

تحلیل تغییرات مکانی-زمانی و ارزیابی یکپارچگی زیستگاه در پارک ملی لار

پروانه سبحانی^{۱*}، افشین دانه‌کار^۲



چکیده

مقاله پژوهشی

تغییرات کاربری/پوشش اراضی ناشی از توسعه فعالیت‌های انسانی یکی از مهم‌ترین تهدیدات شناخته شده در مناطق تحت حفاظت و به‌ویژه پارک‌های ملی می‌باشند. این تغییرات منجر به کاهش یکپارچگی زیستگاه و تنوع زیستی در این اکوسیستم‌های طبیعی و منحصربه‌فرد شده است. در مطالعه حاضر به بررسی تغییرات مکانی-زمانی طبقات کاربری/پوشش اراضی پارک ملی لار با استفاده از تصاویر چند طیفی مجموعه Landsat در بازه‌های زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳ پرداخته شد. علاوه بر این، به‌منظور ارزیابی تغییرات ساختار زیستگاه، سنجه‌های سیمای سرزمین (مساحت کلاس، درصد مساحت کلاس، تعداد لکه، کل لبه، میانگین شاخص شکل، میانگین نزدیک‌ترین همسایگی و متوسط اندازه لکه) و روند تغییرات آنها در طی سال‌های مورد مطالعه، بررسی شد. بدین ترتیب به‌طور همزمان به بررسی روند تغییرات مکانی-زمانی و اثرات آن بر از هم‌گسیختگی و تهدید پهنه‌های حفاظتی پرداخته شد. مطابق نتایج، مراتع کم تراکم به میزان ۱۷۴۹ هکتار بیشترین روند افزایشی را طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳ نشان می‌دهند. در مقابل مراتع پرتراکم به میزان ۹۷۹ هکتار بیشترین روند کاهش را در بین طبقات کاربری/پوشش اراضی به خود اختصاص داده است. همچنین در پارک ملی لار از بین سنجه‌های مورد مطالعه، سنجه مساحت کلاس (سطح مراتع پر تراکم) طی این سال‌ها با ۹۷۹ هکتار از بیشترین روند کاهش برخوردار است، در حالی که سنجه کل لبه (سطح مراتع پر تراکم) با مساحت ۲۸۰۴۲۰ هکتار بیشترین روند افزایشی را نشان می‌دهد که حاکی از کاهش یکپارچگی در ساختار زیستگاه، اندازه لکه‌ها و از طرف دیگر افزایش تعداد و پراکندگی آن‌ها است. احیای اتصالات و حفظ کریدورها در بین لکه‌های زیستگاهی، راهبردهای مؤثری برای کنترل تکه تکه شدن زیستگاه و نابودی اکوسیستم‌های طبیعی است که این امر مستلزم ارزیابی میزان تغییرات و یکپارچگی زیستگاه در منطقه است. با توجه به نتایج به‌دست آمده ارزیابی تغییرات ساختاری و از هم‌گسیختگی زیستگاه حاکی از کاهش یکپارچگی و تهدید تنوع زیستی در این منطقه می‌باشد که می‌بایست به‌منظور مدیریتی منسجم و یکپارچه مورد توجه برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران قرار گیرد.

واژگان کلیدی:

تغییرات کاربری/پوشش، سنجه‌های سیمای سرزمین، یکپارچگی زیستگاه، استان تهران.

۱. استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

sobhani.pa@lu.ac.ir

* نویسنده مسئول

۲. استاد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

danehkar@ut.ac.ir

شماره مقاله: ۲۵۰۵-۱۱۰۶
شماره صفحه پایانی: ۷۵۶-۷۶۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۳
انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۴/۲۹
زمان پذیرش: ۵۵ روز

استناددهی:

سبحانی، پ. و و دانه‌کار، ا. (۱۴۰۳). تحلیل تغییرات مکانی-زمانی و ارزیابی یکپارچگی زیستگاه در پارک ملی لار. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، (۲) ۴، ۱۳-۲۶.

۱- مقدمه

مناطق تحت حفاظت نشان‌دهنده با ارزش‌ترین نمونه‌های برگزیده و متنوعی از زیستگاه‌ها و رویشگاه‌ها در شرایط طبیعی هستند که حفاظت از آن‌ها مرکزیت فعالیت‌های محیط زیستی را تشکیل می‌دهد. این مناطق به منظور حفظ ذخایر ژنتیکی گیاهی و جانوری، زیستگاه‌های بکر و منحصربه‌فرد و همچنین برای استفاده‌های علمی، آموزشی و تفریحی احداث شده‌اند. ازهم‌گسیختگی زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی و به دنبال آن کاهش پیوستگی سیمای سرزمین، از دلایل اصلی نابودی تنوع زیستی در این مناطق می‌باشد که جریان ماده، انرژی و اطلاعات را در مقیاس سیمای سرزمین مختل می‌کند (Sobhani et al., 2022; Santiago and Feria-Toribio, 2021). از طرف دیگر تغییر در الگوی سیمای سرزمین و عملکردهای بوم‌شناختی منجر به اثرات منفی بر محیط‌زیست و بروز مخاطرات بوم‌شناختی از جمله بیابان‌زایی، فرسایش خاک، کاهش منابع جنگلی و عملکرد زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود (Zou, 2016; Xie, 2013). مسئله اصلی در اکوسیستم‌های طبیعی، یکپارچگی زیستگاه است که به حفظ منابع و تنوع زیستی کمک می‌کند، به‌ویژه زمانی که زیستگاه‌ها مکمل و در ارتباط با یکدیگر باشند (Wang et al., 2024). توسعه فعالیت‌های انسانی و رشد تعارضاتی از جمله توسعه شهرنشینی، گسترش زیرساخت‌ها و تغییرات کاربری/پوشش سرزمین منجر به کاهش یکپارچگی و تهدید گونه‌های زیستی شده است. امروزه یکی از تأثیرات فعالیت‌های انسانی، در قالب تغییر کاربری اراضی، بی‌توجهی به محدودیت‌های محیط‌زیستی است، که در سیمای محیط تأثیرگذار است و این تأثیرات در اکوسیستم‌های طبیعی، از جمله پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت، بسیار مخرب است. این نکته وسعت عرصه‌های طبیعی را کاهش و از هم‌گسیختگی و انقطاع زیستگاه‌ها را افزایش داده است. از این‌رو، شناسایی روند تغییرات عوارض سطح زمین برای درک ارتباط متقابل انسان و محیط زیست امری ضروری است و این مسئله در مورد پارک‌های ملی اهمیت بیشتری دارد (Wolf et al., 2023). با ازهم‌گسیختگی زیستگاه، توانایی گونه‌ها برای حرکت در بین زیستگاه‌ها کاهش یافته و منزوی می‌شوند که در نتیجه آسیب‌پذیری آن‌ها نسبت به آفت‌های محیطی بیشتر شده و احتمال انقراض آن‌ها افزایش می‌یابد (Banks-Leite et al., 2020). ارتباط بین لکه‌های زیستگاهی و جمعیت‌ها عامل مهمی است که بر گستره وسیعی از فرآیندهای بوم‌شناختی نظیر جریان ژن، پویایی ابرجمعیت‌ها، افزایش گستره پراکنش گونه‌ها، بقا جمعیت و حفظ تنوع زیستی تأثیرگذار است (Peacock, 2025).

در دهه‌های اخیر تغییرات غیراصولی کاربری/پوشش سرزمین یکی از عمده‌ترین تهدیدات ازهم‌گسیختگی زیستگاه و نابودی تنوع زیستی در اکوسیستم‌های طبیعی می‌باشد (Menbere, 2021; Sobhani et al., 2021). رشد سریع جمعیت و توسعه اقتصادی منجر به تغییرات گسترده کاربری/پوشش سرزمین در سراسر جهان شده است (Morshed et al., 2021; Kamran et al., 2023). شواهد حاکی از آن است که توسعه انسانی یک سوم تا نیمی از سطح زمین را دگرگون کرده است که از مهم‌ترین تأثیرات آن می‌توان به تخریب زیستگاه، نابودی تنوع زیستی، کاهش سطح منابع و تهدید امنیت غذایی اشاره نمود (Arowolo et al., 2018; Atasoy, 2020; McDonald et al., 2020).

پارک‌های ملی به منظور حفظ ذخایر ژنتیکی گونه‌های گیاهی و جانوری، مناطق طبیعی برجسته، منظره‌های مهم ملی و بین‌المللی و برای استفاده‌های علمی، آموزشی و تفریحگاهی احداث شده‌اند (Holden, 2000; Weaver and Oppermann, 2000). یکی از مهم‌ترین اهداف مدیریتی در پارک‌های ملی، حفظ شرایط طبیعی و از همه مهم‌تر حذف بهره‌برداری‌ها و جلوگیری از هر گونه اشغال منطقه است که در موجودیت منطقه تأثیر منفی می‌گذارد (Majnunian, 2003). در چند دهه‌باخیر، توسعه فعالیت‌های بی‌حد و مرز جامعه‌ی انسانی منجر به افزایش عمق آثار ناشی از فعالیت‌های آن در نواحی طبیعی، از جمله پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت شده است (Green et al., 2006; Mitchell, 1996; Kates et al., 2005; سبحانی و دانه‌کار، ۱۴۰۲). بنابراین، پایش مکانی-زمانی تغییرات کاربری سرزمین و ارزیابی یکپارچگی زیستگاه، می‌تواند به مدیریت یکپارچه و برنامه‌ریزی صحیح در این اکوسیستم‌های طبیعی کمک نماید.

با توجه به اهمیت این موضوع، برخی از محققان به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی/پوشش و اثرات آن بر زیستگاه پرداخته‌اند که می‌توان به مطالعه بازرگان و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه پایش اثرات تغییر کاربری و پوشش سرزمین بر کیفیت زیستگاه‌های حوضه آبخیز هراز اشاره نمود. نتایج این بررسی نشان داد که از سال ۲۰۰۰ با توجه به روند تغییرات کاربری و پوشش، زیستگاه تخریب و کیفیت آن کاهش یافته است. از این‌رو ضروری است تا استراتژی‌هایی در راستای حفظ زیستگاه‌های طبیعی اتخاذ شود. در مطالعه‌ای دیگر Roy et al. (۲۰۲۵) به ارزیابی تکه تکه شدن جنگل‌های حفاظت شده بنگلادش پرداختند. آن‌ها بیان کردند که تکه تکه شدن زیستگاه، ناشی از فعالیت‌های انسانی، پیامدهای منفی برای سلامت جنگل و تنوع زیستی دارد. بنابراین به برنامه‌ریزی حفاظتی و در عین حال حفظ یکپارچگی اکولوژیک در این جنگل‌ها تأکید شد. Jaramillo et al. (۲۰۲۳) تأثیر تکه تکه شدن بر جنگل‌های مانگرو ساحلی اکوادور را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که عمدتاً اراضی جنگلی در این منطقه به ماهی‌گیری تبدیل شده است. بدین ترتیب تکه تکه شدن بسته به مدیریت عوامل مختلف جنگل‌زدایی ممکن است افزایش یا کاهش یابد و از این‌رو باید پایش جنگل‌های مانگرو در مقیاس بزرگ در نظر گرفته شود.

مطابق مطالعات صورت گرفته در طی سال‌های اخیر تغییرات مکانی- زمانی کاربری سرزمین و اثرات آن بر اکوسیستم‌های بکر طبیعی به‌ویژه پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. بر این اساس در مطالعه حاضر به ارزیابی ازمهم‌گسیختگی و تغییرات زیستگاه در پارک ملی لار پرداخته شد. در اکثر مطالعات عمدتاً به روند تغییرات کاربری سرزمین و کیفیت زیستگاه پرداخته شده است در حالی که در مطالعه حاضر علاوه بر پایش مکانی- زمانی منطقه در بلندمدت (۲۰۲۳-۱۹۸۹)، ارزیابی میزان ازمهم‌گسیختگی زیستگاه با استفاده از رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین و سنج‌های آن نیز مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه با بررسی همزمان تغییرات کاربری/ پوشش اراضی و اثرات آن بر ازمهم‌گسیختگی و تهدید پهنه‌های حفاظتی تکمیل‌کننده‌ی سایر مطالعاتی می‌باشد که تاکنون انجام شده است.

پارک ملی لار، به‌علت تعارضات انسانی همچون احداث و توسعه‌ی جاده‌ها، افزایش خورگشتگاه‌ها و تسهیلات تفریحی در اطراف رودخانه‌ی لار، تغییر در کاربری سرزمین در مسیر جاده‌های ایجاد شده باعث تغییر در ساختار زیستگاه‌ها، کاهش یکپارچگی و افزایش ازهم‌گسیختگی در این منطقه شده است (سبحانی و اسماعیل‌زاده، ۱۴۰۰). در پی این موارد، کاهش ارتباط بین زیستگاه جانوران و تغییر در تردد حیات وحش مشاهده می‌شود. شایان ذکر است که جامعه‌ی محلی پارک ملی لار فقط شامل عشایر دامدار می‌باشد. عشایر یاد شده مهم‌ترین گروه بهره‌بردار از این پارک‌اند و به همین دلیل نیز، بیشترین تعارضات را با منابع پارک دارند. اصلی‌ترین فعالیت عشایر در پارک ملی لار، چرای دام است. بارزترین تعارضاتی که بر اثر چرای دام در منطقه مشاهده می‌شود، تخریب پوشش گیاهی به دنبال چرای بیش از حد و بی‌موقع دام و تهدید امنیت زیستگاه در پی رفت و آمد و دسترسی دامداران به مناطق بکر پارک است. از دیگر تعارضات حضور عشایر دامدار در منطقه، می‌توان به آلودگی سطح منطقه و منابع آبی بر اثر تولید و پخش زباله و نیز صدمه رسیدن احتمالی به ذخایر آبزیان (ماهی قزل‌آلا) به علت صید غیرمجاز اشاره کرد. با توجه به این‌که اکوسیستم‌های طبیعی همواره در معرض تهدیدهای ناشی از فعالیت‌های انسانی و مخاطرات طبیعی می‌باشند، ارزیابی و تحلیل تغییرات زیستگاه در این مناطق امری ضروری است. از این‌رو با آشکارسازی و ارزیابی روند تغییرات کاربری سرزمین به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت، می‌توان سیاست‌های حفاظتی مناسبی، به قصد بهبود در این مناطق، اعمال کرد. این پژوهش از طریق ارزیابی و تحلیل روند تغییرات کاربری/ پوشش سرزمین به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت خردمندان پارک تدارک دیده شد، تا سیاست‌های حفاظتی مناسب برای بهبود شرایط اتخاذ گردد. در این راستا، سوالات تحقیق عبارتند از: (۱) روند تغییرات کاربری‌های اراضی/ پوشش در پارک ملی لار طی سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۲۳ از چه وضعیتی برخوردار بوده است؟ (۲) ازمهم‌گسیختگی زیستگاه با توجه به روند تغییرات سنج‌های سیمای سرزمین چقدر است؟

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه‌ی پژوهش

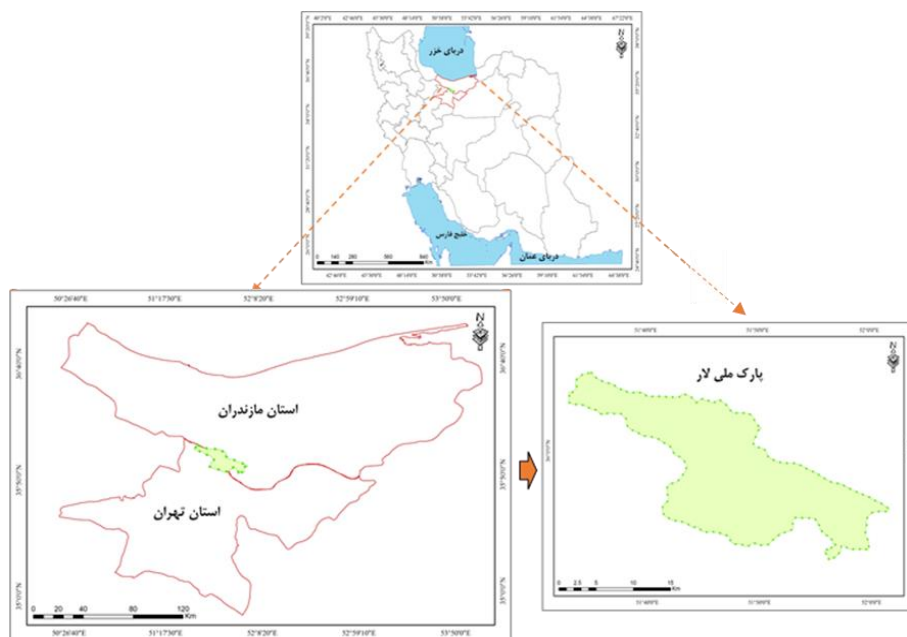
پارک ملی لار، با مساحت ۳۵۷۸۸ هکتار، در دامنه‌ی غربی قله‌ی دماوند در بین استان‌های مازندران و تهران واقع شاخصی از زیستگاه‌های کوهستانی به‌شمار می‌رود. این منطقه اقلیم مرطوب و سرد دارد و بارش‌ها در آن اغلب به شده است و نمونه‌ی صورت برف است. به دلیل ویژگی‌های خاص و گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری، منطقه‌ی مورد اشاره ارزش حفاظتی بالایی دارد. تاکنون ۱۵۹ گونه‌ی جانوری در پارک ملی لار شناسایی شده است، از گونه‌های شاخص جانوری در منطقه، می‌توان به قوچ و میش البرز مرکزی، کل و بز، پلنگ، گرگ، خرس قهوه‌ای، کبک دری، باکلان و گونه‌ی منحصر به فرد ماهی قزل‌آلای خال قرمز، که از نادرترین گونه‌های آبزی جهان محسوب می‌شود، اشاره کرد. این منطقه از پوشش گیاهی با تنوع بالایی نیز برخوردار است. پارک ملی لار، از نظر جاذبه‌های اکوگردشگری، دارای چشم‌اندازهای بی‌نظیر طبیعی مانند رودخانه‌ی پر آب لار، دشت‌های سراسر پوشیده از گل‌های شقایق، چشمه‌های فراوان و امکان صید و فعالیت‌های ورزشی است (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۲؛ ۱۳۹۱؛ ۱۳۹۸). موقعیت جغرافیایی پارک ملی لار در شکل (۱) نمایش داده شده است.

۲-۲- شیوه‌ی اجرای پژوهش

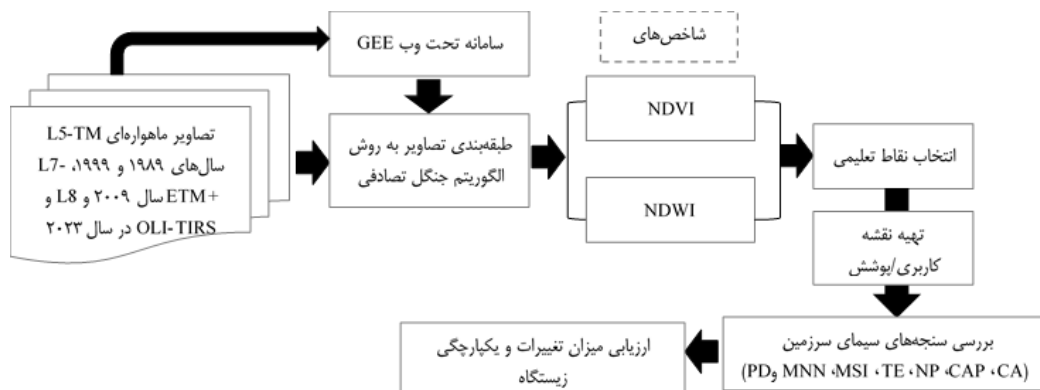
در این مطالعه، از تصاویر چند طیفی مجموعه Landsat در بازه‌های زمانی مختلف (۱۹۸۹، ۱۹۹۹، ۲۰۰۹ و ۲۰۲۳) برای نشان دادن سری مکانی- زمانی تغییرات پوشش/ کاربری و همچنین نقشه طبقات کاربری سرزمین در این منطقه استفاده شد. تصاویر مورد مطالعه شامل L5-TM برای سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۹، L7-ETM+ برای سال ۲۰۰۹ و L8 و OLI-TIRS برای سال ۲۰۲۳ است. در شکل (۲)، مراحل روش تحقیق نمایش داده شده است. لازم به‌ذکر است که دلیل بررسی بازه‌های زمانی مذکور، با توجه به توسعه پنج ساله بعد از انقلاب، رشد جمعیت، افزایش تقاضای گردشگری، گسترده‌شدن فعالیت‌های انسانی در این دوره و شروع مطالعات محیط زیستی در کشور می‌باشد، از این‌رو تصاویر از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳ مورد انتخاب و بررسی قرار گرفت. همچنین ماه تهیه تصاویر، مربوط به اردیبهشت ماه به دلیل پوشش سبز غالب و زمان گلدهی پوشش‌های گیاهی در این بازه زمانی است.

برای طبقه‌بندی تصاویر، روش الگوریتم جنگل تصادفی به‌کار گرفته شد. این الگوریتم، که اغلب به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در توان تفکیک‌های مکانی کاربرد دارد، در مقایسه با الگوریتم‌های متداول طبقه‌بندی به روش ماشین‌بردار پشتیبانی و شبکه‌های عصبی، نتایج چشم‌گیری داشته و معرف روش‌های جدید طبقه‌بندی ترکیبی است (Zhang et al., 2019; Ao et al., 2018). روش جنگل تصادفی شیوه‌ی طبقه‌بندی نظارت

شده‌ای است که در آن مجموعه‌ای از درخت‌ها در تصمیم‌گیری و طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در این روش ابتدا تعدادی درخت تصمیم‌گیری که از هم بیشترین تمایز را دارند تشکیل و در مورد هر یک از این درخت‌ها، روند مربوط به تصمیم‌گیری به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته می‌شود. جنگل تصادفی یکی از روش‌های یادگیری ماشین است که به دلیل سرعت بالای آن در مورد داده‌هایی با حجم بالا و عدم نیاز به داده‌های آموزشی، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است (Fischer et al., 2023). در این شیوه ابتدا پارامترهای شبکه، شامل تعداد درخت‌ها و گره‌های مربوط به هر درخت، مشخص می‌شود. سپس در هر درخت، تعدادی از داده‌های ورودی به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. پس از عملیات تصمیم‌گیری در هر یک از این درخت‌ها، نتایج با هم تلفیق می‌شوند (خروجی طبقه‌بندی بر اساس یک رأی اکثریت از پیش‌بینی تک درخت‌های آموزش دیده ایجاد می‌شود). دقت این روش طبق درختان، به صورت جداگانه و میزان همبستگی در بین آن‌ها مشخص می‌شود، بدین معنی که هر چه درختان انتخابی قابلیت تصمیم‌گیری بهتری داشته و میزان همبستگی آن‌ها کمتر باشد، دقت نهایی نیز بیشتر خواهد شد. در ادامه به پایش تغییرات و ارزیابی دقت تصاویر پرداخته شد. بارزسازی و پایش تغییرات، در حقیقت کشف تغییرات به وجود آمده در یک مکان است که در فرآیند سنجش از دور، با استفاده از تصاویر دو یا چندزمانه انجام می‌شود (Liu et al., 2007; Munthali et al., 2020). در مطالعه حاضر نیز، دقت طبقه‌بندی بر اساس شاخص کاپا و صحت کلی مورد بررسی قرار گرفت.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی پارک ملی لار



شکل (۲): نمودار مراحل تحقیق

برای پردازش داده‌ها و اطلاعات از محیط گوگل ارث انجین^۱ استفاده شد. بدین ترتیب نقشه‌های طبقات کاربری سرزمین پارک ملی لار در طی سال‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص نرمال شده تفاوت پهنه‌های آبی^۲ استخراج و به دو کلاس آبی و غیرآبی طبقه‌بندی شد. در این شاخص از باند

1. Google Earth Engine (GEE)

2. Normalized Difference Water Index (NDWI)

سبز مرئی و باند مادون قرمز نزدیک برای بازسازی پهنه‌های آبی و حذف پوشش‌های گیاهی و خاک استفاده گردید. دامنه تغییرات این شاخص بین ۱+ و ۱- قرار دارد که هر چه ارزش پیکسل به ۱+ نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده وجود پهنه‌های آبی و هر چه به ۱- نزدیک‌تر باشد حاکی از وجود پهنه‌های غیرآبی است (Sagar et al., 2017). برای محاسبه این شاخص می‌توان از رابطه (۱)، استفاده نمود. با توجه به این‌که در مطالعه حاضر، تصاویر مورد استفاده شامل مجموعه تصاویر ماهواره‌ای لندست می‌باشد، در رابطه زیر باند سبز مرئی معادل باند ۳ و باند مادون قرمز نزدیک معادل باند ۵ در نظر گرفته شد. در نقشه‌های تهیه شده کلاس پهنه‌های آبی با کد صفر و کلاس‌های غیرآبی با کد یک به نمایش گذاشته شد.

$$\text{NDWI} = (B3 - B5) / (B3 + B5) \quad \text{رابطه (۱)}$$

همچنین در مطالعه حاضر از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی؛ برای تهیه پوشش‌های مرتعی از سایر طبقات پوشش/کاربری، مطابق رابطه (۲)، استفاده شد. این شاخص، یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها بر روی داده‌های سنجنش از راه دور می‌باشد که در این رابطه، R و NIR به ترتیب طول موج‌های قرمز مرئی و مادون قرمز نزدیک هستند (Shimu et al., 2019). NDVI مقادیر نرمال شده بین ۱- و ۱+ را شامل می‌شود، به طوری که مناطق دارای پوشش گیاهی متراکم به دلیل انعکاس نسبتاً بالایی در محدوده مادون قرمز نزدیک و انعکاس کم در محدوده قرمز مرئی، مقادیر بالای NDVI را دارند.

$$\text{NDVI} = (NIR - R) / (NIR + R) \quad \text{رابطه (۲)}$$

۲-۳- انتخاب نمونه‌های تعلیمی

نمونه‌برداری یکی از مهم‌ترین مراحل طبقه‌بندی تصاویر است که در کیفیت و دقت طبقه‌بندی تأثیر به‌سزایی دارد. در این مطالعه نقاط نمونه‌برداری در سامانه تحت وب GEE به صورت بصری، به تعداد مورد نظر و تصادفی انتخاب شدند. در واقع حداکثر ۱۵۰۰ نمونه انتخاب شد که از این مجموع، ۸۰۰ نمونه برای آموزش الگوریتم و ۷۰۰ نمونه برای آزمایش طبقه‌بندی انتخاب شد. سپس به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های کاربری سرزمین با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی، مطابق توضیحات فوق پرداخته شد. این الگوریتم که اغلب به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در توان تفکیک‌های مکانی مختلف به کار گرفته می‌شود، نتایج قابل توجهی در مقایسه با الگوریتم‌های متداول طبقه‌بندی به روش ماشین‌بردار پشتیبانی و شبکه‌های عصبی، داشته است و معرف روش‌های جدید طبقه‌بندی ترکیبی می‌باشد (Breiman, 2001; Kamusoko and Jonah, 2015). روش جنگل تصادفی یک روش طبقه‌بندی نظارت شده می‌باشد، که در آن مجموعه‌ای از درخت‌ها به منظور تصمیم‌گیری و طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در این روش ابتدا تعدادی درخت تصمیم‌گیری که نسبت به هم بیشترین تمایز را دارند تشکیل و در مورد هر یک از این درخت‌ها روند مربوط به تصمیم‌گیری به صورت جداگانه انجام می‌شود، سپس با توجه به نتایج به دست آمده از بین درخت‌های تعریف شده، کلاسی که بیش‌ترین رأی به آن تعلق گرفته است به عنوان کلاس برنده مورد انتخاب قرار می‌گیرد. جنگل تصادفی یکی از روش‌های یادگیری ماشین است که به دلیل سرعت بالای آن در مورد داده‌هایی با حجم بالا و عدم نیاز آن به داده‌های آموزشی زیاد مورد توجه قرار گرفته است (Akar and Gunger, 2012; Boston et al., 2022). بر این اساس، طبقات کاربری/پوشش اراضی در محدوده مورد مطالعه شامل محدوده‌های آبی، اراضی زراعی و باغی، مراتع پرتراکم، مراتع کم تراکم و مناطق انسان ساخت می‌باشند.

۲-۴- تغییرات سنج‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس‌های کاربری/پوشش سرزمین

در این مطالعه با استفاده از نقشه‌های کاربری/پوشش سرزمین استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های مورد مطالعه (۲۰۲۳-۱۹۸۹) و همچنین رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین به تعریف سنج‌های مناسبی جهت کمی‌سازی تغییرات ساختار زیستگاه پرداخته شد. رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین یکی از روش‌های اصلی شناسایی سطح یکپارچگی اکوسیستم‌ها است. این رویکرد به بررسی رابطه بین الگوها و عملکردها در مقیاس‌های مکانی و زمانی و تأثیرات فرآیندهای اکولوژیک و زیستگاه‌های طبیعی می‌پردازد (Hersperger et al., 2021). انتخاب سنج‌ها بر اساس نظرات کارشناسان، بررسی روند تغییرات در پارک ملی لار و همچنین مبانی نظری و سوابق مطالعاتی مشابه در این زمینه صورت گرفت (براتی و همکاران، ۱۳۹۶؛ حق‌وردی و همکاران، ۱۳۹۷؛ صادق اوغلی و همکاران، ۱۳۹۸؛ زبردست و همکاران، ۱۳۹۰؛ Jaeger et al., del Castillo et al., 2015؛ Li et al., 2021؛ Babí-Almenar et al., 2019؛ Liu et al., 2014؛ 2008). سپس سنج‌های سیمای سرزمین جهت بررسی تغییرات ساختاری، در محیط نرم‌افزار FRAGSTATS برای سال‌های مورد مطالعه در سطح کلاس‌های کاربری/پوشش سرزمین اندازه‌گیری شد. سنج‌های مورد استفاده در این مطالعه مطابق با جدول (۱) شامل مساحت کلاس، درصد مساحت کلاس، تعداد لکه، کل لکه، میانگین شاخص شکل، و میانگین نزدیک‌ترین همسایگی^۷ و متوسط اندازه لکه^۸ است. از این رو A: مساحت کل لکه‌ها، a_{ij} و a_i : مساحت لکه مورد نظر، e_{ik} : طول لکه‌های i و k ، N: تعداد لکه‌ها، n_i : تعداد لکه i ، g_{ij} : تعداد سلول‌های مشابه و مجاور و p_i و p_{ij} : محیط لکه مورد نظر می‌باشد.

1. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
2. Class Area
3. Class Area Percentage
4. Number of Patches

5. Total Edge
6. Mean Shape Index
7. Mean Nearest Neighbor Distance
8. Mean Patch Size

جدول (۱): سنج‌های سیمای سرزمین بررسی شده در محدوده مورد مطالعه

واحد	روشن محاسبه	دامنه‌ی تغییر	متریک‌ها
هکتار	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{1000} \right)$	$CA > 0$	مساحت کلاس
هکتار	$CAP = P_j = \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{A} (100)$	$0 < CAP \leq 100$	درصد مساحت کلاس
-	$NP = n_i$	$NP \geq 1$	تعداد لکه
متر	$TE = \sum_{k=1}^m eik$	$TE \geq 0$	کل لبه
-	$MSI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i}{\sqrt[2]{\prod^* a_i}} \right) * \left(\frac{a_i}{A} \right)$	$MSI \geq 1$	میانگین شاخص شکل
متر	$MNN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h_{ij}}{N}$	$MNN > 0$	میانگین نزدیکترین همسایگی
هکتار	$MPS = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} = \frac{A}{n}$	$MPS > 0$	متوسط اندازه لکه

منبع: (McGarigal and Marks, 1995)

۳- نتایج

۳-۱- روند تغییرات کاربری/پوشش سرزمین

نتایج ارزیابی دقت تصاویر (سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۹، ۲۰۰۹ و ۲۰۲۳)، حاکی از آن است که مقادیر به‌دست از مطلوبیت بالایی برخوردار بوده و در سطح قابل قبولی است (جدول ۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده در پارک ملی لار از بین کاربری‌های موجود مراتع کم تراکم از بیشترین روند افزایشی با مساحت ۲۵۶۴۱ هکتار (۷۱/۶۹ درصد) در سال ۲۰۲۳ در مقایسه با سال ۱۹۸۹ با مساحت ۲۳۸۹۲ هکتار (۶۶/۸۰ درصد) برخوردار بوده است. در حالی که در طی سال‌های مورد مطالعه مراتع پر تراکم با مساحت ۸۵۰۳ هکتار (۲۳/۷۷ درصد) در سال ۲۰۲۳ به نسبت سال ۱۹۸۹ با مساحت ۹۴۸۲ هکتار (۲۶/۵۱ درصد) روند کاهشی داشته است. علاوه بر این در بین کاربری‌های سرزمین موجود، اراضی زراعی و باغی با مساحت ۵۹۴ هکتار (۱/۶۵ درصد) در سال ۲۰۲۳ در مقایسه با سال ۱۹۸۹ با مساحت ۱۷۳۲ هکتار (۴/۸۴ درصد) بیشترین روند کاهشی را داشته است. در بین سایر کاربری‌های این منطقه محدوده‌های آبی با مساحت ۱۰۲۰ هکتار (۲/۸۵ درصد) در مقایسه با سال ۱۹۸۹ با مساحت ۶۵۸ هکتار (۱/۸۴ درصد) از روند افزایشی برخوردار بوده است. علاوه بر این یکی دیگر از کاربری‌های اراضی موجود در منطقه لار، مناطق انسان ساخت می‌باشد که این کاربری در برگیرنده اراضی مسکونی، تجاری، صنعتی، معابر و غیره است که در سال ۲۰۲۳ با مساحت ۷ هکتار (۰/۱۹ درصد) در مقایسه با سال ۱۹۸۹ با مساحت ۱ هکتار (۰/۰۲ درصد) با روند افزایشی همراه بوده است (جدول ۳ و شکل ۳). همچنین در شکل (۴)، نمودار روند درصد تغییرات کاربری/پوشش سرزمین نمایش داده شده است.

جدول (۲): ارزیابی دقت تصاویر بر اساس صحت کلی و ضریب کاپا طی سال‌های مورد مطالعه

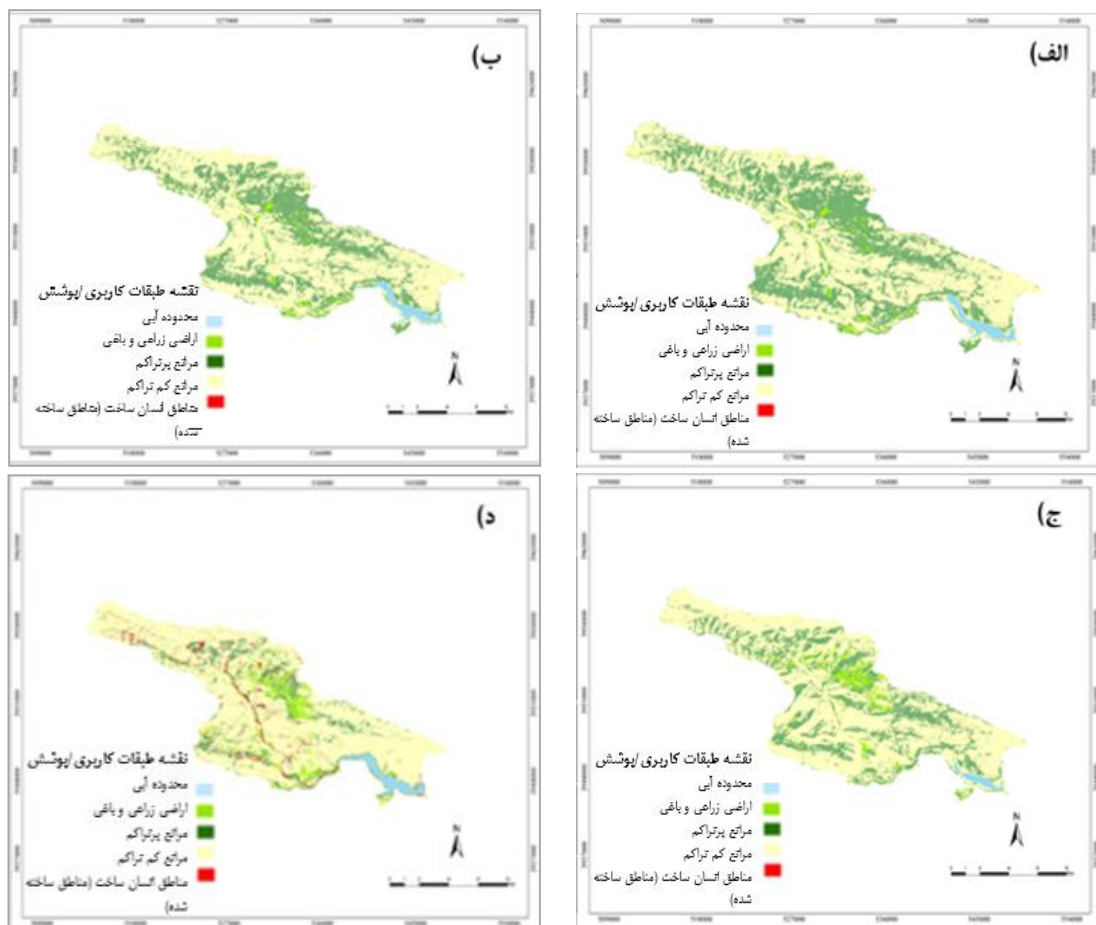
تصاویر ماهواره‌ای	سال	صحت کلی (درصد)	ضریب کاپا (درصد)
L5-TM	۱۹۸۹	۰/۹۳	۰/۸۵
L7-ETM+	۱۹۹۹	۰/۹۵	۰/۸۸
L8, OLI-TIRS	۲۰۰۹	۰/۹۰	۰/۸۶
	۲۰۲۳	۰/۹۸	۰/۹۰

۳-۲- تحلیل از هم‌گسیختگی زیستگاه و تغییرات سیمای سرزمین

به‌منظور ارزیابی روند تغییرات ساختار زیستگاه به بررسی سیمای سرزمین در سطح کلاس کاربری‌های سرزمین طی سال‌های مورد مطالعه (۱۹۸۹، ۱۹۹۹، ۲۰۰۹ و ۲۰۲۳) پرداخته شد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد (جدول ۴ و شکل ۳) در پارک ملی لار سنج‌های مساحت کلاس، درصد مساحت کلاس و متوسط اندازه لکه در سطح کلاس‌های اراضی ساخته شده، محدوده‌های آبی و مراتع کم تراکم افزایش یافته است، که افزایش این سنج‌ها نشان دهنده‌ی اتصال لکه‌های کوچک، بزرگ شدن اندازه لکه‌ها و افزایش یکپارچگی می‌باشد. در حالی که در سطح کاربری‌های ذکر شده روند کاهشی در تعداد لکه، میانگین نزدیک‌ترین همسایگی، کل لبه و میانگین شاخص شکل قابل مشاهده می‌باشد که نشان دهنده‌ی کاهش

