مقایسه ساختار اراضی مرتعی و میزان تخریب پیوستگی سیمای سرزمین در زیرحوزه‌های آبخیز ایریل، استان اردبیل

رئوف مصطفی‌زاده[۱*]، انیس جعفری[۲] و فرشاد کیوان‌بهجو[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۹)

چکیده

هدف تحقیق حاضر، مقایسه ساختار پوشش مرتعی و درجه تخریب سیمای سرزمین در زیرحوزه‌های آبخیز ایریل استان اردبیل بوده است. براساس نقشه کاربری اراضی و ابزار تفکیک سیمای سرزمین، چهار کلاس تفکیک (لکه، حاشیه، سوراخ‌شدگی و هسته) در اندازه سلولی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر مشخص شدند. شاخص‌های LPI، ED، Cohesion، Mesh، Split و AI برای ارزیابی ساختار مرتع با استفاده از Fragstats محاسبه شدند. براساس نتایج، در زیرحوزه ۵ مقدار سنجه پیوستگی Cohesion با مقدار ۹۳/۶۰ کمترین و سنجه Division بالاترین مقدار (۰/۹۲) را دارد. مقدار سنجه LPI در زیرحوزه‌های ۸ و ۹ با مقادیر ۸۹/۳۰ و ۸۴/۱۲ محاسبه شد. بیشترین و کمترین تعداد لکه‌ها در سلول‌های ۱۵ و ۵ متری است و مقادیر حاشیه، سوراخ‌شدگی و هسته کوچک در اندازه‌های سلولی تغییرات چندانی ندارد. همبستگی شاخص Perforated و سنجه Cohesion با ضریب همبستگی معکوس برابر ۰/۹۴ است. همبستگی Perforated و Split مستقیم (R^2=۰/۹۵) نشان‌دهنده افزایش Split و تفکیک بیشتر سیمای مرتع است. مقادیر لکه‌ها و هسته‌های مرکزی درمنطقه کم بوده و میزان تخریب سیمای سرزمین در حاشیه لکه‌ها بیشتر است. در تعداد بالا و حاشیه بیشتر لکه‌ها، پیوستگی کاهش یافته و نشان‌دهنده تخریب مرتع است، درحالی که مقدار بالای شاخص هسته در زیرحوزه‌ها بیانگر مطلوبیت لکه‌های مرتعی از نظر پیوستگی مرتع است.

واژه‌های کلیدی: تفکیک‌شدگی، سنجه‌های سیمای سرزمین، اثر حاشیه، لکه، پیوستگی

۱. گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir

مقدمه

سیمای سرزمین به‌عنوان موزائیکی از لکه‌ها یا موزائیک عناصر سیمای سرزمین و یا الگویی از اکوسیستم‌های محلی یا کاربری‌های سرزمین است که در یک منطقه و در یک فرم مشابهی تکرار شده‌اند (۲، ۶، ۲۲ و ۲۳). ساختار فضایی سیمای سرزمین و کاربری اراضی در نتیجه تعامل پیچیده فاکتورهای ساختاری و عملکردی مرتبط با تقاضا، ظرفیت تکنولوژی و ارتباطات اجتماعی، به‌سرعت در حال تغییر هستند (۲۱، ۳۱ و ۳۳). لذا، آگاهی از تغییرات پوشش و کاربری زمین به‌عنوان داده‌های پایه برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از منابع در روند توسعه پایدار، شناسایی منابع اکولوژیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۷). گسترش کاربری‌های انسان‌ساخت در طبیعت موجب تغییر اساسی در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار و الگوی سیمای سرزمین می‌شود (۱۱ و ۱۴). سیمای سرزمین را می‌توان تیپ‌های زیستگاهی درنظر گرفت که براساس ویژگی‌های جوامع گیاهی مراحل چرخه توالی تعیین می‌شود (۱۲، ۱۴ و ۳۰). در سه دهه اخیر، پوشش گیاهی مراتع کشور، به‌دلایل متعدد از جمله انگیزه ایجاد مالکیت در اراضی ملی به‌وسیله کشاورزان و روستاییان، تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی و چرای بیش از ظرفیت به‌شدت تخریب شده و این اکوسیستم‌ها را با بحرانی جدی مواجه کرده است (۹ و ۱۰). به‌منظور بهره‌برداری پایدار، لازم است وضعیت سیمای سرزمین اراضی مرتعی با هدف بهبود وضعیت و مدیریت مرتع مورد پایش قرار گیرد (۱۶ و ۲۵). از طرفی، مقایسه وضعیت ساختار اراضی مرتعی نیازمند شاخص‌های کمی برای ارزیابی است (۷ و ۲۸). در این زمینه از میان سنجه‌های مختلف مرتبط با پیچیدگی لکه، موقعیت، تنوع و پیوستگی مستخرج از نقشه‌های موضوعی در سطح سیما، سنجه‌های تراکم لکه، شاخص متوسط بعد فرکتالی و شاخص Cohesion لکه برای توصیف الگوی سیمای سرزمین، صرف‌نظر از مقیاس توسط لکسیدا و همکاران مناسب تشخیص داده شد (۲۶). در این راستا، سنجه‌های سیمای سرزمین در مباحث اکولوژی سیمای سرزمین، پایش، برنامه‌ریزی، تعیین ساختار و الگوهای تغییر، و نیز مقایسه ناهمگنی مکانی بین مناظر مختلف مفید هستند (۲۶ و ۲۷). تجزیه و تحلیل سیمای سرزمین می‌تواند به درک اثر فعالیت‌های انسانی به‌ویژه کشاورزی به‌عنوان عامل اصلی تغییر شکل سیمای سرزمین در مناطق دارای ارزش اکولوژیکی کمک کند (۱۹). توصیف شکل، اندازه و چیدمان مکانی لکه‌های مختلف زیستگاه در سیمای سرزمین، می‌تواند برای تشخیص پیوستگی الگوهای مکانی و عوامل ایجاد تغییر، احیاء فرایندهای محیط زیستی یا تعیین استراتژی‌های مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد (۲۶). در زمینه ارزیابی ساختار اراضی مرتعی و درجه تخریب سیمای سرزمین مطالعات متعددی در ایران و خارج از کشور انجام شده که در اکثر آنها سهم فعالیت‌های انسانی در ایجاد تغییرات کاربری اراضی و تخریب محیط زیست بیشتر از فرایندهای طبیعی مورد تأکید بوده است. وگت و همکاران (۳۲) با پردازش تصویر و طبقه‌بندی نقشه پوشش اراضی پارک ملی والگراند در شمال ایتالیا الگوهای فضایی کاربری اراضی را در چهار طبقه شامل لکه، حاشیه، لکه فاقد پیوستگی و هسته تقسیم‌بندی کرد. نتایج تحقیق آنها بیانگر دقت بالای محاسبات در مقیاس کوچک‌تر و دقت تحلیل الگو در مقیاس سلولی و سیمای سرزمین است. در مطالعه‌ای دنگ و همکاران (۱۳) از تکنیک‌های سنجش از دور، آشکارسازی تغییرات و متریک‌های 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 سیمای سرزمین در یک دوره ده ساله واقع از ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶ در شهر هانگزو سواحل شرقی چین پرداختند. نتایج آنها رشد سریع شهری را ناشی از تغییر لکه‌هایی از سایر کاربری‌ها (مرتع، کشاورزی و پیکره‌های آبی) به کاربری شهری نمایش داد و مشخص شد که در طول این ده سال، پس‌زمینه سیمای سرزمین از کشاورزی به شهری تغییر کرده است و تعداد لکه‌ها افزایش پیدا کرده است. سو و همکاران (۲۹) تغییرات الگوی پراکنش اراضی کشاورزی در یک دوره

