



لزوم پایش بلند مدت پوشش گیاهی و خاک اکوسیستم‌های مرتعی

جواد معتمدی^{۱*}، عادل جلیلی^۲، حسین ارزانی^۳ و محمد فیاض^۴

اهمیت پایش اکوسیستم‌های مرتعی

اکوسیستم‌های مرتعی و برجسته کردن نقش اکوسیستمی آنها در فرایند آموزش، پژوهش و مدیریت، از جمله ملزومات اساسی در این ارتباط است (معتمدی و همکاران، ۱۳۹۹). در این ارتباط، به دلیل نبود یک نظام جامع آماری دقیق در کشور، از سطح اکوسیستم‌های مرتعی و مقدار علوفه قابل برداشت آن، آمار متفاوتی موجود است. براساس گزارش دفتر مهندسی سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، وسعت عرصه‌های مرتعی کشور، ۸۴/۶ میلیون هکتار است که از این مقدار، مراتع متراکم (مراتعی که درصد پوشش تاجی آنها بیشتر از ۵۰ درصد است)، ۸/۵ درصد، مراتع نیمه‌متراکم (مراتعی که درصد پوشش تاجی آنها ۲۵ تا ۵۰ درصد است)، ۲۵/۳ و مراتع کم‌تراکم (مراتعی که درصد پوشش تاجی آنها ۵ تا ۲۵ درصد است)، ۶۶/۲ درصد از سطح مراتع را به خود اختصاص داده‌اند. میانگین علوفه قابل برداشت این عرصه‌ها نیز در شرایط بارش‌های نرمال، با در نظر گرفتن حد مجاز برداشت ۵۰ درصد، در هر سال حدود ۱۰ میلیون تن علوفه خشک برآورد شده است (اسکندری و همکاران، ۱۳۸۷). به تفسیر دیگر، تولید کل علوفه مراتع کشور در شرایط بارش‌های نرمال، ۲۰ میلیون تن برآورد شده است. این مقدار، علی‌رغم تغییر کاربری‌های انجام‌شده، از سال ۱۳۶۰ تاکنون به‌عنوان عدد مینا و پایه تولید مراتع در برنامه‌ریزی‌های کلان ملی و منطقه‌ای مد نظر قرار گرفته است. نتایج یک دهه آماربرداری از پوشش گیاهی در مناطق مختلف اکولوژیک نشان داد، متوسط درصد پوشش تاجی در مراتع مناطق استپی، ۱۳/۲ درصد و میانگین تولید علوفه گونه‌های قابل چرای دام در رویشگاه‌های یادشده، ۱۳۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است (شکل ۱). ضمن اینکه نتایج آماربرداری از پوشش گیاهی در مناطق نیمه‌استپی گویای آن است که متوسط درصد پوشش تاجی، ۳۳ درصد و میانگین

مراتع کشور با توجه به تنوع گسترده اکولوژیکی و رویشگاهی، بخش عمده گونه‌های گیاهی، جانوری و سایر میکروارگانیسم‌ها را در خود جای داده‌اند. این اکوسیستم‌ها، به شدت شکننده هستند و در معرض خطر تبدیل شدن به رویشگاه‌های تخریب‌شده و بیابانی قرار دارند. بخش عمده‌ای از مراتع در ایران، تحت سیطره اقلیم‌های بیابانی، خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و با تجربه تغییر اقلیم، گرم شدن کره زمین و از همه بالاتر، ظهور پدیده خشک‌سالی ممتد، در معرض تغییرات اساسی است. کاهش تولید، پایین آمدن ظرفیت انعطاف‌پذیری و سازگاری، انقراض گونه‌ها و جابه‌جایی مرز جوامع گیاهی از جمله این تغییرات هستند. در چنین شرایطی، بهره‌برداری از این اکوسیستم‌ها از طریق چرای دام، تغییر کاربری، توسعه بهره‌برداری از معادن و تأثیرگذاری سایر برنامه‌های عمرانی و توسعه‌ای، به دلیل کم‌توجهی به مسائل محیط‌زیستی، زمینه تخریب و زوال کامل این رویشگاه‌ها را فراهم می‌کند و بستر مناسب برای بیابان‌زایی و تولید ریزگردها، به وجود می‌آید (جلیلی، ۱۳۹۶). بنابراین، لازم است قدم‌های جدی توسط سازمان‌های مرتبط نظیر سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور با حمایت دیگر دستگاه‌های تصمیم‌گیر در رابطه با حفظ و احیای این اکوسیستم‌های ارزشمند و حیاتی، با بهره‌گیری از همه ظرفیت‌های کارشناسی و علمی و امکانات کشور برداشته شود. اولین گام در این خصوص، شناخت وضعیت موجود و به‌هنگام‌سازی اطلاعات پایه مراتع است. تهیه نقشه تیپ‌های گیاهی و شناخت نواحی بوم‌شناختی، تعیین و کاربرد گروه‌ها و تیپ‌های عملکردی گیاهی در مدیریت مراتع، اندازه‌گیری مستمر پوشش گیاهی و خاک و به‌دنبال آن پایش بلندمدت اکوسیستم‌های مرتعی و هویت‌بخشی به تک‌تک

۱- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. پست الکترونیک: motamedi@rif.ac.ir

۲- استاد پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳- استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.



مقدار تولید علوفه گونه‌های قابل چرای دام ۴۱۱/۷ کیلوگرم در هکتار است (ارزانی، ۱۳۸۸).

این موضوع در شرایطی است که مقدار تولید مراتع با پتانسیل بالای تولید علوفه که عمدتاً در مناطق نیمه‌استپی (نیمه‌خشک) و کوهستان‌های مرتفع پراکنش دارند، ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار و تولید مراتع مناطق استپی (خشک)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. همچنین تولید مراتع مناطق بیابانی و کویری، کمتر از ۳۰ کیلوگرم در هکتار بیان شده است (Niknam, 1970). از این دیدگاه آمار ارائه‌شده، نشان‌دهنده کاهش توان تولید رویشگاه‌های مرتعی طی پنج دهه گذشته است.

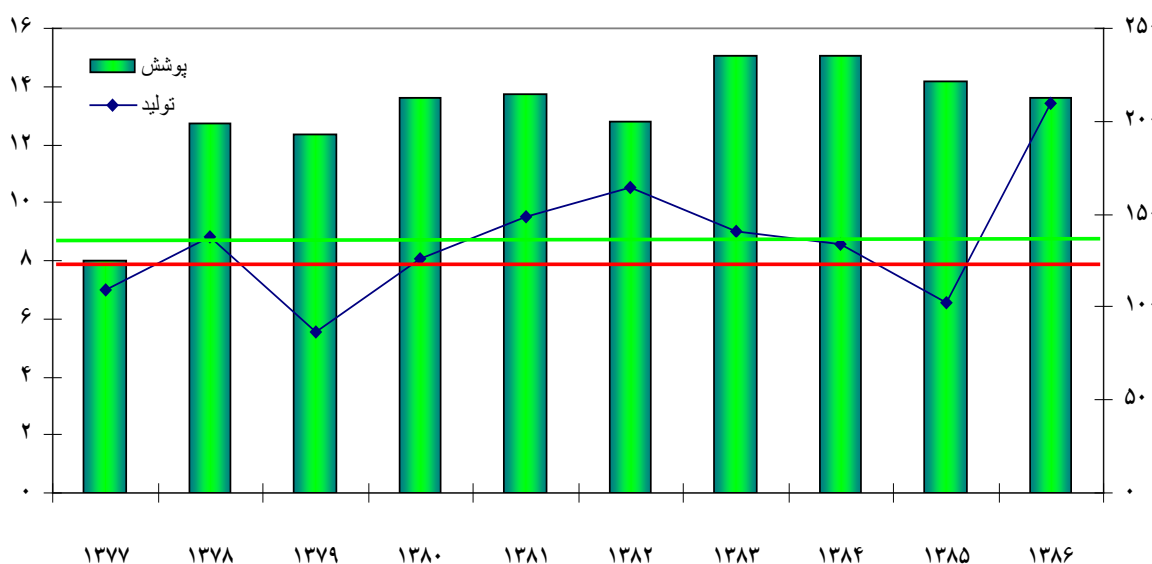
آنچه مسلم است، دستیابی به اطلاعات پایه و به‌هنگام از مراتع، نیازمند اندازه‌گیری مستمر و بلندمدت پوشش گیاهی و خاک و به بیان دیگر، پایش متوالی آنها در یک دوره چندین ساله است که با توجه به تغییرات اقلیمی و نگرانی جوامع بشری و همچنین خشکسالی ممتد، پرداختن به این موضوع، ضرورت بیشتری پیدا می‌کند. چنین داده‌هایی برای برنامه‌ریزان کلان‌کشوری و نیز برای بهره‌برداران از مراتع، اهمیت بسیاری دارد و زمینه را برای به‌کارگیری فناوری‌های ارزیابی نظیر سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و مدل‌سازی اکوسیستم‌ها فراهم می‌کند. این اطلاعات، کاربرد گسترده‌ای برای برنامه‌ریزی در اکوسیستم‌های مرتعی دارد که با توجه به تغییرات وضعیت مراتع در طول زمان، باید این تغییرات پایش شود.

اگرچه، تاکنون روش‌های زیادی برای ارزیابی (اندازه‌گیری و پایش) مراتع، در دنیا معرفی شده است ولی کاربرد این روش‌ها، محدودیت‌هایی دارد و هر کشور باید با توجه به شرایط اکولوژیک و اقتصادی اجتماعی،

دستورالعمل مجزایی برای ارزیابی مراتع داشته باشد (ارزانی و عابدی، ۱۳۹۴ الف). برای ارائه دستورالعمل یادشده، نیاز به اطلاعات پایه جامعی است، در گام اول، ضروری است این اطلاعات در چهارچوب طرح‌های کلان ملی جمع‌آوری شوند.

