

پایش تغییرهای الگوی مکانی سیمای سرزمین

بر اساس شاخص‌های بوم‌شناختی^۱

محمد تیموری، جهانگیر فقهی^۲ و محمود زبیری^۳

چکیده

استفاده از زمین بدون توجه به سیمای سرزمین و اقلیم منطقه، پیامدهایی ناگوار مانند فرسایش، بیابان‌زایی و تخریب منابع محیطی دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی روند تغییر سیمای سرزمین با استفاده از شاخص‌های بوم‌شناختی در استان چهارمحال و بختیاری در دوره زمانی ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲ انجام شد. پس از تهیه نقشه‌های پوشش سرزمین در چهار کاربری مسکونی، جنگل، مرتع و کشاورزی، شاخص‌های بوم‌شناختی در سطح طبقه (کلاس) شامل مساحت طبقه، تراکم حاشیه، شاخص بزرگترین لکه، تراکم لکه و تعداد لکه برای بررسی تغییرها ارزیابی شدند. نتیجه‌های به دست آمده نشان دادند که بر اساس شاخص مساحت طبقه در دوره زمانی مورد بررسی، کاربری مرتع نسبت به سه کاربری دیگر کاهش یافته است. مقدار تراکم حاشیه برای چهار کاربری نیز افزایش نشان داد که به معنی افزایش از هم گسستگی این کاربری‌هاست. بر اساس شاخص بزرگترین لکه، کاربری مرتع کاهش چشمگیر داشته که نشان‌دهنده گسستگی این کاربری است. مقدار تراکم لکه برای هر چهار کاربری افزایش یافته است ولی در مورد کاربری مرتع بیشتر است. همچنین، مقدار شاخص تعداد لکه برای چهار کاربری افزایش نشان داده که برای کاربری مرتع این افزایش چشمگیرتر است. به‌طور کلی، بر اساس یافته‌های این پژوهش، کاربری مرتع بیشترین تخریب و از هم گسستگی را در دوره زمانی مورد بررسی داشته است.

واژگان کلیدی: استان چهارمحال و بختیاری، پوشش زمین، سیمای سرزمین، شاخص‌های بوم‌شناختی.

مقدمه

سیمای سرزمین، آرایشی است که در آن ترکیبی از بوم‌نظام‌های محلی یا کاربری‌های زمین در هر منطقه و در شکلی مشابه تکرار شده‌اند (۴) و شامل جنبه‌های مختلف محیط اقتصادی - اجتماعی و طبیعی است. ساختار سیمای سرزمین شامل ارتباط مکانی بین بوم‌نظام‌های قابل تفکیک یا عناصر سیمای سرزمین، توزیع انرژی، مواد و گونه‌ها در زمینه اندازه، شکل، تعداد، نوع و پیکربندی بوم‌نظام‌هاست. کمی‌سازی ساختار سیمای سرزمین لازمه مطالعه کارکرد و

تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۲۳

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۱۲

۲- نویسنده مسئول، پست الکترونیک: jfeghi@ut.ac.ir

۳- به ترتیب، دانشجوی کارشناسی ارشد و استادان دانشگاه تهران نفر دوم و سوم عضو مدعو و وابسته فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران.

بررسی تغییر سیمای سرزمین است.

یکی از معمول‌ترین رویکردها در پایش سیمای سرزمین، تغییر کاربری زمین‌ها است. این رویکرد از سال ۱۳۳۴، به‌عنوان روش‌شناسی پایه برای ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی و بوم‌شناختی فعالیت‌های انسانی روی سیمای منابع طبیعی مورد توجه بوده است (۵). افزون بر این، رویکرد تغییر کاربری زمین‌ها در منابع علمی مربوط به برنامه‌ریزی محیطی جایگاه ویژه‌ای نیز دارد (۷، ۱۰).