۳۰ ساله در حوزه آبخیز کیانتانگ چین با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین را ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که در این فاصله زمانی، پیوستگی اراضی کشاورزی کاهش یافته و به قطعات جدا با شکل نامنظم تفکیک شده‌اند. زارع چاهوکی و همکاران (۵) با مطالعه الگوهای سیمای سرزمین و استفاده از سنجه‌ها در تفکیک تیپ‌های گیاهی نتیجه گرفتند که برای تفکیک طبقات نقشه واحدهای شکل زمین، سنجه تراکم حاشیه بیشترین تأثیر را بر تفکیک طبقات دارد. آنها براساس نتایج آنالیز تشخیص، سنجه‌های تعداد لکه، تراکم حاشیه و شاخص پیچ‌خوردگی شکل لکه‌های سیمای سرزمین را در تفکیک واحدهای تیپ گیاهی و شکل زمین مناسب تشخیص دادند. با مرور منابع، مشخص شد تحقیقات اندکی درخصوص مقایسه ساختار اراضی مرتعی و درجه تخریب سیمای سرزمین انجام شده است. با توجه به اهمیت موضوع و نقش ساختار سیمای سرزمین اراضی مرتعی با استفاده از شاخص‌های مناسب به‌منظور مدیریت عرصه‌های طبیعی، انجام تحقیقات بیشتر در این خصوص ضروری است. در این راستا، هدف تحقیق حاضر مقایسه ساختار اراضی مرتعی و درجه تخریب سیمای سرزمین با تعیین و مقایسه درجه تخریب در لکه‌های منفرد، اثر حاشیه، سوراخ‌شدگی و هسته داخلی در زیرحوزه‌های آبخیز ایریل در استان اردبیل با ترکیبی از انواع مختلف کاربری اراضی است.

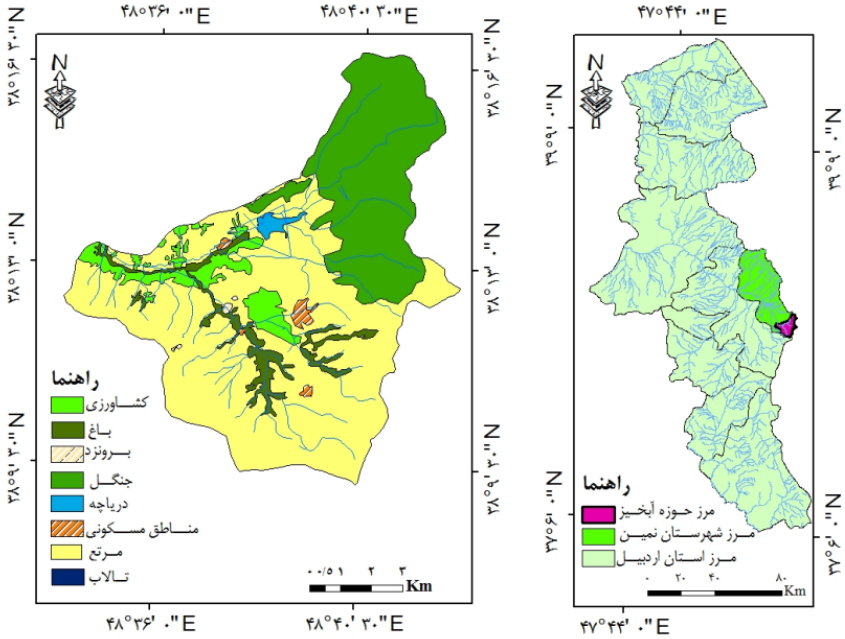
روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

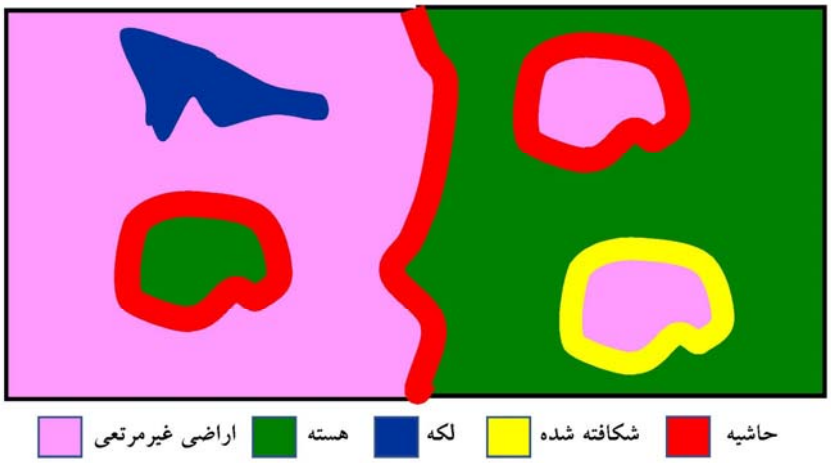
حوزه آبخیز ایریل با مساحت ۷۹/۰۸ کیلومتر مربع واقع در منطقه هیر و بخشی از منطقه حیران و در مختصات جغرافیایی با طول جغرافیایی ″۴۵ ′۳۳ °۴۸ تا ″۴۰ ′۴۲ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ″۲۰ ′۰۹ °۳۸ تا ″۴۰ ′۱۶ °۳۸ شمالی واقع شده است (شکل ۱). از روستاهای اطراف آن می‌توان به روستای پریس در شمال حوزه، روستای یونجالو در شمال غرب حوزه، روستای کریق در غرب حوزه، روستای قزل قیه در جنوب حوزه و روستاهای تفیه، حور، سقزچی و ایریل در داخل حوزه واقع شده‌اند، اشاره کرد. حداقل ارتفاع ۱۴۰۰متر و حداکثر ارتفاع ۲۳۶۷ متر از سطح دریا است (۴). مراکز جمعیتی حوزه آبخیز عبارتند از: روستاهای سقزچی، هور، تفیه و رز که در منطقه مورد مطالعه پراکنده‌اند. حداکثر دما در تابستان ۲۵ درجه سانتی گراد است. حداکثر بارندگی در فصل بهار و پاییز است و میانگین بارندگی سالانه ۴۴۰/۵۴ میلی‌متر است (۶ و ۸).