برای تحقق این امر و نیز شناخت و ایجاد اطلاعات مناسب برای ارزیابی (اندازه‌گیری و پایش) مراتع، طرح‌های متعددی طی چندین سال گذشته در سطح کشور اجرا شده است. در این ارتباط، می‌توان به طرح ملی «شناخت مناطق اکولوژیک کشور»، طرح ملی «ارزیابی مراتع مناطق مختلف آب‌وهوایی کشور»، طرح ملی «تعیین علوفه قابل برداشت مراتع کشور»، طرح ملی «تعیین کیفیت علوفه گیاهان مرتعی»، طرح «تعیین واحدهای اقتصادی و واحدهای اجتماعی پایه مرتع‌داری»، طرح ملی «تعیین معیارها و شاخص‌های ارزیابی شایستگی مرتع»، طرح ملی «تعیین اندازه واحد دامی و نیاز روزانه دام چراکننده از مراتع»، طرح «طبقه‌بندی مراتع جهت رسیدن به مدیریت پایدار مرتع»، طرح «سلامت مرتع» و ده‌ها طرح تحقیقاتی دیگر اشاره کرد.

اولین پژوهشی که در زمینه ارزیابی مراتع، به‌طور کامل و جامع در ایران انجام شد، طرح «ارزیابی مراتع مناطق مختلف آب‌وهوایی ایران» است (ارزانی، ۱۳۸۸). نتایج حاصل از این طرح، مؤید تغییرات دائمی مراتع از لحاظ ترکیب گیاهی، میزان تاج پوشش گیاهی و تولید علوفه است که نشان می‌دهد میزان و جهت تغییرات، تحت تأثیر عوامل اکولوژیک و مدیریتی قرار دارد. در این طرح، بیش از ۱۸۰ رویشگاه پایش و گزارش‌های آن برای استان‌های مختلف منتشر شد، همچنین، برخی از نتایج آن نیز در مقالات مختلف به چاپ رسید



شکل ۱- تغییرات پوشش تاجی (درصد) و تولید علوفه (کیلوگرم در هکتار) مراتع استپی (اقتباس از: ارزانی، ۱۳۸۸) [خط سبز؛ متوسط تولید (۱۳۶ کیلوگرم در هکتار) و خط قرمز؛ متوسط خوب تولید (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد].

و تولید گونه‌ها (مدل پیشنهادی Arzani و King، 1992)، تعیین شده است و از مجموع تولید کلاس‌های خوش‌خوراکی، تولید کل سایت‌های اکولوژیک، بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال برآورد شده است. طبقه وضعیت مرتع در هر یک از سایت‌ها، براساس توالی و تواتر پوشش گیاهی و نظریه تک‌اوجی Clements (۱۹۱۶)، با استفاده از دستورالعمل روش چهار فاکتوری (شیدایی، ۱۳۵۵ به نقل از گودوین، ۱۳۴۸؛ تعدیل شده توسط ارزانی، ۱۳۸۸)، تعیین شده است. گرایش وضعیت مرتع نیز از طریق مقایسه آمار بلندمدت وضعیت مرتع، مشخص شده است. همچنین، در ابتدای ترانسکت اول هر سایت، یک نقطه ثابت عکسبرداری در نظر گرفته شده که هر سال به هنگام اندازه‌گیری ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک، یک عکس از آن تهیه شده تا هنگام تحلیل داده‌ها به همراه اطلاعات بارندگی، کمک نماید (شکل‌های ۲ الی ۵). این کار که از آن معمولاً به‌عنوان پایش کیفی نیز

(ارزانی و عابدی، ۱۳۹۴ ب) و درمجموع اطلاعات پایه خوبی را برای تعیین برخی ویژگی‌های پوشش گیاهی در کشور فراهم کرد. در این ارتباط، برای اطلاع از وضعیت مراتع، رویشگاه‌های مختلفی، به‌عنوان «سایت‌های اکولوژیک»، در نواحی و اقلیم‌های مختلف رویشی مد نظر قرار گرفت و خصوصیات ساختاری و عملکردی پوشش گیاهی در آنها اندازه‌گیری شد. برای این کار، مقوله‌های ساختاری و عملکردی پوشش گیاهی، در زمان آمادگی مرتع، در داخل پلات‌های مستقر در امتداد ترانسکت‌های ثابت، طی یک دهه در مناطق استپی کشور و بیش از پنج سال در مراتع مناطق نیمه‌استپی اندازه‌گیری شده است. پوشش تاجی هر یک از گونه‌ها از طریق برآورد چشمی و تراکم آنها از طریق شمارش پایه‌ها اندازه‌گیری شده است. تولید علوفه گونه‌های مورد چرای دام، در هر یک از مکان‌های مطالعاتی نیز به روش نمونه‌گیری دوبل (مضاعف) و ارتباط بین درصد پوشش تاجی



شکل ۳- نمایی دیگر از نقطه ثابت عکسبرداری در ابتدای ترانسکت اول هر یک از سایت/مکان‌های پایش (منطقه تفتان، تیپ گیاهی *Zygophyllum atipli* - *Hammada salicornia* - اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۰)



شکل ۲- نمایی از نقطه ثابت عکسبرداری در ابتدای ترانسکت اول هر یک از سایت/مکان‌های پایش (منطقه تفتان، تیپ گیاهی *Zygophyllum atiplicoides* - *Hammada salicornia* - اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۱)



شکل ۵- نمایی دیگر از نقطه ثابت عکسبرداری، (منطقه تفتان، تیپ گیاهی *Hammada salicornia* - *Zygophyllum atiplicoides* - *Artemisia sieberi* - *Artemisia santolinifolia* - اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۰)



شکل ۴- نمایی از نقطه ثابت عکسبرداری (منطقه تفتان، تیپ گیاهی *Hammada salicornia* - *Zygophyllum atiplicoides* - *Artemisia sieberi* - *Artemisia santolinifolia* - اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۱)



نامبرده می‌شود؛ جهت مقایسه شرایط عمومی مرتع در سال‌های مختلف، صورت گرفته است.

در مجموع، از نظر تنوع و وسعت زیاد مراتع و تغییرات دائمی اجزای اکوسیستم‌های مرتعی، لزوم ارزیابی روند و دلیل تغییرات احساس می‌شود که برای تحقق آن، نیازمند طراحی یک سیستم پایش ملی است. سیستمی که در آن:

(الف) سیاست ارزیابی، در هر منطقه آب‌وهوایی و اکوسیستم کلان مرتعی، تبیین شده باشد،
 (ب) در خصوص فاکتورهای اندازه‌گیری شده و روش‌های اندازه‌گیری مرتع و مقیاس‌های زمانی و مکانی پایش، تفاهم باشد،
 (ج) در آن، امکان به‌کارگیری فنون جدید در سطح وسیع دیده شده باشد.

آنچه مسلم است، به‌لحاظ اهمیت ارزیابی مستمر، ضروری است، داده‌ها از مکان مشابه، در زمان مشابه و با روش مشابه، جمع‌آوری و در هر اندازه‌گیری نیز فاکتورهای مشابه ارزیابی شوند و از فن‌سنجش از دور نیز بیشتر استفاده شود. بنابراین، مطالعه تغییرات مراتع از نظر عوامل یادشده و شناخت عامل تغییرات آن، کمک مؤثری در تدوین برنامه مدیریت اصولی و بهره‌برداری پایدار از اکوسیستم‌های مرتعی خواهد کرد. در چنین شرایطی است که می‌توان از نتایج حاصل، یک بانک اطلاعات ملی برای مراتع، برای مدل‌سازی اکوسیستم‌ها، پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و تشخیص سهم نوسانات آب‌وهوایی و مدیریت از همدیگر در اختیار داشت و براساس آن، دستورالعمل‌هایی را برای برون‌رفت از وضعیت فعلی مراتع ارائه کرد. ضمن اینکه می‌توان در مقیاس محلی، منطقه‌ای، ناحیه‌ای و قطب‌های اکولوژیک، گزارش‌های لازم را برای بخش‌های اجرایی، تحقیقاتی و اطلاع‌رسانی به مردم ارائه کرد. با همین هدف و نیز با هدف تأمین اطلاعات لازم و درازمدت برای برنامه‌ریزی اصولی و در نتیجه جلوگیری از تخریب مراتع و حفظ آب و خاک، طرح «پایش اکوسیستم‌های مرتعی مناطق مختلف آب‌وهوایی» از سال ۱۳۹۶، در دستور کار بخش تحقیقات مرتع قرار گرفت که اهداف مشخص آن به شرح زیر است.

اهداف پایش اکوسیستم‌های مرتعی

(الف) برنامه‌ریزی برای رسیدن به یک سیستم پایدار ارزیابی مراتع،
 (ب) تأمین اطلاعات به‌هنگام از مراتع و تعیین تغییرات سالانه مرتبط با مساحت و مقدار ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک، جهت کمک به بهره‌برداری صحیح و برنامه‌ریزی کلان،
 (ج) نشان دادن روند و شدت تغییرات و شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات،
 (د) دستیابی به متوسط تولید مناطق مختلف برای تعیین ظرفیت چرای درازمدت مراتع،
 (ه) ایجاد یک بانک اطلاعاتی، برای ارائه مدل به‌کارگیری فنون‌سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی مراتع در سطوح وسیع،
 (و) ایجاد مناطق معرف دائمی، برای فراهم نمودن مکان‌های مناسب

پژوهش،

(ز) انتخاب، مطابقت و توصیه روش‌های مناسب ارزیابی برای هر یک از اکوسیستم‌های مرتعی،
 (ح) تشخیص و تعیین شاخص‌های وضعیت و گرایش مراتع برای هر یک از اکوسیستم‌های مرتعی،
 (ط) ارزیابی روش به‌کارگرفته برای تعیین وضعیت و گرایش مرتع در هر یک از اکوسیستم‌های مرتعی،
 (ک) تقویت توانایی و مهارت نیروی کارشناسی برای شناخت بهتر وضعیت مرتع و روند گرایش آن در اکوسیستم‌های مختلف مرتعی.

