مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۷ شماره ۲ صفحه‌های ۱۷۷ تا ۱۹۲ (۱۴۰۱)

رهیافت‌های کلی و چهارچوب‌های طراحی برنامه جامع پایش منابع طبیعی کشور[1]

یحیی پرویزی[2] و محمود عربخدری[3]

چکیده

ایران کشوری است خشک و نیمه‌خشک است و عرصه منابع‌طبیعی آن به دلیل مدیریت ناپایدار و تغییراقلیم و خشکسالی‌های پیوسته، دچار تعادل شکننده‌ای شده‌است. براوردهای کلی نشان از خسارت تلفات خاک به مقدار ۱۴٪ درآمد ناخالص ملی و هزینه‌کرد سالانه ۴۰۰۰ میلیارد ریال برای اجرای طرح‌های حفاظتی و احیایی در کشور دارد. داشتن اطلاعات به‌روز و دقیق از تغییرهای زمانی و مکانی کیفیت و کمیت این منابع‌طبیعی، ضرورتی کلیدی برای مدیریت پایدار آن است. طرح‌ریزی برنامه پایش منابع‌طبیعی در ایجاد بستر اطلاعاتی لازم برای بسیاری از طرح‌های حفاظتی و احیایی و اولویت‌بندی برنامه‌های آبخیزداری و پژوهش‌های مورد نیاز بسیار کلیدی است. در این نوشتار تلاش می‌شود ضمن بررسی وضع موجود، سابقه کارهای موردی مرتبط با پایش منابع سرزمینی و داده‌های استحصال شده از آن‌ها و نقطه‌های ضعف و قوت آن‌ها تبیین شود. چگونگی نیل به برنامه و طراحی جامع برای پایش سراسری منابع سرزمین (متغیرهای هیدرولوژیک، فرسایش خاک، پوشش گیاهی و اندوخته کربن) در سطح کشور نیز تبیین خواهدشد. نخست نحوه طراحی شبکه‌های پایش در سطح ملی و منطقه‌ای با توصیف حوضه‌های معرف، مکان‌های دائمی پایش و سامانه نمونه‌برداری در مقیاس‌های مختلف مشخص می‌شود. پس از آن مجموعه‌ای از جمع‌آوری، انسجام‌بخشی و واکاوی داده‌ها، شیوه‌نامه‌های نمونه‌برداری و آزمایش‌های مورد نیاز، ارائه می‌شود. در بخش پایانی، مجموعه‌ای از زمان‌بندی داده‌برداری، ساختار پشتیبانی و نیروی انسانی و یافته‌های اصلی فراواکاوی داده‌های مکانی و زمانی (از نظر برنامه‌ریزی حفاظتی، سیستم پشتیبان و تصمیم‌سازی) تشریح می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، حوضه‌های معرف، سامانه نمونه‌برداری، فرسایش خاک.

مقدمه

با توجه به اهمیت و تاثیرگذاری منابع طبیعی بر حیات بشر، داشتن آگاهی از وضعیت این منابع و پایش مشخصه‌های کلیدی آن‌ها برای برنامه‌ریزی‌های مدیریت و تشخیص به‌موقع تغییر کیفیت این منابع ضروری است. چنین تشخیص به موقعی کمک می‌کند تا به‌توان راهکارهایی را برای حفاظت از منابع سرزمینی و کنترل فرآیندهای موثر بر تخریب این منابع و استفاده پایدار از آن‌ها طرح‌ریزی و اجرا کرد (۲۷). این موضوع مهم، فقط با بهره‌گیری از استقرار و راه‌اندازی شبکه نظام‌مند پایش در محدوده‌ها و منطقه‌های همگن موسوم به حوزه آبخیز امکان‌پذیرخواهد بود. بر همین اساس، بیشتر کشورهای در حال پیشرفت

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲۴
۲- نویسنده مسئول، پست الکترونیک: yparvizi1360@gmail.com
۳- دانشیاران پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران.

و پیشرفته دنیا، حوضه‌های آبخیز را به عنوان واحد برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری گزینش نموده و برنامه‌های فهرست‌بندی و پایش منابع طبیعی خود را در محدوده آن‌ها اجرا می‌کنند (۴، ۸).

بزرگترین و جامع‌ترین سیستم پایش در حال اجرا در ایالات متحد آمریکا برنامه پایش منابع زمین‌ها NRI[1] (خاک، آب، پوشش وتنوع زیستی) یا منابع طبیعی (خاک، آب، مرتع و جنگل) است. این برنامه در ابتدا از ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۸ زیر عنوان فهرست نیازهای حفاظتی نامیده می‌شد (CNI[2]) (۲۳). هر ۵ سال یک‌بار در آمریکا پایش وضعیت منابع ملی (منابع طبیعی، کاربری زمین‌ها، فرسایش خاک) اجرا می‌شود (برنامه NRI) (۱۳). از ۱۹۷۷ کنگره آمریکا، وزارت کشاورزی را موظف کرد ضمن پایش سالانه خاک و از جمله روند فرسایش خاک در زمین‌های فدرال، برنامه حفاظتی طرح‌ریزی و اجرا کند و به صورت دوره‌ای به کنگره و مردم گزارش دهد. در این برنامه، سازمان حفاظت منابع طبیعی آمریکا ۸۰۰۰۰۰ نقطه را در قالب طرح‌اندازه‌گیری منابع طبیعی از نظر فرسایش مورد پایش مداوم قرار داده است (۲۴، ۲۶). طراحی سامانه نمونه‌برداری در NRI به صورت طبقه‌بندی شده و دو مرحله‌ای طراحی شده است که عرصه کشور در شبکه ۶×۶ مایلی طراحی و هر مایل مربع به یک شبکه ۴ تکه (سلول کوچک) تقسیم می‌شود. در هر شبکه ۶×۶ واحدهای نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی به تعداد ۶ سلول کوچک گزینش و محل‌های نمونه‌برداری به تعداد ۳ نقطه در هر سلول کوچک گزینشی تعیین می‌شوند. در مجموع ۳۶ نقطه نمونه‌برداری در یک شبکه ۶×۶ مایلی توزیع می‌شود) داده‌ها در ۳ مقیاس مکانی نقطه‌ای، منطقه‌ای و زیرایالتی برداشت شدند (۱۳). داده‌برداری در دو مقیاس زمانی و مکانی در نظر گرفته شد، شامل داده‌های خاک (شیب، عمق، طبقه قابلیت، فراوانی شوری، اسیدی‌بودن، غرقاب‌بودن و مانند این‌ها) پوشش سطح (درختی، درختچه‌ای، علفزار[3] و مانند این‌ها) کاربری زمین (مرتعی، تفرجگاهی، جنگلی و مانند این‌ها)، نوع فرسایش (شیاری، بین شیاری، بادی و مانند این‌ها) مدیریت کاربری (شخم حفاظتی، بادشکن، آبیاری) شرایط پوشش گیاهی، نیازهای حفاظتی خاک، گستره کاربری شهری و مسکونی. همچنین، ساماندهی داده‌ها در یک سیستم اطلاعات منابع زمین‌ها به کمک سامانه‌های بانک اطلاعات داده و محیط‌های GIS و سرویس‌های تهیه نقشه زیر شبکه اجرا شد و طراحی نرم افزاری برای این منظور صورت گرفت (۲۳، ۲۴، ۲۵).

کنسرسیوم ENVASSO[4] در سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۸ زیر برنامه ششم چارچوب پژوهش‌های کمیسیون اروپا با هدف طراحی و مستندسازی یک سیستم پایش خاک مناسب برای حفاظت از خاک در سطح قاره اروپا راه‌اندازی شد (۷). کنسرسیوم ENVASSO متشکل از ۳۷ شریک از ۲۵ کشور عضو اتحادیه اروپا به تقریب ۳۰۰ شاخص خاک را در گستره قاره سبز پایش و فهرست موجودی خاک و برنامه‌های پایش موجود در کشورهای عضو را شناسایی می‌کند و زیر چتر خود می‌گیرد (۱۴، ۱۸). در این سامانه، پایش بین‌المللی، سیستم پایگاه داده برای جمع‌آوری، ذخیره و ارائه داده‌های ویژگی خاک، طراحی و برنامه‌ریزی شده است (۵). همچنین، رهنمودها و شیوه‌نامه‌های بهینه را برای قرار گرفتن در شبکه پایش خاک اروپا از سایت‌های یا سامانه‌های بومی پایش ارائه می‌کند که دارای ارجاع جغرافیایی هستند و فرآیند نمونه‌برداری واجد شرایط در آن رعایت می‌شود (۱۷). گزینش معیارها و شاخص‌ها در ENVASSO بر اساس خروجی‌ها و تجربه‌های قبلی است (۷، ۱۴). در اسپانیا طرح اندازه‌گیری ملی فرسایش خاک برای اجرا بین سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ به تصویب رسید و قرار است هر ۱۰ سال تکرار شود (۱۹).