روش تحقیق

جهت مقایسه ساختار اراضی مرتعی و درجه تخریب سیمای سرزمین، نقشه کاربری اراضی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان اردبیل دریافت شد (۱). سپس نقشه مذکور به‌کمک تصاویر Google Earth مورد بازبینی قرار گرفت (۱۵) و با انجام بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه، صحت نقشه تأیید نهایی شد. در مرحله بعد در محیط ArcGIS کاربری اراضی مرتعی جهت ارزیابی ساختار از سایر انواع کاربری اراضی تفکیک شد (۲ و ۳) و با کدهای جداگانه مشخص شدند (۳۳). در مرحله بعد نقشه کاربری اراضی به فرمت رستری در چهار اندازه سلولی ۵×۵، ۱۰×۱۰، ۱۵×۱۵ و ۲۰×۲۰ تهیه شد. اندازه‌های سلولی مذکور بر مبنای ارزیابی اثر اندازه سلولی بر میزان تخریب سیمای اراضی مرتعی انتخاب و نیز متناسب با وسعت کم منطقه مورد مطالعه انتخاب شده‌اند. انتخاب اندازه متفاوت سلولی به‌منظور ارزیابی اثر اندازه سلولی بر میزان تخریب سیمای اراضی مرتعی در زیرحوزه‌های مورد مطالعه بوده است (۳۳). سپس با استفاده از نرم‌افزار Landscape Fragmentation Tool v2.0 شاخص‌های مرتبط با میزان تخریب ساختار اراضی مرتعی مورد محاسبه قرار گرفت (۲۴). برنامه LFT v2.0 برای تعیین طبقه‌بندی درجه تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین ارائه شده است. در استفاده از نرم‌افزار مذکور نوع کاربری مورد نظر به چهار طبقه شامل لکه، حاشیه، سوراخ‌شدگی و هسته جهت ارزیابی ساختار تقسیم می‌شود (۲۵). در حالت جزئی‌تر، طبقه هسته براساس فاصله از مرکز لکه و نیز مساحت لکه به هسته کوچک (مساحت کوچک‌تر از



شکل ۱. موقعیت حوزه آبخیز و نقشه کاربری اراضی ایریل در استان اردبیل (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۲. تصویری از الگوی تغییرات تخریب ساختار اراضی در یک کاربری اراضی مشخص (۳۳) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

۱۰۱ کیلومتر مربع)، هسته مرکزی (مساحت ۱۰۱ تا ۲۰۲ کیلومتر مربع) و هسته بزرگ (مساحت بزرگ‌تر از ۲۰۲ کیلومتر مربع) تقسیم می‌شود. در ارزیابی سیما، هرچه مساحت لکه بزرگ‌تر باشد، مطلوب‌تر بوده و امکان تخریب آن کاهش می‌یابد. طبقات اصلی مذکور براساس پارامتر عرض حاشیه تعریف می‌شوند. عرض حاشیه فاصله‌ای را نشان می‌دهد که کاربری اراضی تکه‌تکه شده می‌تواند تخریب کاربری مورد نظر را کاهش دهد (۲۰). در بسیاری از مطالعات، تخریب مناظر طبیعی در امتداد حاشیه‌ها اتفاق می‌افتد. شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی میزان تخریب سیمای اراضی مرتعی در تحقیق حاضر در شکل ۲ ارائه شده و جزئیات آن به‌صورت زیر است (۳۲):

جدول ۱. خصوصیات سنجه‌های سیمای سرزمین مورد استفاده در تحلیل درجه تخریب سیمای سرزمین در آبخیز ایریل استان اردبیل (۲۲)

سنجه سیمای سرزمین	نام فارسی	علامت اختصاری	فرمول محاسباتی	واحد
Largest Patch Index	شاخص بزرگ‌ترین لکه	LPI	$\frac{j=1^{n} \max(a_{ij})}{A}(100)$	درصد
Edge Density	تراکم حاشیه	ED	$\frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}}{A}(10000)$	متر در هکتار
Patch Cohesion Index	شاخص پیوستگی لکه	Cohesion	$\left[1-\frac{\sum_{j=1}^{n} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} P_{ij}\sqrt{a_{ij}}}\right]\left[1-\frac{1}{\sqrt{Z}}\right]^{-1}(100)$	–
Effective Mesh Size	اندازه شبکه تأثیرگذار	Mesh	$\frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^{2}}{A}\left(\frac{1}{10000}\right)$	هکتار
Splitting Index	شاخص جداشدگی	Split	$\frac{A^{2}}{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^{2}}$	–
Aggregation Index	شاخص انبوهی یا تجمع	AI	$\left[\left(\frac{g_{ii}}{\max g_{ii}}\right)P_i\right](100)$	درصد

– هسته (داخلی): محدوده خارج از "اثر حاشیه" درنظر گرفته می‌شود که از تخریب بر اثر تفکیک سیمای سرزمین محفوظ می‌ماند.

– شکافته شده: این وضعیت در ناحیه "اثر حاشیه" و در راستای حاشیه‌های پاک‌تراشی شده در بخش‌های خارج از لکه مشاهده می‌شود (مانند کاربری‌های طبیعی اطراف یک محدوده مسکونی).

– حاشیه: وضعیت مذکور در داخل محدوده "اثر حاشیه" و نیز حاشیه بیرونی محدوده‌های خارج از لکه مشاهده می‌شود (مانند مناطق جنگلی در راستای محدوده‌های مسکونی و محصور توسط مرز) (۱۸).

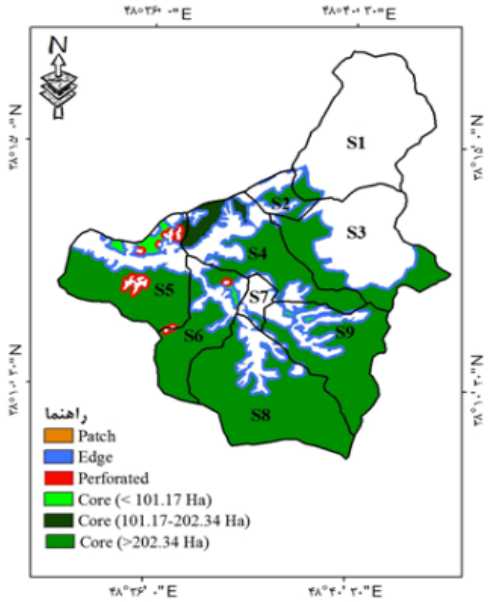
– لکه: قطعات کوچک کاربری اراضی که به‌واسطه اثر حاشیه به‌طور کامل تخریب شده‌اند.

پس از محاسبه شاخص‌های فوق با استفاده از نرم‌افزار Landscape Fragmentation Tool v2.0 مقادیر آنها در سطح زیرحوزه‌های منطقه مورد مطالعه مورد تحلیل قرار گرفت و نتایج در قالب نمودار ارائه شد (۳۲). در ادامه پس از انتخاب اندازه سلولی مناسب در ارزیابی درجه تخریب سیمای سرزمین اراضی مرتعی، تحلیل‌های مکانی در خصوص مقایسه ساختار سیمای سرزمین با تأکید بر تخریب اراضی مرتعی صورت گرفت. در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار Fragstats سنجه‌های مرتبط با سیمای سرزمین در هر زیرحوزه شامل LPI، ED، Cohesion ، Mesh ، Split و AI استخراج شدند که در جدول ۱ جزئیات آنها نشان داده شده است.