کاربردهای متصور از پایش اکوسیستم‌های مرتعی

بررسی‌های انجام‌شده در طرح پایش اکوسیستم‌های مرتعی، کمک خواهد کرد تا:

(الف) فاکتورهای موردنیاز پایش اکوسیستم‌های مرتعی،
 (ب) روش‌های مناسب اندازه‌گیری ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک در مناطق مختلف آب‌وهوایی،
 (ج) شاخص‌های تعیین‌کننده وضعیت مرتع،
 (د) ظرفیت کوتاه‌مدت و بلندمدت چرا
 (ه) اثرات تغییر اقلیم و مدیریت بر خصوصیات ساختاری و عملکردی اکوسیستم‌های مرتعی
 و (و) تنوع گونه‌ای هر یک از اکوسیستم‌های مرتعی مشخص شود.

لزوم پایش پوشش مراتع، با رویکرد اکوسیستمی

همان‌گونه که پیش‌ازاین گفته شد، پروژه ملی «پایش اکوسیستم‌های مرتعی مناطق مختلف آب‌وهوایی»، با هدف تأمین اطلاعات لازم و درازمدت برای برنامه‌ریزی اصولی و در نتیجه جلوگیری از تخریب مراتع و حفظ آب و خاک از سال ۱۳۹۶، در دستور کار بخش تحقیقات مرتع قرار گرفت. در مرحله اول، همه رویشگاه‌های مرتعی در مناطق مختلف آب‌وهوایی کشور، در چهارچوب یک پروژه ملی، ارزیابی (اندازه‌گیری و پایش) شد، این امر در شرایطی است که هر یک از ۹۱ رویشگاه مورد پژوهش، از منظر اکولوژیکی و زیست‌جغرافیایی، متعلق به یک اکوسیستم کلان مرتعی است. هر یک از اکوسیستم‌های کلان مرتعی نیز دارای هویتی مستقل با خاستگاه اکولوژیکی و رویشگاهی متفاوتی هستند که برداشت و تعریف ناقص از این موضوع، سبب غفلت در شناخت درست این اکوسیستم‌ها شده است. در این رابطه، براساس تغییر عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، اقلیم و مد نظر قرار دادن گروه‌های عمده گیاهی ارائه‌شده در طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور (که برآیند و ترجمه شده تأثیر عوامل اقلیمی، خاکی، توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی در پراکنش پوشش گیاهی است)، هشت اکوسیستم کلان مرتعی در نواحی جغرافیایی و گستره رویشی ایران تعریف می‌شوند. این اکوسیستم‌ها شامل مناطق شبه‌ساوان، شوره‌زارها، درمنه‌زارها، گون‌زارها، مناطق مرتفع و آبی، بدلندها، ماسه‌زارها (تپه‌های شنی) و مانداب‌ها هستند

حفاظتی گیاهان و اکوسیستم‌های ایران و انتشار لیست قرمز گونه‌های گیاهی ایران»، ذخیره‌گاه‌ها و محل‌های پراکنش گونه‌های انحصاری و در معرض خطر انقراض و در نتیجه، نقشه حساسیت اکوسیستم‌های مرتعی مشخص خواهد شد که بر مبنای آنها می‌توان نسبت به انتخاب روش مرتعداری و حد بهره‌برداری مجاز رویشگاه‌های مرتعی تصمیم گرفت. چنین اطلاعاتی، در انتخاب رویشگاه‌های گیاهی و زیستگاه‌های جانوری و حفاظت از آنها با عناوین مناطق چهارگانه کشور (پارک ملی، اثر طبیعی ملی، پناهگاه حیات وحش و منطقه حفاظت‌شده) بسیار کارآمد است.

(شکل‌های ۶ الی ۱۳) که در زیر عنوان مراتع قرار می‌گیرند و تعاریف جهانی و طبقه‌بندی‌های مختلفی دارند (معتدی و همکاران، ۱۴۰۰). با دسته‌بندی و جداسازی این اکوسیستم‌ها و تلفیق لایه‌های اقلیمی، خاکی و توپوگرافی با نقشه نواحی رویشی و تیپ‌های گیاهی کشور (که در طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور ارائه شده است)، زیرواحدها یا زیراکوسیستم‌های مرتبط با هر یک از اکوسیستم‌های کلان، شناسایی و طبقه‌بندی می‌شوند که در نتیجه آن، پهنه‌های اقلیمی، خاکی و ژئومورفولوژیکی مرتبط با هر یک مشخص خواهند شد. ضمن اینکه با تلفیق نقشه پهنه‌های یادشده با نتایج حاصل از طرح «تعیین جایگاه



شکل ۶- نمایی از مناطق شبه‌ساوان (مسیر خاش به ایرانشهر، اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۰)



شکل ۸- نمایی از درمنه‌زارهای منطقه حفاظت شده کلاه قاضی (خردادماه ۱۴۰۰)



شکل ۷- نمایی از شوره‌زارهای دریاچه ارومیه (منطقه اوصالو، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹)



شکل ۹- نمایی از گونزارهای ارتفاعات نیمه شمالی کشور (منطقه آق داغ خلخال، اردیبهشت ماه ۱۴۰۱)



شکل ۱۰- نمایی از مناطق آلی و مرتفع (منطقه ارشد چمن سهند، تیرماه ۱۳۸۹)

تا به امروز، تشخیص مناطق چهارگانه کشور و مدیریت آنها، با رویکرد حفاظت از حیات وحش بوده و تنها، جغرافیای جانوری ملاک قرار گرفته است. در صورتی که با ملاک قرار دادن جغرافیای گیاهی و حفاظت از گونه‌های گیاهی و رویکرد اکوسیستم محور به عرصه‌های طبیعی، حیات وحش وابسته به گونه‌های گیاهی نیز حفظ خواهد شد. با این شرایط، مطابق با نقشه حساسیت اکوسیستم‌های مرتعی، اکوسیستم‌های به شدت در معرض خطر، در معرض خطر و آسیب پذیر، مشخص و در نتیجه، اکوسیستم‌های خدمات محور و اکوسیستم‌های حفاظتی معرفی خواهند شد.

بر همین اساس، برای خروج از وضعیتی که مراتع کشور به آن دچار شده است، باید رویکرد اکوسیستمی در تمامی جنبه‌های مرتبط با آموزش، تحقیقات و مدیریت مراتع حاکم شود و اکوسیستم‌های یادشده، مبنای مدیریت و برنامه‌ریزی‌ها قرار گیرند و به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که هر یک از متخصصان آموزشی، تحقیقاتی و اجرایی، انرژی و توان خود را بر یکی از این اکوسیستم‌های مرتعی متمرکز کنند و دغدغه آنها، پاسخ به مسائل و مشکلات حاکم بر این رویشگاه‌ها باشد، زیرا نسخه‌های توصیه شده برای مدیریت یک اکوسیستم، معمولاً قابل توصیه برای

سایر اکوسیستم‌ها نیست و برعکس (معمدی و همکاران، ۱۴۰۰). از این رو، مطابق با تصمیمات گروه مشورتی تدوین راهبردها و شورای راهبردی مرتع، پروژه ملی «پایش اکوسیستم‌های مرتعی مناطق مختلف آب‌وهوایی»، در پنج سال دوم (۱۴۰۱ لغایت ۱۴۰۵)، در چهارچوب اکوسیستم‌های کلان مرتعی انجام خواهد شد که در آن، پوشش گیاهی و خاک رویشگاه‌های واقع در هر یک از اکوسیستم‌های کلان مرتعی، در چهارچوب طرح‌های ملی «پایش پوشش گیاهی و خاک اکوسیستم‌های مرتعی»، به طور مستمر اندازه‌گیری خواهد شد.