1. Natural resource inventory
2 . Conservation need inventory
3 . Grassland
4. Environmental assessment of soil for monitoring

شبکه پایش منابع طبیعی مجموعه‌ای از سایت‌ها یا محل‌هایی است که در آن‌ها تغییرهای زمانی عامل‌های منابع آب، خاک، پوشش و تنوع زیستی ثبت می‌شود. استفاده از روشی هماهنگ برای ارائه و تولید داده‌های قابل واکاوی و پایش در داخل این شبکه ضروری است (۲۰). بسته به نوع عامل مورد نظر برای پایش و نیز اهمیت آن، از ابزارها و شیوه‌نامه‌های مختلفی برای پایش متغیرهای منابع طبیعی استفاده می‌شود. برخی عامل‌ها در گستره کشور و بر اساس الگوی سیستماتیک یا سیستماتیک تصادفی باید پایش شوند و برخی دیگر از آن‌ها در واحدها یا بسته‌های معرف و به‌صورت تفصیلی‌تری پایش می‌شوند (۱۰). این پارسل‌ها در دنیا به آبخیزهای آزمایشی یا آبخیزهای معرف شناخته می‌شوند. سابقه پایش در مقیاس آبخیزهای آزمایشی به نخستین سال‌های قرن بیستم به استقرار و راه‌اندازی معرف هواشناسی و هیدرولوژیک در بسیاری از کشورهای دنیا براساس اقلیم و میانگین بارش سالیانه برمی‌گردد (۱۶). در میانه قرن بیستم در کشورهای توسعه یافته احداث حوضه‌های معرف و ایجاد سامانه پایش متغیرهای مختلف اقلیم‌زراعی و فرسایش خاک و تولید رسوب و متغیرهای هیدرولوژیک آغاز شد. درحال حاضر بیشتر کشورهای جهان از این‌گونه موردها برای رسیدن به هدف‌های مختلف استفاده می‌کنند (۱۱، ۲۰). برای نمونه، ترکیه دارای ۳۰ محدوده معرف هواشناسی و هیدرولوژیک است. هندوستان برای بررسی و اولویت‌بندی برنامه‌های حفاظت خاک از محدوده‌های معرف و آزمایشی استفاده کرده است (۴). سابقه تأسیس حوضه‌های آبخیز معرف و آزمایشی در دنیا به سال ۱۹۲۸ در ایالات متحده امریکا برمی‌گردد (۲۴). حوضه‌های آبخیز معرف و آزمایشی در آسیا برای اولین بار در ژاپن و هندوستان احداث شد. در زیر برنامه NRI در آمریکا ۴۶ آبخیز معرف احداث شد و هم اکنون در ایالت‌های مختلف آمریکا مشغول پایش و ثبت داده هستند (۲۶). از معروفترین حوضه‌های معرف از آبخیزآبخیزهای یادشده در آمریکا، آبخیز والنات گالچ[1]در جنوب آریزونا و رینولدزکریک[2] در آیداهو است (۲۴، ۲۶).

از دیگر ضرورت‌های داشتن برنامه و الگو برای پایش منابع طبیعی، ارزیابی طرح‌های حفاظتی و احیایی منابع طبیعی است. تا کنون، در ایران در گستره‌ای در حدود ۳۰ میلیون هکتار از زمین‌های منابع طبیعی کشور برنامه آبخیزداری اجرا شده است. ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به منظور واکاوی عملکرد راهکارها و تدوین راهکارهای اصولی یکی از نیازهای اساسی در این زمینه است (۱). این نوع ارزیابی‌ها نیز صرفا با داشتن داده‌های مکانی دقیق و پایش مستمر این داده‌ها با زمان میسر است. از سوی دیگر، داشتن داده مکانی از متغیرهای مهم منابع طبیعی و پایش مستمر آن‌ها، افزون بر این‌که ابزاری اصلی و کلیدی برای مدیریت دانش‌بنیان و پایدار این منابع است، ضرورتی پایه‌ای برای ظرفیت‌سازی علمی و پژوهشی در کشور نیز هست. بر پایه این ضرورت‌ها سامانه پایش مدون و دقیقی در تمامی کشورهای توسعه یافته و اغلب کشورهای در حال توسعه برای اجرای این موضوع مهم طراحی شده و در حال اجراست (۹، ۲۵).

با توجه به گستردگی پهنه‌های منابع طبیعی کشور و تنوع عامل‌های مورد نیاز برای پایش، بدون داشتن برنامه‌ای هماهنگ و منسجم برای پایش، به سرانجام رساندن چنین برنامه‌ای هماهنگ مقدور نیست و در صورت اجرا نیز داده‌های استحصالی کارآمدی لازم برای استفاده در فرآیند تصمیم‌سازی برای عرصه‌های منابع طبیعی ندارند. از این رو، باید طرح و برنامه مشخص علمی و آزمون شده‌ای را برای پایش در منابع طبیعی کشور طراحی کرد. در داخل کشور، منسجم‌ترین تلاش‌ها برای پایش در مقیاس آبخیزآبخیزهای معرف، احداث حوضه‌های آبخیز معرف و زوجی و ثبت مستمر داده در دهه ۱۳۸۰ توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری آغاز شد (۳).

1 Walnut Gulch 2. Reynolds Creek

باید در نظر داشت که در طرح‌ریزی برنامه پایش منابع طبیعی کشور به گونه‌ای عمل شود که ضمن صرفه‌جویی در هزینه‌ها، بیشترین و کامل‌ترین پوشش مکانی و زمانی را برای متغیرهای پایش در برداشته باشند. مقیاس پایش نیز مبتنی بر نوع متغیر مورد نظر برای پایش و نیز هدف از پایش در چهارچوب طرح پایش باید مشخص شود. برخی متغیرها به‌صورت نقطه‌ای و برخی در پهنه مشخصی پایش می‌شوند. برخی متغیرها به‌صورت سالانه، برخی ماهانه و برخی دیگر روزانه و حتی ساعتی و لحظه‌ای باید پایش شوند. همچنین لازم است از ابزارهای روزآمد مانند استفاده از فنون و ابزارهای نوین سخت‌افزاری اندازه‌گیری و ثبت عامل‌های مورد پایش، استفاده از سنجش از دور تصویرهای ماهواره‌ای، ابزارهای نوین نرم‌افزاری طبقه‌بندی و واکاوی داده‌های حاصل از پایش، بهره‌گیری شود.

همه این الزام‌ها باید در چهارچوب برنامه جامع پایش تعریف و سازماندهی شوند. افزون بر این، تکمیل فرآیند پایش مستلزم طراحی پایگاه‌داده سازماندهی‌شده با قابلیت کاربرد آسان برای کلیه کاربران از سطح بهره‌برداران تا سطح تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی و حتی نهادهای علمی و پژوهشی باشد.

با توجه به آنچه در بالا گفته شد، ایجاد سیستم پایش منابع طبیعی در سطح کشور براساس دلایل زیر از اقدام‌های ضروری است.

۱- کمبود اطلاعات و آمار واقعی برای برنامه‌ریزی متمرکز برای حوزه‌های آبخیز کشور.

۲- ضرورت ارزیابی پروژه‌های حفاظت منابع طبیعی و ضرورتِ داشتن معیارها و شاخص‌های متناسب برای ارزیابی و نظارت بر آن‌ها.

۳- صرفه‌جویی در هزینه‌های بررسی‌ها و طراحی پروژه‌های حفاظت منابع طبیعی.

۴- تهیه داده‌های پایه به‌منظور تدوین هدف‌های بلندمدت بر پایه آمار واقعی از حوضه‌های آبخیز کشور.