نتایج

مقادیر شاخص‌های لکه، حاشیه، سوراخ‌شدگی و هسته از نتایج اصلی نرم‌افزار Landscap Fragmentation Tool v2.0 است که مقادیر هر شاخص اطلاعات کاملی از پیوستگی و ساختار اراضی مرتعی و سیمای سرزمین ارائه داده است، که مفهوم شاخص‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است.

در شکل ۳، شاخص هسته در سه کلاس محاسبه شد، و همان‌گونه که در راهنمای شکل مشخص است، بخش‌های سبز رنگ مراتع هستند، رنگ آبی حاشیه کاربری مرتع و نیز بخش‌های سفید، کاربری‌های کشاورزی و مسکونی هستند که



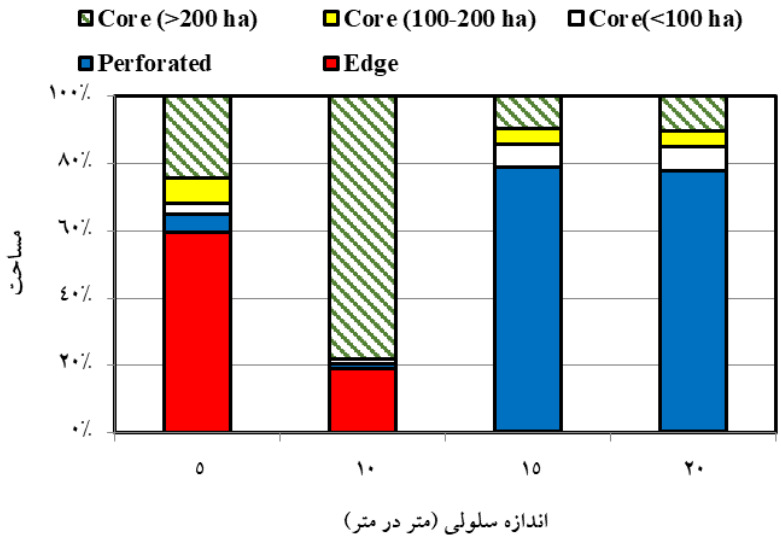
شکل ۳. مفهوم شاخص‌های محاسباتی مرتبط با پیوستگی سیمای سرزمین در آبخیز ایریل استان اردبیل
(S نشان‌دهنده زیرحوزه‌ها است) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۲. مقادیر شاخص‌های ارزیابی سیمای سرزمین با ابعاد سلولی متفاوت در زیرحوزه‌های آبخیز ایریل استان اردبیل

شاخص ارزیابی سیمای سرزمین	۵×۵	۱۰×۱۰	۱۵×۱۵	۲۰×۲۰
Patch (تعداد)	۱۰	۸۰	۱۸۰	۱۶۰
Edge (هکتار)	۳۸۰۶۴/۷	۳۷۷۵۲/۴	۳۸۲۸۷/۸	۳۷۲۱۶
Perforated (هکتار)	۳۳۹۹/۸	۳۳۶۸/۸	۳۳۷۸/۶	۳۲۷۶/۸
Core(<۱۰۱/۱۷) (هکتار)	۲۲۵۵/۹	۲۲۸۳/۲	۲۲۵۹	۲۳۷۲/۸
Core (۱۰۱/۱۷-۲۰۲/۳۴) (هکتار)	۴۷۶۶/۲	۴۸۱/۲	۴۷۳۹/۴	۴۸۸۱/۶
Core (>۲۰۲/۳۴) (هکتار)	۱۵۵۲۴/۹	۱۵۵۱۳/۶	۱۵۵۰۵۹/۲	۱۵۵۹۵۲

به‌عنوان عامل کاهش پیوستگی اراضی مرتعی درنظر گرفته شده‌اند. با توجه به نتایج شکل ۳، در مناطقی با مجاورت اراضی مرتعی با سایر انواع کاربری اراضی، با افزایش اثر حاشیه، و مقادیر شاخص مذکور، تخریب کاربری مرتع رو به افزایش است که منجر به تکه‌تکه شدگی اراضی مرتعی و کاهش پیوستگی آن می‌شود. در این راستا، متوسط اندازه لکه‌های مرتعی در زیرحوزه‌های مورد مطالعه، برابر ۴۳۸۰ هکتار بوده و بیشترین مساحت لکه مربوط به زیرحوزه ۸، با مساحت ۲۱۷۸۰ هکتار محاسبه شد. به‌عبارت دیگر در زیرحوزه مذکور، لکه مرتعی دارای کمترین مجاورت با سایر کاربری‌های اراضی است. همچنین در زیرحوزه ۷، که در مجاورت سایر کاربری‌های اراضی قرار گرفته است، دارای بیشترین مساحت حاشیه با کاربری مجاور به‌میزان ۷۰۵۵ هکتار است. مشخص شد که بیشترین میزان گسیختگی مربوط به زیرحوزه ۵ با مساحت ۲۸۶۵ هکتار است. نتایج حاصل از مقایسه ساختار اراضی مرتعی و درجه تخریب سیمای سرزمین درحوضه آبخیز ایریل در جدول ۲ نشان داده شده است.

طبق نتایج حاصل از جدول ۲، اندازه سلولی متفاوت باعث تغییر در مقدار شاخص‌های حاشیه، شکافته‌شدگی و هسته می‌شود. تغییرات میان شاخص‌ها با ابعاد سلولی متفاوت در



شکل ۴. مقایسه سنجه‌های ساختار اراضی مرتعی در اندازه‌های سلولی مختلف در حوزه آبخیز ایریل استان اردبیل (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۳. تجریه واریانس یک طرفه برای مقایسه مقادیر شاخص‌های تفکیک سیمای سرزمین در چهار اندازه سلولی، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر در متر

