پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۹، شماره ۱، صفحه ۹۳-۸۱، (۱۴۰۲)
DOI: 10.30466/jfrd.2022.54387.1630
DOR: 20.1001.1.24763551.1402.9.1.6.1

مقالهٔ پژوهشی

تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین در جنگل‌های ارسباران پس از ۴۵ سال حفاظت

سمیرا ساسانی‌فر[۱]، احمد علیجانپور*[۲]، عباس بانج شفیعی[۳]، جواد اسحاقی‌راد[۴] و مرتضی مولایی[۵]

۱- دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (s.sasanifar@yahoo.com)
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.alijanpour@urmia.ac.ir)
۳- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)
۴- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (j.eshagh@urmia.ac.ir)
۵- دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران. (m.molaei@urmia.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۰

چکیده

در این پژوهش تغییرات تعداد شش سنجه سیمای سرزمین در جنگل‌های ارسباران بررسی شد. به این منظور از تصاویر لندست ۸ در مرداد ۱۳۹۵ استفاده شد. نقشه کاربری و پوشش اراضی در دوکلاس جنگل و غیرجنگل برای هر دو منطقه حفاظت‌شده و غیرحفاظتی ارسباران تهیه و با استفاده از این نقشه سنجه‌های مورد نظر، محاسبه شدند. نتایج نشان داد با توجه به شاخص نسبت مساحت طبقه جنگل به سیمای سرزمین، مشاهده شد که ۳۴/۹۸ درصد از منطقه حفاظت‌شده و ۴۸/۳۳ درصد از منطقه غیرحفاظتی توسط جنگل پوشانده شده است. در رابطه با شاخص بزرگ‌ترین لکه طبقه جنگل مشاهده شد که در منطقه حفاظت‌شده بزرگ‌ترین لکه جنگل ۲۲/۰۲ درصد از منطقه را پوشانده ولی در منطقه غیرحفاظتی بزرگ‌ترین لکه جنگل ۴۱/۳۸ درصد از منطقه را احاطه است. همچنین در رابطه با شاخص میانگین مساحت یک لکه از طبقه جنگل، مشاهده می‌شود که مقدار این شاخص در منطقه غیرحفاظتی (۸/۴۹ هکتار) بیشتر از دو برابر منطقه حفاظت‌شده (۱۸/۲۲ هکتار) بوده و مقدار هر دو شاخص تراکم لکه و تراکم حاشیه در منطقه حفاظت‌شده بیشتر از منطقه غیرحفاظتی است. با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که رخداد فرآیندهای گسستگی سطوح جنگلی در منطقه حفاظت‌شده بیشتر از منطقه غیرحفاظتی به‌چشم می‌خورد.

واژه‌های کلیدی: متریک چشم‌انداز، نقشه کاربری اراضی، Fragstate

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۴۳۴۰۲۲۹۸

مقدمه

باوجود روشن بودن اهمیت مناطق جنگلی، پژوهش‌های اخیر نشان داده که جنگل‌ها از نظر سطح، کوچک‌تر و تکه‌تکه شده‌تر می‌شوند (Dudley *et al*., 2014) و این درحالی است که مساحت زمین‌های کشاورزی در ۷۰ درصد از کشورها رو به گسترش است (FAO, 2003). تخریب و تکه‌تکه شدن مناطق جنگلی و کاهش سطح آن به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه، علاوه بر تأثیرات منفی آن در سطح محلی مانند فرسایش خاک و تنش بر جوامع بومی، مسائل زیست‌محیطی دیگری مانند تغییرات آب و هوا را در سطح جهانی موجب می‌شود (Houghton, 2005; IPCC, 2007). حفاظت از جنگل اقداماتی است شامل کاشت و نگهداری منابع جنگلی برای خدمات‌دهی و پایداری آن برای نسل‌های بعدی (Pawar and Rothkar, 2015) که می‌تواند راه حلی به‌منظور جلوگیری از روند تکه تکه شدن منابع جنگلی باشد.

بوم‌شناسی سیمای سرزمین یکی از جوان‌ترین شاخه‌های بوم‌شناسی است که بعد از جنگ جهانی دوم در کشورهای اروپای مرکزی و شرقی پدیدار شد (Schreiber, 1990) و بعدها در آمریکا (Forman, 1990) و آسیا گسترش یافت. سیمای سرزمین عبارت است از یک منطقه وسیع چند کیلومتری که در آن اکوسیستم‌های محلی و کاربری‌های اراضی تکرار شونده وجود دارد (Forman, 1995). در این راستا کاهش، گسستگی و تکه‌تکه شدن زیستگاه یک فرآیند بارز از تغییر سیمای سرزمین و یکی از بزرگ‌ترین تهدیدات منابع طبیعی و تنوع زیستی در سرتاسر جهان است (Sorrell, 1997).

طی تبدیل و تجزیهٔ یک کاربری سه مرحلهٔ تجزیه (ساخت و ساز جاده‌ها، خطوط انتقال نیرو) و سوراخ‌شدگی (ایجاد لکه‌های غیرخطی (مانند خانه‌ها یا زمین‌های کشاورزی) در درون کاربری زمینه)، تکه‌تکه شدن (مناطق طبیعی پیوسته به‌دلیل فرآیندهای توسعه به تکه‌هایی جدا از هم تقسیم می‌شوند) یا کوچک شدن (کاهش تدریجی مساحت و افزایش انزوای مناطق باقی‌مانده) و ساییدگی (کاهش تدریجی تکه‌های باقی‌مانده از مناطق طبیعی) اتفاق افتاده و منجر به نابودی آن کاربری می‌شود. رخداد این وقایع در مناطق جنگلی سبب می‌شود لکه‌های منفرد جنگلی پدیدار شوند. با ادامه توسعه، فاصله بین لکه‌های جنگلی افزایش می‌یابد. سپس اندازه لکه‌های جنگلی کوچک می‌شود (کوچک شدن) و سرانجام به‌طور کامل ناپدید می‌شوند (ساییدگی). فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی و توسعه شهری علل مشهود از دست رفتن و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌های طبیعی و مناطق جنگلی هستند (Forman, 1995).

