فصلنامه علوم محیطی، دوره شانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

۱۰۱-۱۱۸

تحلیل کاربری و پوشش زمین‌ها با استفاده از سنجه‌های بوم شناسی منظر (بررسی موردی: منطقه ارسباران)

وحید نصیری و علی اصغر درویش صفت *

گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۷

نصیری، و. و ع.ا. درویش صفت. ۱۳۹۷. تحلیل کاربری و پوشش زمین‌ها با استفاده از سنجه‌های بوم شناسی منظر (بررسی موردی: منطقه ارسباران). فصلنامه علوم محیطی. ۱۶ (۳): ۱۱۶-۹۹.

سابقه و هدف: منظر، منطقه‌ای ناهمگن و گسترده می‌باشد که از مجموعه‌ای از لکه‌ها، زیستگاه‌ها و عنصرهای محیطی تکرار شونده تشکیل شده است. در سال‌های گذشته در بررسی‌های بوم‌شناسی منظر، از سنجه‌های گوناگونی برای بررسی ساختار، عملکرد و تغییرپذیری‌های الگوی سرزمین استفاده شده است. این سنجه‌ها، شاخص‌هایی هستند که ویژگی‌های ساختاری و مکانی اجزای ساختاری سرزمین را معین و با کمی‌سازی آنها، امکان مقایسه و تفسیر پویایی منظر را فراهم می‌کنند. هدف این تحقیق، بررسی و تحلیل پیچیدگی‌های رابطه‌های بین کاربری‌های مختلف و کسب اطلاعات در مورد وضعیت فعلی کاربری‌ها با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در منطقه ارسباران است.

مواد و روش‌ها: نقشه کاربری دقیق به روش تفسیر تلفیقی تصاویر ماهواره لندست ۸، با بهره‌گیری از داده‌های جانبی و با در نظر گرفتن کاربری‌های کشاورزی، جنگل متراکم، جنگل کم‌تراکم، شهری، مرتع، بدون پوشش و آب تهیه شد. در این تحقیق، ۱۸ سنجه منظر شامل: سنجه‌های مساحت (مساحت کل، درصد از سیمای سرزمین، تعداد لکه، تراکم لکه، بزرگترین لکه، کل حاشیه، تراکم حاشیه و سنجه شکل سیمای سرزمین نرمال شده) شکل (شاخص میانگین شکل و شاخص نسبت محیط به مساحت)، مجاورت و پراکندگی (سنجه پراکندگی و مجاورت، اندازه متوسط شبکه، سنجه تکه تکه شدگی و متوسط فاصله اقلیدسی) و تنوع (سنجه‌های تنوع و یکنواختی شانون و سیمپسون) بر اساس پژوهش‌های انجام شده و نظر متخصصان انتخاب شدند. این سنجه‌ها در سطح کلاس و منظر برای کاربری‌های مختلف محاسبه و بر اساس میزان آن‌ها وضعیت فعلی منظر منطقه و رابطه‌های بین کاربری‌های تحلیل شد.

نتایج و بحث: نتایج بررسی نشان داد که جنگل متراکم و مرتع به ترتیب با ۳۰/۷۶ و ۳۰/۰۳ درصد از سطح سرزمین، عنصرهای اصلی منظر منطقه ارسباران را تشکیل می‌دهند. نتایج محاسبه سنجه‌های تعداد و تراکم لکه نشان داد که پوشش‌های مرتعی و جنگل کم‌تراکم بیشترین تعداد لکه را در بین دیگر کاربری‌ها دارند و به عبارتی ریزدانه‌ترین کاربری‌ها در منظر منطقه هستند. شاخص بزرگترین لکه نیز نشان داد که ۴/۷۶ درصد منظر منطقه توسط بزرگترین لکه جنگل متراکم اشغال شده است. همچنین میزان سنجه‌های حاشیه کل و تراکم حاشیه نیز نشان داد که جنگل متراکم بیشترین بخش منطقه را تشکیل داده و طولانی‌ترین مرز مشترک را با دیگر کاربری‌ها دارد. بر اساس

* Corresponding Author. *E-mail Address*: adarvish @ut.ac.ir

نتایج سنجه میانگین شکل می‌توان گفت که کاربری شهری و بدون پوشش بیشترین پراکندگی را در بین دیگر کاربری‌ها دارند. همچنین کاربری شهری از هم‌گسسته‌ترین کاربری و در مقابل جنگل متراکم، پیوسته‌ترین کاربری در سطح منظر منطقه به شمار می‌روند. با محاسبه سنجه متوسط فاصله اقلیدسی مشخص شد که کمترین فاصله بین لکه‌های متناظر در کاربری جنگل متراکم و بیش‌ترین فاصله، بین لکه‌های منطقه‌های شهری وجود دارد. نتایج محاسبه سنجه‌ها در سطح منظر نشان داد که منطقه از ۸۰۲ لکه با کاربری‌های مختلف تشکیل شده است و بر اساس سنجه‌های تنوع و یکنواختی شانون و سیمپسون، منظر منطقه مورد بررسی از نوع گوناگون و ناهمگن است.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج با توجه به ریزدانه بودن پوشش‌های طبیعی مرتعی و جنگلی و گسستگی بالای این عرصه‌ها و همچنین در نظر گرفتن پراکندگی زمین‌های شهری و گستردگی زمین‌های کشاورزی، امکان وقوع تغییرات کاربری با نرخ بالا در آینده وجود دارد و تغییر پذیری‌های آینده در راستای زدودن لکه‌های کوچک مرتعی و جنگلی و گسترش کاربری‌های شهری و کشاورزی خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: سنجه‌های منظر، بوم‌شناسی منظر،کاربری اراضی، ارسباران.

مقدمه

منظر عبارتست از یک سرزمین ناهمگن که از مجموعه اکوسیستم‌هایی با کنش‌های متقابل تشکیل شده است (Makhdoum, 2008). به عبارت دیگر منظر، منطقه‌ای گسترده می‌باشد که از مجموعه‌ی لکه‌ها، زیستگاه‌ها و عنصرهای فیزیکی و زیست شناختی تشکیل شده است و به صورت همسان در سطح عرصه تکرار می-شوند (Jabarian Amiri, 2016). تغییر پذیری‌های ناشی از عوامل مختلف در الگوهای منظر به شدت ویژگی‌های بوم‌شناختی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بوم‌شناسی منظر شامل بررسی الگوی سرزمین، کنش و واکنش بین لکه‌ها در منظر و چگونگی تغییر الگوها در طول زمان می‌باشد (Campagnaro *et al*., 2017; Kupfer, 2012; Uuemaa *et al*., 2009). این رویکرد در تصمیم‌گیری‌های راهبردی توسعه پایدار ضروری و مهم است، زیرا با استفاده از آن می‌توان ظرفیت برد منابع و پیامدهای بهره‌برداری از آن‌ها را روی محیط زیست در فرآیند تدوین طرح‌های گسترش لحاظ کرد (Shabani *et al*, 2011). ساختار (نوع، اندازه، لکه‌ها و ارتباط بین آن‌ها)، عملکرد (پویایی جانداران و زیستگاه‌ها، غذا و جریان آب و هوا) و تغییر پذیری‌ها (نابسامانی‌ها و ناسازگاری‌ها، تغییر اقلیم و خرد شدن زیستگاه‌ها) به عنوان سه اصل پایه در بررسی‌های بوم-شناسی منظر هستند که دارای ارتباط متقابل با یکدیگر می‌باشند (Mirzayi *et al*., 2013). برای لکه‌های منفرد نمی‌توان ویژگی‌های مکانی زیادی تعریف کرد، ولی بررسی مجموعه لکه‌ها، می‌تواند ویژگی‌ها و داده‌های گوناگون و گسترده‌ای را نشان دهد (Midha and Mathur, 2010). این سنجه‌ها، شاخص‌هایی هستند که ویژگی‌های شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سرزمین را قابل تعریف و به صورت کمی قابل مقایسه می‌سازند (Taheri Sartashnizi *et al*., 2014). سنجه‌های منظر در سه سطح قابل محاسبه هستند (Zebardast *et al*., 2012):

-سنجه‌های سطح لکه : این سنجه‌ها برای لکه‌های منفرد تعریف می‌شوند و ویژگی‌های مکانی لکه‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهند.

- سنجه‌های سطح کلاسه: کمیت‌هایی هستند که برای مجموع لکه‌های یک کلاسه (یک نوع کاربری و ...) محاسبه می‌شوند.

-سنجه‌های منظر: این سنجه‌ها در کل محدوده محاسبه شده، برآیند ویژگی‌های لکه‌ها و طبقه‌ها هستند.