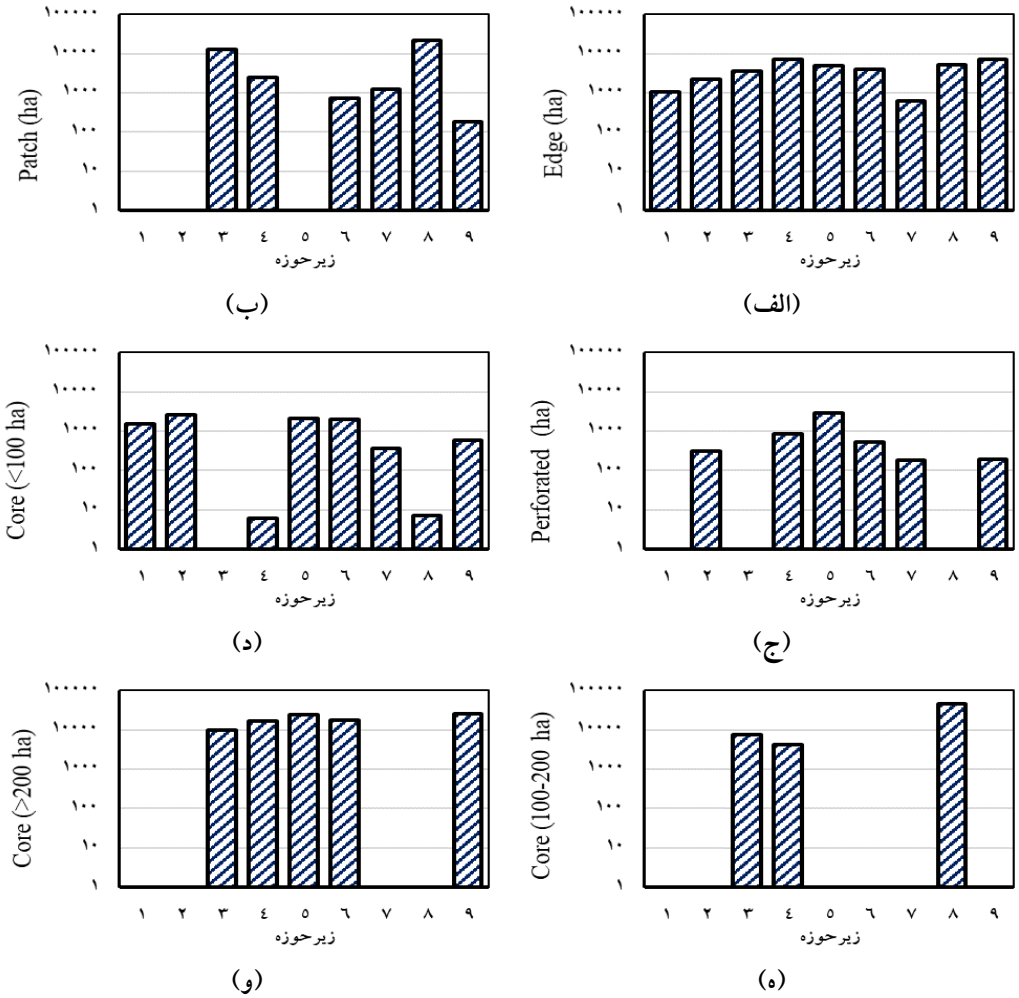
منابع واریانس	مجموه مربعات	درجه	میانگین مربعات	آماره F	p
بین گروهی	۹E+۲/۴	۳	۸E+۷/۹۸	۰/۲۷۸	۰/۸۴۱
درون گروهی	۱۰E+۵/۷۴	۲۰	۹+۲/۸۷		
کل	۱۰E+۵/۹۸	۲۳			

شکل ۴ مشخص شده است که اطلاعات مربوط در مورد سهم شاخص‌ها در جنبه‌های مختلف پیوستگی اراضی مرتعی را نشان می‌دهد.

براساس اطلاعات شکل ۴، لکه‌ها در سلول‌های با اندازه ۱۵×۱۵ متر بیشترین مقدار و در سلول‌های با اندازه ۵×۵ متر کمترین مقدار را دارند. مقدار عددی حاشیه، سوراخ‌شدگی و هسته کوچک در همه سلول‌ها تغییرات چندانی را نشان نمی‌دهد. نتایج تجریه واریانس یک طرفه به‌منظور مقایسه اختلاف میان مقادیر شاخص‌های تفکیک سیما در چهار اندازه سلولی، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر در متر در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج تجریه واریانس یک‌طرفه تفاوت شاخص‌های تفکیک سیما در چهار اندازه سلولی نشان داد که بین مقیاس‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است. مقدار هسته مرکزی در ابعاد سلولی ۱۰ متر بیشتر از سایر سلول‌ها است. در سلول‌های با اندازه ۵ متر میزان هسته بزرگ بیشتر است. تغییرات در شاخص‌ها در زیرحوزه‌های مورد مطالعه در شکل‌های زیر مشخص شده است.

براساس اطلاعات شکل ۵، در زیرحوزه ۸ مساحت لکه‌ها با مقدار ۲۱۷۸۰ هکتار بیشتر از بقیه است زیرا دارای کاربری‌های متفاوتی است و همچنین مساحت زیرحوزه نسبتاً زیاد است. مقدار حاشیه و سوراخ‌شدگی با مقادیر (۶۳۶ و ۱۸۶ هکتار) در زیرحوزه ۷ نسبت به سایر زیرحوزه‌ها کمتر است که نشان می‌دهد پیوستگی در این زیرحوزه نسبت به سایر زیرحوزه‌ها بیشتر است. مقدار حاشیه در زیرحوزه ۴ و ۹ (با مقادیر ۷۰۱۴ و ۷۰۵۵ هکتار) نسبت به سایر زیرحوزه‌ها بیشتر است که نشان‌دهنده

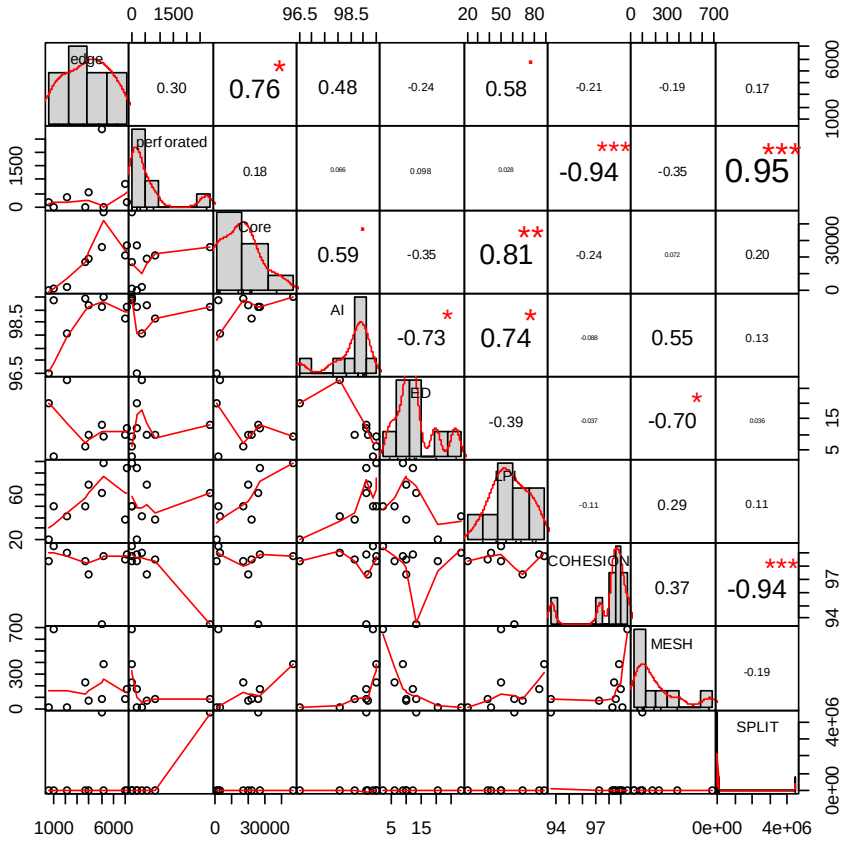


شکل ۵. مقایسه شاخص‌های محاسباتی در زیرحوزه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه: الف) حاشیه، ب) تعداد لکه، ج) سوراخ‌شدگی، د) هسته کمتر از ۱۰۰ هکتار، ه) هسته ۱۰۰ تا ۲۰۰ هکتار، و) هسته بیشتر از ۲۰۰ هکتار

