Archive of SID

ارزیابی اراضی، ضرورت دستیابی به توسعه پایدار

نورایر تومانیان[۱] و علی زین الدینی میمند

دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.**norairtoomanian@gmail.com**

استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.**ali_zeinadin@yahoo.com**

چکیده

با ارائه مفاهیم و مؤلفه‌های پایداری زیست‌بوم طبیعی، پتانسیل زیست‌بوم خاک برای دستیابی به پایداری طبیعت، سعی شده نقش علم ارزیابی در رسیدن به این اهداف تعریف شود. در این مقاله با تشریح مفاهیم و اجزاء پایداری زیست‌بوم، کارکرد زیست‌بومی خاک و ارائه مسیر راه برای حصول به پایداری محیط‌زیست در تبیین جایگاه و نقش ارزیابی اراضی در این مسیر تشریح شود. اگرچه علم ارزیابی پایه و اساس فرآیندهای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری است، اما هنوز به‌درستی و روشمند در جهت بهینه‌سازی مدیریت کلی و همه‌جانبه مورد استفاده قرار گرفته نشده است. در حقیقت، ارزیابی محیطی با هر تعریف و یا با هر روش اجرائی آن، حلقه مفقوده‌ای فرآیندهای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در نظام مدیریت پایدار است و از آنجائی که علم ارزیابی ارتباط دهنده تمام علوم محیط زیستی، اقتصادی و صنعتی است، باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. ارزیابی اراضی، با تعیین وضعیت خصوصیات ترکیبی خاک از قبیل کیفیت، انحطاط، انعطاف‌پذیری، امنیت، سلامت، بهره‌وری، رفتار و کارایی همراه با ارزیابی خصوصیات عملکردی و خدمات زیست‌بومی خاک‌ها، نقش آن‌ها را در مسیر مدیریت جامع زمین روشن می‌نماید و امکان ارتقاء کیفیت زندگی در کره خاکی را مهیا و پایدار می نماید.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اراضی، حلقه مفقوده، مدیریت پایدار خاک

۱- آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، اصفهان.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

اراضی یکی از با ارزش‌ترین منابعی هستند که برای انسان به ودیعه گذاشته‌شده‌اند. اراضی تغذیه‌کننده جوامع بشری و پایدارکننده سیستم اقتصادی کشورها هستند. حدود ۲/۵ بیلیون کشاورز با استفاده مستقیم از اراضی، حدود ۸۰ درصد مواد غذائی دو قاره آسیا و افریقا را تولید می‌نمایند. زنگ خطر انحطاط این منابع، با اینکه با صدای بلند به گوش می‌رسد، ولی کسی توجهی به آن ندارد. انحطاط این اراضی بیشتر از طریق فرسایش، تخلیه مواد غذایی، اسیدی شدن، شور شدن، متراکم و آلوده شدن حادث می‌شود. با توجه به افزایش سریع جمعیت جهان و نیاز به مواد غذایی، سوخت و پوشاک هر چه بیشتر، سطوح کشت اراضی زراعی و باغی با تغییر کاربری مراتع و جنگل‌ها افزایش می‌یابند. این افزایش بی‌محابای سطوح زیر کشت همراه با اثرات تغییر اقلیم، مطمئناً به پایداری برنامه‌ریزی‌شده منتهی نمی‌گردد (برنامه زیست‌محیطی سازمان ملل، ۲۰۱۶).

سیاستگزاران و تصمیم‌سازان همواره از خود سؤال می‌نمایند که با توجه به افزایش تقاضای آتی برای تولیدات مواد غذایی، سوخت و پوشاک، چگونه می‌توان بدون تعرض به منابع اراضی غیر کشاورزی به پایداری رسید؟ یکی از عاقلانه‌ترین جواب‌ها به سؤال بالا، استفاده از اراضی با توجه به پتانسیل آن‌ها است. در این راستا ارزیابی توانائی‌های اراضی و فاکتورهای کنترل‌کننده آن حلقه مفقوده‌ای هستند که تاکنون به‌خوبی مورد توجه قرار نگرفته‌اند. با به‌کارگیری سیستم و تکنولوژی‌های نوبنیاد، حفظ کارآمدی استفاده‌های متناسب از اراضی می‌توان مدیریت زیست‌بوم را تا حصول پایداری زندگی ارتقاء داد. ارزیابی اراضی، با مشخص کردن میزان نقش‌آفرینی اراضی در مسیر تجزیه و تحلیل‌ها، یکی از پایه‌ها و ارکان اصلی روش‌های جدید مدیریت زیست‌بوم و برنامه‌ریزی محیطی محسوب می‌شود.

گستردگی کاربرد علم ارزیابی را نباید منحط به امور کشاورزی دانست، بلکه باید وظیفه کلی آن‌ها در حیطه بررسی چگونگی استفاده بهینه از اجزاء محیطی (منابع مختلف) در مسیر مدیریت کلان زیست‌بوم جویا شد. ارزیابی منابع، در مسیر استفاده کاربردی از علوم مختلف و پایداری زندگی بشری روی کره زمین، نقش یک فضای حد واسطی را دارد که با تجزیه تحلیل اطلاعات محیطی (مأخوذ از پایگاه داده‌های خاک، اقلیم، آب و اجزاء دیگر زیست‌بوم) و ارزش‌دهی (کلاس‌بندی) عوامل تأثیرگذار، تفاسیر و برآوردهای خود از میزان کارایی و پایداری منابع طبیعی تحت استفاده‌های مختلف را در اختیار کاربران مختلف از قبیل برنامه‌ریزان، سیاست‌گذاران و مدل‌های همه‌جانبه نگر تصمیم‌ساز قرار می‌دهد. اهداف والای ارزیابی منابع در حقیقت، برنامه‌ریزی منابع اراضی برای مدیریت جامع و استفاده پایدار از زمین می‌باشد (زیادت و همکاران، ۲۰۱۷).

علم ارزیابی به‌عنوان مشخص‌کننده میزان هماهنگی یا انحراف سیستم از پتانسیل تحمل آن یا میزان انحراف فعالیت سیستم از اهداف تعریف‌شده، شناخته می‌شود. مدل‌های ارزیابی‌کننده بر فعالیت سیستم‌هایی اجرا می‌شوند که تحت تأثیر تغییری منتج از فعالیت‌های طبیعی یا انسانی (خواسته یا ناخواسته) قرار داشته باشند. فرایند ارزیابی می‌تواند بر روند و جریان حذف تغییرات طی زمان و یا بر نتایج نهایی تغییرات سیستم اعمال گردد. از طرف دیگر هدف ارزیابی تشخیص و ارائه انتخاب‌های مدیریتی لازم، با اعمال تغییرات اختیاری (تناسب اراضی)، یا در نظر گرفتن تغییرات طبیعی و انسانی (تهدیدات خاک، برنامه‌ریزی استفاده بهینه از اراضی) بر سیستم می‌باشد. مطالعات ارزیابی، بدون توجه به رویکرد اعمال‌شده و نوع، سادگی یا پیچیدگی و دامنه گسترش یا یکپارچگی مدل انتخابی، دارای یک هدف غائی هستند و آن ایجاد سناریوها یا تفاسیر لازم از کارایی و پایداری استفاده‌های متفاوت اعمال‌شده در منابع محیطی به جهت ارائه آن‌ها به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان برای اعمال مدیریت‌های کارا و پایدار متناسب با اهداف و دورنماهای تعریف‌شده می‌باشند. علم ارزیابی برای جامع عمل

www.SID.ir

Archive of SID

پوشاندن مقاصد و انجام وظایف ذاتی و متعالی نمودن اهداف خود، باید تفاسیر و سناریوهای مدیریتی لازم در مورد مفاهیم سلسله مراتبی زیر را برای زیست‌بوم‌های موردنظر تکمیل و ارائه نماید تا در مدیریت جامع زیست‌بوم، نقش خود را ایفا کرده باشد.

ارائه مفاهیم جدید مطرح در علم ارزیابی، نمایان کردن گرایش‌های علمی بسیار زیادی که از علم ارزیابی انتظار راهگشایی دارند و دامنه گسترده‌ای از مفاهیمی که ارزیابی باید در تعامل با آن‌ها سناریوهای مدیریتی لازم را ارائه نماید، مشخص کردن وظایف ذاتی علم ارزیابی در مسیر مدیریت پایدار منابع و تبیین ارتباط مفهومی و ذاتی خاک با خدمات زیست‌بومی، جزء اهداف این مقاله می‌باشد. مضافاً، این مقاله سعی در نشان دادن ارتباط ذاتی و مفهومی علم ارزیابی با وظایف زیست‌بومی و آرمان‌های توسعه‌ای پایداری[1] تعریف‌شده برای خاک را دارد.

روند توسعه علم ارزیابی

نگرش‌های مختلف ارزیابی خاک، به‌صورت مفاهیمی متفاوتی، از دیرباز ارائه‌شده است. در شواهدی حتی قبل از شروع کتابت بشر، به ارزیابی اراضی اشاره‌شده است. آثاری از این موضوع را می‌توان در کتاب‌های چینی باستان مانند "یانگ" و "ژولی"، مربوط به سلسله ژیا (۲۰۷۰-۱۶۰۰ قبل از میلاد) و سلسله ژو (۱۰۴۸-۲۵۶ قبل از میلاد) دید (هاریسون و همکاران، ۲۰۱۰) و در کار نویسندگان رومی مانند کولوملا یافت که اشاره‌ای به ارزیابی اراضی شده است (وارکنتین، ۱۹۹۵).

علم ارزیابی اراضی در کشورهای اتحاد جماهیر شوروی (سابق) و آلمان، قبل از جنگ جهانی دوم، برای تعیین ارزش حاصلخیزی و تخمین میزان تولید اراضی برای اولین بار استفاده‌شده است. توسعه این علم بیشتر در دوره گسترش تولید کشاورزی، برای تعیین بهترین استفاده زراعی ممکن، اتفاق افتاده است. بعد از جنگ جهانی دوم، در بعضی از کشورهای غربی، در مسیر یکپارچه‌سازی اراضی و کشت متراکم، ارزیابی اراضی برای ارزش‌گذاری اراضی و مبادله آن‌ها استفاده گردید. در خلال دهه‌های ۸۰ و ۹۰ قرن بیستم میلادی، علم ارزیابی به‌عنوان رکن اصلی در مقیاس‌های مختلف برنامه‌ریزی استفاده از اراضی کشورهای مختلف استفاده گردید. برنامه‌ریزی استفاده از اراضی در برنامه‌های توسعه ملی یا محلی توسط بخش‌های دولتی یا کاربران خصوصی در کشورهای پیشرفته یا در حال پیشرفت بکار گرفته شدند. متأسفانه چون کارایی اراضی تخصیص‌یافته به استفاده‌های مختلف، به‌جز پتانسیل خاک یا اراضی، به فاکتورهای سیاسی-اجتماعی و اقتصادی وابستگی شدید دارند، لذا در بعضی کشورها از اجرای برنامه‌های ارزیابی اراضی استقبال نشد. عدم توجه کشورها به علم ارزیابی می‌تواند به این دلیل باشد که فرآیند مدیریت جامع اراضی وابستگی شدیدی به کیفیت داده‌ها و اطلاعات ورودی این برنامه‌ها مثل کیفیت خاک‌ها، آب قابل‌دسترس، تنوع زیستی و اقلیم دارد و از طرف دیگر فرآوری این داده‌ها و اطلاعات نیاز شدید به بودجه کافی، کفایت برنامه‌ریزی، مهیا بودن زیرساخت‌ها، وجود نیروی کار متخصص داشته، نتیجتاً فرآیند اجرائی ارزیابی و مدیریت پایدار اراضی بدون استفاده از فاکتورهای مدیریتی، نوع استفاده از اراضی، شرایط سیاسی-اجتماعی و اقتصادی کارایی لازم را نداشته است (زیادت و همکاران، ۲۰۱۷).

شروع استفاده از علم ارزیابی اراضی در ایران به سال ۱۳۳۱، زمانی که سدسازی در ایران شروع و نیاز به ارزیابی اراضی پایاب آن‌ها برای اجرای طرح‌های کشاورزی آبی احساس شد، بر می‌گردد. به همین منظور توسط کارشناسان ایرانی و کارشناسان فائو از جمله ماهلر[2]، دستورالعملی تهیه شد (نشریه ۲۰۵) که تا سال ۱۳۴۹ مورد استفاده کارشناسان خاکشناسی قرار می‌گرفت (ایوبی و جلالیان، ۱۳۸۹). در سال ۱۳۴۹، این دستورالعمل با اصلاحاتی تحت عنوان راهنمای طبقه‌بندی

[1]- Sustainable development goals (SDGs)

[2]-Mahler

www.SID.ir

Archive of SID

اراضی برای آبیاری توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب ترجمه شد. مطالعات ارزیابی اراضی برای استفاده‌های اصلی نیز از سال ۱۳۴۶ با همکاری کارشناسان فائو در سراسر کشور آغاز شد. در این ارتباط از سال ۱۳۴۹، نشریه فنی شماره ۲۱۲ خاک و آب به‌عنوان راهنمای مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی مورد استفاده قرارگرفته است. پس از آن، مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی در سراسر کشور توسط بخش تحقیقات ارزیابی اراضی موسسه تحقیقات خاک و آب انجام گرفت. نتایج این مطالعات، نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰ برای همه استان‌های کشور به‌جز سیستان و بلوچستان، کرمان و سمنان بوده است. این نقشه‌ها شامل اطلاعاتی در خصوص استفاده‌های کلی از اراضی است و عوامل محیطی مؤثر بر نوع استفاده از اراضی در حدّ امکان و متناسب با مقیاس مطالعات به‌صورت کیفی ارائه‌شده است. به‌رغم اطلاعات ارزشمندی که این نقشه‌ها در بردارند، اما با توجه به مقیاس آن‌ها برای برنامه‌ریزی در مقیاس مدیریت پذیر مناسب نیستند و مطالعات تکمیلی و تهیه نقشه‌هایی با مقیاس بزرگ‌تر مورد نیاز است. در دهه‌های بعد، توجه خاصی به مطالعات ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات خاص زراعی و باغی به روش ارائه‌شده توسط فائو شده است. در این راستا مطالعات ارزیابی تناسب اراضی در استان‌های مختلف کشور انجام گردید.

مدل‌های مدرن‌تر ارزیابی اراضی (برنامه‌ریزی استفاده از اراضی پیشرفته) نه‌فقط استفاده از اراضی مناسب را ارائه می‌نمایند، بلکه برای کاربران و تصمیم‌گیرندگان، سناریوهای مختلف مدیریتی که موجب افزایش بهره‌وری و پایداری می‌شوند را نیز ارائه می‌نمایند. تصمیم‌گیرندگان و برنامه ریزان برای تشخیص و به‌کارگیری بهترین نوع استفاده در سطوح مختلف اراضی به کمک مدل‌سازان و طراحان الگوهای ارزیابی‌کننده دارند تا در مدیریت پایداری تولید از منابع نقش داشته باشند. چون فاکتورهای دخیل و اجزاء برنامه‌های مدیریت پایدار با تغییر شرایط، توسعه و پیشرفت دائم در حال تغییر هستند، نقش مدل‌سازان و طراحان الگوهای ارزیابی بارزتر می‌شود. از طرف دیگر، تغییر ارزش زمین تحت تأثیر شرایط اجتماعی–اقتصادی، تغییر اقلیم و شوک‌های حاصل از بحران‌های محیطی و تغییرات دائم بازار بر نتیجه نهایی اثر قابل‌توجهی دارند، لذا مدل‌ها یا سیستم‌های ارزیابی‌کننده (برنامه‌ریزی منابع اراضی) باید انعطاف‌پذیری و پویایی لازم را برای در نظر گرفتن تغییرات فوق داشته باشند. از این منظر، در فرآیند برنامه‌ریزی مدیریت پایدار، فعالیت توأم تصمیم سازان، سیاست‌گذاران و متخصصین ارزیابی اجتناب‌ناپذیر است. بدین‌وسیله اهمیت برنامه‌ریزی استفاده از منابع اراضی در مدیریت پایدار اراضی و ارائه سناریوهای مختلف سازگار با اهداف ملی هرچه بیشتر نمایان می‌گردد.

ارزیابی و جنبه‌های زیست‌بومی خاک

خدمات زیست‌بومی[1] خاک

خدمات زیست‌بومی خاک بستگی به ویژگی‌های خاک و تعامل آن‌ها دارد و عمدتاً تحت تأثیر استفاده و مدیریت آن قرار دارند. از طرف دیگر تهدیدات خاک[2] (روش‌های انحطاط خاک) از قبیل زمین‌لغزش، فرسایش، کاهش کربن خاک و تنوع زیستی که منجر به تخریب خاک می‌شوند یک چالش جدی جهانی برای امنیت غذایی و پایداری اکوسیستم است. چون خدمات زیست‌بومی با بسیاری از توابع خاک پیوند ناگسستنی دارند (دومیناتی و همکاران، ۲۰۱۴)، لذا باید در مدیریت کلان جامعه، در مسیر تأمین رفاه انسان‌ها، در فرآیند تولید مواد غذایی و خدمات زیست‌بومی به خاک توجه بیشتری معطوف شود (مک براتنی و همکاران، ۲۰۱۴). ارتباط خصوصیاتی مثل کربن آلی خاک، شن، سیلت، رس و اجزاء درشت، واکنش خاک، عمق سنگ مادر، وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت آب قابل‌دسترس، ظرفیت

[1]- Ecosystem Services
[2] - Soil Treats

www.SID.ir

Archive of SID

تبادل کاتیونی، هدایت الکتریکی، خلل و فرج خاک و نفوذپذیری هوا، نفوذپذیری آب و شرایط آبگذری، موجودات زنده خاک، ساختمان و خاک دانه‌سازی، دمای خاک، کانی‌های خاک و لایه‌های نفوذناپذیر عمقی، توسط ادهیکاری و هارتمینک (۲۰۱۶) با توابع خاک[1] و خدمات زیست‌بومی تشریح شده است. در فرایند نیل به آرمان‌های توسعه‌ای پایدار[2] (SDGs)، چرخه مطالعات و جریان مفهومی ارتباط خصوصیات و فرایندهای خاک به خدمات زیست‌بومی برای فراهم آوری نیازهای انسانی در شکل ۱ نشان داده‌شده است. گذر از هر جزء به دیگری با انجام مطالعات ارزیابی امکان‌پذیر است، یعنی با دسته‌بندی و ارزش‌گذاری ورودی‌های سنجه پائین تر، کیفیت و کلاس سنجه بالاتر مشخص می‌شود (گرینر و همکاران، ۲۰۱۷).

توابع خاک

خدمات زیست‌بومی خاک کاملاً به فرآیندهای عملکردی (توابع خاک) و خواص خاک بستگی دارند. این وابستگی در فضای تعاملی بین سنگ‌کره، هوا کره، آب‌کره یعنی در فضای زیستی موجودات زنده برقرار است. بااینکه بین توابع خاک و خدمات زیست‌بومی تمایز وجود دارد، ولی در نتیجه اجرائی شدن فرآیندهای بوم‌شناسی توابع خاک، خدمات زیست‌بومی نیز محقق می‌شوند. در چارچوب مفهومی ارائه‌شده، مزایای خدمات زیست‌بوم‌ها، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، به جامعه تزریق می‌گردد. جریان و ارتباط توابع خاک با خدمات زیست‌بومی به‌صورت اختصاصی است، بدین معنی که هر تغییری در توابع خاک بر خدمات زیست‌بومی مرتبط تأثیرگذار است. هرچند بر تعداد و انواع توابع خاک اتفاق‌نظر وجود ندارد ولی در منابع علمی موارد زیادی ذکرشده است. خاک‌ها فراهم آورنده توابع مهمی هستند که از جامعه انسانی و زندگی سیاره‌ای حمایت می‌کنند. توابع و عملکردهای خاک متأثر از سرمایه‌های طبیعی خاک و ذخایر معدنی، تغذیه‌کننده طیف وسیعی از خدمات زیست‌بومی هستند که به‌نوبه خود به آرمان‌های توسعه پایدار کمک می‌کنند (SDGs). این چارچوب جامع، بعضی از تعاملات بیوفیزیکی پیچیده غالباً غیرخطی خاک را در خود پنهان دارد. مضاف براین پیچیدگی بیوفیزیکی درهم‌تنیده، تعاملات با جامعه بشری و نظام اجتماعی و اقتصادی، پیچیدگی مدیریت و بهره‌برداری از محیط‌زیست را به‌مراتب افزایش می‌دهد (بوما ۲۰۱۹).

آرمان‌های توسعه‌ای پایدار

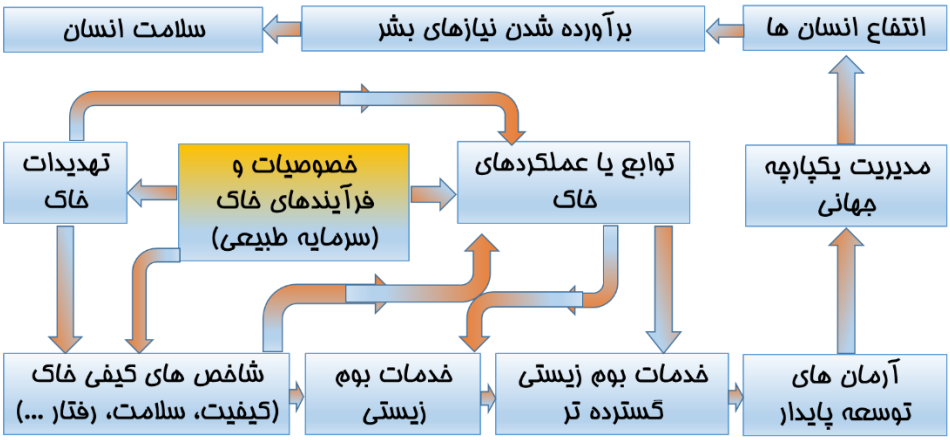
وقتی تولید مواد غذایی، دسترسی به آب، تعامل با تغییرات آب و هوا و حفظ تنوع زیستی و دیگر خدمات زیست‌بومی خاک و اراضی مدنظر باشد، آرمان‌های توسعه پایدار سازمان ملل متحد یک رویکرد عالی برای نشان دادن اهمیت خاک و تأثیر آن بر جامعه بشری است. برای علوم محیطی، از جمله علم خاک‌شناسی، SDGها افق مشخصی برای تحقیقات آینده روشن می‌نمایند ولی سؤال در مورد چگونگی سازماندهی تحقیقات مؤثر همچنان باقی خواهد ماند. هفده آرمان توسعه پایدار (SDGs) در سال ۲۰۱۵ توسط نمایندگان ۱۹۳ کشور در جلسه مجمع عمومی سازمان ملل تصویب شده‌اند که مفهوم توسعه پایدار را در سراسر جهان معنی نموده است. این آرمان‌ها شامل مجموعه‌ای از اهداف و شاخص‌هایی هستند که جهان باید تا سال ۲۰۳۰ به آن نائل شود. این یک چالش واقعی برای جامعه علمی و مطمئناً علم خاک‌شناسی است (بوما ۲۰۱۹). چون چگونگی دستیابی به این آرمان‌ها، اهداف و شاخص‌ها هنوز در معرض ابتکارات ویژه‌ای از سوی دولت‌های ملی و محلی و سازمان‌های مربوطه و نیز گروه‌های اقدامات شهروندی است و آن‌ها در مراتب بعدی نیازمند مشاوره از طرف جوامع پژوهشی هستند. تعریف آرمان‌های ۱۷ گانه به‌صورت بسیار گسترده انجام‌شده است و گرایش‌های علمی باید نقش مربوطه را در ایجاد سناریوهای احتمالی که منجر به تحقق اهداف می‌شوند، به عهده بگیرند. مزیت عمده تمرکز بر SDGها جنبه ساختار سازی فرایندهای تحقیقاتی در کل جهان است، زیرا تحقیقات خاک در یک مشارکت جهانی و

[1] - Soil Functions
[2] - Sustainable Developing Goals

www.SID.ir

Archive of SID

مرتبط با SDGها موثر تر عمل خواهد نمود (سازمان ملل ۲۰۱۵). تحقیقات مشترک، با اینکه ممکن است گسترده به نظر آید، ولی برای گرایش‌های مختلف علم خاک‌شناسی که به رشته‌های متضاد و مستقل تقسیم‌شده است، مفید است. از آرمان‌های هفده‌گانه، حداقل پنج مورد آن رابطه مستقیم با خاک دارند و بقیه نیز دارای رابطه‌هایی غیرمستقیم هستند. هرچند تمامی آن‌ها را می‌توان مرتبط با غذا، سلامت، آب، آب‌وهوا و زیست‌بوم دانست، ولی طیف وسیع موضوعات رشته‌های مختلف بسیاری را درگیر می‌نماید. کاملاً واضح است که علم خاک به تنهایی نمی‌تواند سناریوهای لازم برای تحقق آرمان‌ها را ارائه نماید، لذا نیازمند مشارکت در پروژه‌های میان‌رشته‌ای است. به‌هرحال نقش علم خاک‌شناسی تعریف توابع خاک و جانمائی نقش آن‌ها در حصول به خدمات زیست‌بومی در مسیر دست‌یابی به آرمان‌های توسعه‌ای پایدار است (آم. ای.آ ۲۰۰۵).



شکل ۱- چرخه مفهومی ارتباط و تاثیرخصوصیات واکنش‌های خاک در ارزیابی خدمات زیست‌بومی

مدیریت پایدار زمین[1]

بشریت با چالش‌های بزرگی در زمینه کشاورزی مواجه است: آب و هوا شدیداً در حال تغییر، سرعت رشد بحرانی جمعیت جهانی، گسترش شهرها، افزایش فزاینده نیاز به مواد غذائی و شدت تخریب خاک‌ها ازجمله مسائل لاینحل جهانی هستند. در این جهان در حال تغییر و با توجه به نیاز فوری برای از بین بردن گرسنگی و اطمینان از امنیت غذایی و تغذیه، درک و دستیابی به مدیریت پایدار خاک، هرگز این‌قدر مهم نبوده است (فائو، ۲۰۱۷). درواقع، اهداف توسعه پایدار (SDGs) احیاء خاک‌های تخریب‌شده و بهبود سلامت خاک را در خود مستتر دارد. توافق جهانی بر این است که خاک شناسان نه تنها باید به هدف تولید مواد غذایی، بلکه برای ذخیره و تأمین آب شرب، حفظ تنوع زیستی، ترسیب کربن و افزایش مقاومت در برابر تغییرات آب و هوایی، پتانسیل کامل خاک‌ها را شناسایی کرده، انرا تقویت و پرورش دهند. حصول به این اهداف نیاز به اجرای جهانی مدیریت پایدار خاک و اراضی دارد. اکنون برای جامع عمل پوشاندن به آرمان‌های تبیین شده مسیر راه در قالب برنامه مشارکت جهانی خاک[2] تعریف‌شده، موازینی برای مدیریت پایدار خاک‌ها و دستورالعمل‌هایی برای جوامع و کشورهای مختلف تبیین شده‌است. نگرانی‌های روزافزون در مورد وضعیت خاک‌های جهان موجب تصویب منشور مشارکتی جهانی توسعه پایدار توسط فائو شده است (فائو، ۲۰۱۵). در این دستورالعمل‌ها مشارکت جوامع و کشورها ماهیتی داوطلبانه ولی الزام‌آور دارد. منشور جهانی خاک که حاوی اصول و راهنمایی کلیدی برای مدیریت پایدار خاک است، در سال ۲۰۱۵ با در نظر گرفتن سیاست‌های عمده و

[1]- Earth Sustainable Management

[2]- Global soil partnership

www.SID.ir

Archive of SID

پیشرفت‌های علمی در طول سه دهه گذشته تجدیدنظر شد (فائو، ۲۰۱۵). دستورالعمل‌های داوطلبانه برای مدیریت پایدار خاک (فائو، ۲۰۱۷) که مکمل منشور جهانی خاک می‌باشد با تأکید بیشتری بر اصول و سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌ها، توسط شورای سازمان خوار و بار جهانی در دسامبر ۲۰۱۶ تصویب شد.

دستورالعمل فوق اصول مندرج در منشور جهانی را با توجه به شواهد ارائه‌شده در گزارش وضعیت منابع خاک‌های جهان (فائو و پانل فنی بین دول در مورد خاک، ۲۰۱۵) را پیگیری می‌نماید. این دستورالعمل‌ها جنبه‌های فنی مدیریت پایدار خاک‌ها را از قبیل ویژگی‌های اصلی خاک، چالش‌های کلیدی و راه‌حل‌های بالقوه برای حل آن‌ها را در نظر می‌گیرند. دستورالعمل‌های داوطلبانه برای مدیریت پایدار خاک (رهنمودهای مدیریت پایدار خاک، فائو، ۲۰۱۷) عمدتاً بر کشاورزی، به‌عنوان محیط تولید مواد غذایی، فیبر، خوراک، چوب و سوخت تأکید دارد، ولی توجه قابل‌توجهی نیز بر خدمات زیست‌بومی سیستم‌های مدیریت‌شده و مدیریت نشده خاک دارد. دستورالعمل‌های ارائه‌شده، برای توصیه‌های اجرائی و اختصاصی و برای اطلاع‌رسانی در مورد تصمیم‌گیری استراتژیک و ویژه در تمام سطوح مربوطه، طراحی‌شده‌اند. رهنمودهای مدیریت پایدار خاک قصد دارند با تلاش‌های جهانی، منطقه‌ای و ملی برای ریشه‌کن کردن گرسنگی و فقر به دلیل اهمیت خاک در توسعه پایدار کمک کنند (فائو، ۲۰۱۷). بر اساس این دستورالعمل، مدیریت پایدار زمین یعنی برآوردن نیازهای جاری و در حال ظهور در برنامه‌ریزی استفاده از منابع، تأمین امنیت غذایی، ایجاد معیشت پایدار، مدیریت یکپارچه چشم‌انداز اراضی و بازسازی آن‌ها می‌باشد. ازنظر مفهومی پایداری مدیریت اعمال‌شده موقعی تکمیل است که توانائی‌های حمایتی، فراهم آوری، تنظیم‌کنندگی و خدمات فرهنگی ارائه‌شده توسط خاک حفظ و یا بهبودیافته باشد و به توابع خاک نیز آسیب وارد نشده باشد (فائو و پانل فنی بین دول در مورد خاک، ۲۰۱۵).

اهمیت خاک و نقش آن در چالش‌های بشر

کشورهای عضو سازمان ملل متحد، همراه با کادر ستادی سازمان، پیرو دو دهه کار مداوم، در تاریخ ۲۵ سپتامبر ۲۰۱۵ قطعنامه ۲۰۳۰ برای توسعه پایدار را به تصویب مجمع عمومی سازمان ملل رساندند. این قطعنامه برای نیل به صلح، رفاه و سعادت جامعه بین‌المللی تبیین شده است. در قلب این دستور کار آرمان‌های توسعه‌ای پایداری[1] قرار داده‌شده است که تحقق آن‌ها در یک برنامه مشارکت جهانی برای تمام کشورهای عضو الزام‌آور شده است (سازمان ملل، ۲۰۱۵). این دستور کار یک برنامه عملی برای نیل به رفاه مردم و تداوم سلامت کره خاکی می‌باشد. همچنین برای حفظ صلح جهانی و فراهم آوری آزادی بیشتر برای احاد جوامع تلاش می‌نماید. واضح است که ریشه‌کن کردن فقر در تمام اشکال و ابعاد آن، بزرگ‌ترین چالش جهانی و انکارناپذیرترین پیش‌شرط توسعه پایدار است.

پایان دادن به فقر و محرومیت باید همراه با استراتژی‌های افزایش سلامت و آموزش و پرورش، رشد اقتصادی و کاهش نابرابری انجام شوند. در این مسیر باید به تغییرات آب و هوایی و حفظ اقیانوس‌ها و جنگل‌ها نیز توجه شود. خاک‌ها و منابع اراضی سیستم‌های پویای سه‌بعدی تنظیم‌کننده شرایط حیاتی بشر هستند که به‌واسطه پویایی توابع خاک به اجرا درمی‌آیند (آدیکاری و هارتمینک، ۲۰۱۶). خصوصیات فیزیکو-شیمیایی، ژنتیکی و محیطی خاک‌ها همراه با پویایی توابع خاک[2] و خدمات زیست‌بومی[3] منتج از آن‌ها، به حصول تعدادی از آرمان‌های توسعه پایدار تدوین‌شده، کمک می‌نمایند. دایلی و همکاران (۱۹۹۷) اظهار می‌دارند، چون خاک‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده وضعیت اقتصادی ملت‌ها می‌باشند لذا دخالت دادن آن‌ها در چارچوب خدمات زیست‌بومی و سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری ضروری است. تحقق خدمات زیست‌بومی خاک‌ها، برای

[1]- Sustainable Development Goals (SDGs)
[2]- Soil Functions
[3]- Ecosystem Services

www.SID.ir

Archive of SID

برآورده کردن نیازهای جامعه (مثل مواد غذایی، آب قابل شرب، تولید انرژی و زیرساخت‌های لازم برای زندگی) و فائق آمدن بر چالش‌های اجتماعی (از قبیل کاهش و تطابق با تغییر اقلیم، مهاجرت، افزایش جمعیت)، لزوم حتمی دارد. تحقق خدمات زیست‌بومی به تحقق اهداف توسعه‌ای پایدار[1] منجر می‌شود.

نیاز به ارزیابی خدمات زیست‌بومی خاک و ارتقاء ارتباط خاک و زیست‌بوم در توسعه سیاست‌های مدیریت منابع اراضی توسط مک براتنی و همکاران (۲۰۱۴) و رابینسون و همکاران. (۲۰۱۲) مورد تأکید قرارگرفته است. برای تشریح آرمان‌های توسعه پایدار سازمان ملل متحد، بوما و همکاران (۲۰۱۵)، بر تأثیر خاک در ارائه خدمات زیست‌بومی تأکید زیادی نموده‌اند. خاک یکی از پیچیده‌ترین ماده زنده[2] روی زمین است (یانگ و کرافورد، ۲۰۰۴) و یک جزء کلیدی از زیست‌بوم خاک کره[3] که در منطقه تداخلی لیتوسفر، بیوسفر، هیدروسفر و آتمسفر ایفای نقش می‌کند (ژابولکز، ۱۹۹۴).

متأسفانه به‌رغم اهمیت خاک، اکثر مطالعات (کوستانزا و همکاران، ۱۹۹۷؛ دی گروت و همکاران، ۲۰۰۲؛ آم. ای.آ ۲۰۰۵)، زیست‌بوم را با توجه به خدمات آن (به‌عنوان مثال، تأمین نیازها، حمایت، تنظیم و خدمات فرهنگی) ارجح‌تر از خاک بحث نموده‌اند. درحالی‌که دانش قابل‌توجهی در مورد خاک، شکل‌گیری و توزیع آن وجود دارد، اما درک ما از توابع خاک و خدمات زیست‌بومی آن‌ها و ارزیابی کیفی و کمی وضعیت آن‌ها مخصوصاً در پهنه چشم‌انداز طبیعت ناقص است. هویت و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کردند که خاک در بسیاری از مطالعات زیست‌بومی و تصمیم‌سازی نادیده گرفته‌شده است. این در حالی است که می‌توان با مرتبط کردن تمام دانش و اطلاعات کمی و کیفی از خصوصیات و فرایندهای خاک نسبت به ارزیابی شاخص‌های پتانسیل خاک، توابع خاک، خدمات زیست‌بومی و نهایتاً نسبت به تعیین عوامل بازدارنده برای نیل به اهداف توسعه‌ای پایدار و مدیریت پایدار زمین اقدام نمود (آدیکاری و هارتمینک، ۲۰۱۶).

ارتباط مدیریت پایدار زمین و علم ارزیابی

علم ارزیابی، بر اساس چارچوب فائو برای ارزیابی زمین (فائو، ۱۹۷۶)، از برنامه‌ریزی استفاده پایدار از زمین حمایت می‌کند. در کشورهای که کمبود داده اغلب مدل‌سازی را محدود می‌کند، چارچوب فائو، راهنمایی لازم برای اجرای مطالعات ارزیابی زمین را ارائه نموده است. ادغام اطلاعات بیولوژیکی و اجتماعی و اقتصادی و استفاده پایدار از منابع زمین، در ارزیابی کمی اراضی نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. تکنیک‌های مختلف برنامه‌ریزی وجود دارند تا نتایج ارزیابی را با نیازهای دولت‌ها، کاربران زمین و سایر ذینفعان، برای دستیابی به استفاده بهینه از زمین مطابقت دهند. انتظار می‌رود که افزایش منابع اطلاعاتی رقومی خاک و محیط و بهبود روش‌های پردازش همه‌جانبه این اطلاعات، امکاناتی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی برای ارزیابی همه‌جانبه و ایجاد سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌سازی برای مدیریت پایدار اراضی و زمین را فراهم نمایند.

همان‌گونه که از نام علم ارزیابی برمی‌آید، فرآیند ارزیابی نباید فقط بر خصوصیات خاک بلکه بر خصوصیات محیط که دربرگیرنده اتمسفر، خاک، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، موجودات زنده و اثرات فعالیت‌های گذشته و حال انسانی می‌باشد (فائو، ۱۹۷۶) اعمال گردد. این تعریف نشان می‌دهد که دامنه علم ارزیابی محاط بر حداقل هشت تابع خاک می‌باشد و این توابع به‌مراتب فراتر از فرآیند تولید مواد غذایی فرط می‌باشد. برای مشخص‌تر نمودن دامنه فضای مفهومی این توابع، ذیلاً، به این توابع یا عملکردهای خاک اشاره می‌شود (جان بیک و همکاران، ۱۹۹۷).

خاک‌ها، از طریق تولید مواد غذایی، علوفه، فیبر، سوخت، چوب و دیگر مواد زیستی، به‌طور مستقیم یا و از

[1]- Sustainable development goals
[2]- Biomaterials
[3]- Pedosphere

www.SID.ir

Archive of SID

طریق حیوانات و آبزیان به‌طور غیرمستقیم، اساس و زیربنای سیستم‌های پشتیبان زندگی هستند؛
خاک‌ها با ایجاد زیستگاه‌ها و ذخایر ژنتیکی گیاهان، حیوانات و میکروارگانیسم‌های سطحی و زیرزمینی، تنوع زیستی لازم در زمین را تأمین می‌نماید؛
خاک‌ها ارائه‌کننده و ذخیره کننده گازهای گلخانه‌ای بوده و انرژی جهانی (بازتاب، جذب و تبدیل انرژی تابشی خورشید) را تنظیم می‌نماید؛
خاک‌ها در فرآیند چرخه منابع آب سطحی و زیرزمینی آن‌ها را تنظیم و کیفیت آن‌ها را کنترل می‌نماید؛
خاک‌ها ذخیره‌گاه مواد خام و مواد معدنی می‌باشند؛
خاک‌ها فیلتر، بافر و تبدیل‌کننده ترکیبات خطرناک موجود در عرصه حیات است؛
خاک‌ها محل اسکان انسان، صنایع و فعالیت‌های اجتماعی بوده، فضای ارتباطی برای حمل‌ونقل مردم، نهاده‌ها و تولیدات بوده و امکان ارتباط بین زیست‌بومی طبیعی گیاهان و حیوانات را فراهم می‌کند؛
خاک‌ها شواهد تاریخی و باستانی فرهنگ بشریت را نگهداری و محافظت می‌کنند و منبع اطلاعاتی خوبی برای اقلیم گذشته و مصارف باستانی از زمین می‌باشند.

همه‌جانبه نگری علم ارزیابی اهمیت رشته‌های علمی دیگر را در تعیین "ارزیابی زمین" نشان می‌دهد (فائو، ۱۹۷۶). به همین دلیل ارزیابی اراضی موردنظر در این مقاله نوع همه‌جانبه نگر و سیستمیک آن بوده که وظیفه دارد تا با ارزیابی مشخصه‌های عاملیت خاک، توابع و خدمات زیست‌بومی خاک‌ها را در شرایط طبیعی و یا تغییرات اعمال‌شده، استوار بر رویکردهای کمّی بین-رشته‌ای، سناریوهای بهینه، تغییرات یا کاربری‌های متناسب با شرایط محیطی برای تصمیم سازی و برنامه‌های مدیریت پایدار پیشنهاد دهد (بوما و همکاران، ۲۰۱۶). یا به تعبیری دیگر، مدل‌های کمّی ارزیابی می‌توانند سناریوهای مختلفی از انواع استفاده را برای مشخصه‌های عاملیت خاک، توابع و خدمات زیست‌بومی خاک‌ها و نهایتاً برای آرمان‌های توسعه پایدار اجرا و درجات احتمالی توفیق سناریوهای مختلف را ارائه نمایند تا امکان ارزیابی ریسک بر اساس شبیه‌سازی چندساله فراهم آید (بوما، ۲۰۱۵).

در مقایسه باعلم خاک‌شناسی و نقشه‌برداری خاک که در طول دهه‌های گذشته با استفاده از علوم زمین‌آمار، سنجش‌ازدور و نزدیک و سنجش درجا و تکنیک‌های الکترومغناطیسی، مدل‌سازی رقومی سرزمین و سیستم اطلاعات جغرافیایی توسعه موفقیت‌آمیزی داشته‌اند، متأسفانه علم ارزیابی توسعه محدودی در سال‌های اخیر داشته است (بوما و همکاران، ۲۰۱۲). ضروری است که مدل‌های کمّی جدیدی تبیین گردند تا داده‌های لازم، برای محققان هیدرولوژی، زراعت، اقلیم‌شناسی و بوم‌شناسی و دیگر ذینفعان، استخراج شود (بوما، ۲۰۱۵). ارزیابی زمین همواره به‌عنوان بخشی از استراتژی کمک به خدمات زیست‌بومی، وظیفه دارد، گزینه‌های بیشتری از استفاده از زمین، تنوعی بیشتر از قابلیت‌های خاک و زوایای مختلفی از ظرفیت‌های ذاتی خاک را ارائه یا نمایان نماید (بانمان و همکاران، ۲۰۱۷؛ بوما و همکاران، ۲۰۱۷؛ بانمان و همکاران، ۲۰۱۸). هدف مدیریت پایدار زمین، هماهنگ کردن اهداف زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به نفع نسل‌های کنونی و آینده با حفظ و ارتقاء کیفیت منابع طبیعی می‌باشد (اسمیت و دومانسکی، ۱۹۹۳). در این راستا، مدیریت پایدار زمین، کارکرد اجتماعی و اقتصادی زیست‌محیطی طولانی‌مدت زمین را تضمین می‌کند و توسعه پایدار کشاورزی، حفاظت از منابع طبیعی و ترویج مدیریت پایدار اراضی جزء اهداف کلیدی پروژه‌های مدیریت منابع می‌باشند.

انواع ارزیابی بر اساس کاربرد

تعریف تقریباً کاملی از روش‌های مختلف ارزیابی اراضی توسط ایوبی و جلالیان (۱۳۸۹) ارائه‌شده است و کاربران با انواع آن‌ها آشنا می‌باشند. با توجه به دامنه گسترده‌ای که برای وظایف علم ارزیابی قائل هستیم، معتقدیم که باید روش‌ها و مدل‌های متنوع و متناسبی برای

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی خصیصه‌های خاک ذکرشده در بندهای بالا ابداع و ارائه شوند. بدون توجه به ماهیت، کاربرد و دیسیپلینی که مدل‌های ارزیابی در آن استفاده می‌شوند، انواع مشروحی از مدل‌های ارزیابی که احتمالاً در راستای رسیدن به اهداف مدیریت پایدار از آن‌ها استفاده خواهند شد، ارائه می‌شود.

ارزیابی زیست‌محیطی

ارزیابی زیست‌محیطی که عمدتاً مطالعاتی کیفی که گاهی فاقد همه‌جانبه نگری لازم نیز می‌باشند، در منابع تحت نام‌های مختلف دیده می‌شوند. در این نوع مطالعات عامل موردنظر در مقابل استانداردهای ارائه‌شده ارزیابی و اثرات آن بر محیط بیان می‌شود. عمده روش‌های ارزیابی زیست‌محیطی شامل موارد زیر هستند.

Environmental Impact Assessment
Environmental Pollution Assessment
Evaluation of Environmental Pollution
Evaluation of Soil and Plant Pollution
Environmental Risk Assessment

روش‌های ارزیابی زیست‌محیطی فوق پروسه‌های تحلیلی می‌باشند که به‌طور سیستماتیک عواقب احتمالی اجرایی پروژه‌ها، سیاست‌ها و برنامه‌ها را پیش‌بینی می‌کنند. هدف اصلی آن‌ها، ایجاد یک چارچوب کلی تصمیم‌گیری برای مدیران است. روش‌های مختلفی تاکنون در این زمینه توسط کارشناسان جهان ارائه شده است. لیکن باوجود تلاش‌های بسیار و بحث و بررسی آن‌ها در کنفرانس‌های متعدد بین‌المللی هنوز متدولوژی واحدی که موردقبول کلیه کارشناسان قرارگیری تعیین و انتخاب نشده است. از این رو هنوز انواع مختلفی از متدهای تجزیه و تحلیل و ارزیابی در پروژه‌های گوناگون به‌کاربرده می‌شود. علت اصلی چنین ناهماهنگی‌هایی در انتخاب یک متدولوژی واحد، تنوع پروژه‌ها، مقیاس، پیچیدگی و محل جغرافیایی و تنوع محیطی است که پروژه‌ها در آن‌ها اجرا می‌گردند، می‌باشد (حسنی، سعیدی و همکاران ۱۳۸۴). این روش‌ها عمدتا برای ارزیابی آلودگی محیطی استفاده می‌شود (هرچگانی و بنی‌طالبی، ۱۳۹۲؛ چیروما و همکاران، ۲۰۱۴؛ جینتائو و همکاران، ۲۰۱۱؛ فاگبوته، ۲۰۱۰؛ لوگبو و همکاران، ۲۰۱۳).

شاخص‌های انباشت یا آلودگی

تعدادی شاخص که در مقالات همواره برای ارزیابی شاخص‌های آلایندگی استفاده می‌شوند به قرار زیر است:

شاخص انباشت آلودگی یا شاخص غنی‌شدگی

PLI or EF = C polluted soil/ C reference soil
mg/kg.day

شاخص یا عامل انتقال به گیاه

CF or AF= C plant/ C soil
mg/kg

شاخص آلودگی ساده

Pollution Index = Ci/Si
Ci = Heavy metal concentration in wastewater irrigated soil
Si = Evaluationcriteria value (standard value)

شاخص آلودگی کل

Composite Pollution Index (Newmerow method) = $\sqrt{\frac{P_{average}^2 + P_{\max}^2}{2}}$
Paverage = Average pollution index
Pmax = Maximum value of pollution index

شاخص شدت آلودگی

Contamination vs Pollution Index = Concentration of metal in soil/ Target value from reference table
C/Pl> 1 Pollution
C/Pl< 1 Contamination

شاخص تفکیک آلودگی مصنوعی از طبیعی

Quantification of Anthropogenic metal = X-Xc/X
X Lithologic metal
Xc Average concentration of metal in soil

شاخص ریسک غنی‌شدگی آلاینده‌ها در خاک و گیاه: در این روش ارزیابی با محاسبه شاخص‌های ریسک، وضعیت، شدت و ضعف خطر را، به جامعه اعلام می‌نمایند. این

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌ها، سطح خطر ایجاد شده توسط ورود عوامل آلاینده به محیط (خاک، آب و گیاه) و برای زندگی انسان-های در معرض و جوامع همجوار را ارزیابی می‌نمایند (هرچگانی و بنی‌طالبی ۱۳۹۲؛ بالخیر و اشرف، ۲۰۱۴).

ارزیابی دریافت روزانه انسان از عناصر سنگین

Daily Intake of Metals = (C metal * C factor * D intake) / B weight
C metal heavy metal concentration in food crops
C factor conversion of fresh plant to dry = equal to 0.085
D intake daily intake of the food crops

میزان دریافت یا مصرف روزانه معادل خوردن معادل ۲۸۹ گرم گندم و ۲۳۲ گرم ذرت برای کودکان و ۳۸۰ گرم گندم و ۳۴۵ گرم ذرت برای بزرگسالان در نظر گرفته شده‌است.

Average daily intake of the food crops is 0.527 Kg/body * day
B average average human body weight
Average body weight for kids equals to 32.7 kg
Average body weight for adults equals to 55.9 kg

شاخص ریسک سلامتی

Health Risk Index = DIM / Rf D = Daily intake of metal / Oral reference dose
Oral reference dose mg/kg* day
مقدار فلز جذب شده مرجع

ریسک سلامتی مردم در معرض

ریسک سلامتی مردم در معرض = دوز مرجع / دوز آلوده کنندگی هر آلوده‌کننده

Target hazard quotient (THQ) = (Efr * ED * FI * MC / RfD * Bw * AT) *0.001
Efr = Exposure frequency (365 days / year)
ED = Exposure duration (60 years for adults)
FI = Food ingestion
MC = Metal concentration in food (mg/kgfresh weight)
RfD = oral reference dose (mg/kg * day)
Bw = Average body weight (60 kg)
AT = Average exposure time for non carcinogenic effect (365 days/ year * number of exposure years (60 years))

روش های ارزیابی پتانسیل ریسک اکولوژیکی خاک

این روش‌ها میزان و درجه خطری که به آلاینده‌ها به اکوسیستم وارد می‌نماید را محاسبه و بگونه‌ای وضعیت محیط‌زیست را ارزیابی می‌نمایند (جینتائو و همکاران، ۲۰۱۱).

Potential ecological risk assessment of soil

Risk Index (RI) = $\sum_{i=1}^{n} E_r^i$

$E_r^i = T_r^i \times C_f^i$ i = sample points

$C_f^i = \frac{C_{surface}^i}{C_n^i}$

Tr = Metal Toxicity response coefficient
Er = Potential Ecological Risk
C surface = measured values concentration of soil
Coefficient of toxicity for: Cr = 2, Cd = 30, Pb = 40

روش‌های ارزیابی اراضی معمول

در تجزیه و تحلیل‌های بیوفیزیکی ارزیابی زمین و ارزیابی کارایی زمین، دو روند عمده وجود دارد: ارزیابی کیفی و ارزیابی کمی. به طور کلی، سیستم‌های ارزیابی کیفی، خصوصیات را در کلاس‌های غیر کمی یا دسته‌ایی[1](اسمی[2] یا ترتیبی[3]) دسته‌بندی می‌کنند. ولی سیستم های ارزیابی کمی می‌توانند، کلاس خصوصیات مورد ارزیابی را، بعد از محاسبات لازم، بصورت شاخص-های عددی واقع بر محور تغییرات آن شاخص ارائه نمایند. روش‌های ریاضی یا پارامتری (مبتنی بر مبنای قضاوت کارشناسانه و تجربی) و مدل‌های ریاضی استاندارد، در سیستم‌های ارزیابی کمی به کار برده می-شوند. مدل‌های آماری نیز می‌توانند به عنوان روش‌های نیمه‌کمی شناخته شوند.

[1]- Categorical
[2]- Nominal
[3]- Ordinal

www.SID.ir

Archive of SID

از طرف دیگر، روش‌های ارزیابی زمین را می‌توان به دو دسته پارامتری و طبقه‌ای یا سلسله مراتبی تقسیم کرد (دنگیز و اوسول، ۲۰۱۸). سیستم‌های پارامتری تحت رابطه و فرمول‌های ریاضی اعمال می‌شوند و نتیجه نهایی به صورت عددی بیان می‌شود. به طور کلی روش‌های پارامتریک، ساده، عینی، کمی، قابل اعتماد، آسان، قابل درک و کاربرد حتی برای افراد غیرمتخصص بوده و قابل اصلاح و سازگار کردن برای کاربرد و استفاده‌های جدید می‌باشند (مکره و بورنهام، ۱۹۸۱). جمع‌پذیری، ضرب‌پذیری و پیچیدگی توابع از جمله خصوصیات این دسته از مدل‌ها می‌باشند. مدل‌های استوری (استوری، ۱۹۳۸)، ریشه دوم خیدیر (سایس و همکاران، ۱۹۹۱)، شاخص تولید یا بهره‌وری (دلگادو و لوپز، ۱۹۹۸) و غیره از این دسته مدل‌ها محسوب می‌شوند. مدل‌های طبقه‌ای، کلاس‌های مختلف قابلیت استفاده از اراضی را در سطوحی با اهمیت متفاوت (مثل؛ رده، کلاس، زیر کلاس، نوع و غیره) طبقه‌بندی می‌کنند؛ به عبارت دیگر، سطوح قابلیت استفاده از اراضی را در سلسله‌ای از طبقات متفاوت جانمایی می‌نمایند. مدل‌های ارزیابی تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (ساآتی، ۱۹۸۰)، ارزیابی کلاس‌های قابلیت اراضی (کلینگبیل و مونت گومری، ۱۹۶۶)، ارزیابی کلاس‌های تناسب اراضی برای استفاده‌های کشاورزی (فائو، ۱۹۷۶) مدل‌هایی از این دیدگاه می‌باشند.

روش‌های سنتی ارزیابی

سیستم‌های حداکثر محدودیت

طبقه‌بندی تناسب اراضی فائو و طبقه‌بندی قابلیت اراضی ایالات متحده آمریکا، نمونه‌ای از سنتی‌ترین سیستم‌های ارزیابی زمین هستند که بر اساس ویژگی‌های دائمی اراضی، تعاریف مفهومی از کلاس‌های تناسب و قابلیت را با توجه به درجه محدودیتی که نوع استفاده تعریف شده با آن مواجه است را ارائه می‌نمایند. این سیستم‌های کیفی و وابسته‌های مربوطه، از قبیل طبقه‌بندی قابلیت استفاده از زمین انگلستان، چارچوب قابلیت اراضی کانادا و سیستم هلندی به طور گسترده‌ای در جهان به عنوان ابزار مهم ارزیابی منابع طبیعی استفاده می‌شوند (دلا روزا و وان دیپن، ۲۰۰۲).

روش‌های پارامتریک

روش‌های ضرب پذیر نیمه کمّی ارزیابی اراضی مانند ارزیابی پارامتریک حد واسط بین روش‌های کمی و کیفی قرار می‌گیرند. این روش‌ها از محاسبات عددی، تأثیر ویژگی‌های مختلف زمین بر رفتار بالقوه یک سیستم استفاده از زمین، استخراج می‌شوند. سیستم‌های جبری، موثرترین فاکتورها و تعاملات بین آن‌ها (در قالب ضرب ساده یا جمع شاخص‌های تک فاکتوری) را برای تعیین کلاس نهائی در نظر می‌گیرند (دلا روزا و وان دیپن، ۲۰۰۲). سیستم‌های ضرب‌پذیر، رایتینگ‌های[1] جداگانه‌ای را به هر یک از ویژگی یا عوامل زمین منسوب کرده، سپس حاصلضرب تمامی رایتینگ‌ها را به عنوان شاخص نهایی به دست می‌آورند. مزیت این سیستم‌ها در این است که هیچ فاکتور مهمی شاخص نهائی را کنترل نمی‌نماید. مزیت دیگر این روش‌ها در این است که امتیاز کلی هیچوقت نمی‌تواند یک عدد منفی باشد. ولی محدودیت این سیستم در این است که مقدار عددی شاخص نهایی می‌تواند به طور قابل توجهی پایین‌تر از رتبه‌بندی هر یک از فاکتورهای منفرد باشد. نخستین و شناخته شده‌ترین تلاش برای ارزیابی عملکرد خاک توسط استوری (استوری، ۱۹۳۳) ارائه گردیده‌است. سه مدل شناخته شده دیگر این دسته از روش‌های ارزیابی، معادله جهانی فرسایش خاک (USLE)، معادله جهانی فرسایش خاک تعدیل شده (MUSLE) و معادله جهانی فرسایش خاک بازبینی شده (RUSLE) هستند که به‌نحوی شاخص استوری را استفاده و میزان فرسایش اراضی را توسط ضرب مقادیر مهمترین عوامل در هم محاسبه می‌نمایند. حتی، برای برنامه‌ریزی مزرعه‌ای در دهه ۱۹۸۰، روش USLE در بسیاری از موارد جایگزین سیستم ارزیابی قابلیت اراضی امریکا می‌شده است.

[1]- Ratings

www.SID.ir

Archive of SID

روش‌های جمع‌پذیر، نیز با اختصاص یک ارزش عددی به مهمترین عوامل تأثیرگذار به نوع استفاده از اراضی، برای ارائه شاخص عددی قابلیت نوع استفاده، ارزش تمام عوامل را جمع می‌نمایند. جمع این اعداد یا حاصل تفریق آن‌ها از حداکثر ممکن (۱۰۰)، شاخص رتبه‌بندی نهایی را ایجاد می‌نماید. مزیت سیستم‌های جمع‌پذیر این است که می‌توان از تعداد ویژگی‌های اراضی بیشتری در مدل استفاده کرد. از مزایای دیگر این رویکرد این است که هیچ فاکتور واحدی نمیتواند آنقدر وزن داشته باشد که بر رتبه‌بندی نهایی تأثیر معنی‌داری داشته باشد. محدودیت‌های سیستم جمع‌پذیر ناشی از پیچیدگی آن‌ها است. با افزایش تعداد عوامل در مدل، مشکل در انتخاب تعداد ورودی‌های تأثیرگذار بیشتر می‌شود. مشکل دیگر موقعی پیش می‌آید که مجبور باشیم از رایتینگ منفی استفاده نمائیم. برای رفع این مشکل، می‌توان از روش‌های ترکیبی ارزیابی اراضی که مجموع روش‌های جمع و ضرب‌پذیر هستند، استفاده نمود. اکثر روشهای ترکیبی از فرآیندهای جمع‌پذیری برای ارزیابی ریسک تک فاکتورها و ضرب امتیازات منفرد برای ارائه شاخص نهایی استفاده می‌نمایند. واضح است که هر یک از فاکتورهای منظور شده باید توسط منحنی‌های پاسخ اختصاصی مورد قضاوت و تایید قرار گیرند تا بتوان آنها را در مدل وارد نمود. مزیت عمده این سیستم‌های ترکیبی این است که با استفاده از اطلاعات چندین عامل، از ارائه نتیجه نهایی غیر واقعی یا حتی منفی، جلوگیری می‌نمایند (دلا روزا و وان دیپن، ۲۰۰۲).

روش‌های آنالیز واریانس

سیستم‌های ارزیابی اراضی آماری روش‌های نیمه کمّی قدرتمندی هستند که برای پیش‌بینی تناسب اراضی بر اساس ویژگی‌های انتخاب شده اراضی استفاده می‌شوند. تجزیه و تحلیل همبستگی و رگرسیون چندگانه برای بررسی سهم نسبی ویژگی‌های زمین انتخاب شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. وقتی داده‌های ورودی مناسب (X) و پاسخ واقعی (Y) کافی در دسترس باشند، مدل‌های آماری می توانند، مبنای ارزیابی عینی ویژگی‌های زمین باشند. نمونه عملی آن در ارزیابی آلودگی محیط قابل اشاره است. در این نوع از مطالعات مقادیر متغیرهای آلودگی را تحت تیمارهای مختلف ارزیابی کرده اختلافات آن‌ها در خاک‌ها و گیاهان را با تجزیه واریانس نشان می‌دهند. در نهایت مقادیر متغیرها را با مقادیر استاندارد مقایسه و تفاسیری بر امکان آلایندگی استفاده از پسآب را در محیط بررسی می‌نمایند (ال گوبار و همکاران، ۲۰۱۶؛ آل جابوبی و همکاران، ۲۰۱۴).

تناسب اراضی یا متغیر پاسخ (Y) تحت تابع زیر تجزیه و تحلیل می‌شود:

$$Y = \varphi (X1 ،X2 ،... ،Xn) + \varepsilon \qquad (۱)$$

در این جا Xn ویژگی‌های زمین یا متغیرهای مستقل (مانند عمق خاک، میزان رس، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، pH، اشباع سدیم و غیره) و ε فاکتورهای باقیمانده را نشان می دهند. نوع تابع به کار گرفته شده (φ) می تواند هر تابع چند جمله‌ای رگرسیون چندگانه ای باشد.

روش‌های تک فاکتوره

برای کمی‌سازی ارزیابی اراضی، سیستم‌های تک فاکتوره تلاش می کنند تا با استفاده از روابط ریاضی تأثیر ویژگی‌های منفرد اراضی بر کارائی نوع استفاده حاکم بر زمین را بیان کنند. این روش‌ها وقتی یک ویژگی زمین تاثیر بسیار مثبت یا بسیار منفی بر کاربری زمین مورد نظر دارد، کارائی خوبی ارائه می‌نمایند. نمونه مشخصی از این نوع رابطه را در بیان تأثیر خصوصیات فیزیکی خاک در تولید محصول می‌توان این چنین نشان داد:

$$Si = 1 - e^{-xS} \qquad (۲)$$

اگر این رابطه را برای تأثیر عمق خاک بر تناسب اراضی به جهت استفاده‌ای خاص نوشته باشیم، آنگاه Si شاخص عمق خاک در مقیاس صفر تا یک و x ضریب ویژه محصولی با دیمانسیون cm^{-1}؛ و S عمق خاک بر حسب سانتی‌متر خواهد بود. روابط مربوط به هر فاکتور در هر نوع استفاده و مقادیر ضرایب مربوطه، باید قبلا توسط

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایشات میدانی تایید شده‌باشند (دلا روزا و وان دیپن، ۲۰۰۲).

روش‌های جدید ارزیابی اراضی

پیشرفت‌های جاری در فناوری اطلاعات فرصت‌هایی را برای بکارگیری تکنیک‌های مختلف مدل-سازی ایجاد کرده که بتوان پیچیده‌ترین سیستم‌های ارزیابی را معرفی نمود. این روش‌های نوظهور، بکارگیری روندهای کمی و امکان انجام مدیریت جامع را تسهیل می‌نماید. مدل‌سازی تجربی از مدل‌های آماری ساده، تحت استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی، به سایر مدل‌های پیشرفته‌تر ارتقاء یافته‌اند. همچنین ارزیابی اراضی با مدل‌های روند گرا که بر اساس درک مکانیسم‌های واقعی رشد گیاهان، فرایند رشد محصولات را شبیه‌سازی و با محاسبات خود را از طریق معادلات ریاضی، ترکیب و بسته‌های نرم افزاری کاملی را ایجاد نموده‌اند (دلا روزا و وان دیپن، ۲۰۰۲).

روش‌های تخصصی (Expert-system models)

روش‌های تخصصی به عنوان زیر مجموعه روش‌های استفاده از هوش مصنوعی و برنامه‌های کامپیوتری، مهارت و تجربه یک یا چند کارشناس را شبیه‌سازی کرده، راه حل‌های یک مشکل را ارائه می‌نمایند (ولاد، ۱۹۹۶). این سیستم‌های کیفی با استفاده از درخت تصمیم‌گیری[1]، نتایج استنباطی ارائه می‌کنند. در ارزیابی اراضی، درختان تصمیم بیان واضحی از فرآیند تطبیق کیفی و مقایسه کاربری‌ها با کیفیت زمین را بیان می‌کنند. هرچه دانش و تجربه کارشناسان بالاتر، عملکرد روش‌های تخصصی بهتر خواهد بود. درخت‌های تصمیم‌گیری مجرب ذاتا بر پایه پیشینه علمی (توصیف نظری) و تجربه افراد و کیفیت گفتگوها بین آنها برنامه‌ریزی می‌شوند.

درختان تصمیم‌گیری کلیدهای چند مسیره سلسله مراتبی هستند که در آنها برگ‌ها همان انتخاب‌ها (کلاس‌ها/ رنج‌ها از قبیل سطح تعمیم ویژگی‌های زمین هستند) و گره‌های داخلی درخت، معیارهای تصمیم‌گیری مانند کلاس‌های کیفیت یا کلاس‌های تناسب اراضی می-باشند. درخت‌های تصمیم، توالی کیفی تصمیم‌گیری‌ها را واضح‌تر از جداول تطبیق روش‌های سنتی حداکثر محدودیت نشان می‌دهند.

وقتی داده‌های تجربی و عملی خوبی وجود داشته باشد، تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری می‌تواند برای تولید مدل‌های ارزیابی زمین با صحت پیش‌بینی خوب استفاده شود. این مدل‌ها به ویژه در مواردی که شرایط اجرای دیگر مدل‌های آماری وجود ندارد، مفید هستند. درختان تصمیم و درختان رگرسیونی[2] برای شرایطی که آن نسبت بین تعداد مشاهدات به تعداد متغیرها (شرایطی که درشناسایی خاک‌ها و منابع طبیعی رایج است) پائین باشد، طراحی شده‌اند. برای تحلیل و نتیجه‌گیری در این روش‌ها، برای شناسایی ویژگی‌هایی که برای توصیف متغیر وابسته اثر حیاتی دارند، برای حصول بهترین نتیجه، یک فرایند تکرار محاسبات با ورودی‌های متفاوت اعمال می‌نمایند. روش‌های تخصصی، درختان تصمیم‌گیری نظری و آماری اغلب برای بهینه‌سازی نتایج استفاده می-شوند. سیستم خودکار ارزیابی زمین (ALES) یک برنامه کامپیوتری است که به ارزیابان اراضی اجازه می‌دهد تا سیستم‌های تخصصی را با توجه به چارچوب ارزیابی اراضی فائو، برای ارزیابی واحدهای اراضی اجرائی نمایند (دلا روزا و وان دیپن، ۲۰۰۲).

متدلوژی‌های فازی

به طور کلی، سیستم‌های ارزیابی سنتی از یک رویکرد بولین یا قاعده سازگار با اصل حداکثر عوامل محدود کننده پیروی می‌کنند (هر پدیده یا صفتی یا صفر است یا یک و هیچ پدیده بینابینی وجود ندارد). آگاهی رو به رشدی در مورد ناتوانی روش‌های بولین در عدم تطابق نتایج با واقعیات طبیعی ارائه شده است. برای فائق آمدن به این مشکل از دیدگاه فازی (قایل به وجود واقعییت-

[1]- Decision tree

[2]- Regression Tree

www.SID.ir

Archive of SID

هایی بین صفر و یک) در تجزیه و تحلیل داده‌های منابع زمین استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر علاقه شدید به استفاده از روش فازی در ارزیابی زمین ایجاد شده است و می‌تواند از آن به عنوان یک مرحله جدید در روند کمی-سازی ارزیابی مورد توجه قرار داد. در این روش، درجه تناسب حاصل از محدودیت ویژگی‌های زمین تعیین شده با منطق بولین، با تابع عضویت مدل‌های فازی جایگزین می‌شود. عضویتی که دقیقا با کلاسهای تعریف شده مطابقت دارند، مقدار یک و مقدار عضویتی که خارج از محدوده کلاس‌های تعریف شده قرار داشته باشند، مقداری بین صفر و یک به خود می‌گیرند (دلا روزا و وان دیپن، ۲۰۰۲).

تناسب واحدهای اراضی باید ترکیبی از وزن اثر ویژگی‌های مرتبط به آن واحدها بدست آید. تابع عضویت مشترک (JMF) یک مجموع وزنی از ویژگی‌های مختلف زمین (A، B، Z) را فراهم می کند.

$$JMFx = aAMFA + aBMFB + \ldots + aZMFZ$$

and

$$aA + aB + \ldots + aZ = 1$$

انتخاب وزن‌ها (aA، aZ ... aB) از اهمیت حیاتی برخوردار است. این را می‌توان بر اساس دانش متخصص و مشاوره محلی، داده‌های تجربی، روش‌های ارزیابی قبلی زمین و غیره به دست آورد. به هر حال استفاده از جبر سخت بولی با یک منطق ساده صفر و یک اغلب برای ارزیابی زمین به دلیل عدم سازگاری آن با ماهیت پیوسته متغیرهای خاک، عدم وجود قطعیت صد درصدی مرتبط با توصیف پدیده‌ها و یا به دلیل عدم قطعیت در فرموله کردن درخواست‌ها، کارائی لازم را ندارد.

مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی

نشان داده شده‌است که فن آوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی توانایی خوبی در برخورد با سیستم‌های چند متغیره غیر خطی دارند. در این مدل‌ها همچنین بین داده‌های واقعی و مغشوش (Noise) کاملا تفاوت قائل شده اند و توانایی تعمیم افزایش داده شده‌است. به عنوان مثال، آنها می‌توانند، به شیوه عمل مغز انسان، الگوهای ورودی بسیاری را پردازش و حالات مختلفی از نتایج را ارائه کنند. این تکنیک به ما امکان می‌دهد تا در ارزیابی زمین، مدل‌های نیمه کمّی پیچیده‌ایی را توسعه دهیم. یک شبکه عصبی مصنوعی یک مکانیسم محاسباتی است که با استفاده از مجموعه‌ای از داده‌های واقعی چند متغیره، اقدام به جمع‌آوری، نمایش و محاسبه وزن یا ایجاد نقشه نماید. شبکه های عصبی می‌توانند الگوهای مناسبی در داده‌های آموزش ورودی شناسایی کنند که ممکن است با تجزیه و تحلیل آماری متداول تشخیص داده نشوند. بر عکس مدل‌های رگرسیون آماری، شبکه‌های عصبی نیازی به داشتن روابط علت و معلولی بین متغیرهای ورودی و خروجی ندارند. علاوه بر این شبکه های عصبی غیر خطی بوده و ممکن است الگوهای بسیار پیچیده داخل داده‌ها را که توسط مدل‌سازی ریاضی غیر قابل اجرا هستند را حل نمایند. یکی دیگر از مزیت‌های شبکه‌های عصبی این است که هر نوع داده از نوع پیوسته، تقریبا پیوسته، حرفی و دوتایی را بدون نقض پیش فرض‌ها، در مدل وارد می‌نماید و توانایی مدل‌سازی پدیده‌های چند خروجی را دارند (دلا روزا و وان دیپن، ۲۰۰۲).

مدل‌های شبیه‌سازی پویا[1]

مدل‌های شبیه‌سازی پویا می‌توانند فرآیندهای بیوفیزیکی کمّی را که در زیست‌بوم‌های کشاورزی مانند رشد محصول، توازن آب خاک، آبشوئی مواد مغذی و یا فرسایش خاک نقش داشته‌اند، توصیف کنند. این مدل‌های مبتنی بر فرایند، در ارزیابی اراضی برای تعیین مقدار تولید محصول، اثرات خشکسالی، تلفات مواد مغذی و فرسایش خاک تحت گزینه‌های مختلف استفاده از زمین و مدیریت، استفاده می‌شوند. در این مدل‌ها، حتی ارزیابی اثر خصوصیات خاص در چند واحد اراضی طی زمان مورد بحث باشد، خروجی مدل می‌تواند با مقادیر متوسط و تغییرات آنها در مناطق طی زمان، ارائه شود. خروجی مدل می‌تواند به عنوان شاخص عملکرد زمین و یا به عنوان

[1]- Dynamic Simulation

www.SID.ir

Archive of SID

ضرایب فنی سیستم‌های استفاده از زمین در مرحله بعدی پردازش داده‌ها استفاده شود. بزرگترین محدودیت استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی پویا در این است که نیازمند تعداد داده‌های ورودی خیلی زیادی می‌باشند و کالیبره کردن و اعتبارسنجی آن‌ها در محیط‌های اگرواکولوژی جدید دشوار است. مدل‌های شبیه‌سازی پویا می‌توانند اطلاعات کمی را به ویژه در مورد رژیم آب و همچنین تاثیر آن بر عملکرد محصول ارائه دهند. تجزیه و تحلیل شبیه‌سازی دینامیکی ابعاد دیگری از قبیل ارزیابی تغییرات زمانی نیازمندی‌های استفاده از اراضی و خصوصیات اراضی را ایجاد می‌نمایند (دلا روزا و وان دیپن، ۲۰۰۲). همچنین روش‌های شبیه‌ساز پویای مرتبط با سیستم‌های خاک/گیاه و یا رشد/آلودگی در مقیاس محلی نسبتا پیشرفت کرده است، ولی تعمیم نتایج به مقیاس منطقه‌ای همچنان یک اولویت مهم است. این تعمیم می‌تواند توسط تکنیک‌های بزرگ مقیاس سازی[1] انجام شود، یعنی باید بوسیله توسعه توابع انتقال داده‌ها، ارتباط لازم بین متغیرهای ورودی مدل‌های شبیه‌سازی و اطلاعات موجود در پایگاه‌های داده‌های خاک‌شناسی ایجاد شده وارد مدل گردند.

مدل‌های هیبریدی[2]

در سیستم‌های هیبریدی ارزیابی زمین، از طریق ارتباط دو نوع مدل، یک تابع استدلال کیفی شبیه‌سازی می شود، در حالی که در بخش دیگری، مدل‌سازی کمی را شبیه‌سازی می‌شود. به عنوان مثال، دریک مدل درخت تصمیم‌گیری، شاخه‌های ایجاد شده از داده‌های کیفی آن با شاخه‌های ایجاد شده از داده‌های کمی حاصل از مدل شبیه‌سازی، ترکیب می‌شود. از این سیستم‌های هیبریدی با استفاده از درخت تصمیم‌گیری کیفی و شبکه‌های عصبی مصنوعی نیمه کمی برای ارزیابی خطر فرسایش خاک استفاده شده‌است. رویکرد ترکیب روش تخصصی / شبکه عصبی عملکرد بسیار خوبی در مدل‌سازی فرسایش خاک داشته‌است و توانایی کمی‌سازی و تعمیم بسیار خوبی برای تخمین فراهم نموده است. در این فرآیند، با توجه به تجزیه و تحلیل حساسیت و اعتبارسنجی، در این مدل ترکیبی، ارتباطات بین پارامترهای ورودی را تشخیص و آسیب پذیری فرسایش خاک را به طور دقیق باز تولید می‌کنند.

برنامه‌ریزی استفاده از زمین (Land use planning)

اکثر ارزیابی‌ها، بر مبنای قضاوت متخصصان خاک‌شناسی و کشاورزی و تفسیر داده‌های میدانی برای قابل درک کردن مفاهیم برای برنامه‌ریزان، مروجان و زارعان، انجام می‌شود. اخیرا مطالعات اختصاصی محدودیت‌های خاک (به ویژه حاصلخیزی خاک، آب و اکسیژن موجود در خاک، قابلیت کارکرد خاک و خطرات تخریب مانند فرسایش خاک و شور شدن خاک) موجب تسهیل شبیه‌سازی کمی فرآیندهای استفاده از زمین و پیش‌بینی عملکرد شده است. توسعه فناوری اطلاعات در طول بیست سال گذشته محققان را قادر ساخته تا در تجزیه و تحلیل تعاملات بین منابع زمین و استفاده از زمین پیشرفت زیادی نمایند.

به لحاظ مفهومی، ارزیابی زمین، در مدل‌های جامع‌نگر، الزامات اکولوژیکی و مدیریتی انواع مختلف استفاده از زمین را با در نظر گرفتن شرایط سیاسی-اجتماعی و اقتصادی را با کیفیات زمین مطابقت می‌دهند و سناریوهای قابل اجرا را برای تصمیم‌سازی و مدیریت پایدار ارائه می‌نماید (جان بیک و همکاران، ۱۹۹۷). ارزیابی زمین به سوالاتی از قبیل: "چه نوع استفاده‌های فیزیکی دیگر از زمین امکان‌پذیر است؟ و از لحاظ اقتصادی و اجتماعی این نوع استفاده مناسب‌اند؟"، "برای رساندن تولید به سطح مورد نظر، چه نهاده‌هایی و به چه میزان، لازم است؟" و "استفاده‌های فعلی از زمین کدامند و اگر معیارهای فعلی مدیریت ثابت باقی بمانند، به چه عواقبی منجر خواهند شد؟ ". ارزیابی زمین اغلب در پاسخ به سوال، " آیا در نوع استفاده جاری نیاز به تغییر وجود دارد یا خیر؟"، به اجرا در می‌آید. اطلاعات و توصیه‌های فرآوری شده تنها به صورت یکی از ورودی-

[1]- Up Scaling
[2] - Hybrid Models

www.SID.ir

Archive of SID

های چندگانه در فرآیندهای ارزیابی زمین و برنامه‌ریزی استفاده از زمین استفاده می‌شوند. فرایند برنامه‌ریزی استفاده از زمین، به نوبه خود، سناریوهای اولیه استفاده از زمین را ارائه می‌نماید؛ بنابراین دو فرآیند به هم وابسته و در راستای کلی ارزیابی مکمل هم می‌باشند (الیاسون، ۲۰۰۷). هدف اصلی برنامه‌ریزی استفاده از زمین برای اطمینان از استفاده بهینه هر واحد اراضی به منظور ارائه حداکثر مزایای اجتماعی، به خصوص تولید مواد غذایی، بدون تخریب منابع زمین می‌باشد. برنامه‌ریزی استفاده از زمین دارای جوانب سیاسی و عقلانی نیز می‌باشد. در نظر گرفتن فرآیندهای سیاسی در اجرای هرچه واقعی‌تر برنامه‌ریزی استفاده از زمین لازم و ضروری می‌باشند (بنی نعمه، ۲۰۰۳).

برنامه‌ریزی جامع استفاده از اراضی

(Comprehensive land use planning**)**

احیای ارزش‌های زیست‌محیطی و چینش گزینه‌های بلند مدت استفاده از زمین، همواره جزء نگرانی‌های عمده بشر بوده است. بکارگیری برنامه‌های استفاده از منابع یکپارچه‌تر و جامع‌تر برای افزایش تولیدات کشاورزی، برای جامع عمل پوشاندن به اهداف تولید کشاورزان یا رفاه نسل آینده، کاهش فقر و حفظ محیط‌زیست، در دستور کار کشورهای در حال توسعه می‌باشد (سون و همکاران، ۲۰۰۸). نمونه بارز چنین مطالعاتی مطالعات تعیین الگوی کشت (مدیریت چند جانبه اراضی کشاورزی به هدف متعادل نگه داشتن تولید و اقتصاد کشاورز، استفاده بهینه از منابع و حفظ محیط زیست) منطقه‌ای می‌باشد. طراحی و پیشنهاد الگوی کشت یکی از مهمترین مباحث در برنامه‌ریزی کشاورزی هر کشور محسوب می‌شود. بطورکلی عوامل مؤثر بر الگوی کشت محصولات زراعی و باغی را می‌توان عوامل محیطی و منابع طبیعی (اقلیم، منابع آب و خاک و ...)، عوامل زیست‌محیطی، عوامل اجتماعی، سیاست‌گذاری‌های دولت و عوامل اقتصادی دانست. الگوی کشت محصولات به عنوان برنامه تولیدات کشاورزی آینده، در درجه اول بایستی برآیندی مناسب و قابل اجرا از تلفیق صحیح کلیه پتانسیل‌ها، محدودیت‌ها و نیازهای هر منطقه باشد، در حالی‌که همزمان بایستی به نیازهای ملی نیز پاسخگو باشد.

مدیریت پایدار اراضی

(Sustainable land management)

مدیریت جامع و پایدار اراضی عمدتا برای برنامه‌ریزی استفاده از اراضی در مقیاس کشوری اعمال می‌گردد که در کشور ما به عنوان آمایش سرزمین خوانده می‌شود. آمایش سرزمین در واقع با ارزیابی و پایدار نمودن توابع خاک و خدمات زیست‌بومی و ارائه راه کارهایی برای نیل به آرمان‌های هفده‌گانه توسعه پایدار، سعی در ایجاد مدیریتی پایدار برای کشور می‌باشد. فعالیت‌های آمایش سرزمین شامل اقدامات ساماندهی و نظام‌بخشی به فضای طبیعی، اجتماعی و اقتصادی در سطوح ملی و منطقه‌ای است که بر اساس تدوین اصلی‌ترین جهت‌گیری‌های توسعه بلند مدت کشور در قالب تلفیق برنامه‌ریزی‌هایی از بالا و پایین و با تکیه بر قابلیت‌ها، توانمندی‌ها، تغییرات پویای زمانی-مکانی متغیرها و محدودیت‌های منطقه‌ای در یک برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیرانه، هماهنگ و بلندمدت صورت می‌گیرد. این رویکرد زمینه تعامل میان سه عنصر انسان، فضا، فعالیت و ارائه چیدمان منطقی فعالیت‌ها در عرصه سرزمین را فراهم می‌کند. هدف کلی آمایش سرزمین عبارت است از سازماندهی فضا به منظور بهره‌وری مطلوب از سرزمین در چهارچوب منافع ملی و محیطی است. آمایش سرزمین زیربنای سازماندهی توسعهٔ منطقه‌ای است و به بیانی دیگر ابزار اصلی برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های منطقه‌ای، ملی و جهانی است. آمایش سرزمین، روند جامعی از برنامه-ریزی منطقه‌ای را ارائه می‌کند. این شکل از مطالعه برای به‌کارگیری برنامه‌ریزی منطقه‌ای در سطح یک کشور بهترین مکمل برای برنامه‌ریزی کلان و منطقه‌ای است. برنامه‌ریزی آمایش سرزمین چون با دیدی وسیع و همه جانبه به فضای ملی نگاه می‌کند، همهٔ مناطق کشور را باحوصله و دقت و از جهات مختلف مورد مطالعه و

www.SID.ir

Archive of SID

شناسایی قرار می‌دهد. سپس بر اساس توانمندی‌ها، قابلیت‌ها واستعدادهای هر منطقه باتوجه به یکنواختی و هماهنگی اثرات نتایج عملکردهای ملی آن‌ها، نقش و مسئولیت خاصی را به هر منطقه محول می‌کند.

مهم‌ترین خصوصیات آمایش سرزمین، جامع‌نگری، دوراندیشی، کل‌گرایی، کیفیت‌گرایی و سازماندهی فضای کشوراست. هدف آمایش سرزمین، توزیع بهینهٔ جمعیت و فعالیت در سرزمین است، به‌گونه‌ای که هر منطقه متناسب با قابلیت‌ها، نیازها و موقعیت خود از طیف مناسبی از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی برخوردار باشد و جمعیتی متناسب با توان و ظرفیت اقتصادی خود بپذیرد؛ به عبارت دیگر، سازماندهی فضا به منظور بهره‌وری مطلوب از سرزمین در چهارچوب منافع ملی، هدف کلی آمایش سرزمین می باشد. آمایش سرزمین، زمینهٔ اصلی تهیهٔ برنامه‌های توسعه اقتصادی-اجتماعی هر منطقه را فراهم می آورد و ابزار اصلی تلفیق برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و اجتماعی با برنامه‌ریزی‌های فیزیکی و فضایی خواهد بود. از آن‌جا که برای تحقق اهداف توسعه، باید همهٔ منابع اجتماعی را اعم از منابع انسانی، اقتصادی و منابع فضایی و محیطی به کار گرفت و به کارگیری همهٔ این‌ها مستلزم برنامه‌ریزی است، لذا آمایش سرزمین مبنای طرح‌ها و برنامه‌های جامع توسعه بوده و پیوند دهندهٔ برنامه‌ریزی‌های اقتصادی، اجتماعی و فضایی یا مجموع آنان درقالب برنامه‌ریزی جامع و در مقیاس ملی و منطقه‌ای است.

روش‌های ارزیابی زیست‌بومی

برنامه‌ریزی منابع زمین (Land resources planning)

برنامه‌ریزی استفاده از زمین و بطور وسیعتر برنامه‌ریزی منابع زمین (LRP)، با توجه به ابعاد بیوفیزیکی و اقتصادی اجتماعی مد نظر، ابزاری برای دستیابی به استفاده پایدار و کارآمد از منابع است. با این وجود، در دسترس نبودن ابزار و اطلاعات مناسب برای حمایت و رفع نیازهای تصمیم گیرندگان در مقیاس‌های مختلف، می‌تواند محدودیت بزرگی برای اجرای آن محسوب شود. نیازهای تصمیم گیرندگان برای رسیدگی به چالش‌ها و عوامل تغییردهنده و ترویج پاسخ‌های مؤثر و پایدار نیاز به داده، اطلاعات و مجموعه‌ای از ابزارها و روش‌های به روز برای برنامه‌ریزی منابع زمین دارد. برنامه‌ریزی منابع زمین، با بکارگیری ابعاد بیوفیزیکی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و حکومتی، باید مدیریت چشم‌انداز یکپارچه‌ای انجام دهد که نیازهای ذینفعان مختلف را برآورده ساخته و استراتژی‌های ملی مختلف را اجرائی نماید. پیشنهاد شده که یک فرایند هم فکری با طیف وسیعی از ذینفعان که در مقیاس‌های مختلف فعالند، به منظور جمع‌آوری بازخوردهای اصلاحی در ابزار و روش‌های بکار گرفته‌شده جمع‌آوری و در جهت رفع اشکالات و استفاده از فرصت‌های احتمالی استفاده شوند. این فرآیند مشاورتی باید به تشکیل یک استراتژی برای توسعه، آزمون و اعتبار سنجی برنامه منتهی گردد (زیادت و همکاران، ۲۰۱۷).

برنامه‌ریزی منابع زمین شامل یک ارزیابی زمین و برنامه‌ریزی استفاده از زمین می‌شود که شامل یک برنامه ارزیابی سیستماتیک پتانسیل زمین است که از طریق فرایندهای مشارکتی چندگانه، چند بخشی، استفاده از زمین را بهینه نموده و شرایط اقتصادی و اجتماعی را بهبود می‌بخشد. در این راستا، سازمان خوار و بار جهانی برای، کاهش تخریب اراضی، استفاده از برنامه‌های مدیریت پایدار اراضی در کشاورزی، دامداری و جنگلداری را ترویج می‌نماید و از سوی دیگر، احیا و بازسازی زمین‌های تخریب شده را در دستور کار خود قرار داده‌است. برنامه‌ریزی منابع زمین بخشی از مدیریت یکپارچه و پیوسته مدیریت منابع زمین است که شامل ارزیابی اراضی، شناسایی نیازها و چالش‌ها، انتخاب و اجرای گزینه‌های بهینه مدیریت پایدار اراضی و سیستم-های پشتیبانی تصمیم در مزرعه، چشم‌انداز و مقیاس ملی و نظارت و ارزیابی اثرات برای اطلاع‌رسانی به تصمیم-گیرندگان و ذینفعان می‌باشد. برنامه‌ریزی منابع زمین یک رویکرد و به کارگیری گزینه‌های مطلوب مدیریت پایدار

www.SID.ir

Archive of SID

اراضی در یک زمینه مدیریت یکپارچه است که توسط سیاست و ساختار کشورها، پشتیبانی می‌شود. پیاده‌سازی طرح‌های مدیریتی باید با مشارکت همه ذینفعان اجرا شده، نتایج و تاثیرات آن به صورت دوره‌ای، باید به اطلاع تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان رسانیده شود (زیادت و همکاران، ۲۰۱۷).

ارزیابی توابع و خدمات زیست‌بومی خاک‌ها

توابع خاک و خدمات اکوسستمی خاک به روش‌های زیر ارزیابی می‌شوند (گرینر و همکاران، ۲۰۱۷).

رویکردهای استفاده از شاخص: این رویکردها، از خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک به عنوان شاخص-های ساده یک بعدی برای بیان وضعیت و شرایط کیفی عملکرد یا کیفیت خاک تعریف و از آن‌ها برای ارزیابی استفاده می‌نماید (کارلن و همکاران، ۲۰۰۳؛ اوباده و لعل، ۲۰۱۶؛ وین هولد و همکاران، ۲۰۰۴).

رویکردهای استاتیک: رویکردهای استاتیک با استفاده از قوانین تجربی ساده برای اندازه‌گیری توابع خاک اقدام می‌نمایند (لهمن و همکاران، ۲۰۱۳; کالزولاری و همکاران،۲۰۱۶). رویکردهای استاتیک ظرفیت کلی خاک را به عنوان توانائی انجام یک تابع خاص ارزیابی می‌کنند، اما تاثیرات استفاده از زمین و شیوه‌های مدیریت زمین در نظر گرفته نمی‌شوند. رویکردهای استاتیک به طور خاص مناسب برنامه‌ریزی استفاده از زمین برای حمایت از استفاده پایدار از منابع خاک می‌باشند (لهمن و استاهر، ۲۰۰۷؛ مولر و همکاران، ۲۰۱۰).

رویکردهای پویا: رویکردهای نیمه پویا یا پویا شامل ارزیابی فرآیندهای خاک، آب، هوا و سایر عوامل محیطی و همچنین تغییرات زمانی و مکانی شیوه‌های استفاده از زمین و مدیریت زمین است. این رویکردها شامل مطالعات مدل‌سازی خاک و محیط زیست و همچنین مدل‌های بیوفیزیکی در زمینه‌های مختلف (مانند چرخه مواد غذایی، چرخه آب و تخریب خاک)، با توجه به فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شوند. به طور کلی رویکرد شاخص‌های خاک و رویکرد استاتیکی بر وضعیت خاک در شرایط فعلی تمرکز دارند و رویکردهای پویا برای ارزیابی روندها و تغییرات زمانی مناسب‌اند. سیاستگذاری بر توابع و خدمات زیست‌بومی خاک نیاز به داشتن نتایج ارزیابی در شرایط فعلی و روند تغییرات آن‌ها دارند (ماعز و همکاران، ۲۰۱۲).

نتیجه‌گیری

همه کشورها در یک مشارکت جهانی در تحقق آرمان‌های پایدار و اهداف تابعه شریک شده تا بشر را از استبداد و فقر و گرسنگی آزاد کرده و با کاهش مخاطرات زیست‌محیطی، سیاره زمین را امن نمایند. برای جامع عمل پوشاندن به این اهداف، برنامه توسعه پایدار جهانی در دستور کار کشورهای مختلف تا سال ۲۰۳۰ قرار دارد. ارتباطات و ماهیت اهداف توسعه پایدار، یکپارچه، تفکیک‌ناپذیر بوده و ابعاد توسعه اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی هر کشوری را شامل می‌شود. برای اطمینان از محقق شدن آرمان‌ها و اهداف توسعه پایدار، اجرای همه جانبه فعالیت‌ها در همه کشورها اهمیت حیاتی دارد. برای حصول به آرمان‌های تعریف شده، کشورها ناگزیر به تهیه پایگاه داده‌های منابع طبیعی در مقیاسی کاربردی و متعاقب آن انجام مطالعات ارزیابی همه جانبه منابع طبیعی برای مدیریت پایدار در سطح ناحیه‌ای، منطقه‌ای و ملی می‌باشند.

پیشنهادهای ترویجی

بر اساس خط مشی تعیین شده از طرف سازمان ملل متحد و مشارکت کشور از ارکان و برنامه‌های تعریف شده برای رسیدن به اهداف ملی، درک مزامین و روش-های درگیر با داده‌کاوی، نقشه‌برداری و استفاده از اطلاعات کمی و کیفی در ارزیابی تمام خصوصیات نشان دهنده سلامت و کارایی خاک و مسایل محیطی در سطوح ملی، استانی و محلی لازمه پیشبرد اهداف حفظ و بهره-برداری پایدار منابع طبیعی می‌باشد. به همین جهت اجرای متوالی مراحل زیر در کشور پیشنهاد می‌گردد:

www.SID.ir

Archive of SID

تهیه پایگاه داده (نقشه پراکنش و داده‌های کمی مرتبط) همه جانبه و چند گرایشی از ذخایر منابع طبیعی
تهیه نقشه‌های رقومی موضوعی از تمام خصوصیات، کیفیت و فاکتورهای خاک ارزیابی اراضی برای محصولات رایج و قابل ترویج،
ارزیابی و تعیین کلاس‌های کیفیت اراضی، صفات خاک و شناسایی مناطقی که احتیاج به بهسازی و اصلاح دارند،
اجرای طرح‌های بهسازی و یا اصلاحی اراضی.

فهرست منابع

۱. ایوبی ش.، ا. جلالیان، ۱۳۸۹. ارزیابی اراضی (کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی). دانشگاه صنعتی، چاپ دوم.
۲. حسنی م. و ح. مرادی ،. بررسی کارایی روش‌های سنتی و مدرن در ارزیابی اثرات زیست محیطی. دومین کنفرانس برنامه ریزی مدیریت محیط زیست.
۳. سعیدی م. ع. کرباسی، ت. سهراب، ر. صمدی، ۱۳۸۴.مدیریت زیست‌محیطی نیروگاه‌ها. نشر وزارت نیرو- سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا).
۴. هرچگانی ح. و گ. بنی طالبی، ۱۳۹۲. اثر بیست و سه سال آبیاری سطحی با پساب شهری بر انباشت بعضی فلزات سنگین در خاک، انتقال به دانه‌های گندم و ذرت و خطرات بهداشتی مرتبط. نشریه آب و خاک دانشگاه فردوسی مشهد (علوم و صنایع کشاورزی)،۲۷جلد ۳شماره صفحات ۵۷۰-۵۸۰.

5. Adhikari K., A. E. Hartemink, 2016. Linking soils to ecosystem services- A global review. Geoderma 262, pp 101-111.
6. Alghobar M. A., S. Suresha, 2016. Evaluation of metal accumulation in soil andtomatoes irrigated with sewage water from Mysorecity, Karnataka, India. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, King Saud University. DOI:10.1016/j.jssas.2015.02.002.
7. AL-Jaboobi Muamar, Abdelmajid Zouahri, M'hamed Tijane, Abdellah El Housni, Zakaria Mennane, Hasna Yachou and Mohammed Bouksaim, 2014. Evaluation of heavy metals pollution in groundwater, soil and some vegetables irrigated with wastewater in the Skhirat region "Morocco" J. Mater. Environ. Sci. 5 (3) pp 961-966.
8. Balkhair K. S., M. A. Ashraf, 2016. Field accumulation risks of heavy metals in soil and vegetable crop irrigated with sewage water in western region of Saudi Arabia. Saudi Journal of Biological Sciences, 23, S32–S44.
9. Bani Neameh J., 2003. Land evaluation for Land Use Planning with especial attention to sustainable fodder production in the Rouzeh Chai catchment of Orumiyeh area – Iran. MSc thesis submitted to the International Institute for Geo-information Science and Earth Observation.Enschede, the Netherlands.
10. Blum W.E.H. (1993) Soil Protection Concept of the Council of Europeand Integrated Soil Research, in: Eijsackers H.J.P., Hamer T. (Eds.), Integrated Soil and Sediment Research: A basis for ProperProtection, Soil and Environment, Dordrecht: Kluwer AcademicPublishers, Vol. 1, pp. 37–47.
11. Bouma J, Kwakernaak C, Bonfante A, Stoorvogel JJ, Dekker LW (2015). Soil science input intransdisciplinary projects in the Netherlands and Italy. Geoderma Reg 5:96–105, http://dx.doi. org/10.1016/j.geodrs.2015.04.002.
12. Bouma J., 2019. Soil Security in Sustainable Development. Soil Syst., 3, 5; doi: 10.3390/soils stems 3010005.
13. Bouma J., M.K. van Ittersum, J.J. Stoorvogel, N.H. Batjes, P. Droogers, and M.M. Pulleman, 2016. Soil Capability: Exploring the Functional Potentials of Soils, In: D.J.

www.SID.ir

Archive of SID

Field et al. (eds.), Global Soil Security, Progress in Soil Science, DOI 10.1007/978-3-319-43394-3_3.

14. Bouma, J., 2015. Reaching out from the soil-box in pursuit of soil security. Soil Sci. PlantNutr. 1–10.
15. Bouma, J., Van Ittersum, M.K., Stoorvogel, J.J., Batjes, N.H., Droogers, P., Pulleman, M.M., 2017. Soil capability: exploring the functional potentials of soils. In: Field, D.J.e.a. (Ed.), Global Soil Security. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 27–44.
16. Bünemann E. K., G. Bongiorno, Z. Bai, R. E. Creamer, Gerlind De Deyn, Ron de Goede, Luuk Fleskens, Violette Geissen, Thom W. Kuyper, Paul Mäder, Mirjam Pulleman, Wijnand Sukkel, Jan Willem van Groenigen, Lijbert Brussaard, 2018. Soil quality – A critical review. Soil Biology and Biochemistry, 120, 105-125 pp.
17. Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H., Pierce, F.J., 1997. Concepts of soil quality and their significance. In: Gregorich, E.G., Carter, M.R. (Eds.), Developments in Soil Science. Elsevier, pp. 1–19.
18. Chiroma T. M1., Ebewele R. O2. And Hymore F.K, 2014, Comparative Assessement of Heavy Metal Levels In Soil, Vegetables and Urban Grey Waste Water Used For Irrigation in Yola and Kano. International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES). Volume 3, Issue 2, PP.01-09.
19. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature387 (6630), 253–260.
20. De Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J., 2002. A typology for the classification, descriptionand valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecol. Econ. 41(3), 393–408.
21. De la Rosa D. and C.A. van Diepen, 2002. Qualitative andQuantitative Land Evaluation, in 1.5. Land Use and Land Cover, in Encyclopedia ofLife Support System (EOLSS-UNESCO), Eolss Publishers. Oxford, UK.[http://www.eolss.net]
22. Delgado, F., Lopez, R., 1998. Evaluation of soil development impact on the productivity of Venezuelan Soils. Advances in GeoEcology 31: 133-142.
23. Dengiz O., M. Usul, 2018. Multi-criteria approach with linear combination technique and analytical hierarchy process in land evaluation studies. Eurasian J Soil Sci., 7 (1) 20 – 29.
24. Dominati, E., Mackay, A., Green, S., Patterson, M., 2014. A soil change-based methodology for the quantification and valuation of ecosystem services from agro-ecosystems: a case study of pastoral agriculture in New Zealand. Ecol. Econ. 100, 119–129.
25. Dumanski, J., Pieri, C., 2000. Land quality indicators: research plan. Agriculture, Ecosystems & Environment 81, 93–102.
26. Eliasson A., 2007. Review of Land Evaluation Methods for Quantifying Natural Constraints to Agriculture The Institute for Environment and Sustainability. Joint Research Centre, Ispra (Italy).
27. Fagbote Emmanuel Olubunmi, Olanipekun Edward Olorunsola, 2010. Evaluation of the Status of Heavy Metal Pollution of Sediment of Agbabu Bitumen Deposit Area, Nigeria. European Journal of Scientific Research No.3, pp.373-382.
28. FAO (1976) A framework for land evaluation. Soils bulletin 32. Food and Agriculture of the UnitedNations, Rome. ISBN 92 5 100111 1. pp. 72.
29. FAO 2017. Voluntary Guidelines for Sustainable Soil ManagementFood and Agriculture Organization of the United NationsRome, Italy.
30. FAO and ITPS, 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
31. FAO and ITPS, 2017. Global assessment of the impact of plant protection products on soil functions and soil ecosystems, Rome, FAO. 40 pp.
32. FAO, 2015. Revised World Soil Charter. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy.

www.SID.ir

Archive of SID

33. Greiner L., A. Keller, A. Grêt-Regamey, A. Papritz, 2017. Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. Land Use Policy, 69: 224-237 pp.
34. Harrison, R., Strahm, B., Yi, X., 2010. Soil education and public awareness. In: Verheye, W.H. (Ed.), Soils, Plant Growth and Crop Production. Vol. III. Encyclopaedia of LifeSupport Systems (EOLSS). EOLSS publishers/UNESCO, UK, pp. 196–218.
35. Hewitt, A., Dominati, E., Webb, T., Cuthill, T., 2015. Soil natural capital quantification bythe stock adequacy method. Geoderma 241–242, 107–114.
36. Iwegbue C.M.A., F.I. Bassey, G.O. Tesi, G.E Nwajei and A.I. Tsafe, 2013. Assessment of Heavy Metal Contamination in Soils around Cassava Processing Mills in SubUrban Areas of Delta State, Southern Nigeria. Nigerian Journal of Basic and Applied Science, 21(2): 96-104pp.
37. Jan Beek K., K. de Bie and P. Driessen, 1997. Land Evaluation for Sustainable Land Management. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) P.O.Box 6, 7500 AA Enschede, the Netherlands.
38. Jintao L., Cuicui Chen, Xiuli Song, Yulan Han, Zhenhai Liang, 2011. Assessment of Heavy Metal Pollution in Soil and Plants from Dunhua Sewage Irrigation Area. Int. J. Electrochem. Sci., 6 pp 5314 – 5324.
39. Jón Örvar Jónsson J. O., B. Davidsdottir, N. P. Nikolaidis, 2016. Valuation of Soil Ecosystem Services. Chapter in Advances in Agronomy · DOI: 10.1016/bs.agron. 2016.10.011.
40. Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman G.E. (1997). Soil quality: a concept, definition and frameworkfor evaluation, Soil Sci. Soc. Am. J. 61, 4–10.
41. Karlen, D.L., Ditzler, C.A., Andrews, S.S., 2003. Soil quality: why and how? Geoderma 114, 145–156. http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7061 (03)00039-9.
42. Keesstra, S. D., Bouma, J., Wallinga, J., Tittonell, P., Smith, P., Cerdà, A., Montanarella, L., Quinton, J. N., Pachepsky, Y., van der Putten, W. H., Bardgett, R. D., Moolenaar, S., Mol, G., Jansen, B., and Fresco, L. O., 2016. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals, SOIL, 2, 111-128, https://doi.org/10.5194/soil-2-111-2016.
43. Klingebiel, A.A., Montgomery, P.H., 1966. Land Capability Classification. United States Department of Agriculture. Handbook No. 210, Washington, USA.
44. Ludwig M., P. Wilmes, S. Schrader, 2018. Measuring soil sustainability via soil resilience. Science of the Total Environment, 626: 1484- 1493.
45. McBratney, A.B., Field, D.J., Koch, A., 2014. The dimensions of soil security. Geoderma 213,203–213.
46. McRae, S.G., Burnham, C.P., 1981. Land Evaluation. Clarendon Press, Oxford, UK. 239 p.
47. MEA, 2005.MillenniumEcosystemAssessment: Ecosystems and HumanWell-being 5. IslandPress Washington, DC.
48. Obade, V., Lal, R., 2016. Towards a standard technique for soil quality assessment. Geoderma 265, 96–102. http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.11.023.
49. Robinson, D.A., Emmett, B.A., Reynolds, B., Rowe, E.C., Spurgeon, D., Keith, A.M., Lebron, I., Hockley, N., 2012. Soil natural capital and ecosystem service delivery in a world ofglobal soil change. In: Hester, R.E., Harrison, R.M. (Eds.), Soils and Food Security. Issuesin Environmental Science and Technology Series, pp. 41–68.
50. Saaty, T, 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw Hill International, New York, USA. 287p.
51. Smyth, A.J. and Dumanski, J. 1993. FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management. A discussion paper. World Soil Resources Report 73. Food & Agriculture Organization, Rome, Italy. 74 pp.
52. Son N. T., T. V. Hieu, R. P. Shrestha, N. T. Trieu, N. V. Kien, V. T. Anh, P. A. Dung, H. N. Duc, N. M. Du, N. X. Niem, 2008. Integrated land-use planning for sustainable

www.SID.ir

Archive of SID

agriculture and natural resources management in the Vietnamese Mekong delta. AEJ (2008) 6:307–324. DOI 10.1007/s10308-008-0175-1.

53. Storie, R.E., 1938. An index for rating the agricultural valuve of soils. Bulletin 556. University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station Berkeley, California, USA. 46p.
54. Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J., 1991. Land evaluation part I Principles in land evaluation and crop production calculations. General administration for development cooperation (GADC), Agricultural Publications No. 7, Brussels, Belgium. Pp.40-80.
55. Szabolcs, I., 1994. The concept of soil resilience. In: Greenland, D., Szabolcs, I. (Eds.), SoilResilience and Sustainable Land Use. CAB International, Wallingford, UK, pp. 33–39.
56. Thomas F Doring T. F., A. Vieweger, M. Pautasso, M. Vaarst, M. R Finckh and M. S. Wolfe. 2014. Resilience as a universal criterion of health. Published online in Wiley Online Library, DOI 10.1002/jsfa.6539.
57. UNEP (2016) Unlocking the Sustainable Potential of Land Resources: Evaluation Systems, Strategies and Tools. A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel. ISBN: 978-92-807-3578-9.
58. UNEP, 2016. Unlocking the Sustainable Potential of LandResources: Evaluation Systems, Strategies and Tools.A Report of the Working Group on Land and Soils of theInternational Resource Panel. Herrick, J.E., O. Arnalds,B. Bestelmeyer, S. Bringezu, G. Han, M.V. Johnson, D. Kimiti,Yihe Lu, L. Montanarella, W. Pengue, G. Toth, J. Tukahirwa,M. Velayutham, L. Zhang. ISBN: 978-92-807-3578-9.
59. United Nations (UN), 2015. Resolution 70/1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.
60. Vlad V., 1996. Proposal for an integrated expert system for land evaluation in Romania. "Stiinta Solului / Soil Science", Bucharest, vol.XXX, no.2, p.77-91.
61. Wienhold, B.J., Andrews, S.S., Karlen, D.L., 2004. Soil quality: a review of the science and experiences in the USA. Environ. Geochem. Health 26, 89–95.
62. Young, I., Crawford, J., 2004. Interactions and self-organisation in the soil-microbe complex.Science 304, 1634–1637.
63. Ziadat Z., S. Bunning and E. De Pauw, 2017. Land resource planning for sustainable land management. Land and Water Division Working Paper No. 14, FAO publication, ISBN 978-92-5-109896-7.

www.SID.ir

Archive of SID

Land Assessment: The Prerequisite to Sustainable Development

N. Toomanian[1] and A. Zenadini Meymand

Associate professor of Soil Science, Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran. **norairtoomanian@gmail.com**

Assistant professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural and Natural Resources Research and Education Organization, AREEO, Tehran, Iran. **Ali_zeinadin@yahoo.com**

Abstract

With the new concepts and goals defined under global ecosystem sustainability and the potential contributions of soil ecosystems to the sustainability of nature and natural resources, efforts have been made to redefine the role of the science of evaluation in achieving the goals thereby defined. Introducing the components of a sustainable ecosystem, the present study strives to explore the functions of soil ecosystem and to define the role of land assessment in developing a road map toward environmental sustainability. Although the science of evaluation serves as the foundation for decision and policy making processes, it has not yet been properly and systematically exploited to achieve optimally integrated resource management. Environmental assessment, no matter how it is employed, is still the missing link in decision and policy making processes as part of sustainable resource management. It, indeed, requires due consideration in all such processes as it plays a pivotal role in bridging all environmental, economic, and engineering disciplines. Land evaluation is a disciple that characterizes soil composition in terms of its quality, degradation, flexibility, safety, health, productivity, behavior, and efficiency and, in conjunction with an evaluation of soil ecosystem functions, defines the roles each of the soil characteristics plays in integrated land management.

Keywords: Land evaluation, Missing link, Sustainable soil management

[1] - Corresponding author: Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

www.SID.ir