

## پایش و مقایسه کاربری اراضی زاگرس شمالی و جنوبی با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین (مطالعه موردی: استان‌های کردستان و کهگیلویه و بویراحمد)

آرش کرمی\*، جهانگیر فقهی<sup>۲</sup>

۱. کارشناسی ارشد جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. دانشیار گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۲۵؛ تاریخ تصویب: ۹۱/۲/۴)

### چکیده

پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی نقش اساسی در برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست دارد. ناحیه رویشی زاگرس، از لحاظ تنوع زیستی و ذخائر ژنتیکی از اهمیت خاصی برخوردار است، بدین منظور این تحقیق ابتدا با هدف بررسی ساختار اولیه سیمای سرزمین ناحیه رویشی زاگرس و سپس مقایسه سنجه‌های سیمای سرزمین زاگرس شمالی و جنوبی، در استان‌های کردستان و کهگیلویه و بویراحمد انجام گرفت. برای کمی کردن سنجه‌های مربوط به لکه‌های کاربری اراضی از آنالیز سنجه‌های سیمای سرزمین در ترکیب با روش آنالیز گرادیان در محیط GIS و FRAGSTATS استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که، درصد سطح پوشش کاربری‌های پایدار برای استان کردستان به ترتیب کشاورزی (۴۵٪)، مرتعی (۴۱٪) و جنگلی (۱۲٪) و برای استان کهگیلویه و بویراحمد به ترتیب جنگلی (۴۵٪)، مرتعی (۳۵٪) و کشاورزی (۱۲٪) است، بطور کلی سیمای سرزمین استان کردستان شامل، لکه‌های بزرگ‌تر و از لحاظ شکل ساده‌تر و دارای پیوستگی بیشتر، درحالی‌که استان کهگیلویه و بویراحمد به سمت ساختار ریزدانه‌ای پیش می‌رود.

### واژگان کلیدی:

کاربری پایدار اراضی، FRAGSTATS، زاگرس شمالی و جنوبی، سنجه‌ها، تنوع شانون و

سیمپسون، پایش

## مقدمه

فعالیت‌های بشر اغلب تأثیرات ناسازگاری بر سیماهای سرزمین و اکوسیستم‌ها می‌گذارند. از بین رفتن و قطعه قطعه شدن زیستگاه‌ها، دو تهدید بزرگ برای تنوع زیستی به شمار می‌روند. این پدیده پیامدهای اجتماعی-اقتصادی و محیط زیستی متعددی را در پی دارد. گسترش شهرنشینی و کاربری‌های انسان ساخت در طبیعت موجب تغییرات زیر بنایی در ساختار و کارکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار مکانی و الگوی سیمای سرزمین می‌شود (فورمن و گوردن، ۱۹۸۶، ص ۱۳۶). در دهه‌های اخیر مقایسه و پایش تغییرات کاربری اراضی، به منظور آگاهی از نابسامانی در نوع استفاده از سرزمین اعم از هجوم دامدار و زارع به عرصه‌های جنگلی (بویره کشت زیر درختان) و گسترش فرآیندهای کاربری‌های شهری و انسان ساخت مهم و ضروری تشخیص داده شده‌اند. آگاهی از چنین روندی، برنامه‌ریزان و مدیران را یاری خواهد کرد تا با شناخت و درک بهتری، سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت سرزمین را اعمال کنند. واضح است در مناطقی که مدیریت سرزمین (کاربری اراضی) با توان اکولوژیک ناهماهنگی دارد، بایستی با ارایه راهکارهای منطقی و عملی این ناهماهنگی مرتفع گردد، و هرچه شدت این ناهماهنگی بیش‌تر باشد، از نظر اصلاح مدیریت، اولویت بیش‌تری دارد. باید توجه داشت که اهمیت و ضرورت مطالعات مربوط به پایش و تغییرات کاربری اراضی و استفاده از روش‌های مناسب برای مطالعه در این زمینه اهمیت زیادی در پیش‌بینی چگونگی تغییرات محیطی دارد، با این نگرش ناحیه ریشی زاگرس که مناطق مورد مطالعه بخشی از آن می‌باشد، به لحاظ تنوع زیستی و حفظ ذخایر ژنتیکی از اهمیت زیادی برخوردار است و مدیریت صحیح منابع طبیعی به منظور بهره‌برداری پایدار و درخور از این منابع ضروری است. بر این اساس، در این تحقیق سعی شده ساختار و پراکنش کاربری‌های مختلف در منطقه آنالیز و روند مدیریت سرزمین در هر یک از مناطق انتخاب شده مقایسه و نشان داده شود.

## ادبیات نظری تحقیق

مفهوم عام واژه سیمای سرزمین در واقع به معنی سطحی از زمین است که لکه‌های

مختلفی را در بر دارد و با عنوان "موزاییکی از لکه‌ها"<sup>۱</sup> یا "موزاییک عناصر سیمای سرزمین"<sup>۲</sup> نامیده می‌شود (مک گورگال و همکاران، ۲۰۰۲، ص ۶۲). متریک‌های سیمای سرزمین به شاخص‌های توسعه‌یافته برای یافتن الگوی نقشه‌های طبقه‌بندی شده می‌گویند. متریک‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی خاص لکه‌ها، کلاس‌ها یا موزاییک‌های کل سیمای سرزمین می‌باشند (مک گورگال<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۲، ص ۹۹۸) متریک‌های سیمای سرزمین بهترین راه برای مقایسه وضعیت سیمای سرزمین‌ها می‌باشد. این متریک‌ها می‌توانند به‌عنوان اساس مقایسه سناریوهای متفاوت سیمای سرزمین یا فهم تغییرات وضعیت سیمای سرزمین در طی زمان باشد. متریک‌ها ابزارهای مناسبی برای طراحی و یافتن ارتباط دقیق بین ساختار و عملکرد می‌باشد. این متریک‌ها می‌توانند اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای برای کشف این ارتباطات انجام دهند. (بوتگالیا<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۶، ص ۱۲۰) کاربری اراضی پایدار به‌عنوان جزء مهم توسعه پایدار و یکی از موضوعات کلیدی و مهم برای محققان و ارزیابان بوده است. در گذشته به خصوصیات مکانی کاربری اراضی توجهی نمی‌شد ولی امروزه توجه به ساختار مکانی کاربری‌های اراضی از اهمیت زیادی برخوردار شده است. فعالیت‌های اقتصادی و انسانی به‌طور عمده در مقیاس سیمای سرزمین صورت می‌گیرد و سیمای سرزمین به‌عنوان مقیاس مکانی مناسب برای مطالعه بر روی تغییرات زیست محیطی در نتیجه فعالیت‌های انسانی می‌باشد. تمامی فعالیت‌های انسانی در نهایت، منجر به تغییرات مکانی کاربری‌های اراضی می‌شود، بنابراین سیمای سرزمین بازتابی از کاربری اراضی انسانی در گذشته را در اختیار می‌گذارد و به‌عنوان قالبی زنده و پویا برای کاربری اراضی پایدار به‌کار گرفته می‌شود. (ایکسانو<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۸، ص ۲۱۷) شباهت‌های زیادی بین ساختار سیمای سرزمین، ساختار کاربری اراضی، کارکرد سیمای سرزمین، کارکرد زمین، تغییرات سیمای سرزمین و تغییرات کاربری اراضی وجود دارد. زمین به‌عنوان هدف مطالعاتی اولیه

- 
1. Mosaics of patches
  2. Mosaics of landscape elements
  3. McGarigal
  4. Botequila
  5. Xiao

اکولوژی سیمای سرزمین می‌باشد. (ناوه<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۸۴) فعالیت‌های مدیریت اراضی و حفظ آن با توسعه اکولوژی سیمای سرزمین همگام شده‌است. (یوربان<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۸۷، ص ۱۱۹) اکولوژی سیمای سرزمین به شدت با کاربری اراضی مرتبط است، خصوصاً این ارتباط از جنبه‌های الگوهای مکانی و به‌عنوان شالوده برنامه‌ریزی کاربری اراضی و مدیریت آن مطرح می‌باشد. (ویو، ۲۰۰۰)

### پیشینه تحقیق

تغییر سیمای سرزمین در واقع مجموعه تغییرات و جایگزینی ساختار و کارکرد موزاییک سیمای سرزمین در طول زمان می‌باشد. کاربری پایدار اراضی به‌عنوان جزء مهم سیمای سرزمین و یکی از موضوعات کلیدی و مهم برای محققان و ارزیابان جهت رسیدن به توسعه پایدار و درخور سرزمین است. در گذشته به خصوصیات مکانی کاربری اراضی توجهی نمی‌شد، ولی امروزه توجه به ساختار مکانی لکه‌های کاربری‌های اراضی از اهمیت زیادی برخوردار شده‌است. کمی‌کردن الگوی سیمای سرزمین به درک و شناخت بهتر ارتباط بین فعالیت‌های انسانی و تغییرات سیمای سرزمین و به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در تصمیم‌گیری مناسب در جهت توسعه پایدار کمک می‌کند (یوح و هانگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹، ص ۸۳). در دهه‌های اخیر تلاش‌های زیادی به‌منظور توسعه روش‌ها و فرایندهای مناسب در کمی‌کردن الگوی سیمای سرزمین انجام شده است و روش‌های مختلفی برای کمی‌کردن سنجه‌های سیمای سرزمین به وجود آمده است. روش آنالیز موزاییک سیمای سرزمین با رویکرد اصول اکولوژی سیمای سرزمین یکی از روش‌های مناسب کمی‌کردن سنجه‌های سیمای سرزمین می‌باشد (وانگ<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۸، ص ۴۵). در زمینه پایش و مقایسه کاربری اراضی پایدار با نقطه‌نظر کمی‌کردن سنجه‌های سیمای سرزمین تحقیقات داخلی و خارجی معدودی صورت گرفته است، و اکثر تحقیقات انجام شده نیز در کشورهای خارجی می‌باشد، از تحقیقات خارجی انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعه‌ای

- 
1. Naveh
  2. Urban
  3. Yeh and Huang
  4. Weng

(هرزاگ و لاج<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲، ص ۱۴۳) اشاره کرد که از سنجه‌های سیمای سرزمین برای پایش تغییرات سیمای سرزمین در منطقه‌ای به وسعت ۷۰۰ کیلومتر مربع در آلمان شرقی استفاده کردند. در این مطالعه سنجه‌های سیمای سرزمین برای کل منطقه در سطح لکه، کلاس و سیمای سرزمین محاسبه شد. نتایج نشان داد که لکه‌های کاربری از تنوع کمی برخوردار بوده و به سمت تکه تکه شدن هرچه بیش‌تر سیمای سرزمین پیش می‌رود. در مطالعه‌ای دیگر (ژانگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲، ص ۵۶) از آنالیز گرادیان بر پایه GIS برای کمی‌کردن الگوی سیمای سرزمین استان شانگ‌های، چین استفاده کردند. آنها با استفاده از مجموعه داده‌های کاربری اراضی سال ۱۹۹۴ و ترکیب آن با سنجه‌های سیمای سرزمین، الگوی مکانی روند گسترش کلان‌شهر شانگ‌های را کمی کردند، و به این نتیجه رسیدند که الگوی شهری، یعنی الگوی سیمای سرزمین‌هایی که به‌صورت شهر درآمده‌اند، از نظر ترکیب متنوع‌تر، از نظر هندسی نامنظم‌تر و از نظر اکولوژیک تکه تکه‌ترند. به‌علاوه نتایج نشان دادند که با افزایش شهرسازی تراکم لکه افزایش یافته در حالی که اندازه لکه و اتصالات بین لکه‌ها کاهش می‌یابد (تانگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۸، ص ۱۳۲). تغییرات زمانی و مکانی سیمای سرزمین دو شهر هیوستون تگزاس در آمریکا و شهر داکینگ در چین را با هم مقایسه کردند. آنها در این مطالعه اثر توسعه شهری را بر روی الگوی سیمای سرزمین دو شهر بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که سیمای سرزمین‌های طبیعی مانند تالاب و جنگل‌ها در فاصله ۲۰ سال اخیر تخریب شده‌اند و بر عکس سیمای سرزمین‌های شهری گسترش پیدا کرده‌اند (شای<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۸، ص ۷۸). برای ارزیابی تغییرات سیمای سرزمین شهر شیجیاشوآنگ از ترکیب سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس و سیمای سرزمین استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین در کمی‌کردن تغییرات کاربری‌های موجود در سیمای سرزمین بسیار مناسب است، هم‌چنین نتایج آن‌ها نشان داد که بافت شهر شیجیاشوآنگ به سمت کاربری‌های انسان ساخت و غیر پایدار در حال تغییر است (یوچ و هانگ، ۲۰۰۹، ص ۸۵). الگوهای تغییر مکانی و زمانی در پاسخ به گسترش شهری را در شهر تایپه از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۵ مطالعه کردند، نتایج تحقیقات

1. Herzog and Lausch
2. Zhang
3. Tang
4. Shi

آن‌ها نشان داد که در طی این دوره زمانی از تنوع لکه‌های طبیعی کاسته شده است، ولی تعداد و تنوع لکه‌های انسان ساخت افزایش داشته است. از تحقیقات داخلی انجام شده می‌توان به مطالعه‌ای (رفیعی و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۴۳۱) اشاره کرد که به بررسی تغییرات فضای سبز و کاربری‌های شهر مشهد با تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از سنجه‌های کمی‌ساز سیمای سرزمین پرداختند، نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که الگوی کاربری‌ها در طول زمان در حال تغییر است و از لکه‌های با کاربری پایدارتر به سمت لکه‌های با کاربری ناپایدار پیش می‌روند. در مطالعه‌ای دیگر (پریور و همکاران، ۱۳۸۷، ص ۷۳). تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز تهران را در مقیاس سیمای سرزمین مورد مطالعه قرار دادند و نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که فضای سبز در تهران از نظر نحوه ترکیب و توزیع فضایی دارای شرایط مطلوبی نیست و طی دوره‌های زمانی لکه‌های فضای سبز از نظر وسعت، پیوستگی و ماهیت ترکیب دچار روند تخریب شدیدی بوده است. در همین راستا (سفیانیان، ۱۳۸۸، ص ۳۴) به مطالعه تغییرات کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان پرداخت و نشان داد که طی دوره مورد مطالعه ۳۳۶۰ هکتار از اراضی محدوده شهر اصفهان تغییر کاربری داشته است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

با توجه به اهمیت اجتماعی-اقتصادی جنگل‌های زاگرس و گسترش زیاد این اکوسیستم‌ها در نوار غربی کشور همراه با وابستگی زندگی و معیشت مردم منطقه به این اکوسیستم‌ها، لازم بود برای شناخت بیشتر منطقه و مقایسه کاربری‌های مختلف آن، این تحقیق در دو منطقه، شمال و جنوب زاگرس صورت گیرد. در این مطالعه استان‌های کردستان در شمال و کهگیلویه و بویراحمد در جنوب زاگرس انتخاب شدند.

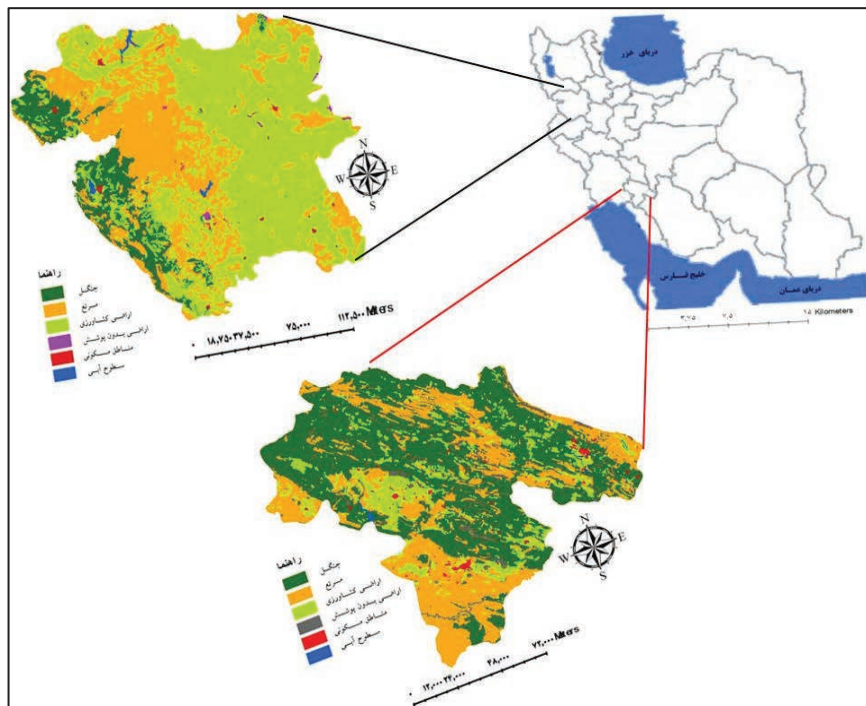
### موقعیت جغرافیایی استان کردستان

استان کردستان با حدود ۱/۷٪ مساحت کشور در شمال زاگرس و غرب ایران و در موقعیت جغرافیایی بین  $34^{\circ} 44' 23''$  تا  $36^{\circ} 30' 37''$  عرض شمالی و  $45^{\circ} 31' 19''$  تا  $48^{\circ} 16' 45''$  طول شرقی در مجاورت مرز کشور عراق قرار دارد و مرز شمالی، شمال شرقی، و شرقی و جنوبی آن در داخل کشور را استان‌های آذربایجان غربی، زنجان، همدان

و کرمانشاه تشکیل می‌دهد. محل کنونی استان کردستان جزء یکی از قدیمی‌ترین کانون‌های زیستی و استقرار جمعیت در فلات ایران به شمار می‌رود و یادمان‌های تاریخی و فرهنگی منطقه دال بر سابقه تاریخی دیرین آن می‌باشد، ویژگی‌های اقلیمی، جغرافیایی و شکل زمین، شرایط کم نظیر اکولوژی، پوشش مرتعی و جنگلی، مناطق سرسبز، حیات وحش و شکارگاه‌های متعدد استان کردستان از جاذبه‌های قوی توریستی و گردشگری منطقه محسوب می‌شود. بر اساس آمارهای هواشناسی استان کردستان دارای اقلیم نیمه مرطوب با زمستان‌های خیلی سرد و آبی و متوسط بارندگی سالانه ۵۱۲ میلی‌متر می‌باشد، که حجم سالانه آن معادل ۱۴ میلیارد متر مکعب برآورد شده است، بر اساس نقشه‌های پوشش گیاهی تهیه شده حدود ۶۰ درصد از کل مساحت استان کردستان دارای پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی است. در این استان به دلیل تنوع محیط جغرافیایی، وضعیت ناهمواری‌ها و شرایط آب و هوایی، انواع کاربری‌ها را می‌توان مشاهده کرد.

### موقعیت جغرافیایی استان کهگیلویه و بویراحمد

استان کهگیلویه و بویراحمد با مساحت ۱۶۲۶۴ کیلومتر مربع و حدود ۱٪ مساحت کشور در جنوب زاگرس و در جنوب غرب ایران و در موقعیت جغرافیایی بین مدارهای "۳۰ ۵۲' ۲۹° و "۲۶ ۲۶' ۳۱° عرض شمالی و نصف النهارهای "۴۳' ۵۵' ۴۹° و "۲۳' ۵۳' ۵۱° طول شرقی قرار دارد. کهگیلویه و بویراحمد از شمال با چهارمحال بختیاری، از شمال شرق با استان اصفهان، از شرق با استان فارس، از غرب با استان خوزستان و از جنوب با استان بوشهر هم جوار است. پوشش گیاهی استان به دلیل نوع آب و هوای گرمسیری و سردسیری متنوع است. به علت آب فراوان، پوشش گیاهی نسبتاً انبوه، متراکم و جنگلی دارد. در شکل ۱، هریک از مناطق مورد مطالعه مشخص شده است.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

### روش تحقیق

در این تحقیق از نقشه‌های کاربری اراضی که توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در سال ۱۳۸۸ برای کل ایران تهیه شده است، استفاده شد. لازم به ذکر است که این نقشه‌ها بر اساس اهداف تحقیق دوباره طبقه‌بندی شده و در شش طبقه جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، اراضی بدون پوشش و لخت، مناطق مسکونی و سطوح آبی بر اساس جدول ۱، مرتب شدند.

### روش تحقیق و تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور بررسی ساختار مکانی و آنالیز فضایی سنج‌های مختلف لکه‌های کاربری اراضی از نرم افزار Fragstats برای کمی‌کردن سنج‌های سیمای سرزمین و گرادیان استفاده شد. آنالیز گرادیان اولین بار توسط ویتاکر (۱۹۷۵) برای آنالیز پوشش گیاهی به



وجود آمد (ویتاکر<sup>۱</sup>، ۱۹۷۵). آنالیز گرادیان، می‌تواند به صورت واقعی‌تری تغییرات الگوی سیمای سرزمین را نشان دهد. مفهوم گرادیان مفهومی روشمندانه و سازمان‌یافته است که می‌تواند مزایای بسیار زیادی در مطالعات داشته باشد (مک گوریگال و همکاران، ۲۰۰۲). گرادیان‌ها می‌توانند شدت گسترش شهری، تغییرات اکوسیستم و بازتاب اثرات انسانی بر روی محیط زیست را به خوبی نشان دهد. قبل از انجام آنالیز سیمای سرزمین و آنالیز گرادیان، بایستی داده‌ها آماده سازی شوند، در این مطالعه قبل از ورود داده‌ها به نرم افزار Fragstats عملیات مورد نیاز و آماده‌سازی داده، در محیط نرم افزار Idrisi با توجه به کیفیت رستری بودن داده‌ها بر روی نقشه‌های کاربری اراضی انجام گرفت. Fragstats عنوان برنامه‌ای است که برای کمی‌کردن ساختار و الگوی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرد، این نرم افزار مجموعه کاملی از سنجه‌های سیمای سرزمین است. این برنامه محدودیتی در مقیاس (پهنه یا بزرگ‌نمایی) ایجاد نمی‌کند و برای آنالیز الگوی مکانی و سنجه‌های مختلف لکه‌های کاربری اراضی تشکیل دهنده سیمای سرزمین در محیط‌های ناهمگن و شرایط متفاوت مناسب است. همچنین سنجه‌های محاسبه شده را براساس هکتار یا متر بیان می‌کند. به ازای هر ورودی در نرم افزار Fragstats، ۳ فایل خروجی ایجاد می‌شود. هر سه فایل خروجی با نام Class، Patch و Land در محیط Excel ذخیره شده و قابل مشاهده و تجزیه و تحلیل است. این ابزار برای آنالیز الگوهای مکانی خصوصا در مدل‌سازی زیستگاه، حفاظت حیات وحش و مدیریت جنگل و غیره کاربرد دارد. آنچه که سنجه‌های سیمای سرزمین را کاربردی‌تر ساخته است، امکان مقایسه سیمای سرزمین‌های مختلف با استفاده از یک روش مشابه، ارزیابی در یک سیمای سرزمین خاص برای دفعات متعدد و مقایسه سیمای سرزمین‌های مشخص یا گزینه‌های مختلف است (گاستافسون<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸، صص ۱۴۳-۱۵۶). در این مطالعه از سنجه‌های سیمای سرزمین به عنوان اجزای الگوی ارزیابی اثرات محیط زیستی وضعیت لکه‌های کاربری اراضی در سطح سیمای سرزمین استفاده شده. است تشریح و توزیع سنجه‌های در نظر گرفته شده از مک گوریگال و مارکس<sup>۳</sup> (۱۹۹۵) و چگونگی محاسبه آنها در نرم افزار Fragstats با تفسیر

1. Whittaker
2. Gustafson
- 3 . McGarigal and Marks

معادله‌های ریاضی مربوط به هریک از سنجه‌ها و شرح پارامترهای هر معادله به طور خلاصه در زیر مشاهده می‌شود:

لازم به ذکر است که انتخاب سنجه‌های مناسب در این مطالعه بر اساس مرور منابع و مطالعات قبلی بود. در این مطالعه از هر دو دسته سنجه‌ها، سنجه‌های ترکیب و توزیع مکانی در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس استفاده شد. به علت تفاوت ذاتی در داده‌های کاربری اراضی، استفاده از سنجه‌های مختلف برای افزایش انعطاف نتایج و بررسی جامع‌تر لازم به نظر می‌رسد (لیتائو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۲، صص ۶۵-۹۳).

- **تعداد لکه‌ها (NP):** این سنجه تعداد لکه‌ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین کمی می‌کند.

- **درصد پوشش اراضی (PLAND):** نسبت درصد هر نوع لکه (کلاس) را اندازه‌گیری می‌کند.

$$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^a a_{ij}}{A} (100)$$

$P_i$  = نسبتی از سیمای سرزمین اشغال شده به وسیله لکه نوع  $i$

$a_{ij}$  = مساحت (متر مربع) لکه  $ij$

$A$  = مساحت کل سیمای سرزمین

جمع تمامی مساحت لکه‌های نوع  $i$  تقسیم بر مساحت کل سیمای سرزمین ضرب در ۱۰۰ برای تبدیل به درصد.

- **سنجه تراکم لکه (PD):** این سنجه تعداد لکه‌ها را در واحد سطح نشان می‌دهد و امکان مقایسه بین مساحت‌های مختلف را فراهم می‌کند.

این سنجه به عنوان شاخص تکه‌تکه شدگی زیستگاه استفاده می‌شود.

$$PD = \frac{n_i}{A} (10000) (100)$$

$n_i$  = تعداد لکه‌های نوع (کلاس)  $i$

$A$  = مساحت کل سیمای سرزمین

1 . Leitao

تعداد لکه‌های نوع ۱ تقسیم بر مساحت کل سیمای سرزمین ضرب در ۱۰۰۰۰ برای تبدیل به هکتار (ضرب در ۱۰۰ تا تراکم لکه‌ها در ۱۰۰ هکتار به دست آید).  
 - **سنجه تراکم حاشیه (ED):** معادل طول تمامی حاشیه‌ها تقسیم بر مساحت می‌باشد. و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (10000)$$

$e_{ik}$  = طول کل حاشیه‌های لکه‌های کلاس نوع  $i$  در سیمای سرزمین

$A$  = مساحت کل سیمای سرزمین

برای تبدیل به هکتار ضرب در ۱۰۰۰۰ شده است.

- **سنجه تنوع شانون (SHDI):** تنوع کاربری‌های سیمای سرزمین را اندازه‌گیری می‌کند. و از رابطه ۳-۴ به دست می‌آید.

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

$m$  = تعداد انواع لکه‌ها.

$P_i$  = نسبتی از سیمای سرزمین که به وسیله لکه نوع  $i$  اشغال شده است.

تنوع به وسیله دو جزء غنا و یکنواختی به صورت مستقل از هم اندازه‌گیری می‌شود. غنا به تعداد کلاس‌های موجود می‌گویند. یکنواختی توزیع مساحت کلاس‌های مختلف را اندازه‌گیری می‌کند.

- تنوع سیمپسون (SIEI) سیمپسون (۱۹۹۴).

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$$

که  $s$  تعداد دسته‌ها و  $p_i$  فراوانی نسبی است.  $P_i = n_i/N$  که  $n_i$  فراوانی نسبی دسته  $i$

و  $N$  مجموع فراوانی‌هاست.

- **سنجه بزرگ‌ترین اندازه لکه (LPI):**

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$$

$a_{ij}$  = مساحت (متر مربع) لکه ij

$A$  = مساحت کل سیمای سرزمین (متر مربع)

سنجه بزرگترین اندازه لکه برابر مساحت بزرگترین لکه در سیمای سرزمین تقسیم بر کل مساحت سیمای سرزمین ضرب در ۱۰۰ برای تبدیل به درصد است. به عبارت دیگر، این سنجه درصدی از سیمای سرزمین که بزرگترین لکه را در بر دارد، نشان می‌دهد.  $0 < LPI \leq 100$  وقتی مساحت بزرگترین لکه بسیار کوچک باشد، این مقدار به صفر میل می‌کند و وقتی کل سیمای سرزمین فقط از یک نوع کاربری و لکه پوشیده باشد، در این صورت این سنجه برابر ۱ است.

- سنجه میانگین اندازه لکه (MPS): میانگین اندازه لکه‌ها در سطح کلاس یا

سیمای سرزمین را اندازه‌گیری می‌کند.

$$MPS = \frac{\sum_{i=1}^m [a_i]}{m}$$

$a_i$  = مساحت لکه

= تعداد کل انواع لکه

- سنجه‌های آماری (انحراف معیار اندازه لکه) (PSSD):

$$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m [a_i - MPS]^2}{m}} \left( \frac{1}{10000} \right)$$

$a_i$  = اندازه لکه

$m$  = تعداد کل انواع لکه

$MPS$  = میانگین اندازه لکه

سنجه میانگین شکل لکه (MSI): میانگین نسبت محیط به مساحت لکه‌ها می‌باشد.

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( \frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right)}{N}$$

$p_{ij}$  = محیط هر لکه

$a_{ij}$  = مساحت هر لکه

$N$  = تعداد کل لکه‌ها

-سنجه شکل سیمای سرزمین (LSI): برای اندازه‌گیری پیچیدگی شکل لکه می‌باشد، که با تقسیم محیط کلاسی از لکه‌ها بر حداقل محیط همان کلاس از لکه‌ها محاسبه می‌شود.

$$LSI = \frac{e_i}{\min e_i}$$

$e_i$  = محیط کلاس لکه  $i$

$\min e_i$  = حداقل محیط کلاس لکه  $i$

- سنجه نزدیک‌ترین فاصله اقلیدسی بین لکه‌ها (MNN):

میانگین نزدیک‌ترین فواصل یک لکه به لکه‌ای دیگر از همان نوع (کنار به کنار) می‌باشد.

$$MNN = \frac{\sum_{i=1}^m h_i}{m}$$

$h_i$  = فاصله هر لکه نسبت به نزدیک‌ترین همسایه از نوع خود

$m$  = تعداد کل نزدیک‌ترین همسایه‌ها به این لکه

-سنجه‌های آماری نزدیک‌ترین همسایه (انحراف معیار فواصل نزدیک‌ترین

همسایه) (NNSD):

$$NNSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (h_i - MNN)^2}{m}}$$

$h_i$  = فاصله هر لکه نسبت به نزدیک‌ترین همسایه از نوع خود

$MNN$  = میانگین فواصل نزدیک‌ترین همسایه

= تعداد کل نزدیک‌ترین همسایه به این لکه

همانطور که در جدول ۱، مشاهده می‌شود. نقشه نهایی کاربری اراضی از شش طبقه کاربری اصلی که هر طبقه شامل یک نوع کاربری با درجات مختلف و یا کاربری‌هایی که از نظر طبقه‌بندی طبیعی و غیر طبیعی بودن (انسان‌ساخت) در یک گروه قرار می‌گیرند، طبقه‌بندی شد. به طور مثال کاربری مناطق مسکونی خود شامل مجموعه‌ای از کاربری‌های غیر طبیعی و انسان ساخت است. هم‌چنین در جدول ۱، لکه‌های کاربری اراضی از کاربری-

های پایدارتر به ناپایدارتر از بالا به پایین طبقه‌بندی شدند.

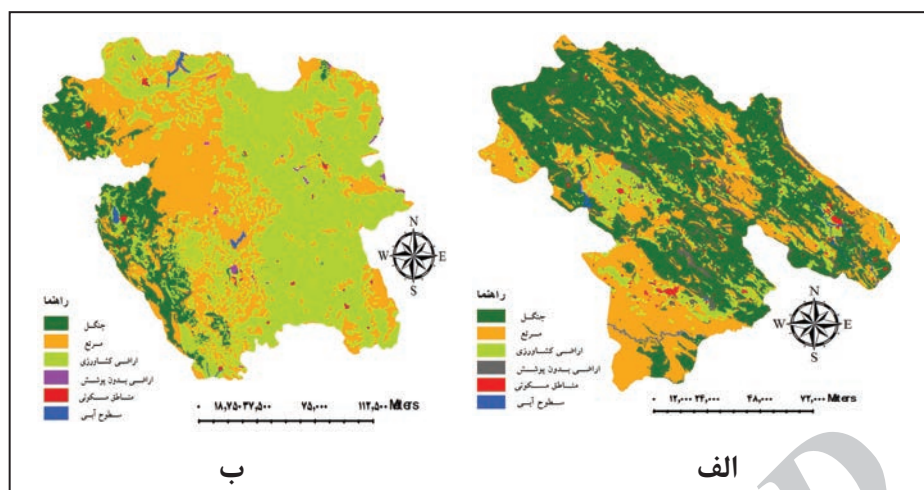
جدول ۱: طبقه‌بندی نهایی نقشه کاربری اراضی

طبقه‌بندی انواع لکه	علامت اختصاری	توضیحات
جنگل	F	انواع جنگل، درجه ۱، ۲، ۳
مرتع	R	انواع مراتع درجه ۱، ۲، ۳
اراضی کشاورزی	IF و DF	اراضی کشاورزی اراضی آیش باغ‌ها و تاکستان‌ها
سطوح آبی	L	سطوح آبی، بستر رودخانه، نيزار
اراضی بدون پوشش و لخت	BL	اراضی شور بيرون زدگی‌های لخت
مناطق مسکونی	URB	مناطق مسکونی تاسیسات صنایع مناطق در حال ساخت و ساز مراکز خدماتی (بیمارستان و...) مناطق تاریخی فرهنگی

## نتایج

در این قسمت از تحقیق، نتایج حاصل از آنالیز و تجزیه و تحلیل سنجه‌های کمی‌ساز مربوط به کاربری اراضی به صورت جداول (جداول ۲، ۳، ۴، ۵) و نمودارهای (نمودار ۱، ۲، ۳، ۴، ۵) در دو سطح کلاس (منظور از سطح کلاس سطح هر کاربری به تنهایی می‌باشد) و سیمای سرزمین (سطح کل کاربری‌ها) ارایه شد. در این بخش ابتدا نتایج آنالیزها در سطح کلاس و بعد در سطح سیمای سرزمین آورده شده است. نقشه‌های توزیع و پراکنش کاربری‌های مختلف مطابق شکل ۲، تهیه شد، لکه‌های جنگل در نقشه کاربری اراضی استان کهگیلویه و بویراحمد، تقریباً در سرتاسر این استان پراکنش دارند. با توجه به شکل ۲ الف، به طور کلی، لکه‌های با کاربری جنگلی پراکنش بهتری در سطح استان کهگیلویه و بویراحمد

دارند و از تعداد لکه‌های بیش‌تری تشکیل شده‌اند.



شکل ۲: نقشه‌های کاربری اراضی استان کهگیلویه و بویراحمد (الف) و کردستان (ب)

### آنالیز سنجه‌ها در سطح کلاس

آنالیز سنجه‌های سطح کلاس، الگوهای تغییرات هر کاربری را به‌تنهایی آنالیز می‌کند و در مورد چگونگی تغییر انواع کاربری‌ها آنالیزهای در سطح سیمای سرزمین انجام شد. آنالیز سنجه‌ها در سطح کلاس با محاسبه سنجه‌های درصد کاربری اراضی، تراکم لکه، میانگین اندازه لکه، بزرگ‌ترین اندازه لکه، سنجه شکل سیمای سرزمین و میانگین شکل لکه انجام گرفت.

### آنالیز سنجه‌ها در سطح کلاس در استان کردستان

همان‌طورکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در این استان اراضی کشاورزی بیش‌ترین مساحت و تعداد لکه‌ها را در بر می‌گیرند، و به ترتیب اراضی مرتعی و جنگلی در مراحل بعدی قرار دارند، سنجه تراکم لکه (PD) لکه‌های با کاربری مرتعی و اراضی کشاورزی را در این استان بیش‌تر از سایر کاربری‌ها محاسبه می‌کند. سنجه بزرگ‌ترین اندازه لکه، بزرگ‌ترین لکه‌ها را مربوط به لکه‌های کشاورزی و مرتعی نشان می‌دهد، هم‌چنین نتایج سنجه شکل لکه (LSI) نشان داد که پیچیده‌ترین لکه‌ها از نظر شکل لکه در اراضی مرتعی می‌باشد. افزایش سنجه شکل لکه به معنی افزایش بی‌نظمی شکل لکه‌هاست، در نتایج

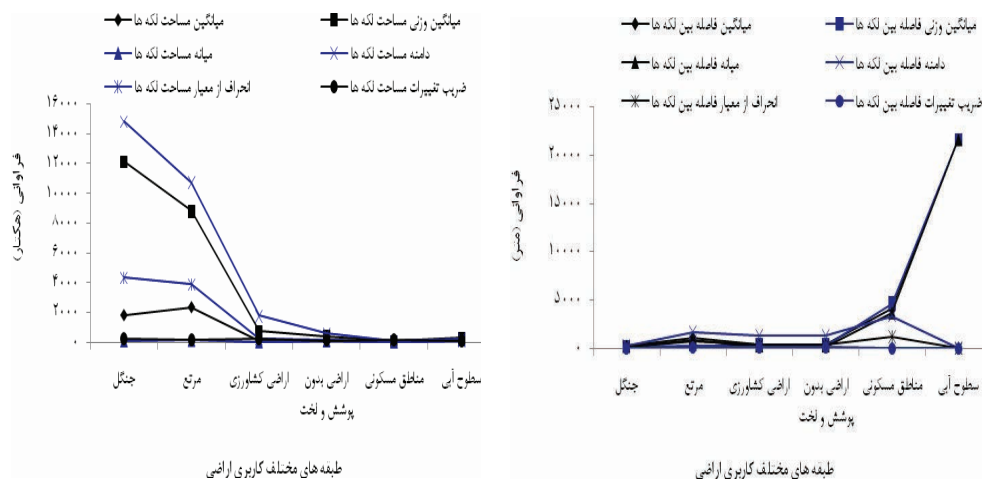
حاصل از سنجه شکل لکه، مقادیر مربوط به کاربری‌های بدون پوشش دارای کم‌ترین مقدار است. نتایج حاصل از سنجه تعداد لکه‌های مختلف کاربری نشان می‌دهد که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد لکه به ترتیب مربوط به اراضی کشاورزی و سطوح آبی می‌باشد

جدول ۲: نتایج آنالیز سنجه‌ها در سطح کلاس در استان کردستان

نوع کاربری - اراضی/سنجه‌ها	مساحت هر کاربری (هکتار)	تعداد کاربری (ندارد)	تراکم - تراکم کاربری (%)	بزرگ‌ترین اندازه لکه (%)	تراکم حاشیه (متر در هر ۱۰۰ هکتار)	سنجه شکل لکه (ندارد)
جنگل	۳۷۳۴۳۲/۱	۲۲۳	۰/۰۱	۶/۲۴	۳/۹۶	۱۴/۹۱
مرتع	۱۲۴۳۷۲۴	۹۱۹	۰/۰۳	۲۴/۳۶	۱۰/۴۱	۲۱/۶۸
اراضی کشاورزی	۱۲۶۸۳۴۲	۱۵۶۰	۰/۰۳	۳۲/۲۶	۱۰/۳۵	۲۰/۴۴
سطوح آبی	۸۳۸۲	۱۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۴	۰/۰۴	۲/۲۸
اراضی بدون پوشش و لخت	۴۷۸۹/۵۸	۳۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۱/۶۷
مناطق مسکونی	۶۱۶۹/۴۹	۳۰	۰/۰۰۰۷	۰/۰۶	۰/۰۴	۲/۰۵

نتایج مربوط به مشخصه‌های آماری مربوط به فاصله بین لکه‌های مختلف کاربری استان کردستان (نمودار ۱- الف) نشان می‌دهد که تقریباً تمام مشخصه‌های آماری سنجه فاصله بین لکه‌ها برای لکه‌های با کاربری سطوح آبی بیش‌تر از سایر کاربری‌هاست. و میانگین فاصله بین لکه‌های با کاربری‌های مناطق مسکونی، اراضی بدون پوشش و صخره‌ای و اراضی جنگلی به ترتیب در مراحل بعدی قرار دارند، در همین راستا لکه‌های با کاربری کشاورزی و مرتعی دارای کم‌ترین فاصله نسبت به هم هستند، که این موضوع تراکم و تعداد بالای کاربری‌های مذکور در منطقه را نشان می‌دهد. مشخصه‌های آماری سنجه مساحت در نمودار ۱- ب، نشان می‌دهد که میانگین مساحت لکه‌ها به ترتیب برای لکه‌های با کاربری‌های کشاورزی، مرتعی و جنگلی بیش‌تر از سایر کاربری‌های در این استان می‌باشد.





### الف

نمودار: نتایج آنالیز مشخصه های آماری سنجه فاصله بین لکه ها (الف) و مشخصه های آماری سنجه مساحت لکه ها (ب) در سطح کلاس برای استان کردستان

شاخصه آماری دامنه تغییرات اختلاف بیشترین و کمترین داده ها را در اطراف میانگین نشان می دهد، با توجه به این مشخصه آماری، مشاهده می شود که دامنه تغییرات مساحت لکه های با کاربری های کشاورزی و جنگلی نسبت به کاربری های دیگر در اطراف میانگین بیش تر است. این موضوع نشان می دهد که لکه های با کاربری کشاورزی و جنگلی در این استان از سطوح متغیری تشکیل شده است و دست خوردگی و دخالت انسان در این دو کاربری در طول زمان زیاد بوده است. ولی این مقدار برای کاربری پایین مانده و تغییرات چندانی نداشته است. و نشان می دهد که تکه تکه شدگی در این بخش کم تر از بخش های دیگر است.

### آنالیز سنجه ها در سطح کلاس در استان کهگیلویه و بویراحمد

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می شود، در این استان اراضی جنگلی بیشترین مساحت را در بر می گیرد، و به ترتیب اراضی مرتعی و کشاورزی در مراحل بعدی قرار دارند. بیشترین تعداد کاربری در این استان مربوط به لکه های با کاربری کشاورزی و کمترین آن مربوط به سطوح آبی است. تراکم کاربری کشاورزی بیش تر از جنگلی و تراکم این دو کاربری بیش تر از سایر کاربری ها در سطح استان است. اما بزرگترین اندازه

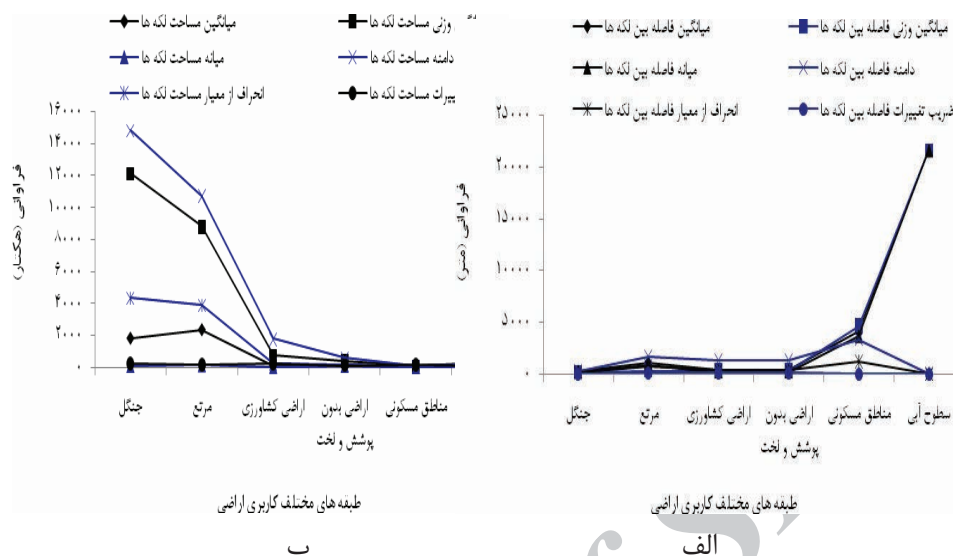
لکه‌های کاربری اراضی، مربوط به کاربری‌های جنگلی و مرتعی می‌باشد، این موضوع به خاطر پایداری این کاربری‌ها نسبت به کاربری‌های دیگر از اهمیت زیادی برخوردار است، مناطق مسکونی دارای کوچک‌ترین لکه‌ها می‌باشد و از نظر اینکه مراکز جمعیتی به حساب می‌آید و در تمام سطح منطقه پراکنش دارد می‌تواند لکه‌های با کاربری پایدارتر را تحت تاثیر قرار دهد. سنجه شکل لکه و تراکم حاشیه ارتباط نزدیکی با هم دارند، یعنی هرچا سنجه شکل لکه افزایش یا کاهش داشته سنجه تراکم لکه نیز از آن پیروی می‌کند، افزایش سنجه شکل لکه به معنای افزایش پیچیدگی شکل لکه و در نتیجه افزایش محیط (حاشیه یا طول لبه هرکاربری) و تراکم حاشیه (تراکم محیط) هرکاربری می‌باشد، در این استان بیش‌ترین پیچیدگی شکل کاربری‌ها و تراکم حاشیه کاربری‌ها به ترتیب مربوط به کاربری‌های کشاورزی و مرتعی، و کم‌ترین آن مربوط به مناطق مسکونی است.

جدول ۳: نتایج آنالیز سنجه‌ها در سطح کلاس در استان کهگیلویه و بویراحمد

نوع کاربری - اراضی/سنجه‌ها	مساحت هرکاربری (هکتار)	تعداد کاربری (ندارد)	تراکم کاربری (%)	بزرگ‌ترین اندازه لکه (متر در هر ۱۰۰ هکتار)	تراکم حاشیه (متر در هر شکل لکه (ندارد))	سنجه
جنگل	۸۷۳۱۴۵/۲	۷۳۵	۰/۰۲	۳۶/۸۹	۹/۱۲	۶/۷۵
مرتع	۴۷۸۷۹۴/۱	۵۴۹	۰/۰۱	۲۶/۷۵	۱۰/۶۵	۸/۹۷
اراضی کشاورزی	۱۴۴۲۸۰/۲۹	۱۱۳۹	۰/۱۳	۴/۵	۷/۷۶	۱۰/۲۰
اراضی بدون پوشش و لخت	۴۰۴۲۶/۵۲	۳۴۰	۰/۰۱	۱/۶۵	۲/۰۹	۶/۲۶
مناطق مسکونی	۱۰۱۱۱/۰۶	۳۲۲	۰/۰۱	۰/۳۳	۰/۳۵	۲/۷۹
سطوح آبی	۳۹۶۵	۱۵	۰/۰۰۵	۰/۸۱	۰/۷۱	۳/۸۶

همانطور که نمودار ۲- الف، نشان می‌دهد، مقادیر مشخصه‌های آماری سنجه فاصله بین لکه‌ها، برای لکه‌های با کاربری سطوح آبی، مناطق مسکونی و اراضی مرتعی به ترتیب، دارای بیش‌ترین فراوانی میانگین، میانگین وزنی، میانه فاصله بین لکه‌ها از هم می‌باشند. با بررسی و تجزیه و تحلیل مشخصه آماری انحراف از معیار و ضریب تغییرات فاصله بین لکه‌ها مشاهده می‌شود که مقادیر این مشخصه‌ها برای لکه‌های با کاربری مناطق مسکونی و اراضی مرتعی دارای بیش‌ترین مقدار خود می‌باشد، هم‌چنین نمودار ۲- ب، نشان می‌دهد که میانگین مساحت لکه‌ها در اراضی با کاربری مرتعی و جنگلی دارای بیش‌ترین مقدار خود است و این مقدار برای سایر کاربری‌ها کم‌تر می‌باشد. هم‌چنین این نمودار بیش‌ترین دامنه تغییرات مساحت لکه‌ها را در اراضی جنگلی و مرتعی بیان می‌کند، این مقدار برای

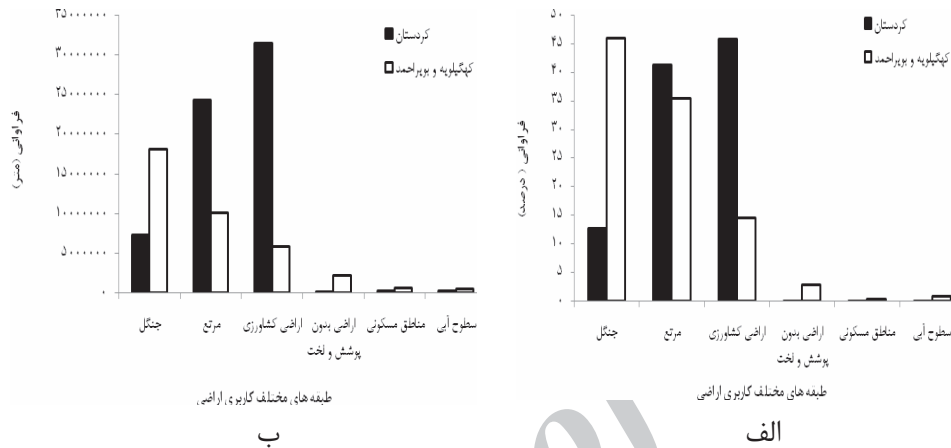
کاربری‌های دیگر کم‌تر است. در همین راستا، میانگین وزنی مساحت لکه‌های کاربری جنگلی و مرتعی بیش‌ترین فراوانی را دارد، این نمودار، انحراف معیار لکه‌های با کاربری جنگلی و مرتعی را نسبت به دیگر کاربری‌ها را بالاتر نشان می‌دهد.



نمودار ۴: نتایج آنالیز مشخصه‌های آماری سنجه فاصله بین لکه‌ها (الف) و مشخصه‌های آماری سنجه مساحت لکه‌ها (ب) در سطح کلاس برای استان کهگیلویه و بویراحمد

همانطور که نمودار ۳- الف، نشان می‌دهد، درصد پوشش اراضی مربوط به هر کدام از کاربری‌های جنگل، اراضی بدون پوشش و لخت و مناطق مسکونی در استان کردستان کم‌تر از استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد. و اراضی جنگلی در استان کهگیلویه و بویراحمد حدود ۴۵ درصد سطح این استان را می‌پوشانند، این در حالی است که این مقدار در استان کردستان حدود ۱۳ درصد سطح استان را پوشش می‌دهد. نتایج مربوط به درصد پوشش اراضی کشاورزی و مرتعی در دو استان نشان داد که، این دو نوع کاربری بر خلاف کاربری‌های دیگر در استان کردستان بیش‌تر از استان کهگیلویه و بویراحمد است، همانطور که مشاهده می‌شود حدود ۵۰ درصد سطح استان کردستان را اراضی کشاورزی به خود اختصاص داده است، در حالی که در استان کهگیلویه و بویراحمد حدود ۱۵ درصد سطح را در بر می‌گیرد. مطابق نمودار ۳- ب، سنجه حاشیه کل نشان می‌دهد که بیش‌ترین حاشیه کاربری‌های مختلف که با متر در هر ۱۰۰ هکتار محاسبه می‌شود، در لکه‌های با کاربری

کشاورزی و مرتعی در استان کردستان بیش تر از سایر کاربری‌ها در این استان و با همین کاربری‌ها در استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد. در همین راستا سنجه حاشیه کل در مورد کاربری جنگلی در استان کهگیلویه و بویراحمد نسبت به استان کردستان مقدار بیش تری را نشان می‌دهد. هم‌چنین این سنجه، مقدار حاشیه لکه‌های با کاربری سطوح آبی، مناطق مسکونی و اراضی بدون پوشش و صخره‌ای را در استان کهگیلویه و بویراحمد بیش تر از استان کردستان محاسبه می‌کند. نتایج این سنجه در مورد اراضی لخت و بدون پوشش نشان داد که بیش ترین سطوح صخره‌ای در استان کهگیلویه و بویراحمد وجود دارد.



نمودار ۳: نتایج آنالیز سنجه درصد سطح پوشش اراضی (الف)، و سنجه حاشیه کل (ب)، در سطح کلاس و در مناطق مورد مطالعه

### مقایسه و آنالیز سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین

در این سطح از آنالیز، سنجه‌ها در مقیاس بزرگ تر و در سطح کل پهنه هر استان برای کاربری‌های مختلف ارزیابی شد و نتایج آن به صورت جداول (جدول ۴ و ۵) و نمودارهای (نمودار ۴ و ۵) ارائه گردید، همان‌طور که در جدول شماره ۴ ملاحظه می‌شود، تفاوت در مقادیر سنجه‌های بین دو استان مشهود است، سنجه مساحت کل هر استان، تعداد کل در سطح استان، تراکم کل در سطح استان، تراکم کل در سطح استان، سنجه بزرگ‌ترین اندازه لکه در سطح استان، تراکم حاشیه و سنجه شکل لکه در این دو استان متفاوت بوده و هرکدام اعداد مختلفی را نشان می‌دهند. همان‌طور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود، استان کردستان از لحاظ مساحت، دارای مساحت بیش تری نسبت به استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد.

جدول ۴: مقایسه نتایج سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین در دو استان کردستان و کهگیلویه و بویراحمد

استان / سنجه‌ها	مساحت کل استان	تعداد کل کاربری	تراکم کل کاربری	بزرگ‌ترین اندازه لکه	تراکم حاشیه سیمای سرزمین	سنجه شکل
کردستان	۲۹۰۴۸۳۹	۲۷۸۳	۰/۰۸	۳۲/۲۶	۱۳	۱۷/۳۸
کهگیلویه و بویراحمد	۱۵۵۰۷۲۲	۳۱۰۰	۰/۲۱	۳۱/۸۹	۱۶/۶۴	۸/۳۴

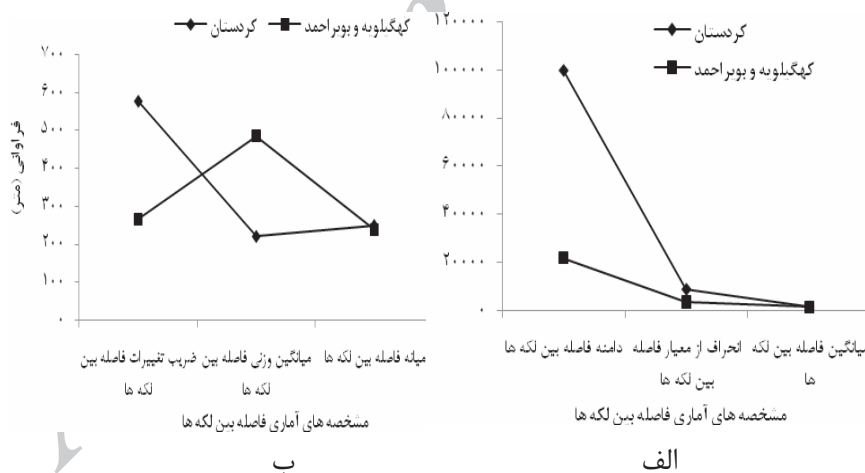
این درحالی است که با توجه به سنجه تعداد لکه در هر استان مشاهده می‌شود که بیش‌ترین لکه‌های کاربری اراضی در استان کهگیلویه و بویراحمد قرار دارند. این موضوع با توجه به مساحت کم استان کهگیلویه و بویراحمد نسبت به استان کردستان نشان می‌دهد که سطح استان کهگیلویه و بویراحمد از تعداد و تنوع بیش‌تری از لکه‌های کاربری اراضی تشکیل شده است. در همین جدول، مقادیر سنجه‌های تراکم کل کاربری‌ها و تراکم حاشیه کاربری‌ها، بیش‌ترین مقدار را در استان کهگیلویه و بویراحمد نشان می‌دهد، آنالیز مربوط به سنجه شکل لکه در سطح سیمای سرزمین نشان می‌دهد که این مقدار در استان کردستان بیش‌تر از استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد، با توجه به نتایج این سنجه، مشاهده می‌شود که لکه‌های کاربری اراضی در استان کردستان دارای اشکال مختلف و پیچیدگی بیش‌تر نسبت به کاربری‌های استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشند. سنجه بزرگ‌ترین اندازه لکه، بزرگ‌ترین لکه کاربری اراضی را در سطح استان کردستان معرفی می‌کند.

جدول ۵: مقایسه سنجه‌ها و مشخصه‌های آماری مختلف در سطح سیمای سرزمین در مناطق مورد مطالعه

سنجه‌ها / استان	کردستان	کهگیلویه و بویراحمد
حاشیه کل	۶۳۷۶۲۸۱۷/۱۳	۳۷۲۷۸۱۴۵/۱۳
غنای لکه	۶	۶
تراکم غنای لکه	۰/۰۰۲۱	۰/۰۱۴۹
غنای نسبی لکه	۱۰۰	۱۰۰
میانگین وزنی مساحت لکه‌ها	۵۰۷۷۶/۵۳	۸۸۴۵۱۷/۷۴
دامنه مساحت لکه‌ها	۹۲۳۱۷/۴۷	۱۴۸۳۸/۲۷
میانگین مساحت لکه‌ها	۱۱۱۷/۷۲	۴۶۲/۳۴
میانه مساحت لکه‌ها	۶۷/۳۵	۳۶/۹۵
انحراف از معیار مساحت لکه‌ها	۷۴۵۰/۱۶	۱۹۶۸/۷۵
ضریب تغییرات مساحت لکه‌ها	۶۶۶/۵۴	۴۲۵/۸۲

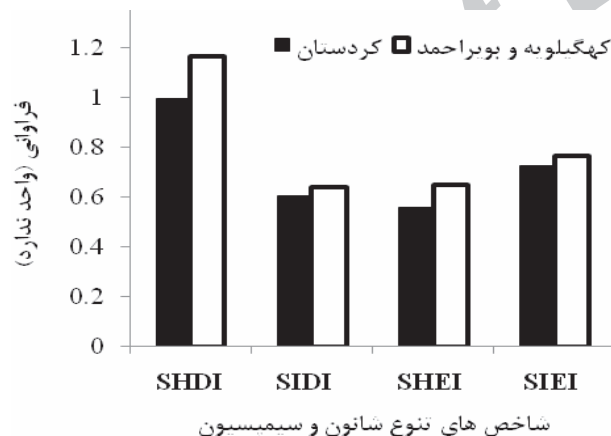
همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، حاشیه کل در استان کردستان بیش‌تر از استان کهگیلویه و بویراحمد است، این مسأله بی‌ارتباط با بیش‌تر بودن مساحت استان کردستان نسبت به استان کهگیلویه و بویراحمد نیست. سنجه غنای لکه‌ها و غنای نسبی لکه‌ها با توجه به برابر بودن طبقات کاربری‌ها در هر دو استان یکسان است. اما تراکم غنای نسبی لکه با توجه به فراوانی تعداد لکه‌های کاربری اراضی در استان کهگیلویه و بویراحمد بیش‌تر است. با توجه به جدول ۵، و مقایسه مشخصه‌های آماری مساحت کاربری‌های مختلف اراضی در هر دو استان مشاهده می‌شود که، بیش‌ترین میانگین وزنی، میانگین، میانه، انحراف از معیار و ضریب تغییرات مساحت لکه‌های کاربری اراضی در استان کردستان بیش‌تر از استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد، ولی دامنه پراکنش مساحت کاربری‌ها در استان کهگیلویه و بویراحمد نسبت به استان کردستان بیش‌تر است. این مسأله بیش‌تر به علت تعداد بیش‌تر لکه‌هایی است که در استان کهگیلویه و بویراحمد وجود دارد و تغییرات مساحتی متفاوتی می‌تواند داشته باشد.

همان‌طور که نمودار ۴- الف و ب، نشان می‌دهد، مقدار مشخصه‌های آماری (میانگین، میانگین وزنی، میانه، انحراف از معیار، دامنه و ضریب تغییرات) پراکنش فاصله بین لکه‌ها در استان کردستان بیش‌تر از استان کهگیلویه و بویراحمد است، این موضوع نشان می‌دهد که فاصله بین لکه‌های کاربری‌های اراضی استان کردستان بیش‌تر از استان کهگیلویه و بویراحمد است و لکه‌های با کاربری‌های یکسان در فاصله بیش‌تری نسبت به هم پراکنش دارند.



نمودار ۴: مقایسه مشخصه‌های آماری سنجه فاصله بین لکه‌های کاربری اراضی در دو استان و در سطح سیمای سرزمین

سنجه‌های سیمپسون و شانون از مهم‌ترین سنجه‌های تنوع برای مطالعه لکه‌های کاربری اراضی می‌باشند. سنجه سیمپسون بیش‌تر نسبت به فراوان‌ترین لکه‌ها و سنجه شانون، نسبت به نادرترین لکه‌ها حساس است. منظور از سنجه‌های یکنواختی سیمپسون و شانون فراوانی نسبی انواع لکه‌هاست. وقتی مقدار همگنی عدد یک باشد، یعنی سیمای سرزمین بسیار متنوع است و وقتی به سمت صفر میل کند، تنوع سیمای سرزمین کاهش می‌یابد. هرچه میزان سنجه‌های تنوع به یک نزدیک شود، میزان تنوع افزایش می‌یابد. هرچه این مقدار به صفر نزدیک شود از میزان تنوع کاهش می‌یابد. همان‌طور که در نمودار ۵ مشاهده می‌شود، مقادیر مربوط به شاخص‌های تنوع شانون و سیمپسون نشان می‌دهد که تنوع لکه‌های کاربری‌های مختلف در هر دو استان بالاست و این مقدار برای استان کهگیلویه و بویراحمد در مقایسه با استان کردستان بیش‌تر است، تنوع بالا در استان کهگیلویه و بویراحمد نشان دهنده گوناگونی لکه‌ها و توزیع متناسب آن در تمام منطقه می‌باشد، درحالی که تنوع پایین دلیل بر یکنواختی در بین لکه‌ها و یا توزیع نامناسب لکه‌ها می‌باشد. بنابراین بیش‌ترین تنوع و آرایش مکانی مناسب کاربری‌های مختلف اراضی در استان کهگیلویه و بویراحمد مشاهده شد.



نمودار ۵: مقایسه شاخص‌های تنوع بین لکه‌های کاربری اراضی در مناطق مورد مطالعه در سطح سیمای سرزمین

## نتیجه

ضرورت پیوستگی و ارتباط بین ساختار و عملکرد در اکوسیستم‌های طبیعی و شهری امری پذیرفته شده است. الگوی ساختاری و مکانی سیمای سرزمین در طبیعت نمونه خوبی برای پیش‌بینی رفتار طبیعت است، توالی سیمای سرزمین با رعایت اصل سلسله مراتب در برنامه‌ریزی و با توجه به ساختار سرزمین از مقیاس کلان منطقه تا سطح خرد و اجرایی امکان‌پذیر است. مناطق مختلف زمین بر اثر شرایط اکولوژیکی، اقلیمی و پروسه‌های اجتماعی - اقتصادی ناشی از فعالیت‌های خاص آن منطقه الگوی کاربری اراضی متغیری دارند. برای مثال از بین بردن لکه‌های بزرگ کشاورزی موجب تکه‌تکه شدن شدگی بالای زیستگاه و افزایش تراکم لکه‌های انسان‌ساخت می‌شود، که این پدیده بر روی چرخه زیست - زمین - شیمیایی تاثیرگذار است. بنابراین از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به سنجه‌های تعداد و مساحت هر کاربری در سطح استان کردستان بیش‌ترین تکه‌تکه شدن‌ها مربوط به کاربری‌های کشاورزی است، یعنی در این اکوسیستم (استان کردستان) لکه‌های کشاورزی علاوه بر اینکه خود به عنوان یک اکوسیستم طبیعی مصنوعی روز به روز به سمت ناپایداری پیش می‌روند، بلکه به‌عنوان تحدیدی جدی برای عرصه‌های طبیعی و پایدارتر نیز مطرح هستند. بدین ترتیب هرگونه تصمیم‌گیری علاوه بر توان و استعداد مکان (و یا نارسایی و محدودیت آن) در سطح اکوسیستم مبتنی بر ارتباطات آن، دارای اهمیت زیادی است. اگر لکه‌های طبیعی و خصوصا منابع جنگلی به‌عنوان ساختارهای اکولوژیک در اکوسیستم‌های طبیعی با ترکیب و توزیع فضایی مناسب وجود داشته باشند، می‌توانند عملکردهای اکولوژیکی مهمی به‌ویژه در تعدیل آب و هوای این مناطق داشته باشند. همانطور که در نتایج این تحقیق مشاهده شد، توزیع و پراکنش منابع جنگلی با توجه به اهمیت آن‌ها در تعادل اکوسیستم هر منطقه، در استان کردستان فقط به صورت نوارهای باریک در غرب این استان استقرار دارند و این موضوع زمینه‌های ناپایداری بیش‌تر در اکوسیستم طبیعی و زیبای منطقه را با توجه به افزایش و هجوم لکه‌های کاربری کشاورزی را در بر خواهد داشت. سنجه بزرگ‌ترین اندازه لکه به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان شاخص تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین استفاده می‌شود. در صورتی که



مساحت بزرگ‌ترین اندازه لکه کم باشد، پدیده‌ی تکه‌تکه شدگی بیش‌تر است (براون<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶، ص ۱۷۳). سنجه‌های تراکم حاشیه، تراکم لکه و اندازه لکه‌ها نیز به‌عنوان شاخص‌هایی برای تکه‌تکه شدگی استفاده می‌شوند (بووروکس<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۱، ص ۱۳). کاهش سنجه بزرگ‌ترین اندازه لکه و میانگین اندازه لکه، به‌معنی تکه‌تکه شدگی بیش‌تر سیمای سرزمین می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق و رفتار سنجه‌های تراکم لکه، تراکم حاشیه، سنجه بزرگ‌ترین اندازه لکه و میانگین اندازه لکه در دو استان کردستان و کهگیلویه و بویراحمد، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سطح و گسترش مناطق مسکونی استان کهگیلویه و بویراحمد بیش‌تر از استان کردستان است و پراکنش آن در سراسر استان کهگیلویه و بویراحمد سبب ناپایداری کاربری‌های طبیعی و تکه‌تکه شدن هرچه بیش‌تر آن‌ها شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود نتایج این تحقیق با مطالعات (هرزاک و همکاران، ۲۰۰۱، ص ۱۴۳؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۴، ص ۵۳؛ سفیانیان، ۱۳۸۸، ص ۳۴؛ پریور و همکاران، ۱۳۸۷، ص ۷۳؛ رفیعی و همکاران، ۱۳۸۸) که در تحقیقات خود نتیجه می‌گیرند لکه‌های کاربری اراضی پایدار با افزایش کاربری‌های انسان ساخت به سمت لکه‌های ناپایدارتر و تکه‌تکه شدگی بیش‌تر می‌روند مطابقت می‌کند. مقدار میانگین اندازه لکه‌های کشاورزی در استان کهگیلویه و بویراحمد نسبت به همان کلاس در استان کردستان کم‌تر است، دلیل این امر توسعه ساخت و سازهای بیش‌تر و تعداد بیش‌تر مناطق شهری در این اراضی و قسمت‌های منتهی به حومه‌های شهری است. تعداد بیش‌تر لکه‌ها و پایین بودن اندازه لکه‌های ناپایدار در استان کهگیلویه و بویراحمد نسبت به استان کردستان ناهماهنگی و عدم برنامه‌ریزی جامع در استفاده از کاربری‌های این استان را نشان می‌دهد. نتایج این مطالعه با مطالعه‌ای که ونگ به بررسی اثرات توسعه شهری بر روی الگوی سیمای سرزمین شهر دیسکانتی، انجام داد، و به این نتیجه رسید که گسترش شهری انواع کاربری‌ها را تغییر می‌دهد و سبب تکه‌تکه شدگی آن‌ها می‌شود (وانگ، ۲۰۰۷، ص ۴۵). همسو است.

برای اندازه‌گیری میزان اتصال و پیوستگی کاربری‌ها، می‌توان از سنجه‌های، تراکم حاشیه لکه و تراکم لکه استفاده کرد. بدین ترتیب که اتصال بین لکه‌ها به‌صورت معکوس با سنجه تراکم لکه و حاشیه در ارتباط است. یعنی با افزایش تراکم لکه و تراکم حاشیه

---

1 . Brown

2 . Bowersox

لکه‌ها، اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و لکه‌ها کوچک و منظم‌تر می‌شوند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲، ص ۵۶). با توجه به نتایج این تحقیق و تراکم زیاد لکه‌های کاربری مناطق مسکونی و شهری در استان کهگیلویه و بویراحمد که باعث افزایش تراکم لکه‌های با کاربری‌های مختلف و تراکم حاشیه لکه‌های آن‌ها در استان کهگیلویه و بویراحمد شده است، بنابراین در این مطالعه فرضیه دوم فورمن و گودرون مبنی بر اینکه با افزایش درجه توسعه مناطق شهری شکل لکه‌ها منظم‌تر می‌شود، و اتصال و پیوستگی بین لکه‌ها افزایش می‌یابد، مورد تایید قرار گرفت. نتایج این مطالعه هم‌چنین با مطالعه‌ای که (ژانگ و همکاران ۲۰۰۸)، در شهر شانگ‌های به این نتیجه رسیدند که با افزایش درجه توسعه مناطق شهری و ساخت و سازهای انسانی، نه تنها تراکم، بلکه بی‌نظمی شکل لکه‌ها نیز افزایش می‌یابد، و موجب ترکیب متنوع‌تر سیمای سرزمین می‌شود، هم‌سو می‌باشد به‌طوری‌که در استان کهگیلویه و بویراحمد به‌خاطر توسعه بیشتر مناطق مسکونی، شاهد تعداد لکه‌های بیش‌تر و با شکل‌های پیچیده‌تر هستیم. آنالیز سنجه درصد پوشش هر کاربری در سطح کلاس‌های دو استان کردستان و کهگیلویه و بویراحمد نشان داد که، درصد اراضی کشاورزی و مرتعی در استان کردستان بیش‌تر است، در حالی‌که درصد سطح پوشش اراضی جنگلی در استان کهگیلویه و بویراحمد بیش‌تر از استان کردستان محاسبه شده است، این موضوع پتانسیل بالای این استان را از لحاظ دارا بودن منابع جنگلی نشان می‌دهد، ولی از طرفی ازدیاد و توسعه روزافزون مناطق مسکونی و انسان ساخت در این استان تحدید بزرگی برای آن به شمار می‌آید، پایین بودن سنجه بزرگ‌ترین اندازه‌ی لکه و میانگین اندازه لکه، به‌معنی تکه‌تکه شدگی بیش‌تر سیمای سرزمین است، از کاهش سنجه‌های بزرگ‌ترین اندازه‌ی لکه و میانگین اندازه لکه در استان کهگیلویه و بویراحمد نسبت به استان کردستان نتیجه‌گیری می‌شود که سیمای سرزمین استان کردستان شامل، لکه‌های بزرگ‌تر و از لحاظ شکل ساده‌تر و دارای پیوستگی بیش‌تری می‌باشند، به‌طورکلی، گرایش سیمای سرزمین در استان کهگیلویه و بویراحمد به‌سمت ساختار ریزدانه است. ساختار ریزدانه از تعداد زیادی لکه‌های کوچک تشکیل شده و فوق‌العاده تکه‌تکه است، در مقابل ساختار درشت دانه از تعداد کمی لکه‌های بزرگ تشکیل شده است.

باید توجه داشت که برای به‌دست آوردن الگوی پراکنش و توزیع لکه‌های کاربری اراضی در سطح کلاس و سیمای سرزمین، می‌توان از نسبت انحراف از معیار فاصله بین

لکه‌های کاربری اراضی به میانگین فاصله‌های بین لکه‌ها کاربری اراضی، الگوی پراکنش لکه‌های کاربری در هر استان را یافت و با هم مقایسه کرد. بدین ترتیب که اگر مقدار این نسبت بیش‌تر از ۱ باشد، پراکنش کپه‌ای و اگر برابر یک باشد، تصادفی و در صورتی که کم‌تر از یک باشد به صورت یکنواخت توزیع یافته‌اند. با توجه به نتایج این تحقیق انحراف از معیار فاصله بین لکه‌های کاربری اراضی در کل استان کردستان  $0.4/8910$  متر و میانگین فواصل بین لکه‌های کاربری اراضی  $1549/36$  متر می‌باشد. نسبت انحراف از معیار به میانگین فاصله در استان کردستان، در حدود  $0.75/5$  است، این مقدار برای استان کهگیلویه و بویراحمد  $2/75$  محاسبه شد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که، الگوی پراکنش لکه‌های کاربری اراضی در هر دو استان به صورت کپه‌ای می‌باشد، ولی با مقایسه مقادیر دو استان با هم مشاهده می‌شود که الگوی پراکنش در استان کهگیلویه و بویراحمد منظم‌تر از استان کردستان است.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که، استان کهگیلویه و بویراحمد نسبت به استان کردستان، از موزاییک‌های ناهمگنی تری شامل، لکه‌های طبیعی، نیمه‌طبیعی و انسان‌ساخت تشکیل شده است. لکه‌های طبیعی (اراضی پایدار) شامل رودخانه‌ها، اراضی صخره‌ای و بدون پوشش و مراتع می‌باشد. لکه‌های نیمه‌طبیعی و نیمه‌مصنوعی مانند زمین‌های مرتعی، جنگلی (اراضی پایدار)، کشاورزی (نیمه‌مصنوعی)، در استان کردستان نسبت به استان کهگیلویه و بویراحمد از پیوستگی بیش‌تری برخوردارند، و دامنه تغییرات مساحت لکه‌های کشاورزی، مرتعی و جنگلی در استان کردستان تغییرات کم‌تری دارد، که نشان‌دهنده یکپارچگی بیش‌تر و سطوح بزرگ‌تر لکه‌ها در این استان است. اما پراکنش این لکه‌ها در استان کهگیلویه و بویراحمد، مناسب‌تر و در کل استان به خوبی در تمام منطقه توزیع شده‌اند. استان کهگیلویه و بویراحمد با وجود تراکم بالای اراضی جنگلی و لکه‌های طبیعی، از نظر لکه‌های با کاربری مصنوعی و انسان‌ساخت نیز در سطح بالایی است، این تراکم اراضی جنگلی و طبیعی با توسعه ساخت و ساز و گسترش مناطق مسکونی سازگار نمی‌باشد (رنجبر نایینی، ۱۳۸۷، ص ۱۵۳). و در برنامه‌ریزی‌های آتی و آمایش سرزمین باید مورد توجه قرار گیرد. برای ایجاد پیوستگی در اراضی‌های پایدارتر و حفظ ساختار اکوسیستم‌های طبیعی مناطق مورد مطالعه بایستی شبکه‌های حیاتی مناسبی ایجاد شود، برای دستیابی به این هدف باید مساحت مناسب لکه‌ها، اتصال و ارتباط و توزیع هماهنگ آن‌ها با ساختار سیمای سرزمین در هر مقیاس تعیین و در غالب اقدامات اصلاحی بیان شود.

به‌طور کلی اصلاحات در راستای ایجاد اتصال و ارتباط بین لکه‌ها با اکوسیستم‌های باز و پایدار با اولویت درشت دانه‌ها و لکه‌های اصیل و سپس لکه‌های ریزدانه و پراکنده با استفاده از شبکه‌های رودخانه، دریاچه‌ها و اراضی بدون پوشش خواهد بود، در همین راستا و در مقیاس منطقه‌ای بر حفظ ماتریس طبیعی منطقه و جلوگیری از پراکندگی بیش‌تر لکه‌های مسکونی و ناپایدار که مولد انقطاع در بستر طبیعی منطقه هستند تاکید می‌شود. با توجه به آنچه بررسی شد، نتیجه گرفته می‌شود که با هدف اجرایی شدن اصول اکولوژی در برنامه‌ریزی‌های آینده استفاده از مفاهیم و سنجه‌های اکولوژی سیمای سرزمین بسیار کارآمد است.

Archive of SID

## منابع و مأخذ

۱. پریور پ (۱۳۸۷)، تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز شهری تهران در مقیاس سیمای سرزمین، مجله محیط شناسی، (۴۵) ۳۴: صص ۷۳-۸۴.
۲. رفیعی (۱۳۸۸)، ارزیابی تغییرات فضای سبز شهری مشهد با استفاده از داده‌های فضایی، مجله بین‌المللی رصد و کاوش کاربری زمین و اطلاعات زمینی، شماره ۱۱، صص ۴۳۱-۴۳۸.
۳. رنجبر نایینی (۱۳۸۷)، بازسازی تغییرات فضای سبز شهر اصفهان با استفاده از *GIS* و *RS*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صص ۱۵۳-۱۶۷.
۴. سفیانیان ع (۱۳۸۸)، بررسی تغییر کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان با استفاده از تکنیک آشکارسازی برداری تغییرات طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۷، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، (۱۳) ۴۹، ۳۴-۴۷.
5. Botequila Leitao, A., Jozeph, M. and Ahern, J., (2006), *Measuring landscapes*, A planner's handbook.
6. Bowersox, M. A. and Brown, D. G., (2001), *Measuring the abruptness of patchy ecotones: A simulation-based comparison of patch and edge metrics*, *Plant Ecology*, Vol. 156, No. 1, pp:89-13.
7. Brown, G. S., Rettie, W. J. and Mallory, F. F., (2006), *Application of a variance decomposition method to compare satellite and aerial inventory data: a tool for evaluating wildlife-habitat relationships*, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 43 , pp:73-184.
8. Forman, R. T. T. and Godron, M., 1986, *andscape Ecology*, Wiley, New York.
9. Forman, R. T. T., (2008), *Urban regions ecology and planning beyond the city*, Cambridge university press.
10. Gustafson, E.J. (1998), *Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art?* *Ecosystems*, 1, pp: 143-156.
11. Herzog, F and Lausch, A. 2001, *Supplementing land-use statistics with landscape metrics: Some methodological consideration*, *Environmental monitoring and assessment*, Vol. 72, No. 1, pp: 37-45.
12. Lausch, A. and Herzog, F (2002) , *Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change*, *Ecological indicators*, Vol. 2, No. 1-2, pp: 3-15.
13. Leitao, A. B. and Ahern, J., 2002, *Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning*, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 59, No. 2, pp: 65-93.
14. McGarigal, K. and B.J. Marks (1995), *Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. USA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station pp:122

15. McGarigal, K. and Cushman, S. A., 2002, *The gradient concept of landscape structure*.  
[http://www.umass.edu/landeco/pubs/Gradients\\_short.pdf](http://www.umass.edu/landeco/pubs/Gradients_short.pdf)
16. McGarigal, K., Cushman, S. A. and Neel, M. C., Ene, E 2002, *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*, Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at:  
<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
17. Naveh, Z. and Liberman, A (1984), *Landscape ecology: theory and application*. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
18. Shi, Y. and Xiao, J (2008), *Evaluating landscape changing due to urbanization using remote sensing data: A case study of Shijiazhuang, china, international workshop on geoscience and remote sensing*.
19. Tang, J., Wang, L., Yao, Z (2008), *Analysis of urban landscape dynamics using multi-temporal satellite images, A comparison of two petroleum-oriented cities*, Landscape and urban planning, Vol. 87, No. 4, pp:266–278.
20. Urban, D. L., O'Neill, R. V. and Shugart, H. H (1987), *Landscape ecology*, Bioscience, Vol. 37, pp: 119–127.
21. Weng, Q., Liu, H. and Lu, D., 2007, *Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States*, Urban Ecosystem, Vol. 1, No. 2, pp. 23–219.
22. Weng, Y (2007), *"Spatial changes of landscape pattern in response to urbanization"*, Landscape and urban planning, Vol. 81, No. 4, pp. 341–353.
23. Whittaker, R. H (1975), *Communities and Ecosystems*, MacMillan, New York.
24. Wu, J (2000), *Landscape ecology: Pattern, process, scale and grade*, Beijing: Higher Education Press.
25. Xiao, D. N., and Zhong, L. S (1998), *Ecological principles of landscape classification and assessment*, Chinese Journal of Applied Ecology, Vol. 9, No. pp:217–231. (in Chinese).
26. Yeh, C. T. and Huang, S. L (2009), *Investigating spatiotemporal pattern of landscape diversity in response to urbanization*, landscape and urban planning, Vol. 93, No. 3-4, pp: 151-162.
27. Zhang Hui-Yuan, NI Jin-ren,(2001), *Discussion on the space methods of the city space ecology adjusts and control*, City Planning Review, Vol.25, No. 7, pp:15–18.
28. Zhang, L., Shu, J., Wu, J. and Zhen, Y (2004), *A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai metropolitan area, China*, Landscape Urban Planning, Vol. 69, No. 1, pp:1–16.