تغییر کاربری و تفکیک سیمای سرزمین است. براساس شکل ۵، مقادیر هسته در اندازه‌های مختلف می‌توان گفت که هسته با مساحت کمتر از ۱۰۰ هکتار تقریباً در همه زیرحوزه‌ها وجود دارد، ولی با افزایش اندازه آن، فقط در زیرحوزه‌های بالادست هسته‌هایی با مساحت بیش از ۱۰۰ و ۲۰۰ هکتار دیده می‌شود که نشان‌دهنده پیوستگی بیشتر کاربری مرتعی در زیرحوزه‌های ۳ و ۴ است. همبستگی میان مقادیر شاخص‌های تخریب سیمای سرزمین با سنجه‌های استخراج شده در منطقه مورد مطالعه در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین در جدول ۴ ارائه شده است.

براساس نتایج جدول ۴، مقدار سنجه پیوستگی Cohesion در زیرحوزه ۵ با مقدار ۹۳/۶۰ از همه زیرحوزه‌ها کمتر است، همچنین مقدار سنجه تقسیم‌شدگی در همان زیرحوزه دارای بالاترین مقدار(۰/۹۲) است. همچنین مقدار سنجه LPI یا بزرگ‌ترین اندازه لکه در زیرحوزه‌های ۸ و ۹ با مقادیر ۸۹/۳۰ و ۸۴/۱۲ محاسبه شد.

در شکل ۶، نمودار پراکندگی ابر نقاط، هیستوگرام فراوانی شاخص‌های مذکور و مقادیر ضریب همبستگی به‌صورت



شکل ۶. نتایج همبستگی پیرسون میان مقادیر شاخص‌های تخریب سیمای سرزمین با سنجه‌های سیمای سرزمین در آبخیز ایریل (روند صعودی خطوط قرمز بیانگر همبستگی مثبت و روند نزولی آن نشان‌دهنده همبستگی منفی بین دو شاخص مورد نظر است) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۴. نتایج محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین در زیرحوزه‌های آبخیز ایریل استان اردبیل

سنجه / زیرحوزه	PD	AI	ED	LPI	Cohesion	Division	Mesh	Split
۱	۰/۱۰	۹۹/۳۹	۲/۵۳	۴۹/۷۸	۹۹/۴۹	۰/۵۵	۶۸۱/۳۴	۲۶۹/۲۵
۲	۰/۷۹	۹۸/۰۴	۲۷/۹۱	۴۰/۵۵	۹۹/۰۵	۰/۸۷	۲۷/۱۰	۳۲/۹۴
۳	۰/۱۲	۹۹/۴۷	۵/۹۷	۴۹/۷۲	۹۸/۳۸	۰/۸۳	۲۳۴/۲۱	۳۳۸۱۲/۴۸
۴	۰/۳۰	۹۸/۶۴	۱۰/۰۰	۳۷/۹۰	۹۸/۵۳	۰/۹۱	۹۳/۴۶	۱۷۳۴/۸۲
۵	۰/۴۰	۹۹/۱۱	۱۳/۰۶	۶۲/۴۱	۹۳/۶۰	۰/۹۲	۹۳/۵۰	۴۴۸۸۸۷۲/۰۰
۶	۰/۴۲	۹۹/۱۷	۹/۸۶	۶۹/۶۷	۹۷/۳۴	۰/۹۰	۷۳/۱۷	۱۴۰۷۲/۸۲
۷	۱/۹۷	۹۶/۵۱	۲۰/۲۴	۱۹/۵۸	۹۸/۳۲	۰/۸۲	۲۴/۲۶	۹۴/۲۲
۸	۰/۱۶	۹۹/۵۲	۸/۹۶	۸۹/۳۰	۹۸/۷۹	۰/۷۳	۳۹۲/۵۵	۶۶۴۱/۴۶
۹	۰/۱۷	۹۹/۱۳	۱۱/۹۷	۸۴/۱۲	۹۸/۸۸	۰/۸۲	۱۸۲/۴۱	۱۵۹۴/۳۹

یکجا ارائه شده است. براساس اطلاعات ارائه شده در شکل ۶، ارتباط و همبستگی میان شاخص Perforated و سنجه Cohesion به‌صورت همبستگی معکوس (R^2=۰/۹۴) و معنی‌دار در سطح (۰/۰۰۱) است. به‌عبارتی هر چه میزان شاخص Cohesion بیشتر باشد، به این معنی است که سیمای مورد نظر کمتر دچار گسیختگی شده است. رابطه میان Perforated و Split به‌صورت همبستگی مستقیم (R^2=۰/۹۵) و معنی‌دار در سطح (۰/۰۰۱) نشان می‌دهد که با افزایش میزان شاخص Split، میزان گسیختگی و به‌عبارتی تفکیک سیمای مرتع در منطقه مورد مطالعه بیشتر شده است. ارتباط دو شاخص Core و LPI به‌صورت معنی‌دار در سطح (۰/۰۱) با مقدار ضریب همبستگی مستقیم ۰/۸۱ نشان‌دهنده این است که هرچه شاخص بزرگ‌ترین لکه در سیمای مورد مطالعه بیشتر باشد، میزان مناطقی که به‌صورت هسته دست نخورده هستند، افزایش می‌یابد. می‌توان گفت که در مناطقی که تکه‌تکه شده‌اند شکافته‌شدگی رو به افزایش است و در مناطقی که پیوستگی بیشتر است مقدار شکافته‌شدگی رو به کاهش است. همچنین با افزایش شاخص هسته سیمای سرزمین، مقدار سنجه بزرگ‌ترین لکه نیز افزایش می‌یابد.

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش دخالت انسان اثرات متفاوتی بر ساختار مراتع و سیمای سرزمین ایجاد کرده است و اکوسیستم‌های مرتعی همواره تحت تأثیر اثرات متقابل دام و گیاه و در شرایط اقلیمی حاکم تکامل یافته‌اند. شناخت روند تغییراتی که در اثر اعمال مدیریت انسان در رویشگاه‌های مختلف مرتعی ایجاد می‌شود، در حفظ این اکوسیستم‌ها ضروری است. در تحقیق حاضر به مقایسه بین ویژگی‌های سیمای سرزمین و درجه گسستگی اراضی مرتعی پرداخته شده است. علاوه بر استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین، از شاخص‌های مرتبط با میزان تخریب ساختار اراضی و ارزیابی پیوستگی در نرم‌افزار Landscape Fragmentation Tool v2.0 نیز استفاده شده است.