نتایج بررسی Arekhi et al. (2013) نشان داد که در قطعات جنگلی گسسته و در مناطق نزدیک به مرز جنگل و غیرجنگل، تخریب بیشتری انجام شده است. همچنین این محققان بیان کردند که گسترش شهرسازی و توسعه مناطق انسان ساخت، جاده‌سازی و افزایش جمعیت، نقش مؤثری در تخریب جنگل‌ها ایفا می‌کنند. Soleimani and Hojati (2018) با بررسی و کمی‌سازی تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از سنجش از دور و تصاویر لندست ۸ در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دز در استان خوزستان، به این نتیجه رسیدند که وسعت اراضی دارای پوشش گیاهی در منطقه کاهش یافته و وسعت اراضی خاکی (اراضی بدون پوشش گیاهی) افزایش یافته است که بیانگر افزایش روند تخریب سرزمین در منطقه است. Darvish Sefat et al. (2018) با مدل‌سازی آشفتگی جنگل با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و تصاویر لندست ۸ در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ سرولات (در استان گیلان)، به نتیجه رسیدند که

آشفتگی بسیار زیاد مربوط به نواحی کوهستانی و مراتع ییلاقی و بالاتر از جنگل‌های بالابند است، این محققان بیان کردند که در این منطقه حفاظت‌شده، مناطق با ارتفاع از سطح دریای کمتر، دارای آشفتگی کم‌تری هستند. Mansouri et al. (2021) با کاربرد سنجه‌های اکولوژی سیمای سرزمین در تحلیل و کمی‌سازی پوشش زمین در اکوسیستم‌های جنگلی در منطقه جنگلی دادآباد شهرستان خرم‌آباد با بررسی نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۷ بیان کرده‌اند که بیشترین مقدار تبدیل کاربری اراضی را پوشش جنگلی داشته و از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ حدود ۵۱۰ هکتار جنگل در این منطقه از بین رفته است. Rostamvandi Zabrlou et al. (2022) با بررسی مقدار تخریب سیمای سرزمین در منطقه حفاظت‌شده دنا بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸ به نتیجه رسیدند که در منطقه مورد بررسی در طی ۱۰ سال گذشته هجوم کاربری‌های کشاورزی و مسکونی به‌همراه جاده‌های ارتباطی منجر به کاهش سطح شدید مناطق جنگلی و مرتعی شده است. Heidari Masteali et al. (2022) با ارزیابی کمی پیوستگی لکه‌های جنگلی در حوضه آبریز دریای خزر (بررسی ۲۵ حوضه کلان آبخیز در ۳ استان گیلان، مازندران و گلستان) با استفاده از شاخص‌های سیمای سرزمین و نظریه گراف به نتیجه رسیدند که شاخص‌های پیوستگی لکه‌های جنگلی در تمامی ناحیه خزری بسیار پایین بوده و ۸۰ درصد حوضه‌ها در طبقه پیوستگی خیلی کم و کم قرار می‌گیرند. Sepahvand et al. (2022) با بررسی تغییرات جمعیت حیات وحش و تغییرات رویشگاه‌های پارک ملی گلستان با استفاده از رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین به نتیجه رسیدند که در این پارک زیستگاه‌های جنگل و درخت‌زارها در حال تکه‌تکه شدن و گسیخته شدن هستند و مناطق استپی در حال پیشروی در داخل مناطق جنگلی است. در نتیجه جمعیت حیات‌وحش مرال و قوچ و میش نیز با کاهش تعداد مواجه شده است.

آشفتگی ناشی از فعالیت‌های انسانی متوجه جنگل‌های سراسر کرهٔ زمین هستند. de Barros et al. (2005) با استفاده از سنجه‌های اندازه، شکل، تراکم، توزیع و همسایگی، تخریب سریع جنگل‌های آمازون را در روندونیا برزیل بررسی کردند و اظهار داشتند در صورت ادامه این روند تا سال ۲۰۲۰ وسعت چشم‌گیری از این جنگل‌ها رو به نابودی خواهند رفت. در رابطه با آثار عناصر چشم‌انداز بر تخریب جنگل، Linkie et al. (2004) و Wyman and Taylor (2010) جاده‌سازی را و Gruenberg et al. (2000) فاصله از مناطق مسکونی و نزدیکی به جاده را به‌عنوان عامل اصلی تخریب جنگل در مناطق مورد بررسی خود معرفی کردند. Deng et al. (2009) از تکنیک‌های سنجش از دور، آشکارسازی تغییرات و سنجه‌های سیمای سرزمین از قبیل تعداد لکه، تراکم لکه، تراکم حاشیه، شاخص بزرگ‌ترین لکه، میانگین مساحت لکه، شاخص شکل سیمای سرزمین و شاخص تنوع شانون، به ارزیابی تغییرات سرزمین در یک دورهٔ ۱۰ ساله واقع در ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶ در شهر هانگزو سواحل شرقی چین پرداختند و به نتیجه رسیدند که توسعهٔ سریع مناطق شهری اکوسیستم‌های طبیعی اطراف را تحت تأثیر قرار داده است. با استفاده از فرآیندهای کمی کردن سیمای سرزمین در راستای بررسی تغییرات کاربری‌های جنگل با استفاده از این تکنیک، روش‌های جدید در رابطه با ارزیابی مدیریت‌های اعمال‌شده پیش‌رو است. Liu et al. (2014) گسستگی جنگل‌ها و تغییر اتصالات در زیستگاه‌ها ناشی از توسعهٔ شبکهٔ جاده و گسترش شهر را با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در یک دورهٔ ۲۵ ساله بررسی کردند. نتایج بررسی نشان داد سطح جنگل‌ها در کل منطقه به واسطهٔ آشفتگی‌های ایجاد شده کاهش یافته

است. Li Zahi et al. (2015) در پژوهشی با بررسی جنگل‌زادیی و تکه‌تکه شدن جنگل‌های طبیعی در چین بیان کردند که اعمال مدیریت مبتنی بر حفاظت از مهم‌ترین راه‌ها برای جلوگیری از روند جنگل‌زدایی است. Michalski and Peres (2017) در برزیل با بررسی تکه تکه شدن جنگل‌های آمازون بر جمعیت پرندگان وابسته به جنگل را با استفاده از متریک‌های چشم‌انداز به نتیجه رسیدند که تکه‌تکه شدن مناطق جنگلی تحت فعالیت‌های انسانی مانند بهره‌برداری، جاده‌سازی و فعالیت‌های کشاورزی بر مقاومت و پایداری جوامع پرندگان تأثیر دارد و جوامع پرندگانی که به این فرآیند حساس هستند و لکه‌های بزرگ‌تر جنگل را برای سکونت انتخاب کرده‌اند.