۵- امکان اجرا و اعمال مدیریت کاربری مناسب زمین‌ها، بر اساس توانمندی‌های سرزمین و بهره برداران.

۶- تهیه داده‌های پایه به‌منظور پیشگیری و مدیریت سیل و خشکسالی بر اساس آمار واقعی.

۷- داشتن اطلاعات پایه به‌منظور تدوین برنامه توسعه پایدار در بیشتر حوضه های آبخیز کشور.

بایدهای طرح‌ریزی برنامه پایش در کشور

برای نیل به ضرورت‌های پایش منابع طبیعی، باید موارد زیر با برنامه‌ریزی و طراحی بهینه از راه طرح‌ریزی و اعمال سامانه پایش منابع طبیعی دنبال شود:

۱- تعیین منطقه‌های همگن.

۲- جمع‌آوری و کنترل آمار و اطلاعات منطقه‌های همگن.

۳- تهیه بانک اطلاعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی.

۴- واکاوی‌های ملی و منطقه‌ای از چالش‌های منابع طبیعی مانند آلودگی منابع آب و خاک، میزان فرسایش خاک، سیل، خشکسالی و زوال تنوع زیستی.

۵- اولویت‌بندی برنامه‌های حفاظت منابع طبیعی و تنوع زیستی بر حسب منطقه‌های مختلف.

۶- واکاوی اثربخشی تغییر اقلیم بر میزان هدررفتن خاک و تغییر پوشش گیاهی و تنوع زیستی.

۷- برآورد میزان تأثیر برنامه‌های احیایی منابع طبیعی در توانبخشی و احیای پوشش گیاهی، افزایش تولید بخش کشاورزی، جنگلی و مرتعی، بهبود کیفیت خاک، کاهش رواناب، فرسایش و رسوب و تغذیه آبخوان.
۸- ثبت آمار و اطلاعات اقلیم، هیدرولوژیک و ویژگی‌های بیوفیزیک منطقه پیش از اجرا و پس از اجرای پروژه‌ها.
۹- ایجاد زیرساخت برای اعمال فناوری‌های جدید در پروژه‌های بازسازی منابع طبیعی و آبخیزداری.

چهارچوب‌های برنامه پایش

به‌طور کلی و بر اساس جمع‌بندی سابقه‌های علمی و پژوهشی موجود برای طراحی سامانه پایش منابع طبیعی، از دو رویکرد روش‌های مستقیم پایش و روش‌های مبتنی بر سنجش از دور، باید استفاده شود (۵، ۶، ۲۱). چهارچوب کلی و مرحله‌های کاربست برنامه پایش منابع زمین‌ها و منابع طبیعی کشور شامل موردهای زیر می‌تواند باشد.

بررسی سابقه‌های پایش منابع طبیعی در کشور

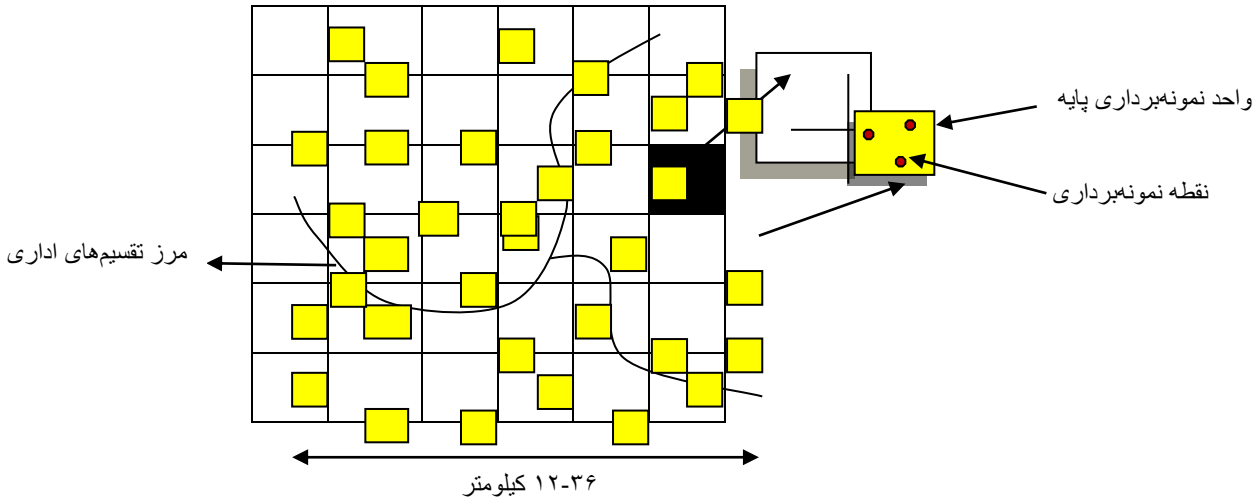
برای داشتن رویه صحیح در پایش منابع طبیعی، باید اطلاعات جامعی از سابقه‌ها و مستندهای پایش مولفه‌های منابع طبیعی را جمع‌آوری و بانک اطلاعات مربوط را تهیه کرد. این موضوع کمک می‌کند تا از تکرار اشتباه‌ها پرهیز شود و همچنین سیر زمانی و تحول و گستره مکانی این داده‌ها رسم شود. افزون بر آن، با شناخت نقطه‌های ضعف و قوت کارهای گذشته، از تجربه‌ها بهره‌گیری بهینه شود. درباره گذشته‌های پایش مولفه‌های منابع طبیعی در کشور می‌توان به موردهای زیر اشاره کرد که در هر برنامه پایشی که طرح‌ریزی می‌شوند، در مقدمه باید بانک اطلاعات جامعی از گذشته‌های این برنامه‌ها گنجانده شود. گذشته‌های مهم پایش در کشور شامل داده‌های ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، داده‌های حوضه‌های معرف و زوجی (۳) و دیگر داده‌های پراکنده که به صورت موردی و در بازه زمانی مشخص ثبت شده است. این داده‌های پایش موردی متشکل‌از داده‌های پایش کیفیت خاک موسسه تحقیقات خاک و آب (۵)، پایش فرسایش خاک در قالب حوضه‌های تک منبعی و کرت‌های فرسایش توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (۴)، پایش انباشته کربن محدوده‌های جنگلی زاگرس و دیگر داده‌های موردی است که همگی در بازه‌های زمانی یا مکانی محدود ثبت شده‌اند. همچنین طرح‌ها و پروژه‌های پایش جنگل‌های کشور که توسط موسسه تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیز داری اجرا شده و از پروژه‌های سنجش و پایش جنگل‌های زاگرس و پایش سطح جنگل‌های هیرکانی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای تشکیل شده است (۲). ضروری است پیش از طراحی برنامه پایش منابع طبیعی کشور، داده‌های موجود شناسایی و از نظر گستره مکانی و محدوده زمانی ثبت داده و نیز وزن و کیفیت داده‌های پایش شده ارزیابی شوند.

گزینش واحدهای پایش

فرآیند پایش بسته به مشخصه مورد نظر برای پایش است و گزینش واحد مناسب برای پایش نیز به همین مشخصه‌ها بستگی خواهد داشت. در این زمینه بهتر است از سه مقیاس نقطه‌ای، محدوده یا مکان‌های دائمی و حوضه‌های معرف برای پایش استفاده شود.

نقطه‌های پایش- سامانه پایش در مقیاس نقطه‌ای در گستره کشور می‌تواند به صورت سیستماتیک طبقه‌بندی شده دو مرحله‌ای طراحی و با گزینش نقطه‌های نمونه‌برداری به‌کارگرفته شود. بهتر است برای تعیین نقطه‌های نمونه‌برداری، از اطلاعـات موجـود مانند نقشه رقومی استان‌ها، نقشه رقومی کاربری زمین و نیز نقشه رقومی خاک‌های کشور استفاده شود.