در این راستا ارزیابی میزان همبستگی دو دسته شاخص مذکور نیز مورد آزمون قرار گرفته است. هنگامی که وضعیت مراتع به نحو قابل توجهی تخریب می‌شود، احتمالاً شرایط اکولوژیکی به حدی تغییر یافته‌اند که نمی‌توانند ساختار و عملکرد اولیه خود را حفظ کنند (۵). در ارزیابی اثر اندازه سلولی بر شاخص‌های لکه، حاشیه، سوراخ‌شدگی و هسته با استفاده از تجریه واریانس اثر اندازه سلولی بر شاخص‌های تخریب سیما در جدول ۳، مشخص شد که تفاوت مشخصی بین اندازه‌های سلولی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر وجود ندارد. با توجه به ماهیت شاخص‌ها به‌نظر می‌رسد که مساحت کم منطقه مورد مطالعه و محاسبه آنها در سطح زیرحوزه می‌تواند یکی از دلایل عدم تفاوت در اندازه‌های سلولی مختلف باشد. این در حالی است که ووگت و همکاران (۳۲) در تحقیق خود به تفاوت اندازه سلولی ۳ متر با سایر ابعاد سلولی اشاره کرده‌اند. کمترین و بیشترین مقدار شاخص حاشیه به ترتیب در زیرحوزه‌های ۷ و ۹ (با مقادیر ۸۳۶ و ۷۰۵۵ هکتار) است (شکل ۵- ب). افزایش حاشیه باعث افزایش سطح در معرض تخریب با سایر کاربری‌ها بوده که از نظر اکولوژیک نامطلوب تلقی می‌شود و احتمال تخریب و کاهش پیوستگی لکه‌های مرتعی را افزایش می‌دهد. در منطقه مورد مطالعه افزایش جداشدگی‌ها نشان‌دهنده تخریب و از بین رفتن لکه‌های مرتعی شده و در نتیجه مراتع به قطعات کوچک‌تری تقسیم شده‌اند (شکل ۳) که با مطالعات هولد و همکاران (۱۸) درخصوص تأثیر تجزیه سیمای جنگل در اثر تفکیک قطعات اراضی مطابقت دارد. براساس شاخص هسته، زیرحوزه‌های ۴، ۵، ۶ و ۸ دارای مقدار بیشتری هستند که بالا بودن شاخص مذکور، بیانگر مطلوبیت لکه‌های مرتعی در زیرحوزه‌های مذکور از نظر حفظ تنوع زیستی و افزایش پیوستگی اکوسیستم است. در این راستا، زارع چاهوکی و همکاران (۵) بر اهمیت سنجه تراکم حاشیه در تفکیک بهتر طبقات واحدهای شکل زمین نسبت به تیپ‌های پوشش گیاهی اشاره کرده‌اند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تخریب بیشتر نوع کاربری باعث افزایش مقدار حاشیه می‌شود (شکل ۵- الف) و شاخص حاشیه تحت

تأثیر کاربری‌های مجاور است که هارپر و همکاران (۱۷) نیز اشاره کرده‌اند که افزایش میزان حاشیه لکه‌های جنگلی در یک سیمای جنگلی تخریب یافته باعث تغییر ترکیب و ساختار جنگل شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده میزان شاخص حاشیه و سوراخ‌شدگی در زیرحوزه‌هایی که تغییر کاربری صورت گرفته و زمین‌های کشاورزی جایگزین مراتع شده‌اند، بیشتر بوده است. تنوع زیستی در مراتع از ارتباط مکانی وضعیت و فرایندهای اکولوژیک ناشی می‌شود که در اثر تخریب مراتع این ارتباط کاهش می‌یابد. با تکه‌تکه‌شدگی لکه‌های به‌هم پیوسته و ایجاد واحدهای مجزا، تعامل میان محیط، دام و عملیات مدیریت مرتع تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در این راستا درک فرایندهای تفکیک و کاهش پیوستگی مراتع می‌تواند زمینه تبیین راهکارهای مدیریتی و احیاء مراتع را فراهم کند. تعیین اندازه تخریب، محل و الگوی بروز تفکیک سیمای سرزمین می‌تواند در کنترل و جلوگیری از افزایش تخریب اکوسیستم و حفظ یکپارچگی مؤثر باشد. نتایج حاصل از چنین مطالعاتی می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مدیریت و بهبود ساختار اراضی مرتعی و حفظ یکپارچگی اکوسیستم‌های طبیعی مؤثر باشد. تخریب و تفکیک سیمای سرزمین به قطعات کوچک‌تر، باعث کاهش ارتباط میان لکه‌های همسان از یک نوع کاربری بکر می‌شود. در این ارتباط، استفاده از شاخص‌های کمی سیمای سرزمین از مواردی است که می‌تواند درجه تخریب سیمای سرزمین و الگوی تغییرات در اثر مجاورت با سایر کاربری‌های اراضی را به‌صورت کمی ارائه کند. مطالعات سیمای سرزمین در مقیاس بزرگ و نیز ارزیابی ارتباط کاربری‌های مختلف با همدیگر، امکان تشخیص درجه تخریب و یا روند آن را نشان خواهد داد.

منابع مورد استفاده

۱. اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان اردبیل. ۱۳۸۹. گزارش مطالعات حوضه سقزچی استان اردبیل، ۵۲ ص.

۲. اسکندری، س و ا. مرادی. ۱۳۹۱. کاربری اراضی و تحلیل عناصر چشم‌انداز روستای سیور از نظر زیست‌محیطی. *محیط شناسی* ۳۸(۶۲): ۴۴-۳۵.

۳. آرخی، ص. ۱۳۹۴. کاربرد متریک‌های سیمای سرزمین در ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: منطقه بیابانی دهلران). *جغرافیا و توسعه* ۴۰: ۶۸-۵۹.

٤. جعفری، ا.، ف. کیوان بهجو و ر. مصطفی‌زاده. ۱۳۹۶. مقایسه مؤلفه‌های مختلف وضعیت سلامت زیست‌بوم در حوزه آبخیز ایریل، استان اردبیل. مهندسی اکوسیستم بیابان ۶(۱۶): ۹۲-۸۱.

۵. زارع چاهوکی، م.، ن. طاهری محمدآبادی و ح. آذرنیوند. ۱۳۹۵. ارزیابی تغییرات مکانی پوشش گیاهی مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین (مطالعه موردی مراتع پشتکوه استان یزد). *مدیریت بیابان* ۷: ۵۶-۴۶.

۶. کرمی، ا و ج. فقهی. ۱۳۹۰. بررسی کمی کردن سنجه‌های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد). *محیط شناسی* ۳۷(۶۰): ۸۸-۷۹.

۷. کیانی، و. و ج. فقهی. ۱۳۹۴. بررسی ساختار پوشش/کاربری حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین. *علوم و تکنولوژی محیط زیست* ۱۷(۲): ۱۴۱-۱۳۱.