با گسترش توام همزمان علومی مانند سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، بوم‌شناسی منظر و همچنین برنامه‌های کاربردی مانند Fragstate و Patch analyst پژوهش‌های زیادی در این زمینه انجام شد. در پژوهش‌های مختلف بر قابلیت سنجه‌های بوم‌شناسی منظر در تحلیل کاربری تاکید شده است. Nohegar *et*

al. (2015) و Arkhry (2014) در تحقیق‌های خود، کارایی سنجه‌های مساحت کل، درصد از سیمای سرزمین، حاشیه کل و تراکم حاشیه را در تعیین نوع بستر سرزمین تائید کردند. Dargahi and Ahmadzade (2012) در تحقیقی که در پارک ملی بوجاق استان گیلان انجام دادند بر قابلیت سنجه‌های مختلف بوم‌شناسی منظر از جمله سنجه‌های میانگین شکل، نسبت محیط به مساحت و سنجه‌های مجاورت و پراکندگی در تحلیل رابطه بین کاربری‌های مختلف تاکید داشتند. همچنین Talebi Amiri *et al.* (2009) در بررسی خود، کارایی سنجه‌های شاخص‌های شکل، شاخص‌های مربوط به تکه‌تکه شدگی، تنوع و یکنواختی را در بررسی و تحلیل منظر تائید کرده‌اند. چکیده بررسی‌های همسان به اختصار در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- بررسی‌های انجام شده با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی منظر

Table 1. Previous studies using landscape ecological metrics

پژوهشگر Researcher	حوزه مطالعه Study area	هدف مطالعه The aim of study	سنجه‌های مورد استفاده Metrics	نتیجه‌گیری Result and conclusion
Karami and Feghhi (2012)	کهگیلویه و بویر احمد	بررسی ساختار اولیه سیمای سرزمین و تحلیل روند تغییرات آن در آینده	CA-PLAN- NP PD-SIDI-LPI- ED-SHDI TE- MNN-NNSD LSI SHEI-SIEI	الگوی پراکنش لکه‌ها کپه‌ای است و بر اساس نتایج سنجه‌های تنوع و یکنواختی، تنوع و فراوانی بالایی از کاربری‌های مختلف در منطقه وجود دارد.
Darvishi et al. (2012)	ارسباران	کمی‌سازی تغییرات الگوی منظر	NP-LPI-TE	از دست رفتن زیستگاه‌ها با کاهش سطح جنگل‌ها و مراتع و تکه تکه شدگی سرزمین بوده است.
Nohegar et al. (2015)	استان گیلان	بررسی ساختار منظر بخش‌های مرکزی استان گیلان	CA-NP-MPS TE-ED-MSI MPFD-MNN SIDI-SIEI-SDI SEI-PLAND	ساختار منظر منطقه ریزدانه و پیوستگی آن کاهش یافته است.
Aguilera et al. (2011)	گرانادا اسپانیا	بررسی نقش سنجه‌های منظر در تجزیه و تحلیل-های کاربری اراضی	NP-MNN-CA	این سنجه‌ها توانایی خوبی در نمایش تغییرات سرزمین به خصوص در سطح کلاس دارند.
Kabba & Li (2001)	Hubei چین	تحلیل تغییرات کاربری اراضی و تاثیرات اکولوژیکی آن‌ها	NP-PD-LPI-SIEI-SIDI	نتایج نشان دهنده گسستگی سیمای سرزمین و لکه‌لکه شدگی پوشش جنگلی بود.
Ghosh et al. (2012)	Dehradum هیمالیا	بررسی تغییرات پوشش جنگلی با استفاده از بوم-شناسی منظر	NP-PD-LSI-FRAC-CONTIG- ENN- AI-MESH	نتایج محاسبه سنجه‌های منظر در دو سطح کلاس و منظر برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۶ نشان دهنده روند جنگل‌زدایی، افزایش تعداد لکه‌ها و کاهش پیوستگی بین کاربری‌ها بود.
Yuan et al. (2015)	Evreglades فلوریدا	بررسی الگوی فرایندهای هیدرولوژیکی	شاخص تخریب منظر، پیوستگی طولی (DCI) و شاخص کمترین مقدار جریان (LFC)	سنجه‌های مورد استفاده کارایی خوبی در پیش‌بینی فرایندهای اکوهیدرولوژی دارند.
Mu et al. (2016)	Zhengzhou چین	بررسی تاثیر سیاست‌های برنامه‌ریزی بر روند تغییرات سرزمین در طول دوره زمانی ۲۰۱۳-۱۹۹۲	PD-LPI-IJI-DIVISON-SPLIT	با تغییر کاربری اراضی کشاورزی به شهری، توسعه شهرسازی در منطقه مورد مطالعه از سال ۲۰۰۴ به بعد سرعت فزاینده‌ای داشته است. توسعه مناطق شهری باعث افزایش پیوستگی کاربری شهری ولی گسستگی سایر کاربری‌های مانند کشاورزی شده است.

به طور کلی بررسی‌های بوم‌شناسی منظر می‌تواند در راستای هدف‌های زیر باشد (Turner, 2005):

۱. شناسایی و کمی‌سازی ویژگی‌های کاربری‌های مختلف و بررسی و تحلیل تغییرپذیری‌های ممکن در الگوها و فرآیندهای بوم‌شناسی در مقیاس مکان و زمان؛ به عبارت دیگر با توجه به گستردگی و پیچیدگی‌های سرزمین و رابطه‌های بین کاربری‌های مختلف، هدف، کمی‌سازی و بهبود درک پویایی فرآیندهای بوم‌شناسی است.

۲. درک مفاهیم محیط زیستی مربوط به الگوها، بحث در مورد اهمیت جمعیت‌ها و زیستگاه‌ها، جامعه‌ها و اکوسیستم‌ها و مسئله‌های مرتبط با نگهداری و مدیریت اکوسیستم‌ها.

۳. کسب اطلاعات در راستای مدیریت سرزمین برای هدف‌های انسانی.

با توجه به اهمیت اکولوژیکی منطقه، هدف تحقیق حاضر، بررسی و تحلیل پیچیدگی‌های رابطه-های بین کاربری‌های مختلف و کسب اطلاعات در مورد وضعیت کنونی کاربری‌ها در این منطقه است. بر همین اساس مهمترین فرضیه تحقیق پیش‌رو این است که منطقه مورد بررسی از لکه‌های گوناگون و زیادی با کاربری‌های مختلف تشکیل شده است و رابطه‌های بین این کاربری‌ها در آینده در جهت تبدیل و کاهش سطح پوشش‌های طبیعی و افزایش کاربری‌های انسان ساخت رخ خواهد داد. با در نظر گرفتن اهمیت اکولوژیکی منطقه ارسباران، استفاده از ابزارهای کمی برای تحلیل وضعیت کنونی کاربری‌ها در راستای مدیریت سرزمین و جلوگیری از تغییر پذیری‌های ناخواسته می‌تواند، ضرورت انجام این تحقیق را تبیین کند. کسب اطلاعات در مورد وضعیت منظر منطقه می‌تواند در برنامه‌ریزی-های حفاظتی و گسترش طرح‌های نگهداری از اکوسیستم طبیعی منطقه ارسباران کارساز باشد. در این تحقیق از سنجش از دور برای تهیه نقشه دقیق کاربری اراضی، سیستم اطلاعات جغرافیایی برای آماده‌سازی داده‌ها و از بوم‌شناسی منظر به منظورکمی کردن ساختار سیمای سرزمین منطقه استفاده شده است.

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی در بخش شمالی شهرستان کلیبر و در محدوده منطقه حفاظت شده ارسباران قرار دارد (شکل۱). مساحت منطقه ۷۴۰۰۰ هکتار بوده و در گستره جغرافیایی ً۵۰ َ۳۹ ْ۴۶ تا ً۴۱ َ۱ ْ۴۷ طول شرقی و ً۴۱ َ۴۳ ْ۳۸ تا ً۱۱ َ۸ ْ۳۹ عرض شمالی واقع شده است. بیشتراین منطقه کوهستانی است که با اختلاف ارتفاع بین کمتر از ۳۰۰ متر تا۲۸۹۰ متر موجب بروز تنوع آب و هوایی و زیست‌شناختی شده است (Darvishsefat, 2006). سیمای طبیعی این منطقه شامل زمین‌های جنگلی و مراتع کوهستانی و رودخانه‌ها است. علاوه بر سیمای طبیعی منطقه، قسمت‌هایی از طبیعت آن تحت تاثیر فعالیت‌های دامداری و کشاورزی، دگرگون شده و جنگل‌ها و مراتع تنک، زمین‌ها مزروعی و آبادی‌ها، بخش‌های تغییر شکل‌یافته منطقه را تشکیل می‌دهند (Sarhangzadeh and Makhdoum , 2002). در منطقه ارسباران ۱۳۳۴ گونه گیاهی وجود دارد که به ۴۹۳ جنس و ۹۷ تیره تعلق دارند، علاوه بر فلور خاص این منطقه تعداد زیادی از فلور منطقه هیرکانی، منطقه غرب ایران و قفقاز مشاهده می‌شود. منطقه حفاظت شده ارسباران از نظر تنوع گونه‌ای جانوری نیز در سطح جهان کم نظیر است. تاکنون ۲۱۵ گونه پرنده، ۲۹ گونه خزنده، ۵ گونه دو زیست، ۴۸ گونه پستاندار و ۱۷ گونه ماهی در منطقه شناخته شده است (Alijanpour *et al*, 2009).