طراحی شبکه به گونه‌ای باشد که تراکم سلول‌های آن بسته به تغییرهای کاربری و توپوگرافی عرصه از ۱۲×۱۲ کیلومتر تا ۳۶×۳۶ کیلومتر متغیر باشد (شکل۱). سپس داخل هر سلول شبکه یک چهار گوشه جدید ۶×۶ کیلومتر ایجاد و در پایان هر جزء از چهار گوشه ایجاد شده را به چهار واحد نمونه‌برداری پایه تقسیم شود. برای نمونه‌برداری به‌طور تصادفی در عرصه یکی از واحدهای ۴ گانه (که به‌طور تصادفی گزینش می‌شود) سه نقطه گزینش شده و مختصات آن ثبت شود (۹). در پایان در هر سلول از اجزاء شبکه ۳۶ واحد نمونه‌برداری خواهیم داشت که با احتساب نقطه‌های سه‌گانه نمونه‌برداری ۱۰۸ نقطه برای نمونه‌برداری شناسایی، مکانیابی و ثبت شود. بدین ترتیب تراکم نمونه‌برداری، بسته به تغییرهای عرصه، به صورت یک نقطه نمونه‌برداری در ۱۳۰ تا ۱۲۰۰ هکتار خواهد بود. در آخر شمار نقطه‌ها در هر استان مشخص و فهرست ارائه شود.



شکل ۱- نمایی از روش تعیین نقطه محل نمونه‌برداری بر اساس الگوی سیستماتیک تصادفی.

در گزینش این نقطه‌ها، این نکته‌ها اهمیت دارند: چگونگی گزینش نقطه‌های مطالعه بر پایه کاربری زمین باشد، اما به دلیل این‌که نقطه گزینش شده باید نماینده سطح وسیعی (حدود شش تا ۱۱ هزار هکتار) باشد، بنابراین ضروری است تا نظرهای کارشناسی و تجربه کارشناسان مجرب و مطلع از وضعیت منطقه نیز در آن دخالت داده شده و نقطه‌های نهایی بر اساس تلفیقی از نظرهای کارشناسی و شبکه یاد شده باشد. گزینش هر نقطه باید به گونه‌ای باشد که تا حد ممکن در داخل قطعه‌ای ۳-۱ هکتاری با مدیریت واحد بوده و تغییرهای شدید همانند تغییر کاربری، تسطیح زمین‌ها و مانند این‌ها در طول داده‌برداری در آن انجام نگیرد. در غیر این صورت، به نزدیک‌ترین نقطه دارای ویژگی‌های یاد شده جابه‌جا و ویژگی‌های نقطه جدید به عنوان پایگاه اصلی ثبت شود. داده‌برداری از نقطه‌های پایش در دو مقیاس زمانی و مکانی با دو شیوه تکمیل پرسشنامه و نمونه‌گیری انجام شود. ضرورت‌های کلی و اهم اولویت‌ها در طراحی پرسشنامه در ادامه مشخص شود.

پایگاه‌های نمونه گیری دائمی پایش- پایگاه دائمی پایش، قطعه زمینی است با ویژگی‌های یکسان که نماینده شکل زمین، کاربری زمین‌ها و خاک منطقه باشد و از این محدوده برای کار نمونه‌برداری و پایش مولفه‌های با اهمیت‌تر نسبت به نقطه‌های

شبکه پایش استفاده می‌شود. گزینش پایگاه پایش یا نمونه‌گیری یکی از دشوارترین و مهمترین مرحله‌های پایش منابع طبیعی است. اهمیت این موضوع با آگاهی از تنوع، وسعت زیاد زمین‌های کشور و تغییرپذیری کاربری/پوشش زمین، پوشش و خاک آن آشکار می‌شود. در مقیاس پایگاه، روش بهینه برای گزینش محل پایگاه یا قطعات نمونه‌گیری از روش سیستماتیک تصادفی است. برای این منظور با تلفیق نقشه‌های خاک و کاربری زمین‌های کشور در مقیاس اکتشافی نقشه واحدکاری تهیه شود و با کمک کمینه ناحیه تصمیم‌گیری (MDA) پلی‌گون‌های با مساحت کمتر از ۳۰۰۰ هکتار ترکیب شوند و در داخل چندضلعی‌های[1]موجود و برای هر محدوده معرف یک مکان نمونه‌گیری به روش تصادفی گزینش و جانمایی شود (۱۵).

گزینش این پایگاه‌ها باید ترکیب متناسبی از زمین‌های مرتعی، زراعت دیم (زراعت و باغ دیم) و آیش باشد. همچنین نقطه‌ها و پایگاه‌های ویژه مانند زمین‌های آلوده، شور، ماندابی که دارای سطح چشمگیری در منطقه می‌باشند نیز افزون بر پایگاه‌های پیش‌بینی شده، در نظر گرفته شود. برای گزینش این پایگاه‌های نمونه‌برداری، از اطلاعات جانبی دیگری مانند نوع کاربری زمین‌ها، نقشه خاک‌های ایران، اقلیم، اطلاعات زمین‌شناسی و مانند این‌ها نیز استفاده شود.

بر پایه آمارهای رسمی، زمین‌های دارای پوشش گیاهی کشور شامل حدود ۹۰ میلیون هکتار مرتعی و حدود ۱۴ میلیون هکتار جنگلی است. بنابراین برنامه‌ریزی و طراحی باید به گونه‌ای باشدکه برای مساحت میانگین ۲۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ هکتار، یک پایگاه پایش گزینش شود. این کمیت بسته به تغییرپذیری عامل‌های یادشده در گزینش پایگاه متغیر خواهد بود. محدوده‌های بحرانی از نظر تغییرهای شدید کاربری، وضعیت فرسایش یا منطقه‌های مشکوک به آلودگی که مساحت آن‌ها بیش از ۵۰۰۰ هکتار باشد نیز می‌تواند به عنوان یک پایگاه در نظر گرفته شود. زمین‌های مسئله‌دار (مانند شور، سدیمی، مانداب و مانند این‌ها) که سطح آن‌ها بیش از ۶۰۰۰ هکتار باشد نیز به عنوان یک پایگاه در نظر گرفته شوند (۱۲). طراحی داده‌برداری و متغیرهای مورد نظر برای پایش در این مقیاس از پایش، بیشتر با رویکرد و اهداف مدیریت کاربری و مدیریت عرصه مانند نیازسنجی حفاظتی و نیز رصد کردن تغییرهای مدیریت کاربری زمین‌ها ثبت و پایش شوند.

پایش در حوضه‌های معرف- آبخیزهای معرف، واحدهای هیدرولوژیک هستند که از نقطه نظر اقلیمی، سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی و خاک‌شناسی همگن هستند و ایستگاه‌های پایش در آن‌ها تاسیس و راه‌اندازی می‌شوند و تنوع کاربری، ملاک اول گزینش این آبخیزها است. پایش تغییرهای مکانی و زمانی عامل‌های پایش در محدوده مکانی آبخیزهای معرف، نمادی از روندیابی در حوضه‌های آبخیز بزرگ هستند. این حوضه‌ها در دنیا زیر عنوان حوضه‌های آزمایشی نیز شناخته می‌شوند. حوضه‌های معرف یا آزمایشی با هدف‌های پایش و ثبت مستمر آمار داده مکانی دقیق عامل‌های اقلیمی، فرسایش و رسوب، گیاه‌شناسی، خاک و آب‌های زیرزمینی احداث می‌شوند. حوضه‌های یاد شده، بستر مناسبی جهت برنامه‌ریزی علمی و دانش بنیان برای مدیریت حوضه‌های آبخیز بزرگ کشور و انجام پژوهش‌های کاربردی است. محدوده‌های معرف یاد شده، هر یک دربرگیرنده شماری زیرحوضه کوچک‌اند که در داخل آن‌ها نیز در مقیاس‌های مختلف مکانی پایش عامل‌های هیدرولوژیکی، خاک و پوشش به‌صورت تفصیلی‌تری انجام خواهد شد. همچنین، برنامه‌ریزی و اعمال الگوهای مدیریت حوزه آبخیزآبخیز، ارزیابی فنی، مدیریتی و اقتصادی- اجتماعی و پایش الگوهای یاد شده، ارائه الگوهای آموزشی–ترویجی فعالیت‌های آبخیزداری، از دیگر هدف‌های احداث این ایستگاه‌های آزمایشی یا معرف است. ایستگاه‌های یاد شده افزون بر ایفای نقش آزمایشی ترویجی

1. Polygon

و آموزشی، به عنوان پایگاه داده مکانی و بانک اطلاعاتی آبخیز، بستر مناسبی جهت انجام پژوهش‌های کاربردی را فراهم می‌نماید.

گزینش مناسب این آبخیزهای معرف جهت تعمیم نتایج حاصل از آن‌ها در منطقه‌های همگن بسیار کلیدی است. این‌گونه آبخیزها در منطقه‌هایی که دارای کاربری‌های مختلفی از زمین‌ها بوده استقرار یافته وسعت آن‌ها تا ۱۰۰۰۰ هکتار می‌رسد. برای جانمایی حوضه‌های معرف ابتدا منطقه‌های همگن مشخص و پهنه آن‌ها در سطح کشور ترسیم شود. روش منطقه‌بندی برای تعیین منطقه‌های همگن کشور به گونه‌ای باشد که یک جامعه آماری به طبقه‌های مختلفی از نظر اقلیمی، خاکشناسی، پوشش گیاهی دسته‌بندی شود. به عبارتی دیگر به تنوع اقلیمی و خاکشناسی و کاربری زمین‌ها و دیگر فاکتورهای تاثیرگذار بر منابع آبخیز، برای گزینش و راه‌اندازی محدوده‌های معرف توجه شود. برای گزینش منطقه‌های همگن و تعیین محدوده‌های معرف برای گزینش این حوضه‌ها، از تلفیق سه لایه اقلیم، خاک و پوشش کشور استفاده شود. سپس در داخل هر منطقه همگن با درنظر گرفتن نکته‌های اجتماعی و محدودیت‌هایی مانند دسترسی، شرایط اقتصادی و نظرهای کارشاسان استانی یک آبخیزمعرف در سطح کشور گزینش شود، به گونه‌ای که این آبخیزها ۶ اقلیم اصلی کشور و ۷ تیپ رویشگاهی و کاربری‌های اصلی زمین‌های کشور را نمایندگی کنند. سپس، در داخل محدوده‌های همگن و با در نظر گرفتن نکته‌های یاد شده، حوضه‌های معرف به تفکیک استان‌های هدف گزینش شوند. بهتر است، برای این گزینش از تجربه‌های گزینش حوضه‌های معرف و زوجی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور استفاده شود. طراحی حوضه‌های معرف به گونه‌ای باشد که بین۳۰ تا ۴۰ حوضه معرف در کشور تعریف و راه‌اندازی شود. این حوضه‌ها افزون بر این‌که به ابزارهای ثبت و پایش داده به طور دائمی تجهیز شوند، به پایگاه دائمی و منطقه‌ای برای شبکه نمونه‌برداری نقطه‌ای و سایت‌های دائمی پایش تبدیل شوند.

برای طراحی واحدهای پایش، زیرحوضه‌ها و دامنه‌ها و محدوده‌های بحرانی این حوضه‌های معرف به سناریوهای مجزا تفکیک و بر حسب تغییرپذیری عرصه ابزارهای دائمی ثبت و پایش داده‌های هیدرومتری، فلوم‌های متناسب و ابزارهای ثبت و پایش، اقلیمی، کیفیت خاک، فرسایش و رسوب (انواع کرت ها و حوضه‌های تک منبعی)، پوشش گیاهی و پایش‌اندوخته کربن (برج‌های پایش جریان ادی‌کوواریانس برای تعیین تبخیر-تعرق) در نظر گرفته شوند (۶). برای حوضه‌های معرف با شرایط ویژه، بسته به شرایط اکوکلیمایی، هندسی، فیزیکی و مدیریتی حوضه معرف، عامل‌های مختلف هیدرولوژیک و فرسایش و رسوب در حوضه‌های معرف و در مقیاس‌های مکانی مختلف (بسته به تنوع ادافیک و اکوکلیماتیک و همچنین توپوگرافیک حوضه) برنامه طراحی واحدهای پایش ویژه، با تمرکز بیشتر و تخصصی‌تر انجام شود. برای نمونه، حوضه‌های معرف منطقه‌ها با فرسایش بادی، بر روی طراحی برنامه پایش با رویکرد نصب و راه‌اندازی ابزارهای تخصصی ثبت و پایش فرسایش بادی تمرکز بیشتری شود. به همین ترتیب برای حوضه‌های معرف منطقه‌های شور، خندقی (آبکندی) و مانند این‌ها، اما به طور کلی باید در تمامی حوضه‌های معرف شیوه‌نامه ثابت پایش اعمال شود.

طراحی مستندها و ابزارهای پایش میدانی

پرسشنامه- از جمله مهمترین پایه‌های پایش دقیق طراحی ابزار مناسب پایش در قالب پرسشنامه‌ها، کارت‌های ارزیابی میدانی و دستورکارهای ثبت داده میدانی است. طراحی مناسب این ابزارها کمک خواهد کرد که از کل فرایند پایش اطلاعات ارزنده و قابل استفادهای که کمترین دخل و تصرف ناشی از داوری کارشناسی در آن دخالت داشته باشد، به‌دست‌آید. اطلاعاتی مانند مختصات منطقه، کدبندی بسته‌ها و مکان‌ها، ویژگی‌ها، عملیات مدیریتی انجام شده در عرصه، مختصات هندسی عرصه

سایت، ویژگی‌های اقلیمی کلی سایت‌ها، تیپ زمین‌های غالب، محدودیت خاک غالب، ترکیب کشت و بهره‌برداری از عرصه و بسیاری موارد مهم دیگر در قالب این مستندها قابل جمع‌آوری است. پرسشنامه‌ها دو بخش داده‌های عمومی و داده‌های تخصصی دارند. از جمله اطلاعات عمومی، ویژگی‌های سایت‌ها و نقطه‌های نمونه‌گیری است. در این پرسشنامه توصیف و تشریح عمومی از سایت لازم است گنجانده شود. از آن جا کـه ایـن اطلاعـات در تفـسیر نتـایج و جمع‌بندی می‌تواند بسیار مهم باشد، بنابراین ضروری است با حوصله و دقت فراوان تکمیل شود. در تکمیل اطلاعات تخصصی نیز، طراحی هر یک از فرم‌ها و مرحله‌ها به گونه‌ای باید انجام شود که کمتر داوری کارشناسی بر آن اثر گذاشته و هر فرد کارشناس بتواند به آن پایگاه مراجعه نموده و تغییـرهای بـین جمع‌آوری اطلاعات توسط افراد مختلف به کمینه برسد.

تدوین دستورکار اجرایی پایش- برای انجام عملیاتی پایش متغیرها و مولفه‌های منابع طبیعی دستورکارهای اجرایی باید تدوین شود و برای اجرا در سطح‌های عملیاتی مورد توجه قرار گیرد. بدیهی است برای پایش هر مولفه، سنجه‌ها، مدل‌ها، معیارها و روش‌های متفاوتی وجود دارد. برای این‌که در مقیاس ملی و منطقه‌ای، داده‌های پایش قابل ساماندهی باشد و همچنین خروجی داده‌های و فراواکاوی آن‌ها برای هدف‌های مدیریتی کاربرد داشته باشد، باید شیوه‌نامه پایش سنجه‌ها و متغیرها یکسان و هماهنگ باشد. برای این منظور ضروری است تدوین دستورکار، به‌روز و پویا شده که قابلیت عملیاتی شدن با ابزارهای در دسترس و نوین را داشته باشد. این دستورکارها برای استفاده در مرحله‌های نمونه‌برداری، ثبت میدانی، آزمایش‌ها و حتی واکاوی مقدماتی داده‌های پایش شده باید تدوین شوند. همچنین این دستورکارها برای هر مقیاس کاری چه مقیاس ثبت داده در شبکه پایش و چه سایت‌های دائمی باید تدوین شوند.

نمونه‌برداری- در مقیاس نقطه‌ای و همچنین در سایت‌های دائمی پایش، نمونه‌برداری باید دستکم یک بار در سال انجام شود و ویژگـی‌هـای آن‌ها اندازه‌گیری شوند، اما در مقیاس حوضه‌های معرف برنامه زمانی و مکانی داده‌برداری متفاوت و متغیر است و پیچیدگی بیشتری دارد. قدرمسلم باید هرقـدر که به‌تـوانیم اطلاعـات دقیق و کـاملی در مـورد منطقه و عامل‌های پایش در آن، به‌دست آوریم. یکی از پایه‌های کلیدی درستی و دقت نمونه‌برداری طراحی سامانه نمونه‌برداری، متناسب برای هر یک از عامل‌های پایش است.