۸. گروه منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی. ۱۳۹۴. مطالعات جامع مرتع و آبخیزداری حوزه آبخیز ایریل، ۲۴۱ ص.

۹. مقدم، م. ۱۳۹۱. مرتع و مرتع‌داری، چاپ چهارم، مؤسسه انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا، ۴۲۱ ص.

۱۰. مهدوی، م.، ح. ارزانی، م. فرحپور، ب. ملک پور، م. جوری و م. عابدی. ۱۳۸۵. بررسی کارایی ارزیابی مراتع با روش سلامت

مرتع (مطالعه موردی: مراتع استپی رودشور ساوه). *علوم کشاورزی و منابع طبیعی* ۴(۱): ۵۲-۳۵.

11. Apan, A. A., S. R. Raine and M. S. Paterson. 2002. Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning* 59(1): 43-57.
12. Batty, M. and P. Longley. 1994. Fractal Cities. Academic Press, 394 p
13. Deng, J. S., K. Wang, H. Hong and G. J. Qi. 2009. Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning* 92(3-4): 187-198.
14. Forman, R. T. T. and M. Godron. 1981. Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience* 31(10): 733-740.
15. Ghorbani, A. and M. Pakravan. 2013. Land use mapping using visual vs. digital image interpretation of TM and Google earth derived imagery in Shrivan-Darasi watershed (Northwest of Iran). *European Journal of Experimental Biology* 3(1): 576-582.
16. Ghorbani, A., V. Ahmadalei and A. Asghari. 2014. Study the effect of distance from village on plant diversity and composition in rangeland of southeastern Sabalan. *Rangeland* 8(2): 178-191.
17. Harper, K. A., S. E. MacDonald, P. J. Burton, J. Chen, K. D. Brosofske, S. D. Aunnder, E. S. E-uskirchen, D. Roberts, M. S. Jaiteh and P. Eseen. 2000. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 14: 31-35.
18. Holdt, B. M., D. L. Civco and J. D. Hurd. 2004. Forest Fragmentation Due to Land Parcelization and Subdivision: a Remote Sensing and GIS Analysis. In Proceedings of the 2004 ASPRS Annual Convention, Denver, Colorado. CO 8 p.
19. Jaafari, Sh., A. AlizadehShabani, A. Danekar and A. Nazarisamani. 2013. Landscape ecological metrics-based investigation of land cover/use changes in Khojir National Park. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 13(2): 168-173.
20. Li, Y. Y., S. K, Dong, L. Wen, X. X, Wang and Y. Wu. 2013. Three-dimensional framework of vigor, organization, and resilience (VOR) for assessing rangeland health: A case study from the Alpine Meadow of the Qinghai-Tibetan Plateau, China. *Ecohealth* 10: 423-433.
21. Matsushita, B., M. Xu and T. Fukushima. 2006. Characterizing changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan using a high- quality GIS dataset. *Landscape and Urban Planning* 78(3): 241-250.
22. McGarigal, K., S. A. Cushman and E. N. Neel. 2002. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps, computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, pp. 691-703.
23. Musick, H. B. and H. D. Grover. 1991. Image textural measures as indices of landscape pattern. PP. 77-104. *In*: Turner, M. G. and R. H. Gardner (Eds.), Quantitative Methods in Landscape Ecology. Springer- Verlag, New York.
24. Parent, J., D. L. Civco and J. Hurd. 2007. Simulating Future Forest Fragmentation in a Connecticut Region Undergoing Suburbanization. Proc. ASPRS Annual Convention, Tampa, FL, 11 p.
25. Pieper, R. and R. F. Beck. 1990. Range condition from an ecological prespective: modification to recognize multiple use objectives. *Rangeland Management* 43: 550-552.
26. Plexidaa, S. G., A. I. Sfougaris, L. P. Ispikoudis and V. P. Papanastasis. 2014. Selecting landscape metrics as indicators of spatial heterogeneity - A comparison among Greek landscapes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 26: 26-35.
27. Serra, P., X. Pons and D. Sauri. 2008. Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: a spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. *Applied Geography* 28: 189-209.
28. Sheley, R. L., J. L. James, E. A. Vasquez and T. J. Svejcar. 2011. Using rangeland health assessment to inform successional management. *Invasive Plant Science and Management* 4(3): 356-366.
29. Su, Sh., X. Ma and R. Xiao 2014. Agricultural landscape pattern changes in response to urbanization at ecoregional scale. *Ecological Indicators* 40: 10-18.
30. Suo, A., Y. Xiong, T. Wang, D. Yue and J. Ge. 2008. Ecosystem health assessment of the Jinghe River Watershed on the Huangtu Plateau. *International Association for Ecology and Health* 5: 127-136.
31. Tlapakova, L., D. Stejskalova, P. Karasek and J. Podhrazka. 2013. Landscape metrics as a tool for evaluation landscape structure (case study: Hustopece). *European Countryside* 1: 52-70.
32. Vogt, V., K. H. Riitters, C. H. Estreguil, J. Kozak, T. J. Wade and J. D. Wickham. 2006. Mapping spatial patterns with morphological image processing. *Landscape Ecology* 22: 171-177.
33. Xiao, D., Y. Zhao, Z. Sun and H. Zhang. 1990. Study on the variation of landscape pattern in the west suburbs of Shenyang. *Chinese Journal of Applied Ecology* 1: 75-84.

Comparing the Rangelands Structure and Degradation of Landscape Connectivity in Iril Sub-Watersheds, Ardabil Province

R. Mostafazadeh[1*], A. Jafari[2] and F. Keivan-behjou[1]

(Received: Sep 10-2017; Accepted: June. 19-2018)

Abstract

The aim of this research was to compare the rangelands structure and landscape degradation in Iril sub-watersheds, Ardabil province. Land use map and the Landscape Fragmentation Tool were used to determine 4 classes of patch, edge, perforated and core through 5, 10, 15 and 20m cell sizes. The landscape metrics of LPI, ED, cohesion, mesh, split, and AI were calculated using Fragstats software. Results showed that the low value cohesion and high values division metrics were in sub-watershed 5. Also, the LPI in 8 and 9 sub-watersheds were 89.30 and 84.12. The highest and lowest values of patch classes were attributed to 15×15m, and 5×5m cell size, respectively. The value of the edges, perforations and core does not change through different cell sizes. The inverse correlation between perforated index and cohesion (R^2=-0.94) indicates a less-disturbed landscape in higher cohesion values. The positive correlation of split and perforated indices demonstrates a dis-connectivity and landscape fragmentation in high split index value. The landscape degradation are high in low patch and core area values and high edge amounts. High NP and more edge values indicate a reduction in landscape connectivity, while, the high values of core index specify the enhanced ecosystem connectivity.

Keywords: Fragmentation, Landscape metrics, Edge effect, Patch, Connectivity.

1. Dept. of Natur. Resour., Faculty of Agric. and Natur. Resour., Univ. of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran.
2. Dept. of Silviculture and Forest Ecol., Faculty of Agric. and Natur. Resour., Univ. of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran.
*: Corresponding Author, Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir