصادی بلندمدتی دارد. یکی از چالش‌های اصلی برای حفاظت خاک، هم‌راستا ساختن چارچوب‌های حقوقی با نگرشی جامع و بلندمدت‌تر نسبت به ارزش خاک به عنوان منبعی چندمنظوره و تجدیدناپذیر است. این مهم نیازمند تقویت درک علمی در بخش‌های مرتبط و ارتقای سطح آگاهی عمومی نسبت به اهمیت خاک است. از جمله اقدامات مؤثر در این زمینه، توسعه پژوهش‌هایی برای شفاف‌سازی و کمی‌سازی نقش خاک سالم در ارائه خدمات اکوسیستمی، ارزیابی اقتصادی این خدمات و تدوین معیارهای قابل‌سنجش از جمله منابع مالی و مقرراتی مؤثر بر تلفیق سلامت خاک در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی و حقوقی می‌باشد. باید به این نکته توجه کرد که خاک‌ها علاوه بر نقش اقتصادی، دارای ارزش ذاتی، ثبت‌کننده میراث فرهنگی و به‌عنوان آرشيو تاریخی انسان و طبیعت، نیز هستند، که میزان اهمیت این نقش‌ها در جوامع متفاوت است (Alblas et al., 2025). در عین حال، موضوع مالکیت زمین و املاک اساس نظام‌های حقوقی مدرن را تشکیل می‌دهد و مرزهای قانونی معینی را میان مالکیت عمومی و خصوصی تعریف می‌کند. حال آنکه فرایندهای اکولوژیکی مانند جریان آب و حرکت گونه‌ها، فراتر از این مرزها عمل می‌کنند و خاک‌ها نیز در قالب چشم‌اندازهای پیوسته و مرتبط با هم کارکرد دارند (Van der Putten et al., 2023).

در این پژوهش، ضمن بررسی فعالیت‌های حکمرانی و مدیریت جامع‌نگر، هوشمند و پایدار خاک از منظر حقوقی در برخی کشورها، دستورالعمل پیشنهادی اتحادیه اروپا برای پیش و تاب‌آوری خاک به عنوان یکی از به‌روزترین مقررات خاکی به اختصار مرور می‌شود و با نگاهی به قانون حفاظت از خاک جمهوری اسلامی ایران، به آسیب‌شناسی این حوزه پرداخته شده و راهکارهایی در راستای افزایش اثربخشی قانون حفاظت از خاک کشور، با رویکرد مقایسه‌ای و تطبیقی ارائه می‌گردد.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق در این مطالعه توصیفی-تحلیلی است و شامل بررسی و تحلیل قوانین، مقررات و اسناد مرتبط با حکمرانی، مدیریت و حقوق خاک، پژوهش‌های تطبیقی و تحلیل رویه‌های موجود با بهره‌گیری از منابع معتبر علمی نظیر مقالات علمی پژوهشی جدید (با تأکید بر مطالعات منتشرشده در سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵)، معاهدات، کنوانسیون‌ها، گزارش‌های فنی و حقوقی سازمان‌ها و نهادهای جهانی، اسناد بین‌المللی و منطقه‌ای نظیر دستورالعمل اتحادیه اروپا برای نظارت و تاب‌آوری خاک^۱، دکتترین‌های حقوقی و همچنین بررسی حقوق ملی خاک در برخی کشورهای جهان و جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. همچنین

¹ EU Soil Monitoring Law (EU SML)

از روش تحلیل محتوا برای بررسی دقیق مفاهیم کلیدی همچون «عدالت زیست‌محیطی» و «تاب‌آوری خاک» در متون حقوقی استفاده شده است. به منظور بررسی کاستی‌ها و چالش‌های قانون حفاظت خاک ایران، از رهیافت آسیب‌شناسی حقوقی با توجه به تجربه‌های موفق جهانی بهره گرفته شده است.

نتایج و بحث

مروری بر حکمرانی، مدیریت و مقررات خاک در برخی کشورهای دنیا

برنامه‌ها و طرح‌های دولت برزیل در منطقه سرادو، که بخش عمده‌ای از آن دچار جنگل‌زدایی شده است، بر پایه پذیرش فناوری از طریق ارائه آموزش و کمک‌های فنی، پیاده‌سازی سیستم‌های یکپارچه کشاورزی-دام-جنگل و کشاورزی حفاظتی/بدون شخم، موجب کاهش فرسایش خاک شده‌اند. در انگلستان، سرمایه‌گذاری زیادی در یک برنامه ملی جدید پایش خاک انجام شده است که طیف گسترده‌ای از خواص شیمیایی، زیستی و فیزیکی خاک و مسائل مربوط به انواع کاربری‌های زمین را در بر می‌گیرد. در ولز، بودجه و الزام انجام آزمایش‌های خاک در قالب طرح «مزرعه پایدار» گنجانده شده است و میزان کربن و ماده آلی خاک به‌عنوان یکی از شاخص‌های ملی رفاه (از میان ۵۰ شاخص اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی) می‌باشد. طرح سلامت مواد مغذی خاک در ایرلند شمالی از جامع‌ترین طرح‌های نمونه‌برداری منطقه‌ای مواد مغذی خاک در جهان به شمار می‌رود. این طرح کشاورزان را قادر می‌سازد کاربری مواد مغذی را در خاک‌های خود بهینه کنند و مبنایی برای پایش ذخایر کربن مزرعه فراهم می‌آورد. در اسکاتلند، سلامت و حفاظت از خاک تحت پوشش مجموعه‌ای از قوانین، مقررات و سیاست‌گذاری‌های مختلف قرار دارد. در ایالات متحده آمریکا، در واکنش به طوفان‌های شن دهه ۱۹۳۰، یک شبکه جامع محلی متشکل از نزدیک به ۳۰۰۰ منطقه حفاظت از خاک ایجاد شد. امروزه مأموریت این مناطق به ترویج حفاظت از خاک، آب و سایر منابع طبیعی گسترش یافته و این مناطق به رهبری مقامات منتخب محلی، به مالکان خصوصی زمین در زمینه برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های حفاظت خاک کمک‌های فنی و مالی ارائه می‌دهند. از جمله کاهش شخم، افزایش پوشش گیاهی و بهبود مدیریت مصرف کودهای شیمیایی. در منطقه باسک اسپانیا، «استراتژی حفاظت از خاک باسک» تدوین شده که شامل چند حوزه عملیاتی نظیر پایش سلامت خاک، تدوین سیاست‌های حفاظت از سلامت خاک و افزایش آگاهی و آموزش درباره شیوه‌های مدیریت پایدار خاک است. در ناحیه کاتالونیا، قانون اراضی کشاورزی از خاک‌هایی که برای تولید غذایی اهمیت دارند، محافظت می‌کند. به عنوان نمونه، احداث مزارع خورشیدی روی خاک‌هایی که در کلاس قابلیت کشاورزی I یا II فهرست شده‌اند، مجاز نیست. در فرانسه، یک شبکه علمی و فنی پیرامون خاک شکل گرفته که سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان را از دانشگاه‌ها، شرکت‌ها، سازمان‌های کشاورزی و سایر مراکز مرتبط گرد هم می‌آورد تا هدایت سیاست‌های عمومی و پاسخگویی به نگرانی‌های مربوط به مدیریت خاک را تقویت کند. این شبکه توسط یازده سازمان که نماینده بهره‌برداران و وزارتخانه‌های کلیدی تحقیق، توسعه و نوآوری در حوزه خاک هستند، پشتیبانی می‌شود. تلاش‌های محلی در اسکاتلند با هدف ترویج حفاظت از خاک برای تامین نیازهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دنبال می‌شود. منشور خاک اسکاتلند، خاک را به عنوان یک منبع تجدیدناپذیر به رسمیت شناخته و هدف آن حفاظت و تقویت عملکردهای خاک است. در سال ۲۰۲۲، چین قانونی برای حفاظت، بازسازی و ترویج تولید کشاورزی پایدار، به‌ویژه برای خاک‌هایی با میزان ماده آلی بالا که در چهار منطقه جغرافیایی اصلی کشور واقع شده‌اند، وضع کرد. این قانون به شهرک‌ها و مناطق محلی این امکان را می‌دهد تا در سازماندهی و اجرای برنامه‌های حفاظتی خاک نقش ایفا کنند (Smith et al., 2024).

به طور کلی، بررسی اقدامات کشورهای مختلف نشان می‌دهد که موفقیت، عمدتاً در مناطقی حاصل شده است که دارای پایگاه‌های داده قوی و شبکه‌های منسجم پایش محیط‌زیستی و اطلاعات خاک هستند و دولت امکان تامین پروتکل‌های کافی پایش، گزارش‌دهی و ارزیابی را دارد. در این راستا، وجود اطلاعات دقیق درباره خاک برای توسعه برنامه‌های حکمرانی و مدیریت هوشمند و جامع‌نگر خاک، به‌ویژه برای مقابله با تهدیداتی نظیر تغییرات اقلیمی، کاملاً ضروری است.