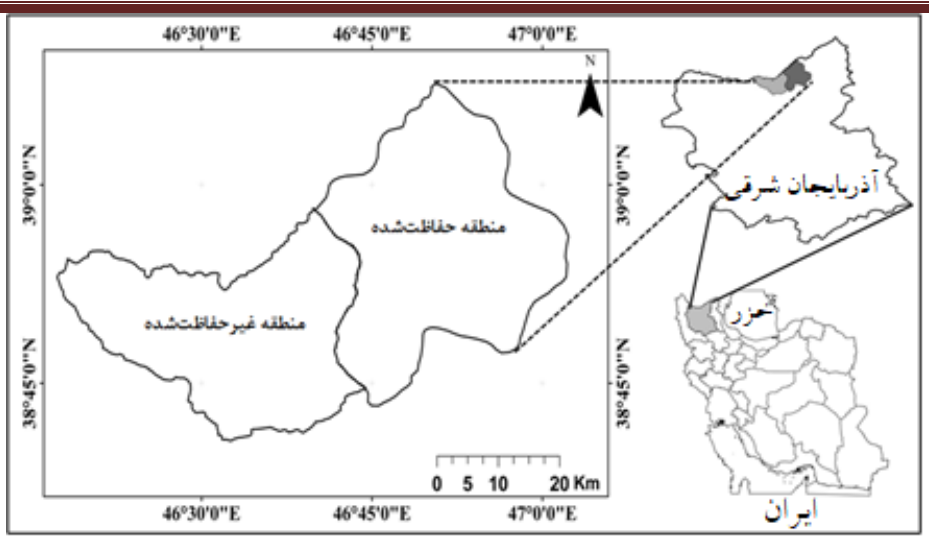
به‌نظر می‌رسد با ایجاد فضاهای خالی در جنگل ناشی از اختلالات انسانی مانند جاده‌سازی، لغزش زمین، قطع یکسره، تبدیل به زمین‌های کشاورزی و آتش‌سوزی، تکه‌تکه شدن مناطق جنگلی اتفاق افتاده و در نتیجه لکه‌های جنگلی دور از هم ایجاد می‌شوند که در نتیجه پایداری کمتری خواهند داشت. با توجه به حفاظت ۴۵ سالهٔ جنگل‌های ارسباران و تغییرات کاهشی سطح این جنگل‌ها (Amini Parsa et al., 2016)، به‌نظر می‌رسد بررسی چگونگی تغییرات سطح جنگل در طول زمان در این منطقه برای آگاهی از روند اعمال مدیریت، از ضروریات پژوهشی در این منطقه است تا بتوان به این سوال پاسخ داد که ۴۵ سال حفاظت از منطقه جنگلی ارسباران چه تأثیری بر سنجه‌های سیمای سرزمین کاربری جنگل در مقایسه با بخش غیرحفاظتی داشته است؟ از این‌رو در این پژوهش با استفاده از تکنیک‌های به‌روز و جدید مانند متریک‌های چشم‌انداز، وضعیت کمی و کیفی منابع جنگلی مناطق مورد بررسی سنجیده شده تا بلکه مهم‌ترین عوامل مخرب و تأثیرگذار بر آن‌ها به‌منظور ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب، شناخته شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

جنگل‌های ارسباران در شمال غرب ایران و در استان آذربایجان‌شرقی واقع شده است. کل سطح جنگل‌های ارسباران بیش از ۱۶۴۰۰۰ هکتار است که ۵۶ درصد از آن (بیش از ۷۲۴۰۰ هکتار) از سال ۱۳۵۰ تحت مدیریت مبتنی بر حفاظت سازمان محیط زیست کشور قرار گرفته است (Sasanifar, 2019). دیگر بخش‌های این جنگل‌ها که در مجاورت منطقه حفاظت‌شده قرار دارد، منطقه غیرحفاظتی (دیزمار) است که در دوره مذکور تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی بوده است. البته قابل ذکر است که برای این بخش از جنگل‌ها نیز از سال ۱۳۹۱ برنامه‌ریزی برای ورود به محدوده حفاظتی جنگل‌های ارسباران آغاز شده است.

بر اساس فرمول دومارتن اقلیم منطقه ارسباران جزء اقلیم مدیترانه‌ای (Alijanpour et al. 2004) و بر اساس روش آمبرژه اقلیم منطقه نیمه‌خشک و سرد است (Ebadi and Omidvar, 2011). جنگل‌های ارسباران علاوه بر داشتن فلور خاص خود تعداد زیادی ازگونه‌های گیاهی منطقه هیرکانی، غرب ایران و منطقه قفقاز را داراست (Sagheb-Talebi, 2014) و به‌همین دلیل از نظر دارا بودن گونه‌های مناطق مختلف و تنوع ژنتیکی مربوط به این گونه‌ها از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است که توجه گیاه‌شناسان کشور و جهان را به‌خود جلب کرده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در استان آذربایجان‌شرقی و ایران