سامانه نمونه‌برداری- یکی از ضرورت‌های کلیدی در طراحی برنامه پایش، تهیه و طرح‌ریزی شیوه‌نامه و برنامه نمونه‌گیری مشخص است. استفاده از دو برنامه نمونه‌گیری سیتماتیک و طبقه بندی‌شده در اولویت قرار دارد. با این همه، طراحی الگوی نمونه‌برداری با روش‌های دیگر مانند نمونه‌گیری خوشه‌ای، الگوی نمونه‌برداری نامتقارن و نمونه‌گیری به روش ابرمکعب لاتین را بسته به عامل مورد نظر برای پایش و مقایسه آن را نباید از نظر دور داشت. گزینش بین این روش‌ها نیازمند بحث‌های آماری است. برای رسیدن به الگوی نمونه‌برداری مناسب و گزینش محل‌های نمونه‌برداری، آگاهی از نقشه‌های پایه و نوع متغیر مورد نظر برای پایش (مانند شکل‌های فرسایش مختلف) باید موردتوجه باشد (۲۲). به طور قطع چگونگی گزینش محل نمونه‌برداری در جنگل، مرتع و زمین‌های کشاورزی معیارهای ویژه خود را دارد و باید تعریف شود. همچنین گزینش محل برای بررسی فرسایش آبکندی متفاوت از محلی است که برای فرسایش توده‌ای به کار می‌رود (۱۲). معیارهای لازم برای گزینش نقطه‌ها و به طور کلی محل‌های اندازه‌گیری در این قسمت تعریف می‌شوند.

در زمان نمونه‌گیری ضمن ثبت ویژگی‌های عمومی، موقعیت مکانی، مدیریت کاربری، پوشش گیاهی، نمونه‌های مرکب خاک در عمق‌های مختلف (دستکم دو عمق روی زمین و زیر زمین) به کمک مته‌زنی از یک عرصه ۵۰ متر مربعی تهیه شود.

همچنین برای نمونه آب، با ظرف‌های استاندارد برداشت نمونه از منبع آب اصلی سایت مورد نظر انجام شود. برای نمونه‌گیری از آب دریاچه یا استخر، نمونه‌گیری باید در عمق میانگین انجام شود. برای نمونه‌گیری از آب چاه، نمونه باید پس از این‌که مدتی از پمپاژ گذشت تهیه شود. برای نمونه‌گیری از آب رودخانه، باید فصل سال، عمق، سرعت و برخی ویژگی‌های رودخانه را یادداشت کرد.

پس از مشخص شدن محل و روش پایش برای هر یک از محل‌های گزینش شده، لازم است فرم مربوطه تکمیل و اطلاعات محلی مانند ویژگی‌های فیزیکی و مدیریتی محل (نوع پوشش غالب، محدودیت غالب، شکل و شدت فرسایش خاک و مانند این‌ها) ثبت شود. در این ارتباط طراحی فرم ویژه برای هر یک از واحدهای پایش ضروری است که در این قسمت انجام شود.

فهرست فعالیت‌هایی که باید در هر سایت نمونه‌برداری انجام گیرد عبارتند از:

۱- تکمیل فرم ویژگی‌های پایگاه نمونه برداری.

۲- تهیه نمونه خاک و تکمیل فرم ویژگی‌های نمونه خاک.

۳- تهیه نمونه آب و تکمیل کارت ویژگی‌های نمونه آب.

۴- ثبت اشکال، وضعیت و شدت فرسایش مطابق دستورکار میدانی‌اندازه‌گیری فرسایش خاک.

۵- ثبت ویژگی‌های مدیریت کاربری و اهم اقدام‌های مدیریتی حفاظت خاک انجام شده.

مهمترین داده‌های پایش و نمونه‌برداری-باید طراحی برنامه پایش و زمان‌بندی نمونه‌برداری به گونه‌ای باشد که بسته به مقیاس پایش (نقطه‌ای، مکان دائمی و حوضه معرف) داده قابل واکاوی حاصل شود و داده‌ها قابلیت فراواکاوی و استفاده در مقیاس‌های مدیریتی داشته باشند. باید جهت ایجاد یکنواختی در ثبت برخی شاخص‌ها و مستندسازی آن‌ها در مرحله پایش میدانی، دستورکار فنی تهیه شود و برنامه آموزشی طرح‌ریزی شود. نوع و برخی ویژگی‌های متغیرهای مورد نظر برای ثبت و پایش در سه مقیاس مورد نظر در این طراحی (نقطه‌ای، سایت‌های دائمی پایش و حوضه‌های معرف) به اختصار بیان شده است.

الف- طرح‌ریزی برداشت داده از شبکه نقطه‌ها.

در مقیاس پایش شبکه نقطه‌ها، اهم اطلاعات زیر بسته به ضرورت منطقه‌ای و هدف کاربردی ثبت و پایش خواهدشد. گزینش شاخص یا شاخص‌های لازم و مورد نظر در قالب دستورکار کاربردی باید تدوین شود

۱- داده‌های خاک (کلاس قابلیت، محدودیت غالب، (فرسایش، عمق، شوری، اسیدیته، غرقاب بودن و مانند این‌ها)، شاخص‌های بیوفیزیکی کیفیت خاک.

۲- نوع و شرایط پوشش گیاهی و کاربری زمین‌ها.

۳- نوع و شدت فرسایش (شیاری، بین شیاری، بادی و مانند این‌ها).

۴- مدیریت کاربری (شخم حفاظتی، بادشکن، آبیاری).

۵- گستره کاربری شهری و مسکونی.

۶- مستندسازی از وضعیت پوشش گیاهی و شرایط تخریب خاک با عکس و فیلم انجام شود.

۷- نمونه‌گیری از خاک سطحی (به صورت نمونه مرکب) و پوشش گیاهی (با کرت‌اندازی) برای تعیین کیفیت و انباشته کربن.

ب- داده‌های پایش در سایت‌های دائمی.

مهمترین داده‌های مورد پایش در مکان‌های دائمی پایش شامل:

۱- سیمای مدیریت کاربری (مدیریت غالب مانند برنامه چرای دام و تراکم چرا، سامانه عرفی بهره‌برداری، نوع خاک‌ورزی و جهت غالب شخم در منطقه، درجه و گرایش مرتع، شخم زیر اشکوب، نظام تناوب در دیمزارها، وضعیت بقایای گیاهی در سطح و محدودیت غالب ناشی از مدیریت کاربری (شور شدن آب یا خاک، تراکم خاک، فرونشست، تحکیم، لغزش و مانند این‌ها).

۲- داده‌های کیفیت و تخریب‌خاک (SQI با ارزیابی میدانی و استفاده از دستورکار فنی مانند روش ENVASSO).

۳- اشکال و شدت فرسایش (با دستورکار فنی ارزیابی میدانی مانند روش کاری GLADIS) (۲۱).

۴- نیازسنجی عملیات حفاظتی.

۵- برآورد و پایش‌اندوخته کربن.

۶- واکاوی و تلفیق داده‌های نقطه‌ای موجود در محدوده‌ای باشد که مکان مورد نظر معرف آن محدوده است.

پ- داده‌های پایش حوضه‌های معرف.

مهمترین داده‌های پایش در مقیاس حوضه‌های معرف شامل: ثبت عامل‌های ثابت اقلیمی مشتمل بر ۱۹ عامل، عامل‌های آبسنجی و رسوب‌سنجی، پایش فرسایش خاک و رسوبدهی به کمک سطوح چند مقیاسی و نیز حوضه‌های تک منبعی، روان‌آب و رسوب در مقیاس دامنه، پوشش گیاهی، خاک (متغیرهای زیست-فیزیکی)، کیفیت آب، نفوذپذیری، سطح ایستابی یا پیزومتری و پایش میکروتوپوگرافی با تصویرهای پهپاد، سنجش از دور رادار یا اسکن لیزر.

پایش به کمک داده‌های دورکاوی (سنجش از دور)- از دیگر ابزارهای پایش، استفاده از دانش سنجش از دور (پردازش تصویرهای ماهواره‌ای مانند تصویرهای: OLI، ASTER یا MODIS) است. از این ابزارها برای پایش متغیرهایی مانند پوشش گیاهی و برخی متغیرهای خاک در مقیاس بزرگ به خوبی استفاده می‌شود. از جمله شناخته‌شده‌ترین استفاده‌ها از فناوری سنجش از دور پایش تغییرهای کاربری زمین‌ها و تغییرهای پوشش گیاهی با استفاده از تصویرهای طیفی و فراطیفی دورکاوی است (۲). اگرچه درباره استفاده از فناوری دورکاوی در بررسی متغیرهای محیطی و پایش موردی تغییرهای منابع زمین‌ها به ویژه پوشش گیاهی و خاک کارهای زیادی انجام شده است، اما تا کنون از این ابزار برای پایش سیستماتیک و دوره ای منابع طبیعی در کشور اقدام برنامه‌ریزی شده ای انجام نشده است

در بیشتر موارد داده‌های پایش به صورت نقطه‌ای بوده و نمایانگر منطقه کوچک است، بنابراین نمی‌توان آن را به علت پویایی طبیعت و تغییرهای منطقه‌ای آن، به منطقه‌های بزرگ گسترش داد. بنابراین روش‌های دورکاوی، رویکرد مناسبی برای مدل‌سازی و انجام این کار خواهد بود. از سوی دیگر، با افزایش تقاضا برای آب و شرایط تغییر اقلیم استفاده از داده‌های دورکاوی، موضوع مورد توجهی در زمینه منابع خاکی و مدیریت آن است. در سطح‌های کوچکتر و یا برای دقت بیشتر پایش، استفاده از تصویرهای پهپاد و پردازش آن‌ها نیز بسیار مفید است.

استفاده از داده‌های دورکاوی دارای مزیت‌های زیر است:

۱- به دلیل تفاوت مکانی در نحوه استفاده از زمین، پوشش زمین و ویژگی‌های فیزیکی خاک، بیشتر عامل‌های اکوکلیمایی نوسان‌های مکانی زیادی از خود نشان می‌دهند که نمی‌توان توسط ایستگاه‌های زمینی مقدارهای آن‌ها را تعیین کرد.

۲- داده‌های دورکاوی، می‌توانند اطلاعات بهنگام از سطح زمین را در اختیار قرار دهد.

بررسی‌های آزمایشگاهی

مهمترین موردهای مطرح در بررسی‌های آزمایشگاهی‌اندازه‌گیری و ثبت شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک، اندازه‌گیری رسوب در نمونه‌های جمع‌آوری شده، اندازه‌گیری زیست‌توده و ساختار پوشش گیاهی و همچنین اندازه‌گیری اندوخته کربن در بخش‌های خاک، زیست‌توده و لاشبرگ در بخش‌های جنگلی و مرتعی (۱۰، ۱۸) است

طراحی برنامه زمانی پایش

برای رسیدن به هدف‌های پایش، تعیین تناوب‌اندازه گیری دشوار است. گزینش فاصله زمانی بین دو پایش در نخستین گام به نیازهای برنامه ریزی و نوع پایش بستگی دارد. افزون بر این، مدت زمانی که هر پایش طول می‌کشد از موردی به مورد دیگر فرق می کند. برنامه زمانی پایش باید به گونه‌ای طراحی شود که داده‌برداری و ثبت فرم‌ها در مقیاس نقطه‌ای در شبکه پایش و در مقیاس سایت‌ها به صورت سالانه و برای برخی متغیرهای پایش به صورت فصلی انجام شود، اما با توجه به تفصیلی بودن و دقت مورد انتظار و نیز تنوع موردهای پایش در دامنه‌های معرف، باید این زمان‌بندی با دقت و ظرافت بیشتری طراحی و تدوین شود. افزون بر این، در مقیاس ملی و منطقه‌ای مشخص کردن برنامه زمانی متناسب و رعایت اهمیت ثبت داده‌ها، قابلیت استفاده آن‌ها را برای تصمیم سازان و بهره‌برداران بیشتر خواهد کرد

ساماندهی داده‌های پایش و طراحی پایگاه داده

ساماندهی داده‌ها در سیستم اطلاعات منابع زمینی به کمک سامانه‌های پایگاه داده و محیط‌های GIS و سرویس‌های تهیه نقشه زیر شبکه انجام و طراحی نرم‌افزاری برای این منظور انجام شود. برای این سامانه پایش و بانک اطلاعات، مجموعه‌ای سخت‌افزاری به همراه برنامه‌های نرم‌افزاری و کاربرد آن‌ها، طراحی شود. سطح دسترسی و نوع داده قابل دسترس چه داده‌های خام اولین و چه داده‌های دومین حاصل از فراواکاوی داده‌های خاک در این سامانه تعریف شود. ضروری است، چگونگی برخط‌سازی سطح‌های مختلف داده پایش و شیوه‌نامه مربوطه و رَوندنمای جریان داده از تولید داده تا زمان و کیفیت دسترسی به آن‌ها توسط کاربران، طرح‌ریزی و مشخص شود. در پایان امکان‌سنجی هوشمندسازی و طراحی داشبورد هوشمند در فرآیند پایش در مقیاس‌های مختلف و متغیرهای متفاوت پایش، در این قسمت طراحی و معرفی شود.

طراحی تشکیلات نیروی انسانی و پشتیبانی

برای اجرای موفقیت‌آمیز برنامه پایش منابع طبیعی کشور باید سازمان متولی تشکیل شده و نیروی انسانی مورد نیاز برای آن از نظر کمی و کیفی مشخص شوند. در این ارتباط، طراحی برنامه آموزشی لازم که تکنیسین‌ها و کارشناسان باید بپیمایند تا کیفیت مناسب و یکنواختی پایش در سراسر کشور را تضمین نماید، ضرورت دارد. دراین‌راستا، باید ضرورت‌ها برای پشتیبانی برنامه پایش در مقیاس‌های مختلف (مکان‌های دائمی، نقطه‌های پایش و معرف) پیش‌بینی و ساختار تشکیلاتی و هرم نیروی انسانی همراه با بودجه‌ریزی لازم برای این مهم مشخص شود.

جمع‌بندی

به طورکلی، در نوشتار حاضر، خط‌های کلی و سیاست‌ها و راهبردهای لازمه برای تدوین یک برنامه عملیاتی کاربردی برای پایش منابع طبیعی کشور، ارائه شده‌است. اجرای این برنامه کمک می‌کند که کلیه برنامه‌های پایش منابع طبیعی کشور در زیر یک چتر و به طور منسجم داده‌های قابل استفاده برای مدیریت عرصه را تولید کند. این طرح‌ریزی، فرآیندهای چندمقیاسی را

پوشش داده و داده‌های حاصل از فراواکاوی ارائه می‌کند تا به طور مستقیم و به آسانی برای سودبران شامل برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران در سطح کلان تا بهره‌برداران در سطح عرصه، به آن دسترسی داشته و بتوانند از داده‌های آن به طور مستقیم در سطح عرصه و برای واحد زیر مدیریت خود استفاده نمایند. در چنین برنامه‌ای، کلیه دستورکارهای فنی و عملیاتی لازم را برای پایش و اندازه‌گیری متغیرهای مهم و کلیدی در عرصه مدیریت منابع خاکی تدوین نموده و یک ظرفیت سازی علمی روزآمد و نوینی برای این مهم در سطح کشور به حساب خواهد آمد. از آنجا که مقیاس طراحی پایش در این نوشتار به گونه‌ای بود که در مقیاس‌های مختلف و هماهنگ انجام شود، بنابراین همواره داده‌های مکمل و جامعی برای تصمیم‌گیری در اختیار کاربر قرار می‌دهد تا تصمیم مناسب را برای مدیریت پایدار عرصه زیر مدیریت خود اتخاذ نماید و نکته‌های پایداری دیگر عرصه‌ها را نیز مورد نظر قرار دهد. در این نوشتار سعی شد خط‌های کلی برنامه‌پایش به‌گونه‌ای مشخص شوند که با اعمال چنین برنامه پایشی، داده‌های خام و داده‌های حاصل از فراواکاوی اطلاعات پایش به دست آیند. چنین داده‌ها و اطلاعات فرایندشده، ظرفیت بسیار کلیدی برای پژوهش در کشور است و کمک خواهد کرد تا مدیریت دانش بنیان در عرصه منابع طبیعی کشور نهادینه شود.