دستورالعمل پیشنهادی اتحادیه اروپا برای پایش و ارتقای تاب‌آوری خاک

تخمین زده می‌شود که ۶۰ تا ۷۰ درصد خاک‌های کشورهای عضو اتحادیه اروپا به دلیل آلودگی، فرسایش، تصرف زمین و تراکم، وضعیت ناسالمی دارند (Panagos et al., 2024). برای حفاظت موثر و بازگرداندن سلامت خاک، نیاز جدی به تبیین راهکارهای جدید برای پیوند میان نظام حقوقی و دنیای خاک احساس می‌شود. در سال‌های اخیر، یکی از مهم‌ترین اقدام‌ها در این راستا،

تدوین دستورالعمل پیشنهادی اتحادیه اروپا برای پیش و تاب‌آوری خاک است. دستورالعملی که با تکیه بر مشارکت مجموعه‌ای گسترده از علوم، می‌کوشد چالش‌های موجود برای افزایش حمایت قانونی از خاک را رفع نماید (Alblas et al., 2025). توافق‌نامه سبز اروپا^۲ چارچوب راهبردی اصلی اتحادیه است که هدف‌گذاری کرده با به صفر رساندن انتشار خالص کربن تا سال ۲۰۵۰، اروپا را به نخستین قاره سبز تبدیل کند. این برنامه که دسامبر ۲۰۱۹ توسط کمیسیون اروپا ارائه شد، زیربنای سیاست‌هایی چون استراتژی خاک اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۳۰، قانون پیش سلامت خاک و استراتژی مقابله با بیابان‌زایی را فراهم کرده است. پیشنهاد کمیسیون اتحادیه اروپا برای دستورالعمل پیش و تاب‌آوری خاک که در سال ۲۰۲۳ تدوین شد، دستیابی به خاک‌های سالم تا سال ۲۰۵۰ را در سراسر اروپا هدف‌گذاری می‌کند. بنا بر این دستورالعمل، «سلامت خاک» به معنای وضعیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک است که ظرفیت آن را برای ایفای نقش به عنوان یک سامانه زنده و تولید خدمات اکوسیستمی تعیین می‌کند (دستورالعمل، مقدمه بند ۲۳؛ ماده ۳(۴)). در دهم ماه آوریل سال ۲۰۲۵، پارلمان و شورای اتحادیه اروپا در جریان مذاکرات سه‌جانبه به توافق موقتی دست یافتند که بر اساس آن کشورهای عضو، تا سه سال پس از انتشار رسمی این دستورالعمل فرصت خواهند داشت آن را در قوانین ملی خود اعمال کنند. بررسی جامع این دستورالعمل نشان می‌دهد که بر سه رکن اصلی استوار است:

- ۱- پیش خاک: ایجاد و هماهنگ‌سازی سیستم‌های پیش سلامت خاک در کشورهای عضو به همراه تعیین مجموعه‌ای حداقلی از شاخص‌های قابل اندازه‌گیری و مشترک سلامت خاک بر پایه جدیدترین دانش علمی (دستورالعمل، مقدمه بند ۲۶).
- ۲- مدیریت پایدار خاک: تعریف و اجرای شیوه‌های مدیریت پایدار خاک براساس اصول کلی دستورالعمل توسط کشورهای عضو و اعمال تدریجی آن در خاک‌های تحت مدیریت.
- ۳- آلودگی خاک: اتخاذ رویکردی مبتنی بر ریسک و مرحله‌ای برای مدیریت اماکن آلوده. کشورهای عضو باید مناطق آلوده را شناسایی، بررسی و احیا کنند تا خطرات برای سلامت انسان و محیط زیست را به «سطوح قابل قبول» کاهش دهند (دستورالعمل، ماده ۱۲).

در حالی که حمایت قانونی از خاک اصولاً مورد اجماع قرار گرفته است، همچنان پرسش‌ها و چالش‌های مهمی درباره بهترین رویکرد حقوقی برای مقابله با پیچیدگی‌های عملکرد و آلودگی خاک مطرح است (Wadoux et al., 2024). بررسی‌ها نشان می‌دهد این دستورالعمل با تعیین معیارهای عمومی در سطح اتحادیه، تا حدی به تشریح ویژگی‌های خاک سالم پرداخته است. به عنوان نمونه، در موضوع شوری خاک، معیار هدایت الکتریکی کمتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر به عنوان شاخص سلامت تعیین شده و کشورهای عضو باید هنگام پیش خاک از این معیارها استفاده کنند (دستورالعمل، ماده ۷). از دشواری‌های تدوین این دستورالعمل، وجود عدم قطعیت‌های متعدد پیرامون عملکرد، تهدیدات و مدیریت خاک است. اصل قطعیت حقوقی اقتضا می‌کند که قوانین شفاف، دقیق، قابل پیش‌بینی و پایدار باشند. اما ریسک آلاینده‌های نوظهوری چون مواد پرفلئوروآلکیل^۳ (PFAS) که به «مواد شیمیایی دائمی» معروفاند (Wang et al., 2023)، همچنان در دستورالعمل لحاظ نشده است و امکان دارد متابولیت‌های فعال این مواد در خاک اثرات متقابل داشته باشند و سلامت غذا و محیط زیست را تهدید کنند. افزون بر این، سرنوشت آلاینده‌ها در خاک شامل تجزیه، حرکت و جذب توسط محصولات کشاورزی به خواص شیمیایی و فیزیکی خاک و عوامل متعدد دیگر بستگی دارد. برای نمونه، مدت‌زمان تجزیه ۵۰ درصدی داروی تایلوژین (DT50) در خاک شنی فقط سه روز اما در خاک غنی از مواد آلی بیش از یک سال است (Rietra et al., 2023). در دستورالعمل پیشنهادی اتحادیه اروپا، تنها به ریسک غیرقابل‌قبول برای سلامت انسان و محیط زیست بر اثر اماکن آلوده پرداخته شده (دستورالعمل، ماده ۱۰، بند b۱) و اشاره مستقیمی به سایر شیوه‌های مخرب مدیریت خاک یا فعالیت‌های انسانی نشده است. البته اتحادیه اروپا قصد دارد بر پیش PFAS و دیگر آلاینده‌ها نظیر آفت‌کش‌ها و داروهای دامپزشکی در خاک نظارت جدی‌تری اعمال کند، هرچند جزئیات نحوه نظارت هنوز منتشر نشده است (European Parliament, 2025). طبق ماده ۲۴ این دستورالعمل، هر هفت و نیم سال باید با توجه به آخرین یافته‌های علمی بازنگری شود.

² European Green Deal

³ Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)

موضوع مالکیت اراضی نیز تا حدودی با تعیین «ناحیه‌های خاک» مدنظر قرار گرفته است. بر این مبنا، ناحیه‌های خاک بخش‌هایی از قلمرو هر کشور عضو هستند که برای ارزیابی و مدیریت سلامت خاک مشخص می‌شوند. هدف از تعیین این نواحی، ایجاد واحدهای جغرافیایی یکنواخت با ویژگی‌های مشابه خاک، اقلیم و کاربری یا پوشش زمین است. کشورهای عضو موظفاند این نواحی را تعیین و برای هر یک مرجع صلاحیت‌دار مستقلی منصوب کنند تا پایش و گزارش‌دهی سلامت خاک آن منطقه را مدیریت کند (دستورالعمل، ماده ۴ (۱-۲)؛ مقدمه، بند ۲۴ a). در بُعد اجتماعی، شوراها، شهروندی یا مجامع مشورتی متشکل از ذی‌نفعان مختلف همچون کشاورزان، مالکان زمین و متخصصان علوم خاک، محیط زیست و برنامه‌ریزی می‌توانند پیرامون داده‌های مکانی مشورت کنند و حقوق مالکیت محلی را با منافع عمومی گسترده‌تر متعادل سازند. این مشورت‌ها می‌تواند منجر به پرداخت‌های منطقه‌ای برای خدمات اکوسیستمی، توافقات بین‌منطقه‌ای یا تدوین استراتژی‌های منطقه‌بندی شود تا ضمن تشویق شیوه‌های پایدار، اقدامات آسیب‌زا کاهش یابد (Séré et al., 2024).