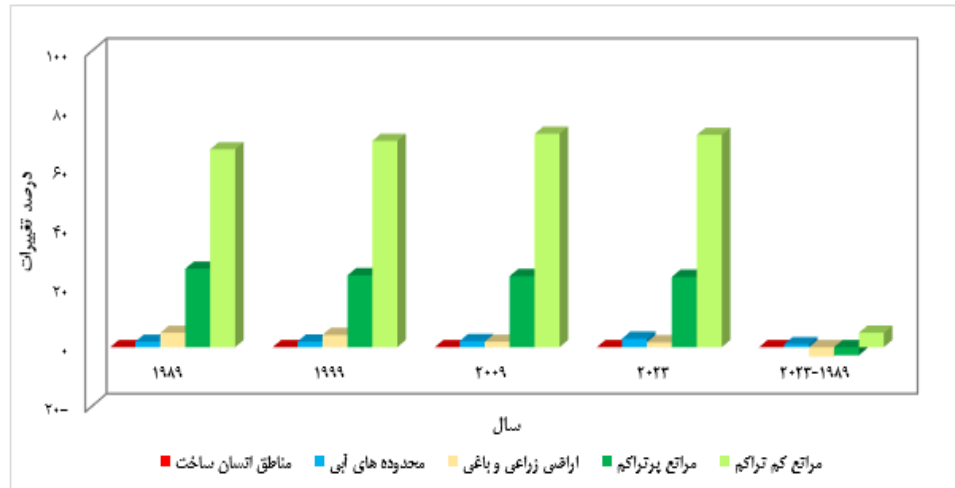
جدول (۳): روند تغییرات کاربری/پوشش سرزمین در پارک ملی لاری طی سال‌های مورد مطالعه

ردیف	سال	۱۹۸۹		۱۹۹۹		۲۰۰۹		۲۰۲۳		اختلاف روند تغییرات ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳	روند کاهشی/ افزایشی
		مساحت		مساحت		مساحت		مساحت			
		هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد		
۱	مناطق انسان ساخت	۱	-۰/۰۰۲	۱	-۰/۰۰۳	۳	-۰/۰۰۸	۷	-۰/۰۱۹	۶	+
۲	محدوده‌های آبی	۶۵۸	۱/۸۴	۶۷۳	۱/۸۸	۷۴۰	۲/۰۶	۱۰۲۰	۲/۸۵	۳۶۲	+
۳	اراضی زراعی و باغی	۱۷۳۲	۴/۸۴	۱۴۸۳	۴/۱۴	۶۵۳	۱/۸۲	۵۹۴	۱/۶۵	-۱۱۳۸	-
۴	مراتع پرتراکم	۹۴۸۲	۲۶/۵۱	۸۶۹۰	۲۴/۲۹	۸۵۸۶	۲۴/۰۱	۸۵۰۳	۲۳/۷۷	-۹۷۹	-
۵	مراتع کم تراکم	۲۳۸۹۲	۶۶/۸۰	۲۴۹۱۸	۶۹/۶۷	۲۵۷۸۳	۷۲/۰۸	۲۵۶۴۱	۷۱/۶۹	۱۷۴۹	+
	جمع کل	۳۵۷۶۵	۱۰۰	۳۵۷۶۵	۱۰۰	۳۵۷۶۵	۱۰۰	۳۵۷۶۵	۱۰۰	-	-



شکل (۳): نقشه طبقات کاربری/پوشش سرزمین طی سال‌های: الف) ۱۹۸۹ و ب) ۱۹۹۹، ج) ۲۰۰۹ و د) ۲۰۲۳

فاصله بین لکه‌ها، نزدیک شدن آن‌ها به یکدیگر و در نتیجه افزایش یکپارچگی در سطح منطقه است. علاوه بر این در پارک ملی لاری سنج‌های مساحت کلاس، درصد مساحت کلاس و متوسط اندازه لکه در سطح کاربری‌های مراتع پرتراکم و همچنین اراضی باغی و زراعی کاهش یافته است، که کاهش این سنج‌ها نشان دهنده افزایش از هم‌گسیختگی لکه‌ها و کوچک شدن اندازه آن‌ها است. همچنین در پارک ملی لاری از بین سنج‌های مورد مطالعه، سنج مساحت کلاس (سطح مراتع پرتراکم) با ۸۵۰۳ هکتار در سال ۲۰۲۳ در مقایسه با ۹۴۸۲ هکتار در سال ۱۹۸۹ دارای بیشترین روند کاهش بوده است؛ در حالی که سنج کل لبه (سطح مراتع پرتراکم) با مساحت ۸۱۲۵۶۵ هکتار در سال ۲۰۲۳ در مقایسه با ۵۳۲۱۴۵ هکتار در سال ۱۹۸۹ از بالاترین روند افزایشی برخوردار بوده است.



شکل (۴): درصد تغییرات کاربری/پوشش سرزمین در پارک ملی لار طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳

۴- بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات کاربری/پوشش سرزمین ناشی از توسعه فعالیت‌های انسانی (گسترش شهرنشینی، گردشگری بدون برنامه‌ریزی، چرای بی‌رویه دام و توسعه انواع زیرساخت‌ها)، یکی از مهم‌ترین تهدیدهای شناخته شده در مناطق تحت حفاظت می‌باشند (Qi et al., 2024; Wolf et al., 2023). این تغییرات منجر به کاهش یکپارچگی زیستگاه و تنوع زیستی در این رویشگاه‌های طبیعی و منحصربه‌فرد شده است. براین اساس، در مطالعه حاضر به بررسی تغییرات مکانی- زمانی طبقات کاربری/پوشش سرزمین پارک ملی لار طی سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۲۳ پرداخته شد. علاوه براین، به منظور ارزیابی روند تغییرات ساختار زیستگاه به بررسی سنج‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس پوشش/ کاربری در این منطقه پرداخته شد.

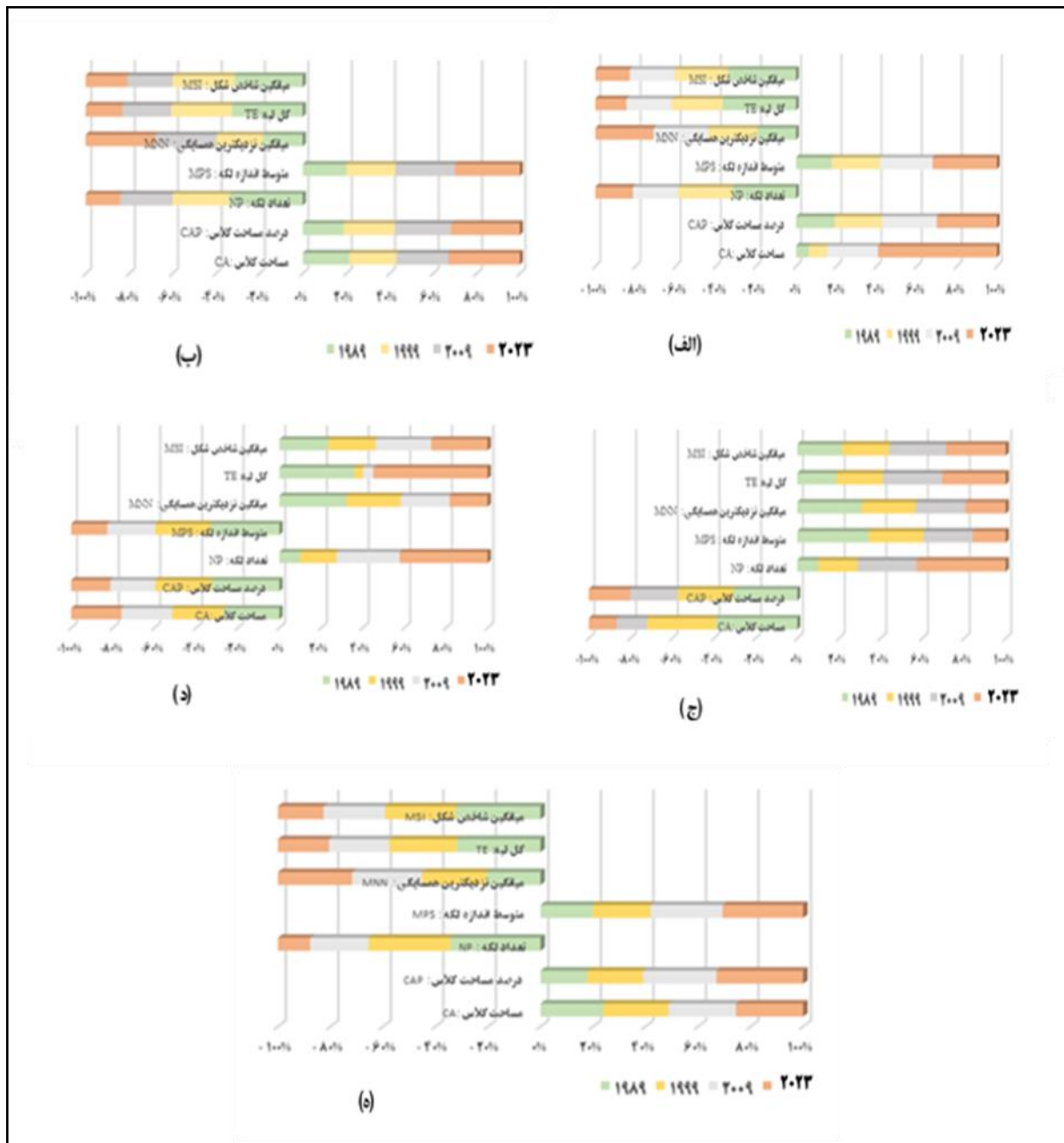
در منطقه‌ی مورد مطالعه، تغییرات پویای کاربری‌های گوناگون به وضوح به چشم می‌خورد. این موارد، بدون توجه به تأثیرات منفی بر محیط زیست و افزایش حساسیت‌پذیری در منطقه، منجر به کاهش گونه‌های گیاهی دارای ارزش زیستی و تبدیل آن‌ها به گونه‌های ضعیف کم تراکم شده است. از آن جا که پارک‌های ملی، از نظر آیین نامه‌های محیط زیستی، دارای بالاترین سطوح حفاظتی‌اند؛ کنترل و نظارت بیشتری بر روند توسعه و تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی، در طول زمان، می‌طلبند (Majnunian, 2002). بر این اساس و با توجه به نتایج پژوهش، در پارک ملی لار در بین کاربری‌های موجود، مراکز پرتراکم و اراضی زراعی و باغی با روند کاهشی روبه‌رو بوده‌اند. مناطق انسان ساخت، محدوده‌های آبی و مراکز کم تراکم نیز روند افزایشی داشته است. کاهش وسعت پوشش گیاهی و افزایش اراضی دارای پوشش کم تراکم و فقیر بیانگر تخریب پوشش گیاهی در منطقه است و حضور عشایر و چرای زود هنگام و بیش از ظرفیت مراکز در این منطقه، در بروز این تخریب‌ها تأثیر چشم‌گیری داشته است. در بین کاربری‌های فعلی، بیشترین روند کاهشی در کاربری مرتع پرتراکم (۶۰٫۸٪) دیده می‌شود (مطابق شکل ۳-د). با توجه به این که حیات جانوری و غیرجانوری منطقه و بقای خاک در مقابل روند فرسایش به پوشش گیاهی وابسته است، روند رو به کاهش پوشش گیاهی و افزایش فرسایش خاک می‌تواند ضرورتی بر توجه بیشتر به شرایط زیستی در این منطقه محسوب شود. در مطالعه‌ی براتی و همکاران (۱۳۹۶) و Spencer et al. (۲۰۱۷) نیز اهمیت تراکم پوشش گیاهی مراکز در تقویت زادآوری گونه‌های مرتعی و تأمین منابع غذایی برای گونه‌های جانوری و حفظ یکپارچگی زیستگاه‌ها در پارک‌های ملی تأیید شده است. در پارک ملی لار، به دلیل فقدان سکونتگاه‌های دائمی، ممنوعیت توسعه‌ی فعالیت‌های انسانی همچون زراعت و باغداری، این نوع کاربری با کاهش رو به رو بوده است. از دیگر کاربری‌های کنونی در این منطقه، مناطق انسان ساخت به‌شمار می‌رود که در قالب توسعه‌ی جاده‌ها و راه‌های دسترسی، روندی افزایشی داشته است. این منطقه در مجاورت کلان شهر واقع شده و به دلیل وجود جاذبه‌های گردشگری فراوان، رودخانه زیبای لار، شرایط کوهستانی منطقه و دیگر موارد، با رشد و گسترش جاده‌ها طی سال‌های مورد مطالعه مواجه بوده است. از این‌رو، روند تغییرات افزایشی کاربری‌های انسان ساخت از جمله جاده‌ها و تأثیر آن‌ها در پارک‌های ملی اهمیت فراوانی دارد. در پژوهش زبردست و همکاران (۱۳۹۰)، آثار تغییرات کاربری جاده‌ها در پارک ملی گلستان نیز بررسی و تأیید شد. در مطالعه‌ی دیگر شهیدی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی اثرات جاده بر پارک‌های ملی و تلفات حیات وحش پرداختند که نتایج به‌دست آمده مؤید یافته‌های حاصل شده می‌باشد.

نتایج بررسی کاربری محدوده‌های آبی نیز روندی افزایشی را طی سال‌های مورد مطالعه، برای این کاربری بیان می‌کند. نتایج مطالعات سازمان حفاظت محیط زیست (۱۳۹۱) نیز نشان داده است که در پارک ملی لار، منابع آبی وضعیت مناسبی دارد و نیازهای زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری را تأمین می‌کند که از دلایل آن می‌توان به روند بارش‌های بهاری طی این دوره می‌باشد.

جدول (۴): تغییرات سنج‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس‌های کاربری/پوشش (سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳)

پوشش/ کاربری	متریک‌ها	سال				اختلاف روند تغییرات	روند کاهشی/ افزایشی
		۱۹۸۹	۱۹۹۹	۲۰۰۹	۲۰۲۳		
مناطق انسانی ساخت	مساحت کلاس (هکتار)	۱	۱	۳	۷	۶	+
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۵۴/۲۲	۶۷/۴۳	۷۷/۳۸	۸۵/۲۷	۳۱/۰۵	+
	تعداد لکه	۶۵۴۸	۵۶۳۷	۴۶۸۷	۳۸۷۵	-۲۷۳	-
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۴۳/۱۶	۵۸/۹۴	۶۳/۷۴	۷۸/۲۱	۳۵/۰۵	+
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۵۲/۳۴	۶۵/۷۸	۷۳/۲۴	۷۸/۴۵	۲۶/۱۱	+
	کل لبه (متر)	۴۶۵۸	۳۲۷۱	۲۸۶۴	۱۹۷۸	-۲۶۸۰	-
محدوده‌های آبی	میانگین شاخص شکل	۵/۴۸	۴/۲۷	۳/۵۸	۲/۷۶	-۲/۷۲	-
	مساحت کلاس (هکتار)	۶۵۸	۶۷۳	۷۴۰	۱۰۲۰	۳۶۲	+
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۴۶/۳۲	۵۸/۶۳	۶۴/۱۴	۷۸/۵۲	۳۲/۲	+
	تعداد لکه	۵۲۸۷	۴۲۱۵	۳۸۵۶	۲۵۴۶	-۲۸۴۱	-
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۵۶/۴۷	۶۳/۳۲	۷۷/۱۸	۸۴/۲۳	۲۷/۷۶	+
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۳۸/۵۲	۴۴/۸۱	۵۸/۹۶	۶۷/۳۴	۲۸/۸۲	+
اراضی زراعی و باغی	کل لبه (متر)	۵۴۳۷۴	۴۶۹۲۸	۳۷۵۶۴	۲۸۲۱۹	-۲۶۱۵۵	-
	میانگین شاخص شکل	۶/۴۳	۵/۸۳	۴/۲۵	۳/۹۴	-۲/۴۹	-
	مساحت کلاس (هکتار)	۱۷۳۲	۱۴۸۳	۶۵۳	۵۹۴	-۱۱۳۸	-
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۸۵/۳۲	۷۴/۲۲	۶۳/۴۱	۵۵/۱۱	-۳۰/۲۱	-
	تعداد لکه	۱۵۳۱	۲۸۹۵	۴۳۲۱	۶۵۶۸	۵۰۳۷	+
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۵۶/۲۷	۴۳/۱۸	۳۸/۶۷	۲۶/۱۵	-۳۰/۱۲	-
مراعات پرتراکم	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۸۵/۲۴	۷۱/۱۳	۶۶/۲۱	۵۳/۷۷	-۳۱/۴۷	-
	کل لبه (متر)	۴۵۱۲۵۴	۵۳۶۵۷۸	۶۸۷۵۲۱	۷۳۵۴۲۲	۲۸۴۱۶۸	+
	میانگین شاخص شکل	۶/۲۲	۶/۵۸	۷/۸۵	۸/۳۵	۲/۱۳	+
	مساحت کلاس (هکتار)	۹۴۸۲	۸۶۹۰	۸۵۸۶	۸۵۰۳	-۹۷۹	-
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۶۷/۲۱	۵۶/۳۴	۴۴/۶۵	۳۸/۹۵	-۲۸/۲۶	-
	تعداد لکه	۱۸۷۴	۳۲۵۶	۵۶۷۱	۷۸۹۵	۶۰۲۱	+
مراعات کم تراکم	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۶۵/۳۱	۵۲/۳۳	۴۵/۶۹	۳۴/۲۵	-۳۱/۰۶	-
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۷۹/۶۳	۶۴/۳۱	۵۸/۱۲	۴۵/۲۱	-۳۴/۴۲	-
	کل لبه (متر)	۵۳۲۱۴۵	۶۲۸۷۵	۷۳۶۵۴	۸۱۲۵۶۵	۲۸۰۴۲۰	+
	میانگین شاخص شکل	۷/۴۳	۷/۱۵	۸/۴۴	۸/۵۶	۱/۱۳	+
	مساحت کلاس (هکتار)	۲۳۸۹۲	۲۴۹۱۸	۲۵۷۸۳	۲۵۶۴۱	۱۷۴۹	+
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۴۵/۲۳	۵۴/۶۱	۷۱/۲۸	۸۴/۳۵	۳۹/۱۲	+
مراعات کم تراکم	تعداد لکه	۴۲۵۶	۳۸۵۹	۲۷۶۳	۱۵۲۴	-۲۷۳۲	-
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۴۹/۳۶	۵۴/۸۷	۶۸/۲۲	۷۶/۴۱	۲۷/۰۵	+
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۶۳/۵۴	۷۶/۱۳	۸۲/۲۱	۸۷/۵۲	۲۳/۹۸	+
	کل لبه (متر)	۵۳۲۴۶	۴۳۱۶۲	۳۸۶۲۷	۳۲۵۹۳	-۲۰۶۵۳	-
	میانگین شاخص شکل	۶۷/۲۴	۵۵/۹۷	۴۸/۷۴	۳۶/۲۸	-۳۰/۹۶	-

علاوه بر این، نتایج نشان داد که در پارک ملی لار به دلیل حضور دام‌های عشایر در خارج از فصل چرا، چرای بی‌رویه و بیش از ظرفیت مراتع و عدم نظارت بر زمان و صدور پروانه‌های چرا و همچنین توسعه فعالیت‌های گردشگری و حضور بازدیدکنندگان در زیستگاه‌های امن منطقه، منجر به کاهش سنج‌های مساحت کلاس، درصد مساحت کلاس و متوسط اندازه لکه در سطح کاربری‌های مراتع پرتراکم و همچنین اراضی باغی و زراعی شده است، که کاهش این سنج‌ها نشان دهنده‌ی افزایش از هم‌گسیختگی لکه‌ها و کوچک شدن اندازه آن‌ها است. علاوه بر این در سطح کاربری‌های ذکر شده روند افزایشی در تعداد لکه، میانگین نزدیکترین همسایگی، کل لبه و میانگین شاخص شکل مشاهده شده است که نشان دهنده‌ی افزایش فاصله بین لکه‌ها و در نتیجه کاهش یکپارچگی در سطح منطقه می‌باشد. Gupta (۲۰۲۴) نیز در مطالعه‌ی خود به بررسی اثرات چرای دام بر پوشش‌های مرتعی و تهدید زیستگاه در پارک ملی نپال پرداختند که نتایج به‌دست آمده تحلیل و مطابق یافته‌های به‌دست آمده تأیید شد.



شکل (۵): نمودار تغییرات سنج‌های سیمای سرزمین در محدوده مورد مطالعه: (الف) مناطق انسان ساخت، (ب) محدوده‌های آبی، (ج) اراضی زراعی و باغی، (د) مراتع پرتراکم، (ه) مراتع کم تراکم

از هم‌گسیختگی زیستگاه در پارک‌های ملی یکی از تهدیدهای مهم برای حفاظت از این ذخایر ارزشمند طبیعی می‌باشد. بنابراین احیای اتصالات و حفظ کریدورها در بین لکه‌های زیستگاهی، راهبردهای مؤثری برای کنترل تکه تکه شدن و نابودی اکوسیستم‌های طبیعی است که این امر مستلزم ارزیابی میزان تغییرات و یکپارچگی زیستگاه در منطقه می‌باشد. در این راستا نتایج مطالعه Sobhani et al. (۲۰۲۲)، نیز نشان داد که از هم‌گسیختگی زیستگاه منجر به انقراض و نابودی تنوع زیستی در مناطق تحت حفاظت بویژه پاک‌های ملی می‌گردد. همچنین نتایج مطالعه Maruza et al. (۲۰۲۴)، نشان داد که در دهه‌های اخیر، توسعه فعالیت‌های انسانی از جمله شبکه جاده‌ای به‌ویژه در درون مناطق تحت حفاظت و پارک‌های ملی، بسیار شتاب‌زده و بدون رعایت ضوابط و اصول اولیه حفاظتی گسترش یافته است. بدین ترتیب این امر موجب افزایش از هم‌گسیختگی و تهدیدات زیستگاه‌ها شده است. با توجه به این که اکوسیستم‌های طبیعی همواره در معرض تهدیدهای ناشی از فعالیت‌های انسانی و مخاطرات طبیعی می‌باشند، اتخاذ برنامه‌ریزی یکپارچه و فراهم کردن ابزارهای مناسب برای کاهش اثرات این تهدیدها امری ضروری است. همچنین نیاز به برنامه طرح جامع (زون‌بندی) در منطقه می‌باشد تا هر گونه فعالیت انسانی با توجه به حساسیت و محدودیت زیستی هر زون صورت گیرد. با توجه به نتایج به‌دست آمده ارزیابی تغییرات

ساختاری و از هم‌گسیختگی زیستگاه می‌تواند امکان تحلیل اصولی از فعالیت‌های توسعه‌ای برای افزایش رفاه انسانی را از طریق حفظ پیوستگی زیستگاه و افزایش پایداری اکوسیستم‌ها فراهم نماید. همچنین نتایج این مطالعه به‌عنوان یک راهکار مدیریتی می‌تواند به حفاظت و برنامه‌ریزی صحیح در راستای توسعه فعالیت‌های انسانی و به دنبال آن مخاطرات و پیامدهای محیطی کمک نماید. در این راستا عمده‌ترین راهکارهای مدیریتی و برنامه عملیاتی می‌تواند بشرح زیر در این مناطق اجرایی گردد:

- پایش و کنترل بر توسعه فعالیت‌های انسانی: استفاده از فناوری‌های سنجش از دور (تصاویر ماهواره‌ای و هواشناسی) برای رصد تغییرات کاربری اراضی، طراحی سیستم اعلام هشدار سریع در صورت تغییرات غیرمجاز یا توسعه‌های خارج از ظرفیت منطقه و تقویت قانون‌گذاری و نظارت‌های حقوقی

- تنظیم و اجرای قوانین سختگیرانه برای جلوگیری از تغییر کاربری‌های غیرمجاز: تشکیل کمیته‌های نظارتی محلی و ملی و افزایش نظارت‌های عینی و مجازی و ایجاد و توسعه شبکه‌های زیرساختی حفاظت در پارک‌های ملی.

- افزایش مشارکت و سطح آگاهی ذینفعان: تقویت مشارکت جوامع محلی و ذینفعان، آموزش و آگاه‌سازی ساکنین منطقه درباره اهمیت حفاظت از مناطق تحت حفاظت و ایجاد برنامه‌های اقتصادسبز و فرصت‌های درآمدزایی پایدار در قالب گردشگری، کشاورزی پایدار و حفاظت از گونه‌های بومی و برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های تشویقی و تشویقی

- همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای: گرفتن حمایت و کمک‌های فنی و مالی از نهادهای بین‌المللی و تبادل اطلاعات و تجربیات با دیگر کشورها و مناطق حفاظت‌شده.

منابع

- بازرگان، س.، رجائی، ف.، احمدی میرقاند، ف.، و قلی‌پور، م. (۱۴۰۳). پایش اثرات تغییر کاربری و پوشش اراضی بر کیفیت زیستگاه‌های حوضه آبخیز هراز. بوم‌شناسی کاربردی، ۱۳(۲)، ۴۹-۶۳.
- براتی، ب.، جهانی، ع.، زبردست، ل.، و رایگانی، ب. (۱۳۹۶). ارزیابی یکپارچگی مناطق حفاظت شده با به کارگیری رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین (منطقه مورد مطالعه: پارک ملی و پناهگاه حیات وحش کلاه قاضی)، آمایش سرزمین، ۹(۱)، ۱۵۳-۱۶۸.
- حق‌وردی، ف.، جهانی، ع.، زبردست، ل.، مخدوم، م.، و گشتاسب، ح. (۱۳۹۷). کمی‌سازی از هم‌گسیختگی زیستگاه حیات‌وحش با استفاده از رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین (مطالعه موردی: پارک ملی لار و منطقه حفاظت شده ورجین). محیط زیست جانوری، ۱۰(۴)، ۳۳-۲۳.
- زبردست، ل.، یآوری، ا.، صالحی، ا.، و مخدوم، م. (۱۳۹۰). استفاده از متریک اندازه مؤثر شبکه در تحلیل از هم‌گسیختگی پوشش های جنگلی محدوده اثر جاده در پارک ملی گلستان، محیط‌شناسی، ۳۷(۵۸)، ۲۰-۱۵.
- سازمان حفاظت محیط زیست. (۱۳۹۸). گزارش‌های GIS از مناطق تحت حفاظت ایران. دفتر زیستگاه‌ها و امور مناطق استان تهران.
- سازمان حفاظت محیط زیست. (۱۳۸۲). طرح مدیریت پارک ملی لار. دفتر زیستگاه‌ها و امور مناطق استان تهران.
- سازمان حفاظت محیط زیست. (۱۳۹۱). طرح مدیریت پارک ملی لار (طرح بازننگری). دفتر زیستگاه‌ها و امور مناطق استان تهران.
- سبحانی، پ.، و اسماعیل‌زاده، ح. (۱۴۰۰). ارزیابی و تحلیل روند تغییرات کاربری اراضی در مناطق تحت حفاظت (مطالعه موردی: پارک ملی لار). سنجش از دور و GIS ایران، ۱۳(۲)، ۷۵-۹۲.
- سبحانی، پ.، و دانه‌کار، ا. (۱۴۰۲). روند تغییرات کاربری اراضی و میزان ریسک اکولوژیک در منطقه حفاظت شده حرا. توسعه پایدار محیط جغرافیایی، ۵(۹)، ۱۹-۱.
- شهیدی‌نژاد، ف.، دانه‌کار، ا.، علیزاده شعبانی، ا.، و سبحانی، پ. (۱۴۰۳). بررسی تصادفات جاده‌ای بر تلفات گونه‌های حیات وحش در استان‌های مختلف کشور. محیط زیست طبیعی، ویژه نامه بوم‌شناسی و مدیریت تنوع زیستی (۷۷)، ۲۱۱-۱۹۹.
- صادق اوغلی، ر.، جهانی، ع.، علیزاده، شعبانی، ا.، و گشتاسب میگوئی، ح. (۱۳۹۸). کمی‌سازی از هم‌گسیختگی سیمای سرزمین به عنوان شاخصی برای ارزیابی زیستگاه حیات وحش (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده جاجرد). محیط زیست جانوری، ۱۱(۱)، ۲۰-۱۳.
- Akar, Ö., and Güngör, O. (2012). Classification of multispectral images using Random Forest algorithm. Journal of Geodesy and Geoinformation, 1(2), 105-112.
- Ao, Y., Li, H., Zhu, L., Ali, S., and Yang, Z. (2019). The linear random forest algorithm and its advantages in machine learning assisted logging regression modeling. Journal of Petroleum Science and Engineering, 174, 776-789.
- Arowolo, A. O., Deng, X., Olatunji, O. A., and Obayelu, A. E. (2018). Assessing changes in the value of ecosystem services in response to land-use/land-cover dynamics in Nigeria. Science of the total Environment, 636, 597-609.
- Atasoy, M. (2020). Assessing the impacts of land-use/land-cover change on the development of urban heat island effects. Environment, Development and Sustainability, 22(8), 7547-7557.
- Babí Almenar, J., Rugani, B., Geneletti, D., and Brewer, T. (2018). Integration of ecosystem services into a conceptual spatial planning framework based on a landscape ecology perspective. Landscape Ecology, 33(12), 2047-2059. Baidoo, R., and Obeng, K. (2023). Evaluating the impact of land use and land cover changes on forest ecosystem service values using landsat dataset in the Atwima Nwabiagya North, Ghana. Heliyon, 9(11).
- Banks-Leite, C., Ewers, R. M., Folkard-Tapp, H., and Fraser, A. (2020). Countering the effects of habitat loss, fragmentation, and degradation through habitat restoration. One Earth, 3(6), 672-676.
- Boston, T., Van Dijk, A., Larraondo, P. R., and Thackway, R. (2022). Comparing CNNs and random forests for Landsat image segmentation trained on a large proxy land cover dataset. Remote Sensing, 14(14), 3396.
- Breiman, L. (2001). Random forests. Machine learning, 45(1), 5-32.
- del Castillo, E. M., García-Martín, A., Aladrén, L. A. L., & de Luis, M. (2015). Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain). Applied geography, 62, 247-255.

- Fischer, J., Wirtz, S., and Scherer, V. (2023). Random forest classifier and neural network for fraction identification of refuse-derived fuel images. *Fuel*, 341, 127712.
- Green, D. G., Klomp, N., Rimmington, G., and Sadedin, S. (2006). *Complexity in landscape ecology*, 217. Dordrecht: Springer.
- Gupta, A. (2024). Analyzing land use/land cover dynamics in mountain tourism areas: A case study of the core and buffer zones of Sagarmatha and Khaptad national parks, Nepal. *Sustainability*, 16(23), 10670.
- Hersperger, A. M., Grădinaru, S. R., Pierri Daunt, A. B., Imhof, C. S., and Fan, P. (2021). Landscape ecological concepts in planning: review of recent developments. *Landscape Ecology*, 36(8), 2329-2345.
- Holden, A. (2000). *Environmental and Tourism*, New York, Routledge.
- Jaeger, J. A., Bertiller, R., Schwick, C., Müller, K., Steinmeier, C., Ewald, K. C., and Ghazoul, J. (2008). Implementing landscape fragmentation as an indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development (MONET). *Journal of Environmental Management*, 88(4), 737-751.
- Jaramillo, J. J., Rivas, C. A., Oteros, J., and Navarro-Cerrillo, R. M. (2023). Forest fragmentation and landscape connectivity changes in Ecuadorian mangroves: some hope for the future? *Applied Sciences*, 13(8), 5001.
- Khan, J. A., Khayyam, U., Waheed, A., and Khokhar, M. F. (2023). Exploring the nexus between land use land cover (LULC) changes and population growth in a planned city of Islamabad and unplanned city of Rawalpindi, Pakistan. *Heliyon*, 9(2).
- Kamusoko, C., and Gamba, J. (2015). Simulating urban growth using a random forest-cellular automaton (RF-CA) model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(2), 447-470.
- Robert, K. W., Parris, T. M., and Leiserowitz, A. A. (2005). What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice. *Environment: science and policy for sustainable development*, 47(3), 8-21.
- Li, L., Fassnacht, F. E., and Bürgi, M. (2021). Using a landscape ecological perspective to analyze regime shifts in social-ecological systems: a case study on grassland degradation of the Tibetan Plateau. *Landscape Ecology*, 36(8), 2277-2293.
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., & Taylor, W. W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 317(5844), 1513-1516.
- Majnunian, H. (2002). *National Parks and Protected Areas, Values and Applications*. Environment Organization Publications, Iran.
- Majnunian, H. (2003). *Guide to the National Parks planning, practice planning and preparation process for the National Park Management Plan*. Publications of Environmental Protection Organization, Tehran, 201p.
- Maruza, M. I., Gandiwa, E., Muboko, N., Sango, I., Tarakini, T., and Mukomberanwa, N. T. (2024). An Analysis of Land Use and Land Cover Changes, and Implications for Conservation in Mukumbura (Ward 2), Mt Darwin, Zimbabwe, 2002-2022. *Open Journal of Ecology*, 14(9), 706-730.
- McDonald, A. D., Ferris, T. K., and Wiener, T. A. (2020). Classification of driver distraction: A comprehensive analysis of feature generation, machine learning, and input measures. *Human factors*, 62(6), 1019-1035.
- McGarigal, K. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure, 315. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Menbere, I. P. (2021). The implication of land use land cover change on biodiversity conservation: an overview from protected areas in Ethiopia. *Journal of Earth and Environmental Sciences Research*, 3(2), 1-15.
- Mitchell, G. (1996). Problems and fundamentals of sustainable development indicators. *Sustainable development*, 4(1), 1-11.
- Morshed, S. R., Fattah, M. A., Haque, M. N., and Morshed, S. Y. (2022). Future ecosystem service value modeling with land cover dynamics by using machine learning based Artificial Neural Network model for Jashore city, Bangladesh. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts a/b/c*, 126, 103021.
- Munthali, M. G., Mustak, S., Adeola, A., Botai, J., Singh, S. K., and Davis, N. (2020). Modelling land use and land cover dynamics of Dedza district of Malawi using hybrid Cellular Automata and Markov model. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17, 100276.
- Peacock, M. M. (2025). Negotiating a Fragmented World: What Do We Know, How Do We Know It, and Where Do We Go from Here? *Diversity*, 17(3), 200.
- Qi, T., Li, Y., Huang, M., Luo, B., Peng, Z., Wang, W., and Shang, Z. (2024). Land intensification use scenarios based on urban land suitability assessment of the national park. *Sustainable Cities and Society*, 102, 105229.
- Roy, S. K., Mojumder, P., Chowdhury, M. A. A., and Hasan, M. M. (2025). Evaluating mangrove forest dynamics and fragmentation in Sundarbans, Bangladesh using high-resolution Sentinel-2 satellite images. *Global Ecology and Conservation*, 58, e03493.
- Sagar, S., Roberts, D., Bala, B., and Lymburner, L. (2017). Extracting the intertidal extent and topography of the Australian coastline from a 28-year time series of Landsat observations. *Remote Sensing of Environment*, 195, 153-169.
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Barghjelveh, S., Sadeghi, S. M. M., and Marcu, M. V. (2021). Habitat integrity in protected areas threatened by LULC changes and fragmentation: A case study in Tehran province, Iran. *Land*, 11(1), 6.
- Shimu, S. A., Aktar, M., Afjal, M. I., Nitu, A. M., Uddin, M. P., and Al Mamun, M. (2019, December). NDVI based change detection in Sundarban Mangrove Forest using remote sensing data. In 2019 4th international conference on electrical information and communication technology (EICT) (pp. 1-5). IEEE.
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Barghjelveh, S., Sadeghi, S. M. M., and Marcu, M. V. (2021). Habitat integrity in protected areas threatened by LULC changes and fragmentation: A case study in Tehran province, Iran. *Land*, 11(1), 6.
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., and Mostafavi, H. (2021). Simulation and impact assessment of future land use and land cover changes in two protected areas in Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103296.
- Spencer, D., Haukos, D., Hagen, C., Daniels, M., and Goodin, D. (2017). Conservation Reserve Program mitigates grassland loss in the lesser prairie-chicken range of Kansas. *Global Ecology and Conservation*, 9, 21-38.
- Wang, Z., Wang, T., Zhang, X., Wang, J., Yang, Y., Sun, Y., Guo, X., Wu, Q., Nepovimova, E., Watson, A. E., and Kuca, K. (2024). Biodiversity conservation in the context of climate change: Facing challenges and management strategies. *Science of The Total Environment*, 937, 173377.
- Weaver, D. and Oppermann, M. (2000). *Tourism Management*, Australia, Wiley.
- Wolf, I. D., Sobhani, P., and Esmailzadeh, H. (2023). Assessing changes in land use/land cover and ecological risk to conserve protected areas in urban-rural contexts. *Land*, 12(1), 231.

- Xie, H., Wang, P., and Huang, H. (2013). Ecological risk assessment of land use change in the Poyang Lake eco-economic zone, China. *International journal of environmental research and public health*, 10(1), 328-346.
- Zhang, L., Huettmann, F., Liu, S., Sun, P., Yu, Z., Zhang, X., and Mi, C. (2019). Classification and regression with random forests as a standard method for presence-only data SDMs: a future conservation example using China tree species. *Ecological Informatics*, 52, 46-56.
- Zou, T., Zhang, J., and Yoshino, K. (2016). Ecological risk assessment of land use change in the northeast China: a case study of Linjiang area. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(4), 312.

Analysis of spatio-temporal changes and assessment of habitat integrity in LarNational Park

Parvaneh Sobhani^{*1}, Afshin Danehkar²



Research Article

1. Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Environmental Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

sobhani.pa@lu.ac.ir

* Corresponding author

2. Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Environmental Science, University of Tehran, Karaj, Iran.

danehkar@ut.ac.ir

Article Code: 2505-1106

Countinus Pagation: 756-769

Received: 21 May 2025

Accepted: 14 July 2025

Online: 20 July 2025

Review speed: 55 days

Citation:

Sobhani, P., and Danehkar, A. (2024). Analysis of spatio-temporal changes and assessment of habitat integrity in LarNational Park. *Management of Natural Ecosystems*, 4(2), 13-26.

Abstract

Land use/land cover changes induced by the development of human activities among the most significant and well-documented threats to protected areas, especially national parks. These changes have resulted in decrease in habitat integrity and biodiversity within these unique natural ecosystems "In the present study, spatio-temporal changes in land use/land cover classes of Lar National Park were examined using multispectral imagery from the Landsat collection for the period 1989–2023."Furthermore, in order to assess changes in habitat structure, landscape metrics (Class Area, Class Area Percentage, Number of Patches, Total Edge, Mean Shape Index, Mean Nearest Neighbor, and Mean Patch Size) were evaluated, along with the trends of these changes during the study period. "Thus, the spatio-temporal change trends and their effects on the fragmentation and threats to protected areas were analyzed simultaneously. According to the results, low-density rangelands, covering an area of 1,749 hectares, exhibited the highest increasing trend during the years 1989 to 2023. In contrast, high-density rangelands of 979 hectares exhibited the most significant decreasing trend among the land use/land cover classes. Additionally, in Lar National Park, among the studied indicators, the class area indicator (area of dense pastures) has shown the greatest decreasing trend during these years with 979 hectares, while the total edge indicator (area of dense pastures) with an area of 280,420 hectares shows the greatest upward trend, indicating a decrease in the integrity of the habitat structure, patch size, and on the other hand, an increase in their number and dispersion. Restoring connections and maintaining corridors between habitat patches are effective strategies for controlling habitat fragmentation and the degradation of natural ecosystems, which requires assessing the extent of changes and integrity of the habitat in the region. According to the obtained results, the assessment of structural changes and habitat fragmentation indicates a decrease in the integrity and threat to biodiversity in this area, which should be taken into account by planners and decision-makers for the purpose of coherent and integrated management.

Key Words:

Land use/cover changes, Landscape metrics, Habitat integrity, Tehran Province.