در این رابطه، سؤالات زیر مطرح می‌شود:

الف) تغییرات مشخصه‌های پوشش گیاهی، طی سال‌های مختلف، در هر یک از اکوسیستم‌های کلان مرتعی، چگونه است و کدامیک از رویشگاه‌ها، به تغییرات اقلیمی و مدیریتی (چرا)، حساس‌تر هستند؟
ب) تغییرات مقادیر شاخص‌های خشک‌سالی و تولید علوفه در هر یک از اکوسیستم‌های کلان مرتعی، چگونه است؟
ج) روند تغییرات وضعیت مرتع در هر یک از اکوسیستم‌های کلان مرتعی، در یک دوره پنج‌ساله، چگونه است؟
د) تأثیر هر کدام از عوامل مؤثر در تعیین وضعیت مرتع، در بروز تغییر در طبقه وضعیت اکوسیستم‌های کلان مرتعی، چگونه است؟
ه) ارتباط بین شاخصه‌های اقلیمی، با امتیاز وضعیت مرتع در هر یک از اکوسیستم‌های کلان مرتعی، چگونه است؟
و) آیا روند تغییرات میانگین نمره وضعیت مرتع اکوسیستم‌های کلان



شکل ۱۱- نمایی از ماسه‌زارها (تپه‌های شنی منطقه ورنه، تالاب گاوخونی، اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۰)



شکل ۱۲- نمایی از بدلدها (اراضی مارنی مسیر میانه به تبریز، اردیبهشت ماه ۱۳۹۹)



شکل ۱۳- نمایی از چمنزارهای مرطوب کف دره‌ها (یک نمونه از اکوسیستم‌های ماندابی در مناطق مرتفع و آلی منطقه ارشد چمن، اردیبهشت ماه ۱۳۹۸)

مرتعی، هم‌سو با تغییرات شاخص‌های خشک‌سالی است؟ یا خیر؟
ز) کدام تئوری اکولوژیکی، برای ارزیابی وضعیت مرتع اکوسیستم‌های کلان مرتعی کارآمد است؟

ح) نقاط قوت و ضعف هر یک از روش‌های تعیین وضعیت مرتع، در ارزیابی صحیح وضعیت مرتع اکوسیستم‌های کلان مرتعی چگونه است؟

در مجموع، برای مطالعه عمیق‌تر و تفسیر بهتر تغییرات وضعیت مراتع در نتیجه تغییرات اقلیمی و عوامل مدیریتی، لازم است که رویشگاه (سایت)‌های اکولوژیک، در مقیاس اکوسیستمی، اندازه‌گیری و پایش شود. همچنین، برای اینکه بتوان تغییرات پوشش گیاهی را در تمامی رکوردهای آب‌وهوایی، رصد و روند آنها را بررسی کرد، لازم است هر ساله از پوشش گیاهی آماربرداری شود. به تفسیر دیگر، به همان اندازه که برداشت داده‌های هواشناسی در مقیاس‌های روزانه، ماهانه و سالانه مهم است و نباید رکوردی را از دست داد، آماربرداری از پوشش گیاهی نیز به صورت ماهانه، فصلی و سالانه دارای اهمیت است. در این ارتباط، Holechek و همکاران (۲۰۰۵)، از فواصل زمانی مربوط به اندازه‌گیری و پایش پوشش گیاهی، به عنوان دغدغه مهم در تحلیل گرایش یا جهت تغییرات وضعیت مرتع یاد می‌کنند. ضمن اینکه بیان می‌شود، برای شناخت گرایش صحیح، به اطلاعات سال‌های متوالی نیاز است تا بتوان از تغییرات ناشی از نوسانات اقلیمی سالیانه کاست. آنچه مسلم است، اگر پایش مؤثر گرایش مد نظر باشد، جمع‌آوری داده‌های وضعیت مرتع در فواصل زمانی پنج سال، ضروری است.

مثال، پایش گیاهان یک‌ساله ممکن است بیشتر از پایش تغییرات وسیع رفتاری یا جمعیت بوته‌ای‌ها و درختچه‌ای‌ها، نیازمند توجه به فصل یا تناوب اندازه‌گیری باشد. از این رو، مقیاس زمانی باید به سه مقیاس مکانی قبلی اضافه شود و تصمیمات مناسب برای هر مقیاس مانند تصمیمات تاکتیکی، طراحی‌های درازمدت، باید بر مبنای داده‌های پایش مناسب با آن مقیاس اتخاذ شوند (Friedel et al., 2000).

متأسفانه، بیشتر داده‌های جمع‌آوری شده، از بی‌ثباتی، نبود تکرار، تکنیک‌های عجیب و غریب و مدیریت ضعیف داده‌ها رنج می‌برند. با این شرایط، طرح‌های «پایش اکوسیستم‌های مرتعی»، در مقیاس زمانی، باید به طور مداوم تکرار شوند و در مقیاس مکانی نیز پاسخگوی مسائل موجود در سطوح سامان عرفی، سیمای سرزمین و ملی و منطقه‌ای باشند.

همان گونه که پیش‌ازین اشاره شد، دغدغه مهم در تحلیل گرایش یا جهت تغییرات وضعیت مرتع، فواصل زمانی مربوط به جمع‌آوری داده‌ها است (Holechek et al., 2005) که برای کاهش تغییرات ناشی از نوسانات اقلیمی سالانه، هر چه فواصل جمع‌آوری داده‌ها کمتر باشد، نتایج بهتری حاصل خواهد شد.

استراتژی‌های جمع‌آوری داده‌ها برای پایش اکوسیستم‌های مرتعی

در این ارتباط، با ذکر تعریف پایش و تفاوت آن با ارزیابی مرتع، به ذکر استراتژی‌های جمع‌آوری داده‌ها برای پایش، انتخاب مکان و روش‌های پایش و اینکه چه چیزی و چگونه باید اندازه‌گیری شود، پرداخته شده است.

ماهیت پایش مرتع، عبارت است از بررسی تغییرات در طول زمان که توسط شاخص‌های وضعیت یا سلامت و تشخیص دلایل تغییرات اعم از دلایل محیطی یا مدیریتی اندازه‌گیری می‌شود. برای درک اینکه چه دلایلی باعث تغییر وضعیت مراتع شده است، باید یک سری رکوردها موجود باشد. رکوردهای لازم، ممکن است به اندازه یک عکس، ساده باشند یا شامل اندازه‌گیری‌های مفصلی شوند.

پایش مرتع، با ارزیابی شروع شده است. ارزیابی و پایش، اگرچه ممکن است روش کاملاً مشابهی داشته باشند، اهداف متفاوتی دارند. هدف کلی یک ارزیابی، معمولاً عبارت است از برآورد نوع، مقدار، کیفیت، وضعیت یا سایر ویژگی‌های منابع مرتعی در یک زمان مشخص (Laycock, 1990).

گاهی اوقات، حجم عظیمی از منابع اطلاعاتی نظیر اشکال اراضی، ویژگی‌های پوشش گیاهی، خصوصیات سطحی اراضی و جزئیات پروفیل‌ها و طبقات خاک (McDonald et al., 1990)، در طی ارزیابی جمع‌آوری می‌شود که برای پایش، نامناسب است، اما برای ارزیابی قابلیت اراضی جهت بهره‌برداری‌های خاص، ضروری هستند.

هدف پایش، عبارت است از ثبت تغییرات در منابع مرتعی طی زمان. این تغییر، با ارزیابی‌های تکراری و با استفاده از روش‌های میدانی یا داده‌های سنجش از دور برآورد می‌شود. اهداف متفاوت ارزیابی و پایش، بیشتر به

لزوم توجه به مقیاس‌های مکانی و زمانی در پایش اکوسیستم‌های مرتعی

اگرچه بحث‌های زیادی در مورد روش‌های اختصاصی پایش و پایه‌های تئوریک مربوط به تفسیر داده‌ها وجود دارد، توجه کمتری به ارزیابی تغییرات منابع مرتعی در مقیاس مکانی شده است. به طور اخص، بررسی این نکته لازم است که آیا داده‌های به دست آمده در یک مقیاس مشخص، می‌توانند برای استفاده در مقیاس وسیع‌تر تلفیق شوند؟ در پاسخ به این سؤال، سه مقیاس مهم برای پایش، در نظر گرفته می‌شود:

- مقیاس سامان عرفی،
- مقیاس سیمای سرزمین (که بر عملکرد اکولوژیک متمرکز شده است) و
- مقیاس منطقه‌ای / ملی.

هر یک از مقیاس‌ها نیازمند توجه خاصی هستند که به دلیل وجود مسائل و داده‌های مختلف، تلاقی مقیاس‌ها، امری لازم است، ولی علی‌رغم اهمیت ارتباط بین مقیاس‌ها، توجهی به آن نمی‌شود.

در این ارتباط، همواره بر تفاوت‌ها در مقیاس مکانی تأکید می‌شود، اما مقیاس‌های مختلف زمانی برای اهداف و تفسیرهای مختلف وجود دارند. به عنوان مثال، بعضی از اندازه‌گیری‌ها، به میزان زیادی وابسته به فصل سال هستند، یا تغییرات زیادی در بین سال‌های مختلف دارند، مانند بیوماس و پوشش لاش‌برگ. سرعت فرایندهای اکولوژیک نیز بر تناوب انجام پایش و میزان تغییر موردانتظار مؤثر است. به عنوان

رویکردهای مختلف برای جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها منجر می‌شود. در حالی که ارزیابی‌ها، پایه‌ای برای توسعه یک طرح مدیریتی فراهم می‌کنند، اما پایش، اطلاعاتی را برای بررسی اهداف مدیریتی در آن طرح ایجاد می‌کند. اهداف مدیریتی، باید جنبه‌هایی از پوشش گیاهی یا خاک را مد نظر قرار دهند که مدیر می‌خواهد تغییرشان دهد، سپس اهداف پایش با خصوصیات ویژه‌ای از پوشش گیاهی یا خاک که باید پایش شوند، سر و کار دارد تا مشخص شود آیا اهداف مدیریتی برآورده شده‌اند یا نه. برای مثال، یک هدف مدیریتی، ممکن است تغییر ترکیب پوشش گیاهی از ۳۰ درصد پوشش گیاهان بوته‌ای به ۱۰ الی ۱۵ درصد باشد. چنانچه افزایش درصد پوشش گیاهان بوته‌ای، تنها پارامتر پوشش گیاهی معین شده در اهداف مدیریتی باشد، هدف پایش به این موضوع ختم می‌شود که تنها پوشش بوته‌ای را در طول زمان با روشی مناسب پایش کند.

اهداف پایش، باید اطلاعات مهم را در امر بررسی موفقیت مدیریت مشخص کنند. این بستگی به این خواهد داشت که چه کسی اطلاعات را می‌خواهد و چه کاربردی خواهد داشت. در بیشتر موارد، پایش با این دیدگاه شروع می‌شود که «بیا ببیند همه چیز را اندازه بگیریم و بعد ما از همه تغییراتی که در آینده به وقوع خواهد پیوست، اطلاع خواهیم داشت». این رویکرد، همواره منجر به شکست خواهد شد، چون تلاش‌های پایش از هدف واقعی، برخوردار نیست (Holm, 1993).

طراحی یک استراتژی برای پایش، به درک بسیار شفافی از عملکرد سیستم مورد نظر نیاز دارد. درک فرایندهای اکولوژیکی، انواع پاسخ‌ها به جرا یا سایر کاربری‌ها را کنترل خواهد کرد. در این ارتباط، معمولاً سوالات زیر مطرح می‌شوند که:

- الف) چه زمانی بارش یا ذوب برف اتفاق می‌افتد؟
- ب) زمان و طول مدت فصل رویش چگونه است؟
- ج) گیاهان از چه استراتژی‌هایی برای سازگاری با شرایط اقلیمی غالب استفاده می‌کنند؟
- د) آیا انتظار می‌رود پوشش و ترکیب گیاهی، ثبات چندساله داشته باشد یا اینکه به‌طور طبیعی بسیار متغیر است؟
- ه) آیا خاک‌ها به‌طور ذاتی فرسایش‌پذیرند؟ اگر چنین است، محصولات فرسایش بادی و آبی کجا رسوب‌گذاری می‌شوند؟ در داخل سیستم یا خارج از آن ترسیب می‌شوند؟
- و) چگونه فرسایش و رسوب، حاصلخیزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟
- ز) عناصر چشم‌انداز مانند قطعات حاصلخیز و جوامع گیاهی، چگونه توزیع یافته‌اند؟

و ح) از بین فرایندهای جاری، کدام یک مهم‌تر هستند؟
 پاسخ به این سؤال‌ها، به حل این مسئله که چه روش‌هایی احتمالاً کارآمدتر هستند، کمک خواهد کرد. این روش‌ها چگونه‌اند؟ مبتنی بر گیاه، مبتنی بر خاک یا ترکیبی از هر دو هستند؟ یا روش‌هایی هستند که از آنالیز عملکردی چشم‌انداز شامل رفتار هیدرولوژیکی یا شاخص‌های سنجش از دوری استفاده می‌کنند؟ آگاهی از روش انجام چرا نیز ضروری است. چرا در داخل یک جامعه گیاهی واحد اتفاق می‌افتد یا در چندین جامعه؟ مداوم است یا فصلی؟. چنانچه مقیاس چرا در داخل مقیاس جامعه یا فراتر

از آن باشد، شاخص‌های مناسب کدامند و چگونه باید محاسبه شوند؟ مقیاس‌های زمانی و مکانی اتخاذ تصمیمات مدیریتی، کدامند؟ مقیاس زمانی اندازه‌گیری‌های تکراری باید به مقیاس‌های زمانی تغییرات محیطی و پاسخ مدیریتی مشابه مرتبط شود (Brown & Howard, 1998).

در کل، برخی ملاحظات قبل از انجام پایش وجود دارد. تصمیم‌گیری نسبت به اینکه چه روش‌هایی باید استفاده شوند یا اینکه برای یک روش میدانی، چه تعداد اندازه‌گیری برای جمع‌آوری داده‌ها، کافی است، تحت تأثیر هزینه مالی و زمانی، قابلیت دسترسی تکنولوژی و سهولت کاربرد آن قرار می‌گیرد.

در طول پایش، ثبت علل تغییر باید یکی از بخش‌های اجتناب‌ناپذیر فعالیت‌ها باشد. وقایع آب‌وهوایی، تغییر شیوه‌های دام‌گذاری یا توزیع دام، آتش، سیلاب یا آفات و حشرات، تنها بخشی از آثاری است که می‌توانند خروجی‌ها را تشکیل دهند. این به‌ویژه، زمانی می‌تواند مهم باشد که پایش، شامل مکان‌های شاخص شود که ممکن است شرایط مختلفی را تجربه کند.

انتخاب روش‌های پایش، به‌شدت توسط موضوعی مانند اینکه اهداف مدیریتی چه هستند و چه کسی اطلاعات را می‌خواهد، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در برخی موارد، عکس‌های تکراری در زمان‌های مختلف در سطح میدانی در یک محل ثابت، همان چیزی است که برای نشان دادن تغییرات سراسری لازم است. به این شیوه از پایش، معمولاً به‌عنوان روش کیفی، نام برده می‌شود. عکس‌ها وسیله‌ای سریع و ارزان برای ثبت ظاهر پوشش گیاهی هستند و در همه تلاش‌های انجام‌شده برای پایش می‌توانند یک ابزار کمکی مفید به سایر روش‌های اندازه‌گیری به شمار آیند (Smith, 1990). همچنین، می‌توان گفت به‌ندرت عکس‌ها به‌تنهایی وسیله مؤثری برای کمی‌سازی تغییرات هستند. زمانی که لازم است تغییرات کمی شوند، باید درباره نوع اندازه‌گیری‌ها تصمیم‌گیری شود، اندازه‌گیری‌ها، میدانی یا سنجش از دوری یا تلفیقی از هر دو باشند.

سؤال مطرح‌شده بعد از تنظیم اهداف پایش این است، چه روش‌هایی مناسب انجام پایش هستند؟ پس از آن، اهداف مدیریت بیشتری بر حسب خروجی‌ها (افزایش ظرفیت چرا، تولید آب، کاهش فرسایش و غیره) بیان می‌شوند. خروجی‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شوند، اما هدف پایش را برآورده نمی‌سازند. در بیشتر قسمت‌ها، پوشش گیاهی و خاک سطح آن، خروجی‌ها را تعیین می‌کنند، بنابراین، تمرکز بیشتر تلاش‌های پایش مرتع بر آنهاست (Smith, 1990).

تعداد روش‌های موجود برای اندازه‌گیری و پایش پوشش گیاهی، بی‌نهایت زیاد و خارج از حوزه بحث این مقاله است. در این ارتباط، Elzinga و Evenden (1997)، لیستی متشکل از بیش از ۱۴۰۰ منبع منتشرشده در ارتباط با پایش پوشش گیاهی تهیه کردند که بیشتر آنها از انتشارات ایالات متحده مانند اداره مدیریت سرزمین (۱۹۹۶) هستند که توصیفات مفصلی را از انواع گسترده‌ای از روش‌های نمونه‌برداری پوشش گیاهی دربردارند، اما آنها همیشه درباره اینکه چگونه روش‌های مناسب را انتخاب کنند، کمک‌کننده نیستند. همچنین خوانندگان به مجله علوم مراتع و علوفه آفریقا (African Journal of Range & Forage Science) و مجله مرتع (Rangeland) برای منابع اضافی آفریقایی و استرالیایی

ارجاع داده می‌شوند.

تاکنون در امر پایش، تمرکز بر ترکیب و ساختار پوشش گیاهی بوده است، اما خاک‌ها نیز شاخص‌های مهمی برای تغییرات فراهم می‌کنند. پایش خاک به اندازه زیادی به ارزیابی جنبه‌هایی از فرسایش آبی و بادی وابسته است، به همین دلیل، فرض شده است که پوشش گیاهی قبل از تغییر خاک، تغییر خواهد کرد. بنابراین، پوشش گیاهی نیاز به توجه بیشتری دارد، اما تغییر خاک به فرسایش محدود نمی‌شود، حتی ممکن است بر تغییر پوشش گیاهی پیشی گیرد. بنابراین، ویژگی اصلی سوم درباره سیستم‌های مرتعی که باید مد نظر قرار گیرد، عبارت است از عملکرد مرتع (Noss, 1990).

جمع‌آوری داده‌ها (نمونه‌برداری) با هدف پایش در یک منطقه، بایستی تا جایی که امکان‌پذیر است، با توجه به نوع پوشش گیاهی، خاک، دامنه، جهت و موقعیت توپوگرافیکی؛ به‌طور یکنواخت صورت گیرد. مناطق جمع‌آوری داده‌ها، بایستی به اندازه کافی بزرگ باشند تا تنوع مکانی موجود در خصوصیات گیاهان و خاک را نمایش دهند. مکان‌ها باید با استفاده از مختصات سیستم موقعیت یاب جهانی، به دقت تعیین شوند تا اطمینان حاصل شود که همان مکان، متناوباً نمونه‌برداری می‌شود و هر منطقه غیر معمولی که لازم است حذف شود، باید به دقت تعیین گردد (Smith, 1990).

فصل اندازه‌گیری پوشش گیاهی، امر مهمی است چون محصول سرپا، ترکیب گیاهی، پوشش، ارتفاع و تراکم گونه‌های گیاهی در طول سال، بسته به شرایط خاک و هوا، تاریخ زندگی و مراحل زندگی گونه‌های مورد نظر تغییر می‌کنند. به دلیل اینکه هیچ زمانی به‌عنوان بهترین زمان برای اندازه‌گیری ویژگی‌های گیاهی کلیه گونه‌ها وجود ندارد، پایش بیشتر در زمان یکسانی از سال و نزدیک به زمان حداکثر شدن محصول سرپا در سطح زمین انجام می‌شود. ممکن است اندازه‌گیری پوشش گیاهی به دفعات بیش از یک بار در سال مطلوب باشد، اما این باید با توجه به اهداف مدیریت و پایش و زمان و نیروی انسانی موجود، تعیین شود. فراوانی اندازه‌گیری‌ها، باید به نرخ تغییرات در شاخص‌های کلیدی، مرتبط شود. بنابراین، فواصل دو یا چند ساله احتمالاً در شرایط نسبتاً ثابت کافی است (McKinney, 1997; Frost et al., 1994).

برنامه‌های پایش نباید بدون داشتن یک دید واضح درباره چگونگی آنالیز داده‌ها و بدون تهیه چهارچوب زمانی کار مستقر شوند. از این رو، به دلیل تنوع مکانی و زمانی مراتع و اهداف پایش انتظار می‌رود، بیشتر آمار غیر پارامتریک و چندمتغیره ابزار مناسبی باشند و برای اطمینان از اینکه آیا اطلاعات کافی برای حمایت تفسیرها و کاربرد داده‌ها برای اطلاع‌رسانی و آموزش و انعکاس به‌موقع به مدیران اراضی کسب شده‌اند یا نه، آنالیزها نباید به تعویق افتند.

از میان تکنیک‌های مختلف موجود برای پایش مراتع، روش‌های پایش کمی مبتنی بر اندازه‌گیری شاخص‌های اکولوژیکی که در بین جوامع علمی رایج است، به‌خوبی درک شده است (Lindenmayer & Likens, 2010)، ولی روش‌های غیررسمی یا سنتی که بیشتر در بین بهره‌برداران رایج است، کمتر مورد توجه بوده است (Thornton & Scheer, 2012). دانش مرتبط با روش‌های غیررسمی، تاکنون کمتر مطالعه و

بررسی شده‌اند. از این رو، عملکرد، کاربردها و ارزش آنها به‌ندرت مستند یا ارزیابی شده است. آنچه مسلم است، روش‌های سنتی پایش می‌توانند، نقش مهمی در مدیریت مراتع داشته باشند (Meuret & Provenza, 2015). در این ارتباط، نتایج مطالعه Woods و Ruyle (2015) با عنوان «پایش غیررسمی مرتع و اهمیت آن برای حفاظت در جامعه دامداری ایالات متحده» نشان داد، مدیریت مؤثر مراتع، متکی بر اطلاعات دقیق و به‌موقع از وضعیت اکوسیستم است که ممکن است با روش‌های رسمی (علمی) یا غیررسمی (محلی / سنتی / دانش بومی) به‌دست آید. نظارت غیررسمی، به‌طور مداوم در طول سال انجام می‌شود. در مقابل، نظارت رسمی به‌طور کلی تنها یک بار در سال و در تعداد محدودی از مناطق و با تأخیر چند ماهه بین مشاهده و تجزیه و تحلیل انجام می‌شود. بنابراین، نظارت غیررسمی، پوشش مکانی و وضوح زمانی بالاتری دارد و ارزیابی‌ها را سریع‌تر از نظارت رسمی ارائه می‌کند. در نتیجه، دامداران معمولاً نظارت غیررسمی را برای تدوین برنامه‌های چرای سالانه و واکنش سریع به تغییرات غیرقابل پیش‌بینی در محیط طبیعی نسبت به نظارت رسمی مرتبط‌تر می‌دانند. دامداران، نظارت غیررسمی را در ارزیابی روند مراتع و نتایج اقدامات حفاظتی و در نتیجه انتخاب سیستم‌های چرا و برنامه‌ریزی برای عملیات مرتع‌کاری و کنترل فرسایش گنجانده‌اند. بنابراین، نظارت غیررسمی، برای حفاظت بلندمدت، برنامه‌ریزی سالانه مدیریت مرتع و مدیریت منابع طبیعی تطبیقی در بازه‌های زمانی زیر سالی اساسی است.

چالش‌های مرتبط با پایش مستمر اکوسیستم‌های مرتعی

طی چند دهه گذشته، بوم‌شناسی مرتع از پیشرفت‌های اخیر در تئوری، سیاست و فناوری بهره‌برده است. این تحولات، همراه با افزایش تنوع کاربری از مراتع، نیاز به پایش منابع، همچنین رویکردهای نحوه انجام آن را تغییر داده است. داده‌های پایش برای ایجاد خطوط پایه و تغییرات در شرایط مرتع برای مستندسازی آثار تغییرات آب‌وهوایی، اختلالات و فعالیت‌های مدیریتی مورد نیاز است. با این حال، نیازهای نظارتی بی‌شماری برای مدیریت مرتع باید با واقعیت‌های هزینه‌های مرتبط با جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و استفاده از داده‌های پایش، تطبیق داده شود. بنابراین، چالش‌های اجرای پایش مفید و کارآمد مراتع، شامل موانع عملی و نهادی می‌شود (Karl et al., 2017).

یکی از این چالش‌ها، رویکردهای سنتی برای نظارت و مدیریت بر مراتع است. به‌گونه‌ای که اتکای بیش از حد بر تکنیک‌های نظارتی متمرکز بر مدیریت چرا، نیازهای مدیریتی را در آینده برآورده نخواهد کرد. در این ارتباط، عنوان شده که حرفه مرتع برای شناسایی گونه‌های گیاهی، نمونه‌برداری در کرت‌ها و استفاده از تجزیه و تحلیل آماری مرسوم آنقدر تلاش کرده است که پیش‌زمینه‌ای برای بررسی وضعیت مراتع و اینکه وضعیت مراتع در آینده چگونه خواهد بود و با چه مدلی باید تفسیر شوند، در اختیار ندارد. این امر در شرایطی است که در آینده، نظارت بر منابع مرتع باید بر اساس پیشرفت‌های مفهومی و تکنولوژیکی حداقل طی دو دهه گذشته باشد (West, 2003 a,b).

تشخیص اینکه مراتع، سیستم‌های غیرخطی هستند که با آستانه‌ها و



فرایندهای مقیاس متقابل مشخص می‌شوند، منجر به درک اهمیت نظارت بر فرایندها و عملکردهای اکولوژیکی در مقیاس‌های مختلف شده است. این پیشرفت، به تغییر تفکر از نظارت بر واکنش‌های جامعه گیاهی به کاربری‌های مرتع، به نظارت بر تغییرات در سلامت مرتع تبدیل شد. اتخاذ مدل‌های مفهومی، به‌عنوان مکانیسمی برای مستندسازی و نشان دادن چگونگی تأثیر فرایندهای اکولوژیکی، اختلالات و مدیریت بر اکوسیستم به شناسایی و انتخاب شاخص‌های عملکردی اکوسیستم کمک کرده است. مدل‌های مفهومی نه تنها مشخص می‌کنند که چه بخش‌هایی از یک اکوسیستم باید پایش شوند، بلکه بینشی در مورد نحوه تفسیر و استفاده از داده‌های نظارتی برای تصمیم‌گیری مدیریت ارائه می‌دهند (Wylie et al., 2012).

تفاوت در شاخص‌ها و روش‌های اندازه‌گیری بین برنامه‌های پایش، توانایی داده‌ها را برای اهداف چندگانه یا ترکیبی برای درک شرایط در مقیاس‌های بزرگ‌تر مختل کرده است. مجموعه اصلی ثابت از شاخص‌ها و روش‌های استاندارد برای پایش مرتع، توانایی ترکیب مجموعه داده‌های حاصل از تلاش‌های نظارتی مختلف را فراهم می‌کند و اجازه می‌دهد داده‌ها را تا اندازه‌های بزرگ‌تری، مقیاس‌بندی کند، همچنین، فرصت‌ها را برای استفاده مجدد از داده‌ها برای مقاصد دیگر گسترش دهد. روش‌های اصلی، حداقل مجموعه‌ای از اطلاعات را نشان می‌دهند که تقریباً در هر تلاش نظارتی باید جمع‌آوری شوند. هنگامی که اهداف نظارتی توسط شاخص‌ها یا روش‌های اصلی تأمین نمی‌شوند، شاخص‌ها و روش‌های تکمیلی باید اضافه شوند (Karl et al., 2017).

رویکردهای آماری، برای نحوه جمع‌آوری داده‌های پایش مرتع، در عصر گسترش کاربری‌ها و مزاحمت‌ها و افزایش مشاجرات ضروری هستند. رویکردهای مرسوم که بر انتخاب هدفمند یا تصادفی مکان نمونه تکیه دارند، دارای معایبی هستند که کاربرد آنها را برای پایش مرتع به شدت محدود می‌کند. بیشتر طرح‌های نمونه‌گیری مبتنی بر آمار، می‌توانند از نظارت برای اهداف چندگانه و افزایش و کاهش داده‌های نظارت پشتیبانی کنند. علاوه بر این، تکنیک‌های تصادفی‌سازی انتخاب مکان‌های نمونه‌گیری، از سوگیری، محافظت و امکان توصیف نبود قطعیت را در برآوردهای شاخص فراهم می‌کنند (West, Wylie et al., 2012; West, 2003b).

کاربرد گسترده فناوری‌های سنجش از دور در تحقیقات و پایش مرتع، یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های دو دهه گذشته بوده است. تحولات فناورانه در سنجش از دور، با چنان سرعتی اتفاق افتاده است که خلاصه‌های دوره‌ای کاربردهای سنجش از دور برای مدیریت مرتع، به سرعت منسوخ شده است. علاوه بر حسگرهای جدید که به‌طور مداوم توسعه می‌یابند، تصاویر با وضوح بیشتر در دسترس است که ارزان‌تر و دسترس‌پذیرتر نیز هستند. این نوآوری‌ها با تکنیک‌های تحلیلی جدیدی همراه شده‌اند که توانایی استخراج اطلاعات معنی‌دار از محصولات سنجش از دور را بهبود بخشیده است. به‌ویژه، پیوند UAS ارزان و درعین حال توانمند با نرم‌افزار فتوگرامتری دیجیتال جدید منجر به تجزیه و تحلیل سه بعدی ارزان و آسان برای اکوسیستم‌های مرتعی شده است (Karl et al., 2017).

پیشرفت‌های مفهومی و فناوری در علم مدیریت مرتع، پیامدهای مهمی را

برای پایش دارد. اول، پتانسیل افزایش کارایی نظارت است. دوم، نظارت هماهنگ بر اساس شاخص‌های عملکردی سلامت مرتع که فرصت‌هایی را برای نظارت بر شرایط در سراسر گستره سرزمینی فراهم می‌کند. این مورد برای مدیریت اختلالات در مقیاس بزرگ و پراکنده (به‌عنوان مثال، گونه‌های مهاجم)، همچنین حفاظت از گونه‌های در مقیاس چشم‌انداز (به‌عنوان مثال، گونه‌های در معرض انقراض) بسیار مهم است. برنامه‌های نظارت قوی، همچنین به تکمیل چرخه یادگیری که بیشتر در ارزیابی اثربخشی اقدامات نظارتی غایب است کمک می‌کند و امکان مقایسه بین پروژه‌ها را برای شروع درک عوامل مؤثر بر موفقیت اقدامات مدیریتی فراهم می‌کند (West, 2003 a,b).

علی‌رغم پیشرفت‌های چند دهه گذشته، چالش‌ها و فرصت‌های زیادی برای پایش مرتع در آینده وجود دارد:

یکی از چالش‌ها، به توسعه و اجرای شاخص‌های نظارتی می‌پردازد. یک چالش مهم برای پایش مرتع، توسعه شاخص‌های عملکردی سلامت مرتع در مقیاس‌های چشم‌انداز و منطقه‌ای است. در بسیاری از موارد، تحقیقات تجربی برای درک تعامل اجزا و فرایندهای اکوسیستم در مقیاس‌های وسیع انجام نشده است. چالش دیگر، در توسعه و گنجاندن شاخص‌های تخریب و بازیافت خاک در برنامه‌های پایش مرتع است، زمانی که چنین شاخص‌هایی ممکن است اطلاعات بهتر یا به‌موقع‌تری را نسبت به شاخص‌های پوشش گیاهی در اختیار مدیران قرار دهند (West, 2003 a,b).

مجموعه دوم چالش‌ها، به جنبه‌های فنی پایش مرتع مربوط می‌شود. تغییرپذیری بارندگی و دما (و در نتیجه زیست‌توده گیاهی و ترکیب گونه‌ای) در مرتع چه در طول سال و چه در بین سال‌ها، چالشی همیشگی برای پایش است. رویکردهای مرسوم برای مقابله با تغییرپذیری زمانی در داده‌های پایش شامل مقایسه تنها مانند سال یا میانگین‌گیری در طول چندین سال است. پیشرفت‌ها در سنجش از دور، به‌ویژه افزایش دسترسی به محصولات سنجش از دور با فرکانس بالا (مانند MODIS NDVI)، چندین فرصت جدید را برای پرداختن به این چالش ارائه می‌دهند. با این حال، علی‌رغم وعده سنجش از دور، پذیرش رسمی آن در بسیاری از برنامه‌های پایش مرتع کند بوده است. استفاده عملیاتی از سنجش از دور برای پایش مرتع، مستلزم بیان روشنی از اهداف و نقش محصولات سنجش از دور، همچنین نیاز به دقت است (Wylie et al., 2012).

برای آینده، متخصصان مرتع، به دستورالعمل‌هایی در زمینه نظارت، نیاز دارند که بر توسعه و انتخاب شاخص‌های عملکردی، نظارت بر مرتع در مقیاس‌های چندگانه و کارایی پایش شاخص‌های اصلی با مکمل‌سازی در صورت لزوم تمرکز کنند. علاوه بر این، باید برای بهبود درک ما از اصول آماری طراحی پایش و تجزیه و تحلیل داده‌ها و افزایش دسترسی افراد حرفه‌ای با مهارت برای اجرای این وظایف برای پایش مرتع تلاش کرد. بیشتر منابع پایش مرتع اشاره می‌کنند که اگر داده‌ها هرگز تجزیه و تحلیل نشوند، گزارش نشوند و در نهایت برای پرداختن به اهداف اصلی استفاده نشوند، پایش بی‌ارزش است. با این حال، در همان زمان، بسیاری از دستورالعمل‌های پایش مرتع تقریباً به‌طور انحصاری بر پروتکل‌های جمع‌آوری داده‌ها تمرکز می‌کنند و از تحلیل و گزارش‌دهی داده‌ها

صرف نظر می‌کنند. در آینده، باید برای تبدیل نتایج نظارت به اقدامات مدیریتی تلاش چشمگیری شود که توسط تجزیه و تحلیل و تجسم داده‌ها پشتیبانی می‌شود. تجارب نشان می‌دهند در بسیاری از موارد، مشکلات برای تأمین بودجه برنامه‌های نظارت تا حدی ناشی از فقدان تحلیل‌ها و نتایج ملموس و مفید از داده‌های جمع‌آوری شده است. برنامه‌های نظارتی، می‌توانند و باید برای تولید محصولات موقت و بلندمدت که برای مدیران مرتع مفید باشند، طراحی شوند. فناوری‌های درگیر در پایش مراتع، به تکامل خود ادامه خواهند داد (به‌عنوان مثال، سنجش از دور، جایگزین برخی تلاش‌های میدانی خواهد شد) و باید استراتژی‌هایی برای اتخاذ تکنیک‌های جدید در برنامه‌های پایش در نظر گرفته شود. در نهایت، انتخاب فناوری‌ها و روش‌های پایش باید بر اساس سؤالات مرتبط مدیریت و درک کامل فرایندهای حاکم بر واکنش مرتع به مدیریت و اختلال باشد (Woods & Ruyle, 2015; Karl et al., 2017).

در این ارتباط، با مروری بر روش‌های بالقوه برای پایش تخریب مراتع در لیبی (Al-bukhari et al., 2018) گزارش شد که پوشش گیاهی مراتع لیبی از نظر کیفی و کمی در طول چهار دهه گذشته، در اثر عوامل متعددی از جمله بارندگی کم، چرای بیش از حد، شیوه‌های نادرست کشاورزی، سوء مدیریت، استفاده نادرست، آتش‌سوزی‌های فصلی، خشک‌سالی‌های مکرر، فرسایش بادی و آبی و فعالیت‌های انسانی تغییر کرده است. بر همین اساس، ضمن بررسی عوامل ایجاد تخریب در مراتع لیبی، روش‌های سنجش از دور که می‌توانند به‌عنوان بخشی از یک برنامه پایش استفاده شوند، معرفی شده‌اند. در این خصوص، گزارش می‌شود که سنجش از دور، به مدیران مرتع این امکان را می‌دهد که مرتع را با استفاده از روش‌های قابل اعتماد و تکرارپذیر، با استفاده از داده‌های به‌موقع برای پوشش مکانی و زمانی پوشش گیاهی پایش کنند (Purevdorj et al., 1998). در جایی که این داده‌ها از حسگرهای ماهواره‌ای مشتق می‌شوند، پوشش وسیعی از منطقه به‌طور منظم در دسترس است، این داده‌ها، می‌توانند با دسترسی به آرشیو تکمیل شوند و امکان به‌دست آوردن چشم‌اندازی تاریخی از تغییر سرزمین را فراهم کنند (Friedel et al., 2000). همچنین بیان می‌شود، اهمیت تغییرات در پوشش گیاهی مراتع لیبی را می‌توان با استفاده از داده‌های سنجش از دور و نیز رویکردهای موفق استفاده‌شده در سطح جهانی، همچنین سیستم‌های نظارت بلندمدت ایجادشده، برای درک پاسخ مدیریت تاریخی و فعلی مرتع ارزیابی کرد. این رویکرد، شاخص‌های کمی (داده‌ای) را فراهم می‌کند تا تصمیمات بهتری برای آینده اتخاذ شود تا از استفاده پایدار از مرتع در ارائه خدمات برای جوامع مرتع اطمینان حاصل شود.

نتیجه‌گیری کلی

امروزه، بحث تغییر اقلیم، به‌عنوان یک پدیده طبیعی، اتفاق افتاده و در حال وقوع است و همگان آن را پذیرفته‌اند. این موضوع، به‌صورت جدی پایش روی جهانیان قرار دارد، به‌ویژه آثار تغییرات اقلیم روی محیط‌های طبیعی مورد توجه است. تغییرات اقلیم به زبان ساده، ناشی از تغییر در میزان گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین است. افزایش درجه حرارت، به‌عنوان بزرگترین چالش کره زمین و از جمله

ایران، اولین پیامد افزایش بیش از چهار برابری گاز دی اکسید کربن است. علاوه بر افزایش درجه حرارت، محدودیت آب هم اتفاق می‌افتد، یعنی بر اساس تغییرات اقلیم، سه متغیر در اکوسیستم‌های طبیعی، وارد عمل می‌شوند. نخست، افزایش حجم CO₂ است که هنوز آثار میزان و روند افزایش آن روی ساختار زیست‌شناختی در طبیعت ناشناخته است. پس از آن، افزایش درجه حرارت و محدودیت‌های آب، دو مقوله‌ای هستند که اکوسیستم‌های مرتعی را به‌طور جدی، تحت تأثیر قرار خواهند داد. افزایش درجه حرارت، بر فنولوژی گونه‌های گیاهی و جانوری، موجودات میکروبی و ... و همچنین فنولوژی آنها اثر خواهد گذاشت. در نهایت، تغییرات در رفتارهای تک‌گونه‌ای منجر به تغییرات ساختاری در اکوسیستم خواهد شد. بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده، احتمالاً علاوه بر زوال اکوسیستم، جابجایی اکوسیستم و جابجایی گونه‌ها از عرض‌های جغرافیایی پایین به بالا یا از ارتفاعات پایین به بالا، مشاهده خواهد شد. اینکه این جابجایی‌ها، چه تأثیری بر اکوسیستم‌های در مرحله گذر موجود در ایران، خواهد گذاشت؟ و در نهایت چه اتفاقی رخ خواهد داد؟ مواردی هست که باید به آنها پرداخته شود. در کنار افزایش درجه حرارت، منابع آبی، محدود می‌شوند. کمبود آب در طبیعت، به دو شکل رخ می‌دهد. نخست، بحث تخریبی کمبود آب مطرح می‌شود و دوم، بحث تأثیر استرس آب است. تأثیر استرس آب در طبیعت، در عمل بیشتر از بحث تخریبی کمبود آب است. شدت تخریب تغییر اقلیم، در طبیعتی که تحت تأثیر حضور، دخالت و مدیریت انسان است و دیگر بکر نمی‌باشد، صدچندان است.

وقوع هم‌زمان تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت و پیشرفت‌های فناوری که دسترسی انسان به طبیعت را افزایش داده است، آن را در معرض خطر جدی، قرار می‌دهد. از اینرو، پایش عرصه‌های طبیعی با هدف دستیابی به اطلاعات صحیحی که روند تغییرات اکوسیستم‌ها در نتیجه تغییرات اقلیمی را نمایان سازد، از ضروریاتی است که برای مدیران کشور در تدوین برنامه‌های اجرایی، لازم و حیاتی است.

هم‌اکنون پایش، در سراسر دنیا علاوه بر اکوسیستم‌ها، در مقوله‌های مختلفی از جمله زندگی، سلامت، بهداشت و حتی بحث‌های اقتصادی و اجتماعی نیز مورد توجه است. در واقع، هدف اصلی از پایش، بررسی آثار تغییر اقلیم، در کنار مدیریت انسان، در تغییرات اکوسیستم‌هاست.

رویکرد تحقیقاتی مورد توجه در سطح دنیا نیز «بررسی سازگاری اکوسیستم به تغییرات اقلیمی» است. روش اصلی کار در این رابطه، تشکیل بانک داده‌های بزرگ است که از سه منبع؛ الف) داده‌های ماهواره‌ای، ب) داده‌های مربوط به هواشناسی و ج) برداشت زمینی تشکیل خواهد شد. ذکر این نکته لازم است که داده‌های مربوط به هواشناسی و ماهواره‌ای در بانک‌های اطلاعاتی، موجود است و نیازی به تولید آنها نمی‌باشد، بلکه از اطلاعات موجود، استفاده می‌شود. منابع برداشت زمینی، یعنی رویکرد موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، بیشتر سایت محور هستند و داده‌ها، به‌طور دائم، سالانه و به‌صورت سیستمیک برداشت می‌شوند؛ در نهایت، مجموعه این داده‌ها می‌توانند امکان بررسی و مطالعه مستمر و پویا را فراهم کنند و نشان دهند که آثار این تغییرات در اکوسیستم‌ها، چگونه خواهد بود. یعنی با استفاده از این داده‌ها، می‌توان، آثار تغییر اقلیم را در



منابع

- lia, Perth, pp. 13-20.
- Karl, J.W., Herrick, J.E. and Pyke, D.A., 2017. Monitoring Protocols: Options, Approaches, Implementation, Benefits. In: Rangeland Systems: Processes, Management and Challenges, Briske, D.D., Springer Series on Environmental Management, 664p.
- Laycock, W.A., 1990. Inventory concepts for rangelands. In: Lund, H.G. and Preto, G. (eds) Global Natural Resource Monitoring Assessments: Preparing for the 21st Century. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, pp: 200-209.
- Lindenmayer, B.D. and Likens, G.E., 2009. Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends Ecology & Evolution*, 24(9): 482-486.
- McDonald, R.C., Isbell, R.F., Speight, J.G., Walker, J. and Hopkins, M.S., 1990. Australian Soil and Land Use Survey: Field Handbook, 2nd edn. Inkata Press, Melbourne, 198 p.
- McKinney, E., 1997. It may be utilization, but is it management?. *Rangelands*, 19(3): 4-7.
- Meuret, M. and Provenza, F.D., 2015. When art and science meet: integrating knowledge of French herders with science of foraging behavior. *Rangeland Ecology & Management*, 68: 1-17.
- Niknam, F., 1970. Range management problems in Iran. CENTO Conference on Forest Development Policy. Ankara, Turkey, Report of the Iranian Government, 10p.
- Noss, R.F., 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4: 355-364.
- Purevdorj, T., Tateishi, R., Ishiyama, T. and Honda, Y., 1998. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, 19(18): 3519-3535.
- Smith, E.L., 1990. Monitoring concepts for rangelands. In: Lund, H.G. and Preto, G. (eds) Global Natural Resource Monitoring and Assessments: Preparing for the 21st Century. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, pp: 210-220.
- Thornton, T.F. and Scheer, A.M., 2012. Collaborative engagement of local and traditional knowledge and science in marine environments: a review. *Ecology and Society*, 17(3): 8.
- West, N.E., 2003a. History of rangeland monitoring in the U.S.A. *Arid Land Research and Management*, 17: 495-545.
- West, N.E., 2003b. Theoretical underpinnings of rangeland monitoring. *Arid Land Research and Management*, 17: 333-346.
- Woods, S.R. and Ruyle, G.B., 2015. Informal rangeland monitoring and its importance to conservation in a U.S. Ranching Community. *Rangeland Ecology and Management*, 68: 390-401.
- Wylie, B.K., Boyte, S.P. and Major, D.J., 2012. Ecosystem performance monitoring of rangelands by integrating modeling and remote sensing. *Rangeland Ecology and Management*, 65: 241-252.
- اکوسیستم‌ها و رویشگاه‌های طبیعی، آشکار و با استفاده از ظرفیت مدل‌سازی، میزان و کیفیت این تغییرات را پیش‌بینی کرد (رحمانی و همکاران، ۱۴۰۱).
- ارزانی، ح. و عابدی، م.، ۱۳۹۴ الف. ارزیابی مرتع: ممیزی و پایش مرتع. دانشگاه تهران، تهران، ۲۲۴ صفحه.
- ارزانی، ح. و عابدی، م.، ۱۳۹۴ ب. ارزیابی مرتع: اندازه‌گیری پوشش گیاهی، دانشگاه تهران، تهران، ۳۰۶ صفحه.
- ارزانی، ح.، ۱۳۸۸. ارزیابی مراتع مناطق مختلف آب‌وهوایی ایران، گزارش نهایی طرح پژوهشی. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۴۲۵ صفحه.
- اسکندری، ن.، علیزاده، ع. و مهدوی، ف.، ۱۳۸۷. سیاست‌های مرتعداری در ایران. نشر پونه، تهران، ۱۹۴ صفحه.
- جلیلی، ع.، ۱۳۹۶. لزوم توجه جدی به مراتع کشور. طبیعت ایران، (۶): ۳-۳.
- رحمانی، ا.، جلیلی، ع.، پورهایمی، م.، خسروشاهی، م.، افتخاری، ع.ر.، فرآشینی، م.ا. و سفیدکن، ف.، ۱۴۰۱. پایش عرصه‌های طبیعی در کشور. طبیعت ایران، (۷): ۶۷-۸۹.
- شیدایی، گ.، ۱۳۵۵. بررسی گیاهان علوفه‌ای و مراتع در ایران، گزارش فنی فائو. دفتر فنی مرتع، سازمان جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۲۹۲ صفحه.
- معتمدی، ج.، جلیلی، ع.، ارزانی، ح. و خدافل، م.، ۱۳۹۹. علل تخریب مراتع در کشور و راهکارهای بیرون‌رفت از وضعیت پیش‌آمده. طبیعت ایران، (۴): ۲۴-۱.
- معتمدی، ج.، جلیلی، ع.، فیاض، م.، ارزانی، ح.، خدافل، م.، سفیدکن، ف. و فرح‌پور، م.، ۱۴۰۰. سیر تکامل تحقیقات مرتع در ایران و نگرش مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور به آینده تحقیقات مرتع. طبیعت ایران، (۴): ۱۵-۱.
- Al-bukhari, A., Hallett, S. and Brewer, T., 2018. A review of potential methods for monitoring rangeland degradation in Libya. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, 8(13): 1-14.
- Arzani, H. and King, G.W., 1992. A double sampling method for estimating forage production from cover measurement, in proceeding of 8th biennial Australian rang lands conference, pp. 201-202.
- Brown, J.R., Stafford Smith, M. and Bastin, G., 1998. Monitoring for resource management. In: Tothill, J. and Partridge, I. (eds) Tropical Grassland Society of Australia Occasional Paper No. 9. Tropical Grassland Society of Australia, St Lucia, Queensland, pp: 57-66.
- Clements, F.E., 1916. Plant Succession: an analysis of the development of vegetation. Carnegie Institution of Washington, Plant ecology, 512p.
- Elzinga, C.L. and Evenden, A.G., 1997. Vegetation monitoring: an annotated bibliography. General Technical Report INT-GTR-352, Forest Service, US Department of Agriculture, Intermountain Research Station, Ogden, Utah, 184p.
- Friedel, M., Laycock, W. and Bastin, G., 2000. Assessing rangeland condition and trend. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. 227-262. Wallingford: CABI Publishing, 430p.
- Frost, W.E., Smith, E.L. and Ogden, P.R., 1994. Utilization guidelines. *Rangelands* 16: 259-256.
- Holechek, J.L., Pieper, R.D. and Herbel, C.H., 2004. Range management (principles and practices) (5th ed.). Prentice Hall, Englewood Cliff, 587p.
- Holm, A.McR., 1993. The Western Australian rangeland monitoring program: an overview. Miscellaneous Publication 27/93, Department of Agriculture Western Australia.