در مجموع، هدف اصلی این دستورالعمل، خنثی کردن بخشی از آسیب‌هایی است که سیستم کشاورزی صنعتی به خاک و اکوسیستم وارد ساخته است. از دیگر اهداف می‌توان به کاهش گرمایش زمین از رهگذر احیای خاک، مقابله با تغییرات اقلیمی، احیای طبیعت، محدودسازی استفاده از آفت‌کش‌ها، پایش مصرف کود و جلوگیری از فرسایش خاک اشاره کرد.

قانون حفاظت از خاک جمهوری اسلامی ایران

قانون حفاظت از خاک مصوب سال ۱۳۹۸ که با هدف بهبود، حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع خاکی کشور به تصویب رسیده است، با چالش‌هایی در حوزه حکمرانی، مدیریت جامع‌نگر، هوشمند و ابعاد حقوقی روبه‌روست. از جمله این چالش‌ها می‌توان به ضعف در ضمانت اجرایی، نبود شفافیت حقوقی، ابهام در ابعاد جزایی قانون، فقدان داده‌های دقیق و جامع در زمینه فرسایش خاک و همچنین کم‌توجهی به مشارکت تشکلهای بخش کشاورزی و کاربران محلی اشاره کرد. علاوه بر این، مغایرت با برخی اسناد بالادستی، نبود رویکرد آینده‌نگرانه نسبت به پیامدهای تغییرات اقلیمی، عدم بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند سنسورهای هوشمند خاک، تحلیل داده‌های بزرگ، سنجش از دور و پایش ماهواره‌ای، فقدان معماری داده و ناهماهنگی بین‌نهادی، از دیگر کاستی‌های این قانون است. همچنین، در قانون حاضر نه‌تنها جایگاه مشخصی برای هوش مصنوعی و ابزارهای تصمیم‌یار فناورانه پیش‌بینی نشده، بلکه سیاست‌های تشویقی برای ترغیب کشاورزان به استفاده از این فناوری‌ها نیز مغفول مانده است. رویکرد غالب دولتی و متمرکز، مشارکت‌پذیری پایین سطوح محلی، نبود پیش‌بینی‌های دقیق برای ارزیابی عملکرد دستگاه‌های اجرایی و فقدان سازوکارهای هشدار پیش‌هنگام نیز بر ناکارآمدی قانون دامن زده است. در مجموع، در مقایسه با تجارب بین‌المللی و دستورالعمل‌های به‌روزی همچون دستورالعمل تاب‌آوری خاک اتحادیه اروپا، قانون حفاظت از خاک ایران نیازمند بازنگری و اصلاحات ساختاری است.

نتیجه‌گیری

حکمرانی و مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک، حوزه‌ای در حال تحول در سطح جهانی است که با افزایش آگاهی نسبت به نقش حیاتی خاک در توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست، اهمیت روزافزونی یافته است. در حالی که بسیاری از کشورها چارچوب‌هایی برای تنظیم مقررات خاک ارائه داده‌اند، تدوین قوانین اختصاصی و هدفمند همچون دستورالعمل نظارت بر خاک اتحادیه اروپا و تمرکز بر اجرای مؤثر آن‌ها، گام‌هایی اساسی در جهت دستیابی به مدیریت پایدار خاک به‌شمار می‌آیند. در ایران نیز، همسوسازی ابزارهای قانونی با واقعیت‌های اکولوژیکی، ویژگی‌های چندمقیاسی خاک و مشارکت مؤثر ذی‌نفعان متنوع در فرآیند تصمیم‌گیری، می‌تواند به حفاظت بهتر از این منبع حیاتی کمک کند. در این راستا، اقداماتی همچون تدوین سند ملی حکمرانی خاک مبتنی بر فناوری‌های نوین با مشارکت نهادهای اجرایی، دانشگاه‌ها و جوامع محلی، اصلاح قانون حفاظت از خاک با رویکرد «حقوق‌محور» به‌جای صرفاً «محیط‌زیست‌محور»، ایجاد پایگاه ملی داده‌های خاک و هم‌راستایی با استانداردهای بین‌المللی نظیر نقشه خاک سازمان خواروبار و کشاورزی^۴، و تقویت حضور در نهادهای بین‌المللی مانند شراکت جهانی خاک^۵ و کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی^۶، ضروری است. همچنین، اجرای اثربخش قانون حفاظت از خاک با تقویت ضمانت‌های اجرایی،

⁴ FAO Soil Map

⁵ Global Soil Partnership (GSP)

⁶ United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)

آموزش قضات و مدیران محلی، و گنجانیدن مفاهیم عدالت زیست‌محیطی و بین‌نسلی در ساختار حکمرانی خاک، از جمله الزامات کلیدی برای تحقق حکمرانی پایدار و هوشمند در این حوزه به‌شمار می‌آید.

فهرست منابع

1. Alblas, E., Edlinger, A., Tempels, B. (2025). Bridging law and soil science to promote soil health. *European Journal of Soil Science*, 76(4), 1-7.
2. European Parliament. (2025). Soil monitoring: Deal with council on new EU law with better support for farmers. Available on: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20250407IPR27692/>.
3. European Soil Data Centre (ESDAC). (2025). Global soil erosion - Future projections. European Commission, available on: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/global-soil-erosion-future-projections>.
4. Panagos, P., Broothaerts, N., Ballabio, C. (2024). How the EU soil observatory is providing solid science for healthy soils. *European Journal of Soil Science*, 75(3), e13507. <https://doi.org/10.1111/ejss.13507>.
5. Rietra, R., Berendsen, B., Mi-Gegotek, Y., Römken, P., Pustjens, A. (2023). Prediction of the mobility and persistence of eight antibiotics based on soil characteristics. *Heliyon*, 10(1), e23718. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23718>.
6. Sartori, M., Ferrari, E., M'barek, R., Philippidis, G., Sartori, M., Borrelli, P., Montanarella, L., Panagos, P. (2024). Remaining loyal to our soil: A prospective integrated assessment of soil erosion on global food security. *Ecological Economics*, 219, 108103. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.108103>.
7. Séré, G., Lothode, M., Blanchart, A., Chirol, C., Tribotte, A., Schwartz, C. (2024). Destisol: A decision-support tool to assess the ecosystem services provided by urban soils for better urban planning. *European Journal of Soil Science*, 75, e13557. <https://doi.org/10.1111/ejss.13557>.
8. Smith, P., Poch, R. M., Hallett, P. (2024). Status of the world's soils. *Annual Review of Environment and Resources*, 49, 73-104.
9. Van der Putten, W. H., Bardgett, R. D., Farfan, M., Montanarella, L., Six, L., Wall, D. H. (2023). Soil biodiversity needs policy without borders. *Science*, 379, 32-34.
10. Wadoux, A. M., Courteille, J. C., Arrouays, L. D. (2024). On soil districts. *Geoderma*, 452, 117065. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.117065>.
11. Wang, Y., Munir, U., Huang, Q. (2023). Occurrence of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in soil: Sources, fate, and remediation. *Soil & Environmental Health*, 1(1), 100004. <https://doi.org/10.1016/j.seh.2023.100004>.

چکیده انگلیسی

A look at governance, holistic management, and soil conservation laws: Global experiences and future directions for I. R. Iran

Mohammad Barzali ^{1*}, Fatemeh Dinkou ², Zahra Ab Bariki ³, Seyyed Ghasem Hosseini ⁴ and Ali Khandozi ⁵

1- Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran (barzali@hotmail.com)

2, 3 & 4- Senior experts, Seed and Plant Certification and Registration Institute, AREEO, Karaj, Iran

5- Graduate of Agricultural Engineering, Islamic Azad University, Gorgan Branch.

Abstract

In recent decades, soil quality and health have become one of the fundamental threats to food security, biodiversity, and environmental sustainability due to increasing soil degradation caused by erosion, pollution, and unsustainable exploitation. This article, using a descriptive-analytical approach, examines and compares smart, holistic, and sustainable soil governance and management systems in a number of selected countries and I.R. Iran. While reviewing the proposed EU directive for soil monitoring and resilience and model laws in different countries, the Soil Protection Law of the Islamic Republic of Iran has also been analyzed, criticized, and pathologically analyzed. The findings show that effective soil governance requires strengthening legal frameworks, stakeholder participation, access to comprehensive data, inter-institutional coordination, attention to socio-economic factors, and the use of new technologies. In I.R. Iran, challenges such as weak enforcement of laws, lack of data-drivenness, and insufficient participation have limited the effectiveness of soil governance. Finally, it is suggested that by amending the law and harmonizing laws, developing a national soil governance document, utilizing new technologies, actively participating in stakeholders, and promoting links with international institutions and standards, infrastructure and promoting comprehensive, smart, and sustainable soil governance and management in the country be strengthened.

Keywords: Holistic soil governance and management, European Union soil monitoring law, Science-law interference, Soil conservation law.