شکل ۱- منطقه مورد بررسی و موقعیت آن در ایران
Fig. 1- The study area and its location in Iran

مواد و روش‌ها

تهیه نقشه کاربری اراضی

با توجه به هدف اصلی پژوهش، که بررسی ساختار منظر منطقه است، باید نقشه کاربری اراضی دقیقی در دست باشد. بنابراین از روش تفسیر تلفیقی[1] برای طبقه-بندی تصویر ماهواره‌ای استفاده شد. بررسی کیفیت رادیومتری تصاویر، با ایجاد ترکیب‌های رنگی مختلف و بزرگنمایی انجام شد. برای بررسی کیفیت هندسی تصاویر، لایه‌های جاده‌ها و آبراهه‌ها از روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری استخراج و روی تصاویر ماهواره‌ای قرار داده شد. ویژگی‌های تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده برای تهیه نقشه‌کاربری اراضی در جدول ۲ آمده است. با توجه به تقویم زراعی منطقه از تصاویر ماهواره‌ای ماه‌های خرداد و شهریور استفاده شد تا بتوان از تفاوت بازتاب پدیده‌ها در فصل‌های مختلف در شناسایی و تمایز کاربری‌های مختلف بهره برد. همچنین نمونه‌هایی از کلاسه‌های مختلف کاربری منطقه در ۴۰۰ نقطه بازدید و اطلاعاتی از آن‌ها با GPS ثبت و عکس برداری شد. به علاوه کروکی برخی منطقه‌ها روی تصاویر ماهواره‌ای چاپ شده‌ی منطقه ترسیم و در نهایت از این داده‌های جامع به عنوان کلید تفسیر در طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از دیگر داده‌های جانبی شامل، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری، تصاویر Google Earth و اطلاعات طرح توسعه و عمران وزارت راه و شهرسازی برای طبقه‌بندی هر چه بهتر تصاویر استفاده شد.

جدول۲- تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق
Table 2. Satellite data used in the study

سنجنده Sensor	ردیف Row	گذر Path	مبنا Datum	تاریخ Acquisition date	سطح تصحیحات Correction level
OLI	33	168	WGS84	1393-03-05 1393-06-06	L1T

پس از انجام بارزسازی‌ها و تهیه تصاویر رنگی مناسب، کاربری‌های مختلف، شناسایی و محدوده آنها در محیط نرم افزار ArcGis ترسیم شدند. به منظور اطمینان یافتن از ترسیم صحیح پلی گون‌ها، در محیط توپولوژی نرم افزار ArcGis قواعدی مثل، همپوشانی پلی‌گون‌ها و یا وجود شکاف بین آن‌ها تعریف و سپس خطاهای موجود اصلاح شد. در نهایت نقشه کاربری اراضی قابل اطمینان منطقه در طبقه‌های: کشاورزی (کشاورزی آبی، دیم و

باغ)، جنگل متراکم (تراکم ۱۰۰-۵۰) جنگل کم تراکم (تراکم ۵۰-۰ درصد)، مرتع (انواع زمین‌های مرتعی)، شهری (منطقه‌های شهری و روستایی)، بدون پوشش طبیعی و آب (رودخانه و سد) تهیه شد.

برای کمی‌سازی سنجه‌های منظر از نرم افزار Fragstats استفاده شد. نقشه کاربری اراضی تهیه شده با ساختار برداری به محیط نرم‌افزار IDRISI منتقل (با اندازه سلول ۳۰ متر دوم رستری) و سپس وارد نرم افزار Fragstats شد. در این نرم‌افزار سنجه‌های انتخابی در سطح کلاس و منظر تعریف و محاسبه شدند.

محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین

انتخاب سنجه مناسب در پژوهش‌های سیمای سرزمین می‌تواند بر اساس نظر کارشناسی یا رویکردهای آماری باشد(2015) Nohegar *et al.* . در این تحقیق با توجه به مرور منابع انجام شده، نظر کارشناسان و همچنین هدف‌های تحقیق سعی شد تا سنجه‌هایی انتخاب شود که به خوبی بیانگر ساختار و ترکیب منظر منطقه باشد. این سنجه‌ها، مساحت، لکه‌ها، حاشیه‌ها شکل، پراکندگی و ویژگی‌های مربوط به تنوع را در دو سطح کلاس و منظر مورد بررسی قرار می‌دهند (جدول ۳). مراحل تهیه اجرای پژوهش در شکل ۲ آمده است.

جدول ۳- سنجه‌های سیمای سرزمین مورد استفاده در تحقیق (Uuemaa et al., 2018)

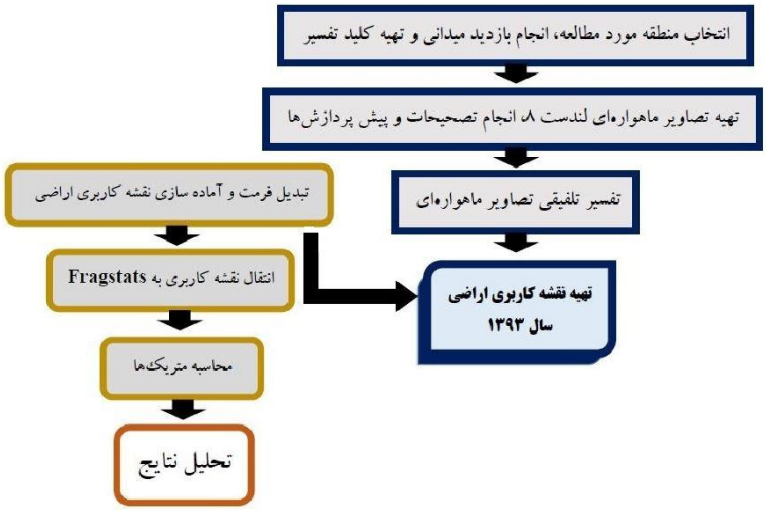
Table 3. Landscape metrics used in this study (Uuemaa et al., 2018)

سنجه‌های منظر Landscape Metrics	علامت اختصاری و دامنه Symbol	واحد Unit	توضیح سنجه Description
مساحت هر کلاس Class area	CA>0	هکتار Hectare	سطح هر کلاس در سیمای سرزمین Sum of the areas (m^2) of all patches of the corresponding patch type.
درصد از سیمای سرزمین Percentage of landscape	0 < PLAND≤ 100	درصد Percent	سهم نسبی هر کلاسه در سیمای سرزمین The relative contribution of each class in the landscape.
تعداد لکه‌ها Number of patches	NP ≥ 1	-	این سنجه زمانی برابر یک است که کلاسه به هم پیوسته باشد و فقط از یک لکه در سطح سیمای سرزمین تشکیل شده باشد. NP = 1 when the landscape contains only 1 patch of the corresponding patch type; that is, when the class consists of a single patch.
تراکم لکه Patch density	PD>0	تعداد در هر ۱۰۰ هکتار Number per 100 hectares	برابر است با نسبت تعداد لکه‌ها به مساحت سیمای سرزمین که نشان دهنده الگوی سیمای سرزمین است. Equals the number of patches of the corresponding patch type divided by total landscape area that show the landscape pattern.
شاخص بزرگترین لکه Largest patch index	0 < LPI≤ 100	درصد Percent	نشان می‌دهد چه درصدی از سیمای سرزمین توسط بزرگترین لکه یک کلاس اشغال شده است. Quantifies the percentage of total landscape area comprised by the largest patch.
مجموع حاشیه Total (class) edge	TE ≥ 0	متر Meter	طول کل حاشیه (مرز) یک کلاسه در سیمای سرزمین Total (class) edge includes all edges in landscape
تراکم حاشیه Edge density	ED ≥ 0	متر در هکتار Meters per hectare	برابر است با نسبت طول حاشیه یک کلاسه به مساحت سیمای سرزمین Equals the sum of the lengths (m) of all edge segments in the landscape, divided by the total landscape area (m^2).
شاخص شکل سیمای سرزمین نرمال شده Normalized Landscape shape index	0 ≤ NLSI≤ 1 -	-	زمانی که کلاسه از یک چند ضلعی واحد تشکیل شده باشد این سنجه برابر صفر است و با افزایش تکه تکی شدگی کلاسه‌ها مقدار این سنجه افزایش می‌یابد. NLSI = 0 when the landscape consists of a single square and increases as the patch type becomes increasingly disaggregated when the patch type is maximally disaggregated.

ادامه جدول ۳- سنجه‌های سیمای سرزمین مورد استفاده در تحقیق (Uuemaa et al., 2018)

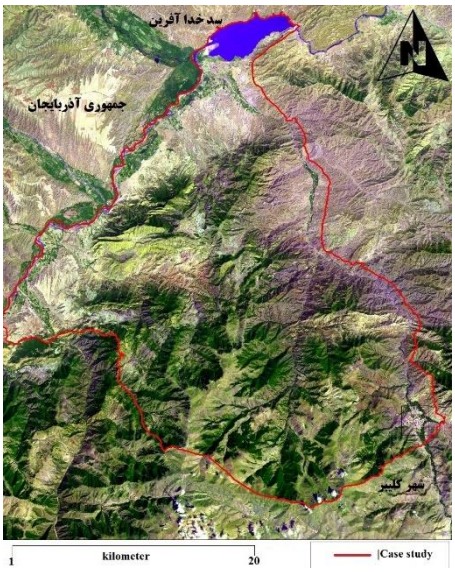
Table 3. Landscape metrics used in this study (Uuemaa et al., 2018)

سنجه‌های منظر Landscape Metrics	علامت اختصاری و دامنه Symbol	واحد Unit	توضیح سنجه Description
شاخص میانگین شکل Mean Shape metric	MN_SHAPE	-	برابر است با نسبت مجموع محیط لکه‌ها تقسیم بر تعداد لکه‌ها از همان نوع Equals the sum, across all patches divided by the total number of patches.
شاخص نسبت محیط به مساحت (PARA_MN) Perimeter-Area Ratio metric	PARA_MN > 0	-	برابر است با نسبت محیط مجموع لکه‌های هر کلاس به مساحت لکه‌های هر کلاس Equals the sum, across all patches in each class divided by the total area of patches.
میانگین فاصله اقلیدسی Euclidean nearest-neighbor distance	ENN > 0	متر Meter	برابر است با میانگین فاصله از نزدیکترین لکه مشابه Equals the distance (m) to the nearest neighboring patch of the same type
سنجه تنوع شانون Shannon's diversity index	SHDI ≥ 0	-	وقتی سیمای سرزمین فقط از یک لکه تشکیل شده است و تنوعی وجود ندارد مقدار آن برابر صفر است و با افزایش تعداد لکه‌ها مقدار آن افزایش می‌یابد SHDI = 0 when the landscape contains only 1 patch (i.e., no diversity) and increases as the number of different patch types (i.e., patch richness, PR) increases
سنجه تنوع سیمپستون Simpson's diversity index	0 ≤ SIDI≤ 1	-	این سنجه نسبت به سنجه تنوع شانون نسبت به فراوان‌ترین لکه‌ها حساس است. This metric is more susceptible than Shannon's diversity metrics about abundant patches.
سنجه یکنواختی شانون Shannon's evenness index	0 ≤ SHEI≤ 1	-	وقتی توزیع لکه‌ها ناهمگن می‌شود مقدار این سنجه کاهش می‌یابد. It reduced when distribution of patch types becomes uneven
سنجه یکنواخی سیمپستون Simpsom's evenness index	0 ≤ SIEI≤ 1	-	مانند شاخص یکنواختی سیمپسون است و تنها به لکه‌های فراوان حساسیت بیشتری دارد. It is the same as Shannon's diversity index, just it is more susceptible about abundant patches.
پراکندگی و مجاورت Interspersion and juxtaposition index	0 < IJI ≤ 100	درصد Percent	نشان دهنده پراکندگی نسبی لکه‌های هر کلاس در سطح یسمای سرزمین است. Represents the patches relative interspersion in landscape level.
سنجه اندازه موثر شبکه Effective cell size metric	MESH ≤ TOTAL LANDSCAPE AREA	هکتار Hectares	نشان دهنده میزان گسستگی و توزیع لکه‌ها است. Indicates the amount of disintegration and distribution of patches.
سنجه تکه تکه شدگی Division metric	0 ≤ DIVISION≤ 1	-	بر اساس میزان تکه تکه شدگی است و بیان می‌کند که با چه احتمالی دو پیکسل انتخاب شده به صورت تصادفی در یک لکه مشابه قرار نمی‌گیرند. Is based on the cumulative patch area distribution and is interpreted as the probability that two randomly chosen pixels in the landscape are not situated in the same patch.



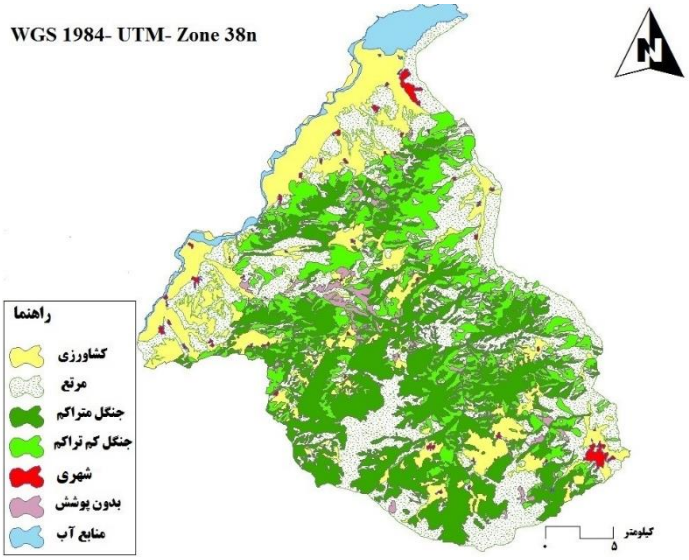
شکل ۲- مراحل اجرای پژوهش

Fig. 2- Research flowchart



شکل ۳- تصویر رنگی (RGB) ۷۶۴. لندست ۸

Fig. 3- Color composite of Landsat 8 (746 RGB)



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی منطقه ارسباران حاصل از ماهواره‌ای سال ۱۳۹۳

Fig. 4- LULC map of the study area derived from classification of Landsat satellite images (2013)

نتایج و بحث

شکل،۳ تصویر رنگی حاصل از بارزسازی ماهواره‌ای لندست ۸ را برای منطقه مورد پژوهش نمایش می‌دهد.

نقشه‌کاربری

نقشه کاربری حاصل از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در شکل ۴ آمده است.

تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح کلاس

سنجه‌های مساحت، تراکم و حاشیه در سطح کلاس

نتایج محاسبه سنجه‌های سطح کل و درصد سیمای سرزمین (جدول ۴)، نشان داد که بیشترین مساحت و سهم نسبی، متعلق به کاربری‌های جنگل متراکم و مرتع می‌باشد. با یکی کردن دو طبقه جنگل متراکم و کم‌تراکم، پوشش جنگلی بیشترین سطح از منطقه را تشکیل می‌دهد و می‌توان گفت عنصر اصلی منظر منطقه می‌باشد.

جدول ۴- نتایج محاسبه سنجه‌های مربوط به سطح، تراکم و حاشیه در سطح کلاس
Table 4. The result of the area, density and edge metrics calculations in each class

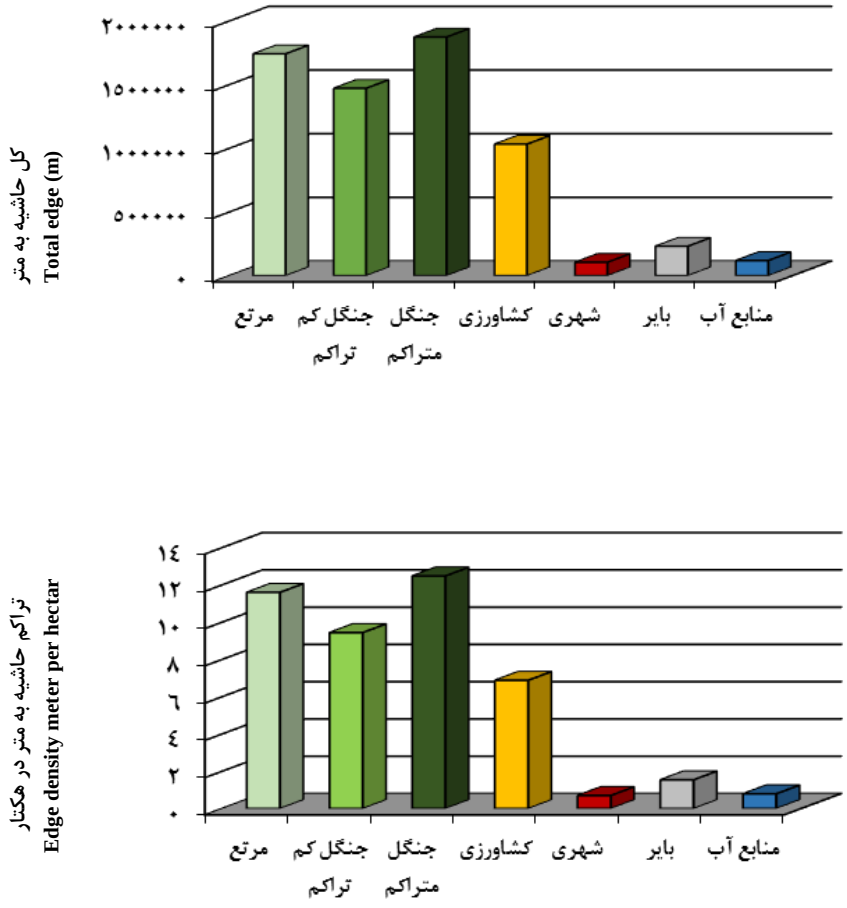
	جنگل متراکم High Forest	جنگل کم تراکم Low Forest	مرتع Grassland	کشاورزی Agriculture	شهری Urban	بدون پوشش Barren land	منابع آب Water body
مساحت کل (CA) . هکتار Class area	22754.65	11414.22	22215.34	13735.20	629.22	872	2352.34
درصد از سیمای سرزمین (PLAND) Percentage of landscape	30.76	15.43	30.03	18.56	0.85	1.17	3.17
تعداد لکه (NP) Number of Patches	132	198	211	133	57	74	1
تراکم لکه (PD) Patch density	0.087	0.132	0.140	0.089	0.85	0.049	0.0007
بزرگترین لکه (LPI) Largest Patch Index	4.76	1.73	1.55	2.72	0.12	0.12	1.42
سنجه شکل سیمای سرزمین نرمال شده (NLSI) Normalized Landscape shape index	0.06	0.084	0.059	0.055	0.104	0.111	0.035

پوشش مرتعی با ۳۰/۰۳ درصد، سهم قابل توجهی از سطح منطقه را تشکیل می‌دهد و کاربری کشاورزی و جنگل کم‌تراکم در جایگاه بعدی قرار دارند. کاربری کشاورزی ۱۸/۵۶ درصد سطح سرزمین را شامل می‌شود که با توجه به اینکه نوعی کاربری انسان ساخت است، مساحت بالای آن در یک منطقه کوهستانی می‌تواند نشان‌گر تخریب پوشش‌های طبیعی و وجود دخالت‌های انسانی باشد. نتایج محاسبه سنجه تعداد لکه‌ها (NP) نشان داد که دامنه تغییرپذیری آن ۱ تا ۲۱۱ لکه است. بیشترین میزان آن متعلق به پوشش مرتع و جنگل کم تراکم به ترتیب با ۲۱۱ و ۱۹۸ لکه می‌باشد، و آب تنها از یک لکه تشکیل شده است. در نتیجه کاربری‌های جنگل کم‌تراکم و مرتع از لکه‌های زیادی تشکیل شده و ریزدانه-ترین کاربری‌ها در منظر منطقه هستند. وجود لکه‌های زیاد در مورد این زمین‌ها امکان تخریب آن‌ها را در اثر تغییر کاربری لکه‌های کوچک‌تر به دیگر کاربری‌ها در آینده افزایش می‌دهد. سنجه تراکم لکه نیز وضعیتی همسان با سنجه تعداد لکه‌ها دارد. این سنجه که نشان دهنده الگوی سرزمین می‌باشد، برابر است با نسبت تعداد لکه‌ها به مساحت سیمای سرزمین، و با توجه به اینکه تعداد لکه‌ها را در یک سطح واحد محاسبه می‌کند، سبب می‌شود مقایسه بین کلاسه‌های مختلف آسان شود. نتایج نشان داد که پوشش مرتعی و جنگل کم‌تراکم بیشترین تراکم لکه را در بین دیگر کاربری‌ها دارند. نتایج محاسبه سنجه‌های تعداد و تراکم لکه‌ها در جدول ۴ آمده است. شاخص بزرگترین لکه نیز نشان داد که ۴/۷۶ درصد منظر منطقه توسط بزرگترین لکه جنگل متراکم اشغال شده است و کمترین میزان آن نیز متعلق به زمین‌های بدون پوشش است. این نتیجه نشان می‌دهد که با این که این پوشش از ۷۴ لکه مختلف تشکیل شده است اما نتایج مربوط به سنجه‌های تراکم و بزرگترین لکه نشان می‌دهد که سهم قابل توجهی در منظر منطقه ندارد. نتایج مربوط به شاخص شکل سیمای سرزمین نرمال‌شده که بیانگر توزیع مکانی لکه‌ها در سطح منظر است نشان داد که

بیشترین و کمترین میزان این سنجه به ترتیب برابر با ۰/۱۱۱ برای زمین‌های بدون پوشش و ۰/۰۳۵ برای منابع آب است. مقدار شاخص شکل سیمای سرزمین نرمال شده برای کاربری شهری ۰/۱۰۴ به دست آمد که نشان دهنده پراکندگی مکانی این کاربری در سطح منطقه است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که کاربری منابع آب از توزیع مکانی متراکم‌تری نسبت به سایر کاربری‌ها برخوردار است. در حالیکه میزان بالای این سنجه در مورد کاربری بدون پوشش نشان دهنده پراکندگی لکه‌های آن ها در بین دیگر کاربری‌ها می‌باشد.

شکل ۵ نتایج محاسبه سنجه‌های مجموع حاشیه و تراکم حاشیه را نشان می‌دهد. میزان این سنجه‌ها، محیط لکه‌ها را در سطح کلاس یا منظر بیان می‌کنند و چون سنجه تراکم حاشیه در یک سطح واحد برای کاربری‌های مختلف محاسبه می‌شود تفاوت بین کاربری-های مختلف را روشن‌تر بیان می‌کند.

همانطور که در شکل ۵ مشخص است سنجه‌های حاشیه کل و تراکم حاشیه تغییرپذیری‌های همسانی را در بین کاربری‌های مختلف دارند. بر اساس نتایج، جنگل متراکم، بیشترین میزان این سنجه‌ها را به خود اختصاص داده است و کاربری‌های مرتع، جنگل کم‌تراکم، کشاورزی بدون پوشش، منابع آب و شهری مقادیر کمتر را شامل می‌شوند. این میزان‌ها نشان می‌دهد که قسمت زیادی از منطقه را جنگل‌های متراکم اشغال کرده است.



شکل ۵- نمودار میزان سنجه‌های کل حاشیه و تراکم حاشیه برای کاربری‌های مختلف

Fig. 5- Charts of total edge and edge density metrics' values for different land uses

سنجه‌های مربوط به شکل لکه‌ها در سطح کلاس

نتایج محاسبه شاخص‌های میانگین شکل و نسبت محیط به مساحت در (جدول ۵) آمده است. مقدار شاخص میانگین شکل نشان دهنده توزیع مکانی لکه-هاست. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان آن به ترتیب مربوط به کاربری‌های آب و شهری است، ارزش بالای شاخص میانگین شکل، برای کاربری آب به این سبب است که تنها یک لکه بزرگ از آن در منطقه وجود دارد. کاربری شهری کمترین میزان شاخص میانگین شکل را دارد که نشان دهنده تعداد بالای لکه‌های این کاربری و پراکنش آن در سطح منظر است. همچنین میزان این شاخص برای زمین‌های بدون پوشش ۱/۸۲ به دست آمد که نشان دهنده پراکنش بالای این کلاس در سطح منطقه می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که کاربری شهری و بدون پوشش، بیشترین پراکندگی را در بین دیگر کاربری‌ها دارند. همچنین میزان این شاخص برای کاربری‌های جنگل متراکم، جنگل کم‌تراکم، مرتع و کشاورزی اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند و با پراکنش همسانی در سطح سرزمین گسترش یافته‌اند. نتایج جدول ۵ نشان دهنده رابطه وارونه بین میزان شاخص میانگین شکل و شاخص نسبت محیط به مساحت می‌باشد. کمترین میزان شاخص نسبت محیط به مساحت برای کاربری آب و بیشترین میزان آن برای زمین‌های بدون پوشش به دست آمد.

جدول ۵- نتایج سنجه‌های شکل لکه‌ها در سطح کلاس
Table 5. The result of patch shape metrics in each class

منابع آب Water body	بدون پوشش Barren land	شهری Urban	کشاورزی Agriculture	مرتع Grassland	جنگل کم تراکم Low Forest	جنگل متراکم High Forest	
6.4239	1.8223	1.5075	2.1155	2.1820	2.2296	2.2799	شاخص میانگین شکل Mean Shape metric
55.66	229.07	288.06	278.30	229.76	211.63	226.95	شاخص نسبت محیط به مساحت (PARA_MN) Perimeter-Area Ratio metric

سنجه‌های مربوط به مجاورت و پراکندگی

بر اساس میزان سنجه پراکندگی و مجاورت می-توان گفت که نزدیک به‌همه کاربری‌ها در سطح منطقه پراکنده شده‌اند. کمترین میزان این سنجه متعلق به منابع آب است که تنها در بخش شمالی منطقه پراکنش داشته و نسبت به کاربری‌های دیگر پراکندگی کمتری دارد. مقدار کم سنجه اندازه متوسط شبکه نشان دهنده میزان بالای از هم گسستگی و کاهش پیوستگی در منطقه است. با توجه به جدول ۶ کمترین میزان سنجه اندازه متوسط شبکه متعلق به کاربری شهری است و نشان می‌دهد که این کاربری از هم‌گسسته‌ترین کاربری در منظر منطقه می‌باشد. در مقابل بیشترین میزان آن به جنگل متراکم اختصاص یافته است که پیوسته‌ترین کاربری در سطح سرزمین به شمار می‌رود. با توجه جدول ۶ مشخص می‌شود که میزان دو سنجه اندازه متوسط شبکه و تکه‌تکه شدگی دارای رابطه وارونه هستند. بر همین اساس بالاترین میزان سنجه تکه‌تکه شدگی نیز متعلق به کاربری شهری و کمترین میزان آن برای جنگل متراکم است. این مطلب توسط سنجه متوسط فاصله اقلیدسی نیز بیان شده است که نشان می‌دهد به غیر از کاربری آب که تنها از یک لکه تشکیل شده است، کمترین فاصله، بین لکه‌های متناظر در کاربری جنگل متراکم و بیشترین فاصله، بین لکه‌های کاربری شهری وجود دارد.

جدول ۶- نتایج سنجه‌های مربوط به مجاورت و پراکندگی
Table 6. The result of contagion-interspersion metrics

منابع آب Water body	بدون پوشش Barren land	شهری Urban	کشاورزی Agriculture	مرتع Grassland	جنگل کم تراکم Low Forest	جنگل متراکم High Forest	
29.23	72.86	53.63	76.37	72.04	61.89	64.42	پراکندگی و مجاورت Interspersion and juxtaposition index
30.49	0.62	0.45	146.33	163.53	156.67	674.10	سنجه اندازه موثر شبکه Effective cell size metric
0.9998	0.9999	1	0.9990	0.9989	0.9996	0.9950	سنجه تکه تکه شدگی Division metric
-	588.75	1852.28	245.60	197.13	198.45	129.90	میانگین فاصله اقلیدسی Euclidean nearest-neighbor distance

جدول ۷- نتایج محاسبه سنجه‌های مربوط به تراکم و حاشیه در سطح منظر
Table 7. The result of calculating density and edge metrics in landscape level

شاخص شکل سیمای سرزمین نرمال شده Normalized Landscape shape index	تراکم حاشیه Edge density	مجموع حاشیه Total edge	شاخص بزرگترین لکه Largest patch index	تراکم لکه Patch density	تعداد لکه‌ها Number of patches
21.41	21.07	3163770	4.76	0.53	802

جدول ۸- نتایج محاسبه سنجه‌های تنوع و یکنواختی در سطح منظر
Table 8. The result of diversity and evenness metrics

سنجه یکنواخی سیمپستون Simpsom's evenness index	سنجه یکنواختی شانون Shannon's evenness index	سنجه تنوع سیمپستون Simpson's diversity index	سنجه تنوع شانون Shannon's diversity index
0.78	0.70	0.68	1.45

محاسبه سنجه‌ها در سطح منظر

بر اساس جدول ۷ ، منطقه مورد بررسی از ۸۰۲ لکه تشکیل شده است که تراکمی برابر با ۰/۵۳ در هر ۱۰۰ هکتار را نشان می‌دهد. شاخص بزرگترین لکه ۴/۷۶ درصد محاسبه شده است و بزرگترین لکه، کاربری جنگل متراکم است.

میزان سنجه تنوع شانون زمانی که منظر منطقه تنها از یک لکه تشکیل شده باشد برابر صفر خواهد بود و با افزایش تعداد لکه‌ها میزان آن افزایش می‌یابد. سنجه‌های تنوع شانون و سیمپسون به ترتیب با میزان‌های ۱/۴۵ و ۰/۶۸ نشان دهنده وجود گوناگونی زیاد در سرزمین است (جدول ۸). زمانی‌که توزیع لکه‌های کلاسه‌های مختلف در منطقه ایده‌آل باشد، مقدار سنجه یکنواختی شانون و سیمپسون برابر یک خواهد بود و با افزایش ناهمگنی، میزان آن کاهش می‌یابد. میزان‌های مربوط به سنجه-های یکنواختی شانون و سیمپسون به ترتیب برابر با ۰/۷۰ و ۰/۷۸ به دست آمد، که نشان دهنده ناهمگنی نسبی منظر منطقه است.

نتیجه‌گیری

کسب اطلاعات در مورد عملکردهای سرزمین و کنش و واکنش‌های بین کاربری‌ها، لازمه برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار عرصه‌های طبیعی است. پیچیدگی‌های الگوهای منظر و ضرورت کمی‌سازی و تحلیل آنها سبب گسترش سنجه‌های گوناگونی شده است. در این تحقیق از سنجه‌های مختلف سیمای سرزمین در این راستا استفاده شد. نتایج مربوط به سنجه‌های مساحت کل، درصد از سیمای سرزمین، حاشیه کل و تراکم حاشیه نشان داد که پوشش جنگلی متراکم، بیشترین سهم را از منظر منطقه دارد و به عبارت دیگر عنصر اصلی منظر منطقه است. بر اساس نتایج، میزان سنجه‌های مساحت کل و درصد از سیمای سرزمین و همچنین حاشیه کل و تراکم حاشیه با یکدیگر همپوشانی دارند، بنابراین لزومی به استفاده همه آن‌ها نیست ولی استفاده از سنجه‌های حاشیه کل و تراکم حاشیه می‌تواند در تحلیل بهتر منظر کارساز باشد. نتایج مربوط به تعداد لکه‌ها نشان دهنده گسستگی پوشش جنگلی کم‌تراکم و مرتعی بود. جنگل کم‌تراکم برخلاف این که تنها ۱۵/۴۳ درصد از سطح منطقه را شامل می‌شود، از تعداد زیادی لکه (۱۹۸) تشکیل شده است. سطح کم با تعداد لکه زیاد بیانگر توانایی بالای تخریب آن است. از آنجائیکه لکه‌های گسسته با تعداد زیاد نمی‌توانند زیستگاه مناسبی برای حیات وحش منطقه محسوب شوند، از نظر تنوع زیستی ضرورت نگهداری از این زمین‌ها بیش از پیش روشن می‌شود. بر اساس نتایج شاخص‌های تعداد و تراکم لکه، تخریب پوشش‌های طبیعی مرتعی و جنگلی در آینده پیش‌بینی می‌شود. این اتفاق می‌تواند مشکلات زیادی مانند کاهش زیستگاه‌های حیات وحش، کاهش تنوع زیستی، افزایش فرسایش خاک و در نتیجه افزایش آلودگی آب و خاک و ... را ایجاد کند (Huang *et al.*, 2015). (Darvishi *et al., 2012*) در مطالعه‌ای که در منطقه ارسباران با استفاده از سنجه‌های تعداد لکه، شاخص بزرگترین لکه و حاشیه کل انجام دادند به این نتیجه رسیدند که زمین‌های جنگلی و مرتع‌ها رو به تخریب است. شاخص بزرگترین لکه نشان داد که ۴/۷۶ درصد منظر توسط بزرگترین لکه جنگل متراکم اشغال شده است. این نتایج با توجه به اینکه جنگل متراکم ۳۰/۷۶ درصد منطقه مورد تحقیق را شامل می‌شود و تنها از ۱۳۲ لکه تشکیل یافته، دور از انتظار نیست. این موضوع نشان می‌دهد جنگل متراکم از لکه‌هایی با مساحت بالا تشکیل شده است و پیوستگی خوبی در منطقه مورد بررسی دارد. نتایج نشان داد که میزان سنجه‌های شاخص میانگین شکل و شاخص نسبت محیط به مساحت رابطه وارونه با هم دارند، به طوری که کمترین میزان شاخص میانگین شکل و بیشترین میزان نسبت محیط به مساحت برای کاربری شهری به دست آمد. در تحقیق حاضر کمترین میزان شاخص نسبت محیط به مساحت، به کاربری آب تعلق دارد. با توجه به اینکه آب در مرز شمالی منطقه مورد تحقیق قرار دارد و تنها از جهت جنوب با دیگر کاربری‌ها در رابطه است، این نتیجه توجیه‌پذیر است. در بین دیگر کاربری‌ها، جنگل متراکم کمترین میزان سنجه نسبت محیط به مساحت را دارد که با توجه به گسترش زیاد و تعداد کم لکه‌های این کاربری، منطقی به نظر می رسد. همچنین بیشترین میزان این سنجه برای کاربری شهری به دست آمد که نشان دهنده بیشترین تماس این کاربری با دیگر کاربری‌ها است. نتایج محاسبه سنجه‌های متوسط اندازه شبکه[۲] و تکه‌تکه شدگی[۳] نشان داد که این دو سنجه با یکدیگر رابطه وارونه دارند. Jafari *et al.* (2012) نیز در پژوهش خود از این دو سنجه استفاده نموده و به نتایج همسان دست یافتند و نتیجه‌گیری کردند که این دو سنجه برای بررسی و تحلیل از هم گسستگی سرزمین کارایی خوبی دارند. جنگل متراکم بیشترین میزان سنجه اندازه متوسط شبکه و کمترین میزان سنجه تکه‌تکه شدگی را به خود اختصاص داد. در مقابل کمترین میزان

سنجه اندازه متوسط شبکه و بیشترین میزان سنجه تکه-تکه شدگی به کاربری شهری تعلق گرفت که این موضوع نشان دهنده پیوستگی جنگل متراکم و گسستگی منطقه‌های شهری است. پیوستگی زمین‌های جنگلی متراکم و گسستگی کاربری شهری توسط میزان‌های شاخص متوسط فاصله اقلیدسی نیز تائید شد، به طوری که میانگین فاصله لکه‌های متناظر برای جنگل متراکم و کاربری شهری به ترتیب ۱۲۹/۹۰ و ۱۸۵۲/۲۸ متر به دست آمد. نتایج بررسی Asgarian and Jabarian Amiri (2012) نشان داد که سنجه میانگین فاصله اقلیدسی توانایی مناسبی در تحلیل وضعیت پیوستگی سرزمین دارد که با نتایج تحقیق حاضر در یک راستاست. به طور کلی نتایج سنجه‌های مجاورت و پراکندگی نشان می‌دهد که کاربری شهری از هم گسسته‌ترین کاربری در سطح منطقه است. با توجه به اینکه ۵۳ روستا و دو شهر در محدوده منطقه مورد بررسی به طور پراکنده گسترش یافته‌اند، این نتایج قابل توجیه می‌باشد. نتایج شاخص‌های مکانی در سطح منظر نشان دهنده ریزدانه بودن سرزمین است چرا که سیمای منطقه از ۸۰۲ لکه از کاربری‌های مختلف تشکیل شده است. بر اساس نتایج سنجه‌های تنوع و یکنواختی، منظر منطقه گوناگون و ناهمگن است. بر اساس نتایج به دست آمده در پژوهش همسانی که در منطقه ارسباران انجام شده، منظر منطقه کاملا تکه تکه شده و با توجه به گسترش منطقه‌های شهری و گسستگی زمین‌های جنگلی و مرتعی، اکوسیستم منطقه کاملا شکننده شده است (Darvishi *et al., 2012*). در مجموع نتایج به دست آمده نشان دهنده کارایی سنجه‌های مورد استفاده در تحلیل وضعیت فعلی کاربری‌ها در منطقه ارسباران بود و بنابراین می‌توان ازآن‌ها برای آشکارسازی و تحلیل هرچه بهتر تغییرپذیری‌های سرزمین استفاده نمود. این جمع بندی با نتایج بررسی‌های(2015) Nohegar *et al.* و Karami and Feghhi (2012) نیز مطابقت دارد.

رویشگاه جنگلی ارسباران یکی از منطقه‌های مهم رویشی جنگلی در ایران است، حتی بخشی از جنگل‌های این ناحیه در شمار ذخیره‌گاه‌های زیست کره یا برنامه‌ی انسان و کره مسکون قرار دارد. افزایش جمعیت در منطقه ارسباران، پایین بودن نرخ اشتغال، افزایش فعالیت‌های معدن کاوی، مطرح شدن منطقه ار نظر گردشگری، گسترش راه‌های ارتباطی و همچنین تصمیم‌گیری‌های نادرست در سال‌های اخیر موجب تغییرپذیری‌های کاربری زیادی در منطقه ارسباران شده است، به همین دلیل باید منطقه را به گونه‌ای مدیریت کرد که نرخ تخریب و تغییرپذیری آن به کمترین میزان ممکن برسد و تا حد امکان از تغییرپذیری ناخواسته جلوگیری شود (Nasiri *et al.*, 2014). در همین راستا در ادامه در بخش-های مختلف مدیریتی، برنامه‌ریزی راهبردی و پژوهشی، پیشنهادهایی بیان می‌شود. این پیشنهادها از نگاه بیرون به شبکه اجرایی است و ضمانت اجرایی آن بستگی به شبکه مدیریتی و برنامه‌ریزی دارد.

۱- گسترش و هدایت فعالیت‌های در دیگر محورهایی که عرصه‌های طبیعی کمتر دست خوش تخریب قرار گیرند، مانند محور کلیبر به خداآفرین و خداآفرین به عاشقلو.

۲- تدوین و رعایت معیارهای ساخت و ساز در منطقه‌های انسان ساخت و در نظر گرفتن محدودیت برای گسترش این ناحیه‌ها در ارتباط با عرصه‌های طبیعی. با توجه به پراکندگی منطقه‌های انسان ساخت در منطقه، ریزدانه بودن عرصه‌های طبیعی و در نظر گرفتن محدودیت‌های ساخت و ساز می‌تواند به حفظ پوشش‌های طبیعی جنگلی و مرتعی کمک نماید.

۳- تخریب پوشش‌های طبیعی منجر به نابودی و انزوای زیستگاه‌های حیات وحش خواهد شد، در نتیجه تنوع زیستی کاهش و زیان‌های محیط زیستی جبران ناپذیری رخ خواهد داد. در این راستا باید برای گسترش عرصه‌های طبیعی به منظور پیوستگی لکه‌های

پوشش‌های طبیعی مانند زمین‌های جنگلی و بالا بردن میزان پیوستگی این زمین‌ها و گسترش زیستگاه‌ها برنامه‌ریزی و تلاش شود.

۴- انجام بررسی‌ها در زمینه برنامه‌ریزی گسترش شهرها و روستاهای منطقه به منظور تعیین الگوی توسعه و عمران بر پایه توسعه پایدار. با انجام این گونه بررسی‌ها نحوه استفاده بهینه از زمین‌ها در راستای ایجاد نوعی تعادل اکولوژیکی بین کاربری‌های مختلف در منطقه ارسباران مشخص خواهد شد.

۵- تامین و هدایت همکاری مردم در برنامه-ریزی، مدیریت، نگهداری و احیای محیط زیست. گسترش و پراکندگی منبع‌های طبیعی به ویژه زمین‌های جنگلی در منطقه ارسباران به گونه‌ای است که بدون همکاری جامعه‌های محلی و روستاییان، مدیریت و نگهداری این زمین‌ها بسیار مشکل خواهد بود. با شناسایی عوامل اجتماعی-اقتصادی موثر بر امر همکاری در مدیریت جنگل‌ها و بالا بردن آگاهی و انگیزه مردم محلی می‌توان از این سرمایه عظیم برای حفظ، احیا و گسترش زمین‌های طبیعی استفاده کرد.

۶- حفظ، ارتقا و استفاده بهینه از ظرفیت‌های چشم اندازه‌های طبیعی و جلوگیری از تخریب آن‌ها به عنوان سرمایه‌های پایدار گردشگری.

۷- تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های مشخص برای استفاده بهینه از عرصه‌های گردشگری، نگهداری از پهنه-های کوهستانی و عرصه‌های طبیعی و سامان دهی ناحیه-های گردشگری در برنامه گسترش گردشگری.

۸- تدوین تدبیرهای مناسب برای حمایت از کشاورزان برای کاهش تمایل به تغییر زمین‌های طبیعی به زمین‌های کشاورزی. در این راستا می‌توان به گسترش برنامه‌های حمایتی از کشاورزان، ترویج روش‌های نوین کشاورزی، بهبود الگوی کشت و معرفی محصول‌های پربازده و درآمدزا نیز اشاره کرد.

۹- در نظر گرفتن برنامه‌های نگهداری طبیعی در منطقه، جایگزینی سوخت‌های فسیلی و دیگر منابع انرژی با سوخت هیزمی، سامان‌دهی درآمدزایی از محصول‌های فرعی جنگل و بالا بردن سطح درآمد روستاییان و اشتغال زایی. با بالارفتن سطح زندگی مردم محلی، هزینه فرصت این اهالی افزایش و در نتیجه تخریب جنگل‌ها کاهش می‌یابد.

۱۰- تغییرات مورد نظر در منطقه باید بر اساس آگاهی از محدودیت‌های محیط زیستی منطقه و نیازهای اقتصادی-اجتماعی صورت گیرد.

علاوه بر این با در نظر گرفتن موقعیت مکانی این منطقه که در مجاورت منطقه حفاظت شده کیامکی، منطقه آزاد ارس و محدوده مرز بین المللی واقع شده است و همچنین با توجه به اینکه کشاورزی و دامداری، از عمده فعالیت‌های مردم منطقه به شمار می‌رود و درآمد و زندگی مردم محلی به استفاده از زمین بستگی دارد، برنامه‌ریزان و مدیران باید در برنامه‌ریزی ها به اصول توسعه پایدار توجه ویژه داشته باشند تا تغییرپذیری‌ها در سطح منطقه تحت کنترل و مدیریت باشد. تغییرپذیری‌های مورد نظر در منطقه باید بر اساس آگاهی از محدودیت‌های محیط زیستی منطقه و نیازهای اقتصادی-اجتماعی صورت گیرد. نتایج این تحقیق می‌تواند در تدوین برنامه‌ریزی کاربری اراضی در منطقه ارسباران مورد استفاده قرار گیرد. بدیهی است با مدیریت تغییرات کاربری اراضی و حفظ و احیاء پیوستگی سیمای طبیعی منطقه از مشکل‌ها و دشواری-های ناشی از تخریب محیط زیستی در آینده جلوگیری خواهد شد.

پی‌نوشت‌ها

1 On screen digitizing
2 Mesh
3 Division

منابع

Aguilera, F., Valenzuela, L.M. and Botequilha-Leitão, A., 2011. Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: A case study in a Spanish metropolitan area. Journal of Landscape and Urban Planning. 99(3-4), 226-238.

Alijanpour, A., Rad, E.J. and Shafiei, A.B., 2009. Investigation and comparison of two protected and non-protected forest stands regeneration diversity in Arasbaran. Iranian Journal of forest. 1(3), 209-217.

Campagnaro, T., Frate, L., Carranza, M.L. and Sitzia, T., 2017. Multi-scale analysis of alpine landscapes with different intensities of abandonment reveals similar spatial pattern changes: Implications for habitat conservation. Journal of ecological indicators. 74, 147-159.

Darvishi, A., Fakheran, S., Saffyanian, A. and Ghorbani, M., 2012. Quantifying landscape spatial pattern changes in the Caucasian Black Grouse (Tetrao mlokosiewiczi) habitat in Arasbaran biosphere reserve. Iranian journal of applied ecology. 2(5), 27-38.

Darvishsefat, A.A., 2006. Atlas of protected areas of Iran. University of Tehran press, pp175.

Huang, C., Yang, H., Li, Y., Zou, J., Zhan, Y., Chen, X., Mi, Y. and Zhang, M., 2015. Investigating changes in land use cover and associated environmental parameters in Taihu Lake in recent decades using remote sensing and geochemistry. Plos One. 10(4), 1-16.

Jafari, Sh., Akizadeh Shabani, A., Samani, A.K. and Jafari, K., 2012. Study on the relationship between DIVISION and MESH metrics for the analysis of land cover fragmentation in Sorkhhesar National park. The 1st international conference of LALE-Iran.

Ghosh, A., Munshi, M., Areendran, G. and Joshi, P.K., 2012. Pattern space analysis of landscape metrics for detecting changes in forests of Himalayan foothills. Asian journal of geoinformatics. 12(1), 1-12.

Jabarian Amiri, B., Asgarian, A. and Sakieh, Y., 2016. Introducing landscape accuracy metric for spatial performance evaluation of land use/land cover change models. Geocarto international. 32(11), 1171-1187.

Karami, A. and Feghhi, J., 2012. Controlling and comparison of North and South Zagros land use using landscape ecology approach (Case Study: Provinces of Kurdistan and Kohgiloyeh and Boyer Ahmad). Journal of town and country planning. 4(6). 5-34.

Kupfer, J.A., 2012. Landscape ecology and biogeography: rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. Progress in physical geography. 36(3), 400-420.

Lausch, A., Blaschke, T., Haase, D., Herzog, F., Syrbe, R.U., Tischendorf, L. and Walz, U., 2015. Understanding and quantifying landscape structure-A review on relevant process characteristic, data models and landscape metrics. Journal of ecological modelling. 295, 31-41.

Makhdoum, M., 2008. Landscape ecology or environmental studies (Land Ecology) (European Versus Anglo-Saxon schools of thought). Journal of International environmental application and science. 3(3), 147-160.

McGarigal, K., 2001. Introduction to landscape ecology. Duke University, Private University in Durham, North Carolina, USA.

Midha, N. and Mathur, P.K., 2010. Assessment of forest fragmentation in the conservation priority Dudhwa Landscape, India using Fragstats computed class level metrics. Journal of the Indian society of Remote Sensing. 38(3), 487-500.

Mirzayi, M., Riahi Bakhtyari, A., Salman Mahini, A. and Gholamalifard, M., 2013. Investigating the land cover changes in Mazandaran Province using landscape ecology's metrics between 1984-2010. Iranian Journal of applied ecology. 2(4), 37-55.

Nasiri, V., Darvishsefat, A.A., Shirvany, A. and Avatefi Hemmat, M., 2014. Monitoring and predicting land use changes using temporal satellite images and GIS (Case study: Arasbaran region). Thesis. University of Tehran, Iran.

Nohegar, A., Jabarian Amiri, B. and Afrakhte, R., 2015. Land use analysis on Guilan central district using landscape ecology approach. Geography and territorial spatial arrangement. 15(5), 197-213.

Sarhangzadeh, J. and Makhdoum, M., 2002. Land use planning of Arasbaran protected area. Journal of environmental studies. 28(30), 31-42.

Shabani, N., Abarkar, M., Parivar, P. and Kouchackzadeh, M., 2011. Introducing and applying landscape ecological approach in city scale (case study: the city of Tehran). Journal of environmental science and technology. 12(4), 185-197.

Soleymannejad, L., Feghhi, J., Makhdoum, M. and Namiranian, M., 2014. Spatial pattern analyses of Tehran parks by using landscape metrics. Journal of environmental research. 5(9), 25-34.

Taheri Sartashnizi, F., Feghhi, J., Danekar, A. and Khamane, S.B., 2014. Application of landscape metrics in gradient analysis of urban green spaces. Journal of science and environmental engineering. 1(2), 23-33.

Talebi Amiri, Sh., Azari Dehkordi, F., Sadeghi, H.R. and Sofbaf, R., 2009. Study on landscape degradation in Neka watershed using landscape metrics. Journal of environmental research. 6(3), 133-144.

Uuemaa, E., Antrop. M., Roosaare, J. and Marja, R., 2018. Landscape Metrics and Indices: An Overview of Their Use in Landscape Research. Living Reviews in Landscape Research. 3. 10.12942/lrlr-2009-1.

Yuan, J., Cohen, M.J., Kaplan, D.A., Acharya, S., Larsen, L.G. and Nungesser, M.K., 2015. Linking metrics of landscape pattern to hydrological process in a lotic wetland. Journal of landscape Ecology. 30(10), 1893-1912.

Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R. and Mander, U., 2009. Landscape metrics and indices: An overview of their use in landscape research. Living reviews in landscape research, 3(1), 1-28.

Zebardast, L., Yavari, A.R., Salehi, E. and Makhdoum, M., 2012. Using landscape ecological metrics to investigate impacts of road on structural changes in Golestan National Park during 1987 to 2010. Journal of environmental research, 2(4), 11-20.

Environmental Sciences Vol.16 / No.3 / Autumn 2018

101-118

Analysis of land use and land cover using ecological landscape metrics (case study: Arasbaran region)

Vahid Nasiri and Ali Asghar Darvishsefat*

Department of Forestry and Forest Economic, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 2017.11.19 **Accepted:** 2018.9.29

Nasiri, V. and Darvishsefat, A.A., 2018. Analysis of land use and land cover using ecological landscape metrics (case study: Arasbaran region). Environmental Sciences. 16 (3), 99-116.

Introduction: A landscape is a heterogeneous and vast region consisting of a set of patches, habitats, and repetitive environmental elements. In recent studies, various metrics have been used to investigate the structure, function, and landscape pattern changes. The metrics are quantitative indices that describe the structural and spatial properties of the landscape. The objective of this study was to obtain information on the current status of different land use classes and the analysis of complex relationships among classes in Arasbaran region.

Material and methods: In this regard, a land use/land cover (LULC) map with seven classes (i.e., high-density forest, low-density forest, agriculture, grassland, barren land, water, and urban area) was produced from Landsat 8 OLI imagery (2014) and ancillary data. Eighteen different landscape metrics including area metrics, shape metrics, isolation and proximity metrics and diversity metrics were calculated for each class and landscape level.

Results and discussion: Results showed that the high-density forest and grassland form the main elements of Arasbaran landscape with 30.76% and 30.03% of the Percentage of landscape, respectively. The metrics of number and density of patches showed that grassland and low-density forest classes had the highest number of patches compared to other land use classes and so are the finest grained land use classes in the area. The largest patch index also showed that 4.76 percent of the landscape was occupied by the largest high-density forest patch. The total edge and edge density indicated that the majority of the area is covered by high-density forest and it provides the longest border with other land uses. Based on the shape metric, urban area and barren land have the most dispersion. In addition, the urban area and high-density forest are the most discontinuous and continuous land uses in the landscape, respectively. Based on the mean of Euclidean distance, the distance between the high-density forest patches is the minimum and the distance between the urban patches is the maximum metric. In total, the study area is composed of 802 LULC patches. Also, based on Shannon and Simpson diversity and uniformity metrics, the area is diverse and heterogeneous.

Conclusion: Considering the fine-grained grasslands and forests with high (dis) connectivity, the dispersion of urban areas, and the extent of agricultural lands, an increasing rate of changes in the land use can be estimated in the future. The future changes can be as removing small patches of grassland and forests, and expansion of the urban and agricultural classes.

Keywords: Landscape metrics, Landscape ecology, Land use, Arasbaran.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: adarvish @ut.ac.ir