منابع

۱- ایلدرمی، ع.، م. دشتی مرویلی. ۱۳۹۲. ارزیابی کمی اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز سد اکبتان. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران ۶۶-۶۳: (۲۳)۷.

۲- بیات، م.، ر. اخوان، ت. ابراهیمی، ا. رحمانی. ۱۳۹۹. پایش، ارزیابی غنای گونه‌ای درختی و ارایه مدلهای مکانی تنوع زیستی جنگلهای هیرکانی (استان گیلان، مازندران، گلستان، و جنگلهای ارسباران) در سطح قطعات نمونه دائمی. برگفته از: http://fipak.areeo.ac.ir/site/catalogue/18870274

۳- دفتر طرح‌ریزی سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۹۱. مطالعات فرسایش و رسوب حوضه های معرف و زوجی. سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور صفحه‌های ۴۵ تا ۱۷۴.

۴- رنجبر، ر.، ح. اولیایی، ح. رنجبر و ا. ادهمی. ۱۳۹۷. پایش تغییرات شوری خاک با استفاده از دورکاوی در منطقه زاهد شهر, استان فارس. دورکاوی و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی ۱۲۸-۱۱۵: (۳۲)۹.

۵- سعادت، س.، ح. رضایی، ن. قائمیان، ا. فرجنیا، م.ر. ستاری‌شیرازی، ن. دواتگر، ع. چراتی و ع. شهرام. ۱۳۹۷. پایش کیفیت خاک‌های کشاورزی. برگرفته از: http://fipak.areeo.ac.ir/site/catalogue/18845611

6. Anilkumar, S.N., C.T. hikkaramappa, Y.M. Gopala, J.S. Arunkumar and G.M. Veerendra Patel. 2019. Soil Resource Inventory, Land Capability and Crop Suitability Assessment of Haradanahalli Micro-Watershed using Remote Sensing and GIS. Acta Sci. Agr. 3(3):129-137.
7. Anonymous. https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/envasso.
8. Anonymous. http://www.omafra.gov.on.ca/english/landuse/classify.htm.
9. Arrouays, D., A. Richer de Forges, X. Morvan, N.P.A. Saby, A.R. Jones, C. Le Bas, (Eds.). 2008. Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume IIb Survey of National Networks. EUR 23490 EN/2B, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 254 p.

10. Bispo, A., L. Andersen, D.A. Angers, M. Bernoux, M. Brossard, L. Cécillon, R.N.J. Comans, J. Harmsen, K. Jonassen, F. Lamé, C. Lhuillery, S. Maly, E. Martin, A.E. Mcelnea, H. Sakai, Y. Watabe and T.K. Eglin. 2017. Accounting for carbon stocks in soils and measuring GHGs emission fluxes from soils: Do we have the necessary standards? Front. Environ. Sci. 5(41):1-12. doi: 10.3389/fenvs.2017.00041
11. Caloiero, T., C. Biondo, G. Callegari, A. Collalti, R. Froio, M. Maesano, G. Matteucci, G. Pellicone, A. Veltri. 2016. Results of a long-term study on an experimental watershed in southern Italy. Forum geografic, XV (Suppl. 2), 55-65. doi:10.5775/fg.2016.067.s
12. FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Technical Summary. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 650 p.
13. Haeckel, I. and L. Heady. 2014. Creating a Natural Resources Inventory: A Guide for Communities in the Hudson River Estuary Watershed. Department of Natural Resources, Cornell University, and New York State Department of Environmental Conservation, Hudson River Estuary Program. Ithaca, N.Y. 102 p.
14. Huber, S., G. Prokop, D. Arrouays, G. Banko, A. Bispo, R.J.A. Jones, M.G. Kibblewhite, W. Lexer, A. Möller, R.J. Rickson, T. Shishkov, M. Stephens, G. Toth, J.J.H. Van den Akker, G. Varallyay, F.G.A. Verheijen and A.R. Jones (Eds.). 2008. Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume I Indicators & Criteria. EUR 23490 EN/1, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 339 p.
15. Jones, R.J.A., F.G.A. Verheijen, H.I. Reuter, A.R. Jones (Eds.). 2008. Environmental Assessment of Soil for Monitoring Volume Procedures & Protocols. EUR 23490 EN/5, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 165 p.
16. Kellner, E. and J.A. Hubbart. 2017. Application of the experimental watershed approach to advance urban watershed precipitation/discharge understanding. Urban Ecosyst. 20:799–810. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/s11252-016-0631-4
17. Kibblewhite, M.G., R.J.A. Jones, L. Montanarella, R. Baritz, S. Huber, D. Arrouays, E. Micheli and M. Stephens (Eds.). 2008. Environmental Assessment of Soil for Monitoring Volume VI: Soil Monitoring System for Europe. EUR 23490 EN/6, Office for the Official Publications of the European Communities Luxembourg, 72 p.
18. Lee S., S. Lee, J. Shin, J. Yim and J. Kang. 2020. Assessing the Carbon Storage of Soil and Litter from National Forest Inventory Data in South Korea. Forests. 11(1318):1-15. doi:10.3390/f11121318
19. Martin-Fernandez, L. and M. Martinez-Nunez. 2011. An empirical approach to estimate soil erosion risk in Spain. Sci. Total Environ. 409 (17): 3114-3123.
20. Montanarella, L. and P. Panagos. 2021. The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal. Land use policy. 100: 104950. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104950
21. Mukherjee A, and R Lal. 2014. Comparison of Soil Quality Index Using Three Methods. PLoS ONE 9(8): e105981. doi:10.1371/journal.pone.0105981
22. National Resources Conservation Service. T.J. Toy, G.R. Foster and K.G. Renard. 2002. Soil Erosion, Processes, Prediction, Measurement and Control, John Wiley & Sons, USA.

23. Nichols, M.H., J.J. Stone and M.A. Nearing. 2008. Sediment database, Walnut Gulch Experimental Watershed, Arizona, United States. Water Resour. Res., 44, W05S06, doi:10.1029/2006WR005682
24. NRI. 2018. Creating a Natural Resources Inventory https://www.dec.ny.gov/lands/120538.html
25. Sehgal, J. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/colloques2/010008396.pdf.
26. Renard, K., M.H. Nichols, D. Woolhiser and H. Osborn. 2008. A brief background on the U.S. Department of Agriculture Agricultural Research Service Walnut Gulch Experimental Watershed, Water Resour. Res., 44: 1-11. doi:10.1029/2006WR005691
27. Willemen, L., N.N. Barger, B.t. Brink, M. Cantele, B.F.N Erasmus, J.L. Fisher, T. Gardner, T.G. Holland, F. Kohler, and J.S. Kotiaho. 2020. How to halt the global decline of lands. Nat. Sustain. 3:164–166. doi.org/10.1038/s41893-020-0477-x

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 7(2): 177-192 (2022)

Main Approaches and Designing Frameworks for Comprehensive Program for Monitoring the Country's Natural Resources

Y. Parvizi[1] and M. Arabkhedri[2]

Iran is an arid and semi-arid country whose natural resources have a fragile balance due to unstable management under the conditions of climate change and continuous droughts. General estimates show that soil loss is 14% of the gross national income and also the annual expenditure of 4000 billion Rials for the implementation of protection and restoration projects in the country. Having accurate information about the temporal and spatial changes in the quality and quantity of these resources is a key requirement for its sustainable management. Designing a natural resource monitoring program is a key in creating the necessary information platform for many conservation and restoration projects and prioritizing watershed measures and needed research. In this article, an attempt was made to explain the current situation, the history of monitoring land resources and the data obtained from them, and their strengths and weaknesses. Following, it will be explained how to achieve a comprehensive plan and design for the global monitoring of land resources (hydrological variables, soil erosion, vegetation and carbon secosteration) at the country level. First, the design of national and regional monitoring networks is explained by describing representative basins, permanent monitoring sites and sampling systems at different scales. Then, an overview of data collection, integration and analysis, sampling protocols and required tests are presented. Finally, general data collection schedule, support structure and human resources and the main findings of meta-analysis of spatial and temporal data (in terms of conservation planning, support system and decision-making) are described.

Key words: Representative watersheds, Sampling system, Soil erosion, Watershed management.

1. Corresponding author, Email: yparvizi1360@gmail.com
2. Associate Professors of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Tehran.