Figure 1. The location of the studied area in East Azarbaijan province and Iran

جمع‌آوری داده

این پژوهش در توده‌های جنگلی حفاظت‌شده و غیرحفاظتی منطقه ارسباران انجام شد. به این منظور مجموعه تصاویر لندست ۸ برای ۳۱ مرداد ماه (حداکثر رویش) سال ۱۳۹۵ تهیه شد. سپس نقشه کاربری و پوشش اراضی با دو طبقهٔ جنگل و غیرجنگل برای هر دو منطقه حفاظت‌شده و غیرحفاظتی با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال و نرم‌افزار ENVI تهیه شد. در این راستا به‌منظور تعیین نمونه‌های تعلیمی برای طبقه‌بندی نهایی، از ترکیب تصاویر ۱۱ باند طیفی لندست و همچنین تصویر شاخص پوشش گیاهی NDVI (Matsushita et al., 2007, Raya et al., 2004) استفاده شد. پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی (۶۰ عدد) بر روی ترکیب باندی نهایی ایجاد شده، با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال در محیط نرم‌افزار ENVI، طبقه‌بندی کاربری اراضی (جنگل و غیرجنگل) برای منطقه مورد بررسی انجام‌شد (Shalaby and Tateishi, 2007, Serra et al., 2008, Günlü et al., 2008). در این بررسی برای تعیین صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای، با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی، موقعیت مکانی ۶۰ نقطه در روی زمین (Rahdari et al. 2003) و در هر منطقه با پوشش سطح زمین از نوع جنگل یا غیرجنگل (۳۰ نقطه برای هر منطقه و ۱۵ نقطه برای هر کاربری) ثبت شد. در نهایت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی با نقشه واقعیت زمینی در محیط نرم‌افزار Arc Map مقایسه و ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی بر اساس معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا انجام شد. پس از به‌دست آوردن دقت مقبول در طبقه‌بندی، نقشه کاربری جنگل و غیرجنگل به‌عنوان نقشه پایه برای نرم‌افزار Fragstats معرفی شده و سنجه‌های هدف استخراج شدند.

تعداد شش شاخص شامل تعداد لکه، نسبت مساحت طبقه جنگل به سیمای سرزمین، بزرگ‌ترین لکه طبقه جنگل، میانگین مساحت یک لکه از طبقه جنگل، تراکم لکه‌ها و تراکم حاشیه با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTATS محاسبه شدند (جدول ۱) (Arekhi, 2015). با استفاده از این شاخص‌ها مقدار تخریب و گسستگی کاربری جنگل بررسی شد (McGarigal, 2015).

جدول ۱- سنجه‌های مورد بررسی (راهنمای نرم‌افزار Fragstats)

Table 1. Study landscape metrics (Fragstats software guide)

نام سنجه Metric name	توضیح Explanation	علامت اختصاری Symbol
تعداد لکه Number of patches	کل تعداد لکه‌ها برای طبقه‌ای خاص The total number of patches for a particular class	NP
نسبت مساحت طبقه جنگل به سیمای سرزمین The ratio of the area of the forest class to the surface of the landscape	درصدی از سیمای سرزمین که توسط کاربری جنگل اشغال شده است. The percentage of the landscape that is occupied by forest use.	PLAND
بزرگ‌ترین لکه طبقه جنگل The biggest patches in the forest class	درصدی از سرزمین که از بزرگ‌ترین لکه تشکیل شده را نشان می‌دهد. It shows the percentage of the landscape that consists of the biggest patch.	LPI
میانگین مساحت یک لکه از طبقه جنگل The average area of a patch of forest class	حاصل تقسیم مجموع مساحت لکه‌های با کاربری مشابه برتعداد کل آن‌ها است. It is the result of dividing the total area of patches with similar use by their total number.	MPS
تراکم لکه‌ها Density of patches	تعداد لکه‌های کاربری جنگل را در ۱۰۰ هکتار نشان می‌دهد. It shows the number of forest patches in 100 hectares.	PD
تراکم حاشیه Edge density	نسبت محیط طبقه جنگل بر سطح آن The ratio of forest class perimeter to its surface	ED

نتایج

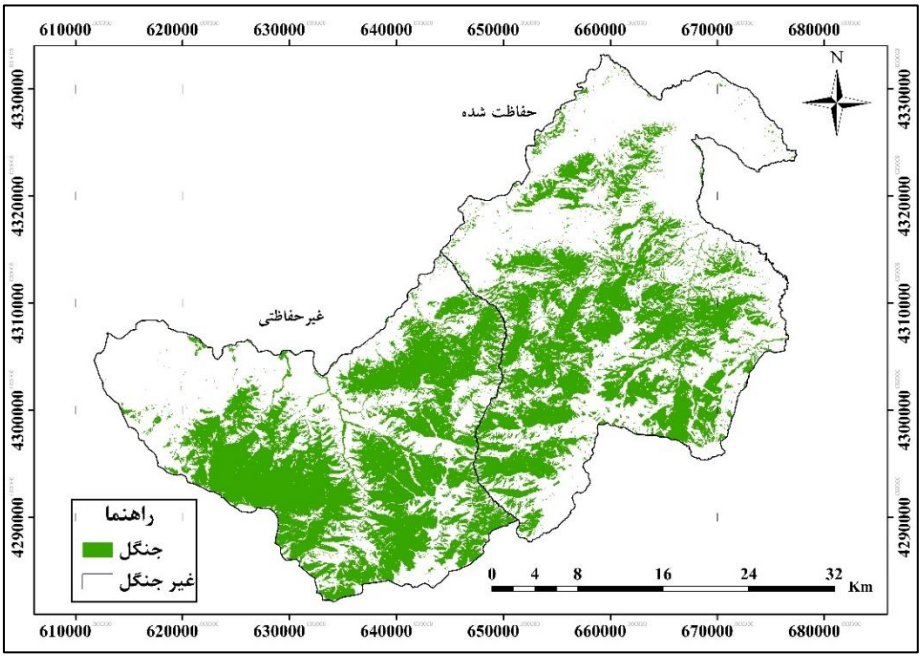
نتایج مربوط به بررسی دقت فرآیند طبقه‌بندی و نقشه کاربری اراضی ایجاد شده در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که نقشه طبقه‌بندی اراضی تولید شده با ضریب کاپا ۰/۹، از دقت مناسبی به‌منظور استفاده در این پژوهش برخوردار است. مقدار ضریب کاپا بین مثبت یک تا منفی یک تغییر می‌کند. هرچقدر مقدار به‌دست آمدهٔ این شاخص به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد نشان دهنده صحت بالای طبقه‌بندی است.

جدول ۲- دقت نقشه کاربری اراضی جنگل و غیرجنگل برای منطقه ارسباران

Table 2 Accuracy of forest and non-forest land use map for Arsbaran region

طبقه طبقه‌بندی Category classes	دقت تولید کننده (درصد) Producer Accuracy (%)	دقت کاربر (درصد) User accuracy (%)
جنگل Forest land	90.90	100
غیرجنگل Non-forest	100	90
دقت کلی (درصد) Total accuracy (%)	95	
شاخص کاپا Kappa coefficient	0.9	

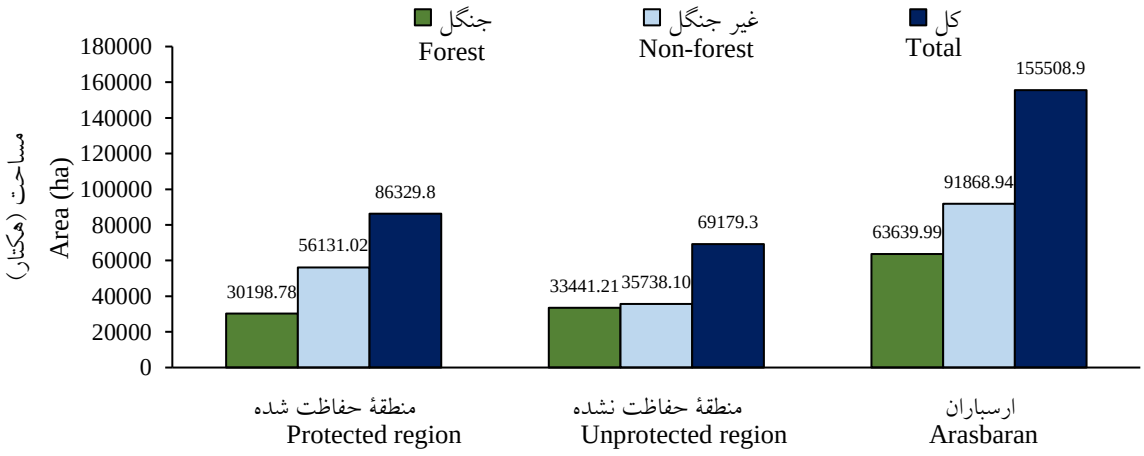
نقشه کاربری اراضی در دو طبقه جنگل و غیرجنگل با استفاده از تصاویر لندست هشت مربوط به سال ۱۳۹۵ برای جنگل‌های ارسباران (هر دو بخش حفاظت‌شده و غیرحفاظتی) در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی جنگل و غیرجنگل در منطقه ارسباران (بخش حفاظت‌شده و غیرحفاظتی)

Figure 2. Forest and non-forest land use map of Arasbaran region (protected and unprotected area)

نتایج مربوط به محاسبه مساحت کاربری جنگل و غیرجنگل در هر دو بخش حفاظت‌شده و غیرحفاظتی و کل منطقه ارسباران در شکل ۵ ارائه شده است. با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که مساحت کل منطقه حفاظت‌شده بیشتر از منطقه غیرحفاظتی است، ولی نسبت مساحت مناطق غیرجنگل به جنگل در منطقه حفاظت‌شده بیشتر از منطقه غیرحفاظتی است.



شکل ۵- مساحت کل، جنگل و غیرجنگل منطقه ارسباران، بخش حفاظت‌شده و غیرحفاظتی (هکتار)

Figure 5. Total, forest and non-forest area of Arsbaran region, protected and non-protected parts (hectares)

نتایج مربوط به محاسبه هر یک از سنجه‌های مورد بررسی در این پژوهش برای هر دو کاربری جنگل و غیرجنگل در دو بخش حفاظت‌شده و غیرحفاظتی در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود در رابطه با کاربری جنگل، به‌جز سنجه‌های تراکم لکه و تراکم حاشیه، مقادیر به‌دست آمده برای دیگرسنجه‌ها (تعداد لکه، نسبت مساحت طبقه جنگل به سیمای سرزمین، بزرگ‌ترین لکه طبقه جنگل و میانگین مساحت یک لکه از طبقه جنگل)، در منطقه غیرحفاظتی بیشتر از منطقه حفاظت‌شده است. بیشتر بودن مقدار شاخص‌های تراکم لکه و تراکم حاشیه در منطقه حفاظت‌شده نشان دهنده بیشتر بودن تعداد لکه‌ها در واحد سطح مشخص در این منطقه است که این امر نیز به‌نوبه خود منجر به افزایش حاشیه و یا مرز جنگل می‌شود. به بیان دیگر گسستگی نیز در این منطقه بیشتر به‌چشم می‌خورد.

جدول ۳- سنجه‌های سیمای سرزمین برای دو بخش حفاظت‌شده و غیرحفاظتی

Table 3. Landscape Metrics in protected and non-protected areas

منطقه Region	کاربری اراضی Land use	سنجه‌ها Metrics					
		NP	PLAND	LPI	MPS	PD	ED
حفاظت‌شده Protected	جنگل Forest	**3555**	**34.9807**	**22.0207**	**8.4947**	4.1179	52.2331
	غیرجنگل Unforest	2309	65.0193	60.1306	24.3097	2.6746	52.2331
غیرحفاظتی Unprotected	جنگل Forest	**3815**	**48.3399**	**41.3870**	**18.2241**	2.6525	46.5521
	غیرجنگل Unforest	2199	51.6601	39.8000	16.2520	3.1787	46.5521

بحث

امروزه اندازه سطح جنگل به‌عنوان شاخصی از توسعه یافتگی از اهمیت زیادی برخوردار است و مدیریت صحیح منابع جنگلی برای حفظ و ارتقاء کمیت و کیفیت جنگل‌ها بسیار ضروری است. با توجه به نتایج مشاهده شد که در کل منطقه ارسباران و همچنین در بخش حفاظت‌شده، بخش بیشتری از منطقه توسط مناطق غیرجنگل پوشانده شده ولی در منطقه غیرحفاظتی سهم کاربری‌های جنگل و غیرجنگل در پوشش کل منطقه تقریباً برابر است و سطح مناطق پوشیده با کاربری جنگل در منطقه غیرحفاظتی بیشتر از منطقه حفاظت‌شده است. دلیل اینکه چرا منطقه جنگلی دربخش غیرحفاظتی بیشتر است مربوط به هدف انتخاب منطقه حفاظت‌شده از جنگل‌های ارسباران در سال ۱۳۵۰ است که بیشتر به‌منظور حفاظت از سیاه‌خروس، این نوع مرزبندی و مدیریت انتخاب شده است. به‌نظر می‌رسد اولویت انتخاب بخش حفاظت‌شده از جنگل‌های ارسباران، بیشتر به‌دلیل حفظ گونه با ارزش سیاه‌خروس بوده است و حفاظت از پوشش گیاهی و انتخاب مناطقی با پوشش بهتر و متراکم‌تر به‌منظور حفاظت در اولویت مدیریت مبتنی بر حفاظت در این منطقه نبوده است. روش مدیریتی مبتنی بر حفاظت یکی از روش‌های مدیریتی اکوسیستم‌های طبیعی مانند جنگل است که به‌منظور حفظ سلامت محیط زیست و جلوگیری از تخریب آن، تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود. با این حال صرف‌نظر از هدف اصلی حفاظت از جنگل-

های ارسباران، امروزه وجود این نوع مدیریت در این منطقه به رسمیت شناخته شده و دولت در پی آن محدودیت‌هایی علیه فعالیت‌های تخریبی در این منطقه ایجاد کرده است که فواید زیادی در راستای حفاظت از پوشش گیاهی منطقه نیز داشته است (Sagheb-Talebi et al., 2014).

از طرفی بررسی سنجه‌های کمی‌شده سیمای سرزمین در سطح کلاس، نشان‌دهنده واضح‌ترین و گویاترین تغییرات در رابطه با کاربری‌های مورد بررسی است. بر اساس مرور پژوهش‌های انجام‌شده، در این پژوهش از مناسب‌ترین و مرتبط‌ترین متریک‌ها در سطح کلاس برای بررسی و توصیف تغییرات در منطقه مورد بررسی استفاده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که تعداد لکه‌ها (NP) با کاربری جنگل در منطقه حفاظت‌شده کمتر از منطقه غیرحفاظتی است. با توجه به شاخص نسبت مساحت طبقه جنگل به سیمای سرزمین (PLAND) مشاهده شد که در منطقه حفاظت‌شده ۳۴/۹۸ درصد از منطقه کاربری جنگل است ولی در منطقه غیرحفاظتی ۴۸/۳۳ درصد از منطقه توسط جنگل پوشانده شده است. در این مورد بایستی توجه کرد که مساحت کل منطقه حفاظت‌شده ۸۶۳۲۹/۸ هکتار است که ۳۰۱۹۸/۷۸ هکتار آن کاربری جنگل است. همچنین مساحت کل منطقه غیرحفاظتی ۶۹۱۷۹/۳۱ هکتار است که ۳۳۴۴۱/۲۱ هکتار آن توسط کاربری جنگل احاطه شده است. مشاهده می‌شود که در منطقه غیرحفاظتی سطح بیشتری از منطقه توسط جنگل پوشانده شده است.

در رابطه با شاخص بزرگ‌ترین لکه طبقه جنگل (LPI) مشاهده شد که در منطقه حفاظت‌شده بزرگ‌ترین لکه جنگل ۲۲/۰۲۰۷ درصد از منطقه را پوشانده ولی در منطقه غیرحفاظتی بزرگ‌ترین لکه جنگل ۴۱/۳۸۷۰ درصد از منطقه را پوشانده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد زمانی که اندازه یا مساحت لکه‌های کاربری جنگل تغییر پیدا کرده و کمتر شود، نشان دهنده دست‌خوردگی و دخالت بیشتر انسان در آن کاربری است (Karami and Feghhi, 2012).

در رابطه با شاخص میانگین مساحت یک لکه از طبقه جنگل (MPS)، مشاهده می‌شود که این شاخص در منطقه حفاظت‌شده برابر با ۸/۴۹۴۷ هکتار بوده و در منطقه غیرحفاظتی برابر با ۱۸/۲۲۴۱ هکتار است. با توجه به این شاخص به‌طور کامل واضح است لکه‌های جنگلی در منطقه حفاظت‌شده از میانگین سطح کمتری نسبت به منطقه غیرحفاظتی برخوردار هستند.در رابطه با شاخص تراکم لکه (PD) مشاهده می‌شود که تراکم لکه در ۱۰۰ هکتار در منطقه حفاظت‌شده (۴/۱۱۷۹) بیشتر از منطقه غیرحفاظتی (۲/۶۵۲۵) است. در رابطه با هر دو شاخص‌های میانگین مساحت یک لکه از جنگل و تراکم لکه جنگل نتیجه می‌شود که در منطقه حفاظت‌شده فرآیند تکه‌تکه شدن جنگل بیشتر بوده و لکه‌های جنگل با تعداد کم (کم بودن شاخص تعداد لکه (NP) در منطقه حفاظت شده نسبت به منطقه غیرحفاظتی) و مساحت کم در منطقه گسترش دارند. در رابطه با این مورد می‌توان به دسترسی راحت‌تر و وجود جاده‌های بیشتر در منطقه حفاظت‌شده نسبت به منطقه غیرحفاظتی اشاره کرد. در واقع وجود تعداد بیشتر لکه‌های جنگل در هکتار با میانگین مساحت کم نشان دهنده کم بودن یکپارچگی در کاربری مورد بررسی و بیشتر بودن آشفتگی در آن است (Darvish Sefat et al. 2018) که متاسفانه در منطقه حفاظت‌شده شاهد این رویداد هستیم.

در رابطه با شاخص تراکم حاشیه (ED) نیز مشاهده می‌شود که تراکم حاشیه کاربری جنگل در منطقه حفاظت‌شده با اندازه ۵۲/۲۳۳۱ متر در هکتار بیشتر از منطقه غیرحفاظتی با اندازه ۴۱/۵۵۲۱ متر در

هکتار است. این شاخص نیز نشانگر افزایش حاشیه یا مرز کاربری جنگل در منطقه حفاظت‌شده است که حاکی از بیشتر بودن تکه‌تکه شدگی جنگل در بخش حفاظت‌شده است. مقدار حاشیه در سیمای سرزمین موضوع بسیار مهمی در بسیاری از پدیده‌های بوم-شناختی است (Mokhtari and Sayahniya, 2017). در واقع با افزایش تراکم حاشیه، در دسترس بودن و ارتباط اکوسیستم جنگل با محیط بیرون افزایش پیدا می‌کند. محققان بیان کرده‌اند اثر تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین با افزایش تراکم حاشیه قابل مشاهده است (Karami and Feghhi, 2012).

Nazarnejad et al. (2018) با بررسی تغییرات زمانی مکانی اراضی پردانان پیرانشهر در یک بازه زمانی ۱۰ ساله با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بیان کردند که در طول زمان سیمای سرزمین تکه‌تکه‌تر و از نظر یکپارچگی نامنظم‌تر شد. Ghorbani et al. (2018) با مدل‌سازی آشفتگی مکانی جنگل با استفاده از سنجه-های سیمای سرزمین در پارک ملی گلستان به نتیجه رسیدند که از سنجه‌های سیمای سرزمین و مدل‌های آشفتگی جنگل می‌توان به‌عنوان یکی از ابزارهای پایش مدیریت جنگل استفاده کرد. به‌طور کلی در رابطه با کمی‌کردن سیمای سرزمین بیان می‌شود که ساختار ریزدانه در سیمای سرزمین که از تعداد زیادی لکه‌های کوچک تشکیل شده، از آشفتگی و تغییرات بیشتری نسبت به ساختار درشت‌دانه که از تعداد کمی لکه با مساحت بزرگ تشکیل شده است، برخوردار است (Karami and Feghhi, 2012). در بررسی حاضر مشاهده شد که در منطقه حفاظت‌شده علاوه بر اینکه تعداد لکه با کاربری جنگل کمتر است، لکه‌های موجود دارای میانگین مساحت کمتر با تراکم و حاشیه بیشتر هستند. با این وجود با توجه به نتایج به‌دست آمده در رابطه با ویژگی‌های کمی و کیفی جنگل های حفاظت شده و غیرحفاظتی انجام شده توسط پژوهشگران این مقاله (Sasanifar et al., 2019) مشاهده شد که ویژگی-های کمی و کیفی جنگل در منطقه حفاظت‌شده بهتر از منطقه غیرحفاظتی است. چنین بیان می شود که اگرچه از نظر الگوهای سیمای سرزمین لکه‌های جنگلی منطقه حفاظت‌شده از یکپارچگی کمتری برخوردار بوده و تحت تأثیر تهدیدات آشفتگی است، قوانین مدیریت حفاظتی به‌خوبی توانسته است توده‌های جنگلی موجود را حفظ و وضعیت رویشی آن‌ها را بهبود دهد. به‌نظر می‌رسد در واقع علم کمی کردن سیمای سرزمین می-تواند تکمیل کننده پژوهش‌های مربوط به شناسایی مناطق باشد و به کمک اطلاعات حاصل از آن، مناطق جنگلی را برای مدیریت بهتر، ارزیابی کرد (Ghorbani et l. 2018).

References

Alijanpour, A.; Zobeiri, M.; Marvi, M.; Zargham, N.; Feghhi, J., Comparison of qualitative characteristics of forest stands at both Arasbaran protected and non-protected areas. *Iranian Journal of natural resources* **2004,** *57* (3), 447-453.

Amini Parsa, V.; Yavari, A.; Nejadi, A., Spatio-temporal analysis of land use/land cover pattern changes in Arasbaran Biosphere Reserve: Iran. *Modeling earth systems and environment* **2016,** *2*, 1-13.

Arekhi, S., Application of landscape metrics in assessing land use changes' trend by using remote sensing and GIS case study: Dehloran desert area. *Geography and Development Iranian Journal* **2015,** *13* (40), 59-68. (In persian)

Arekhi, S.; Jafarzadeh, A.; Yousefi, S., Modeling deforestation using logistic regression, GIS and RS case study: Northern forests of the Ilam province. *Geography and Development*, **2013**. 29, 31-42.

Darvish Sefat, A.; Bagheri, M.; Ghorbani, M.; Zahedi Amiri, G., Spatial forest disturbance modeling using landscape metrics in Sarvelat protected area of Iran. Journal of *Forest and*

Wood Products **2018,** *71* (1), 23-33. (In persian)

de Barros Ferraz, S. F.; Vettorazzi, C. A.; Theobald, D. M.; Ballester, M. V. R., Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. *Forest Ecology and Management* **2005,** *204* (1), 69-85.

Deng, J. S.; Wang, K.; Hong, Y.; Qi, J. G., Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and urban planning* **2009,** *92* (3-4), 187-198.

Dudley, N.; Jeanrenaud, J.-P.; Sullivan, F., *Bad harvest: The timber trade and the degradation of global forests*. Routledge: 2014.

Ebady, A.; Omidvar, A., Relationship between some ecological factors and distribution of yew tree (Taxus baccuta L.) in Arasbaran forests (Case study: Ilganechay and Horand regions). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2011,** *19* (3), 339-327.

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), State of the World's Forests 2003. FAO, Rome, Italy, 2003; 151p.

Forman, R. T., *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge university press: 1995.

Forman, R. T., Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape ecology* **1995,** *10*, 133-142.

Forman, R. T., The beginnings of landscape ecology in America. *Changing landscapes: An ecological perspective* **1990**, 35-41.

Ghorbani, M.; Darvishsefat, A. A.; Jabbarian Amiri, B.; Bagheri, M., Spatial forest disturbance modeling using landscape metrics in Golestan national park of Iran. *Forest Research and Development* **2018,** *4* (3), 303-317. (In persian)

Gruenberg, W.; Curtin, P.; Shaw, W., Deforestation Risk for the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *School of Renewable Natural Resources, The University of Arizona, Tucson, Arizona, USA* **2000**.

Günlü, A.; Sivrikaya, F.; Baskent, E. Z.; Keles, S.; Çakir, G.; Kadiogullari, A. İ., Estimation of stand type parameters and land cover using Landsat-7 ETM image: A case study from Turkey. *Sensors* **2008,** *8* (4), 2509-2525.

Heidari Masteali, S.; Jabbarian Amiri, B.; Kaboli, M.; Bayat, M., Quantitative assessment of connectivity of forest patches in Caspian Sea catchment using landscape and graph theory indexes. *Forest and Wood Products* **2022**, *74* (4), 407-420. (in persian)

Houghton, R., Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Global change biology* **2005,** *11* (6), 945-958.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate change the physical basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report.Cambridge University Press, New York, 2007.

Karami, A.; Feghhi, J., Investigation of Quantitative metrics to protect the landscape in land use by sustainable pattern (Case study: Kohgiluyeh and Boyer Ahmad). *Journal of Environmental Studies* **2012,** *37* (60), 79-88.

Linkie, M.; Smith, R. J.; Leader-Williams, N., Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity & Conservation* **2004,** *13*, 1809-1818.

Liu, S.; Dong, Y.; Deng, L.; Liu, Q.; Zhao, H.; Dong, S., Forest fragmentation and landscape connectivity change associated with road network extension and city expansion: A case study in the Lancang River Valley. *Ecological indicators* **2014,** *36*, 160-168.

Mansouri, M.; Badehian, Z.; Ghobadi, M.; Maleknia, R., Application of Landscape Ecology Measures in Analysis and Quantification of Land Cover in Forest Ecosystems (Study Area: Dadabad Sub-Basin, Khorramabad City) Abstract. *Journal of plant ecosystem conservation* **2021**, *9* (18), 151-172.

Matsushita, B.; Yang, W.; Chen, J.; Onda, Y.; Qiu, G., Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. *Sensors* **2007,** *7* (11), 2636-2651.

McGarigal, K., FRAGSTATS help. University of Massachusetts: Amherst, MA, USA, 2015; p 182.

Michalski, F.; Peres, C. A., Gamebird responses to anthropogenic forest fragmentation and degradation in a southern Amazonian landscape. *PeerJ* **2017,** *5*, e3442.

Mokhtari, Z.; Sayahniya, R., The basics of studying and quantifying the structure of the landscape along with the Fragstats 4.2 software guide, Avai Qalam Publishing House, Tehran, 154 p, 2017. (In persian)

Nazarnejad, H.; Hoseini, M.; Hamze, S., Analysis of temporal-spatial variations of land use in Predanan Piranshahr using LandScape Metrics. *Forest Research and Development* **2018,** *4* (2), 241-255. (In persian)

Pawar, K.; Rothkar, R. V., Forest conservation & environmental awareness. *Procedia Earth and Planetary Science* **2015,** *11*, 212-215.

Rahdari, V.; Soffianian, A.; Khajaldin, S. J.; Maleki Najfabdai, S., Identification of Satellite Image Ability for Vegetation Cover Crown Percentage Mapping in Arid and Semi Arid Region (Case study: Mouteh wild life sanctuary). *Journal of Environmental Science and Technology* **2014,** *15* (4), 43-54. (In persian)

Raya, S.; Singhb, J.; Dasa, G.; Panigrahyb, S., Use of high resolution remote sensing data for generating site-specific soil mangement plan. *Red* **2004,** *550* (88.6), 727.

Rostamvandi Zabrlou, A.; Salehi, A.; Farzin, M., Determining the extent of land degradation in Dena Protected Area between 2009 and 2017. *Journal of Natural Environment* **2022**. *74* (4), 677-693. (In persian)

Sagheb-Talebi, K.; Pourhashemi, M.; Sajedi, T., *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future*. Springer: 2014.

Sasanifar, S.; Alijanpour, A.; Shafiei, A. B.; Eshagi Rad, J.; Molaei, M.; Azadi, H., Forest protection policy: Lesson learned from Arasbaran biosphere reserve in Northwest Iran. *Land Use Policy* **2019,** *87*, 104057.

Schreiber, K.-F., The history of landscape ecology in Europe. In *Changing landscapes: an ecological perspective*, Springer: 1990; pp 21-33.

Sepahvand, P.; Zebardast, L.; Yavari, A., Wildlife population trends and Investigating land cover changes using landscape ecological approach in Golestan National Park, Iran. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)* **2022**, *35* (4), 326-341.

Serra, P.; Pons, X.; Saurí, D., Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: a spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. *Applied geography* **2008,** *28* (3), 189-209.

Shalaby, A.; Tateishi, R., Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied geography* **2007,** *27* (1), 28-41.

Soleimani, A.; Hojati, M., Investigation and Quantification of Variations of Landscape Measures using Remote Sensing and Biodiversity Indices (Case Study: Dez Protected Area). *Human & Environment* **2018,** *16* (3), 65-76. (In persian)

Sorrell, J., Using geographic information systems to evaluate forest fragmentation and identify wildlife corridor opportunities in the Cataraqui watershed. Faculty of Environmental Studies, York University, Ont, Canada, 1997.

Wyman, M. S.; Stein, T. V., Modeling social and land-use/land-cover change data to assess drivers of smallholder deforestation in Belize. *Applied Geography* **2010,** *30* (3), 329-342.

Changes of landscape metrics in Arsbaran forests during 45 years of protection

S. Sasanifar[1], A. Alijanpour[*2], A. Banj Shafiei[3], J. Eshaghi Rad[4] and M. Molaei[5]

1- PhD of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (s.sasanifar@yahoo.com)
2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (a.alijanpour@urmia.ac.ir)
3- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)
4- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (j.eshagh@urmia.ac.ir)
5- Associate Professor, Department of Agriculture Economic, Faculty of Agriculture, Urmia University, I. R. Iran. (m.molaei@urmia.ac.ir)

Received: 11.09.2022 Accepted: 01.11.2022

Abstract

The variations in the number of six parameters of the landscape metrics in Arasbaran forests were explored in this study. Landsat 8 images from August 2015 were utilized for this purpose. For both protected and non-protected regions, forest and non-forest land use maps (kappa coefficient 0.9) were created, and necessary values were estimated using this map. According to the results, forest covers 34.98% of the protected area and 48.33% of the non-protected area, based on the index of the ratio of the area of the forest class to the surface of the land. In terms of the index of the larger patch of forest class, it was discovered that the largest patch of forest covers 22.0207% of the land in the protected region, while 41.3870% of the area in the unprotected area. In addition, the value of the index of the average area of a patch of the forest class in the non-protected area (8.4947 hectares) is more than twice that of the protected area (18.2241 hectares), and the value of both indicators patch density and edge density in the protected area is higher than in the non-protected area. According to the findings, the presence of processes of forest surface fragmentation is more visible in the protected area than in the non-protected region.

Keywords: Landscape metrics, Land use maps, Fragstate.

[*] Corresponding author Tel: +989143402298