تغییرهای کاربری زمین در نتیجه کنش‌ها و واکنش‌های پیچیده عامل‌های ساختاری و عملکردی مرتبط با تقاضا، ظرفیت فناوریانه و ارتباط‌های اجتماعی، اثرهای گسترده‌ای بر سیمای سرزمین دارد (۹). از نظر تکاملی، پویایی کاربری زمین‌ها نسبت به گذشته پیچیده‌تر شده است که نیازمند به‌کار بستن روش‌های جدید برای پایش و ارزیابی این پدیده است (۱۳). پژوهشگرانی چند تلاش کرده‌اند تا مدل‌های بر پایه کاربری زمین‌ها را برای پایش سیمای سرزمین ابداع و بهبود بخشند. برای نمونه، به منظور درک پویایی تغییرهای کاربری زمین و توسعه هر چه بیشتر سیاستگذاری‌های برنامه‌ریزی زیست‌محیطی برای سیمای سرزمین‌ها، کمی کردن مقدار تغییر و مسیر تغییر هر یک از کاربری‌ها در زمان پیشنهاد شده است (۶).

از آن‌جایی که مطالعه شاخص‌های بوم‌شناختی از طریق تصویرهای ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی آسان است (۸، ۱۱)، در سال‌های اخیر بررسی‌های زیادی در زمینه شاخص‌های بوم‌شناختی برای برنامه‌ریزی سرزمین انجام شده است. در دوره زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۹ تغییر پوشش زمین‌های استان مازندران با استفاده از شاخص‌های سیمای سرزمین بررسی شده است (۳). در این پژوهش، پس از تهیه نقشه‌های پوشش زمین‌ها از روی تصویرهای ماهواره‌ای لندست، از بین ۲۸ شاخص استخراج شده، شاخص‌های مساحت طبقه^۱، تعداد لکه^۲، شاخص بزرگترین لکه^۳ و نسبت چولیدگی لبه^۴ در سطح طبقه و شاخص تنوع شانون^۵ به عنوان شاخص سیمای سرزمین با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی انتخاب شدند. نتیجه این پژوهش نشان داد که کاربری‌های مسکونی، کشاورزی، مرتع و جاده در دوره بررسی افزایش سطح داشته‌اند ولی کاربری جنگل کاهش شدیدی داشته است. در مطالعه‌ای دیگر، کاربری زمین‌های استان کردستان و استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از رویکرد بوم‌شناختی سیمای سرزمین مقایسه شدند (۲). نتیجه ترکیب شاخص‌های بوم‌شناختی با روش گرادیان در محیط GIS نشان داد که سیمای سرزمین استان کردستان پیوستگی بیشتر دارد و در مقابل، سیمای سرزمین استان کهگیلویه و بویراحمد دارای ساختار ریزدانه‌ای است. تغییرهای الگوی مکانی سیمای سرزمین در زیستگاه سیاه خروس قفقازی ذخیره‌گاه زیستکره ارسباران نیز در یک دوره ۱۴ ساله بررسی شده است (۱). در اینجا نیز نتیجه به دست آمده از تغییرهای زمانی شاخص‌های بوم‌شناختی استخراج شده از نقشه‌های پوشش زمین‌ها نشان داد که نسبت زمین‌های جنگلی از ۳۹/۹۵ به ۳۱/۹۵٪ و نسبت علفزارها از ۴۴/۴۵ به ۳۸/۴۴٪ کاهش داشته است. از سوی دیگر، نسبت گون‌زارها از ۳/۳۰ به ۱۵/۶۵٪ افزایش پیدا کرده است. در بین مقاله‌های معتبر چاپ شده در حوزه شاخص‌های بوم‌شناختی از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹، اصلی‌ترین حوزه مورد پژوهش شاخص‌های سیمای سرزمین، ارزیابی تغییر در کاربری زمین‌هاست (۱۲). هدف پژوهش حاضر، ارزیابی روند تغییر پوشش زمین‌های استان چهارمحال و بختیاری و ارزیابی توان بوم‌شناختی سرزمین با استفاده از شاخص‌های سیمای سرزمین و با رویکرد بوم‌شناختی سیمای سرزمین در دوره زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲ بوده است.

1. Class area (CA)

2. Number of patches (NP)

3. Largest patch index (LPI)

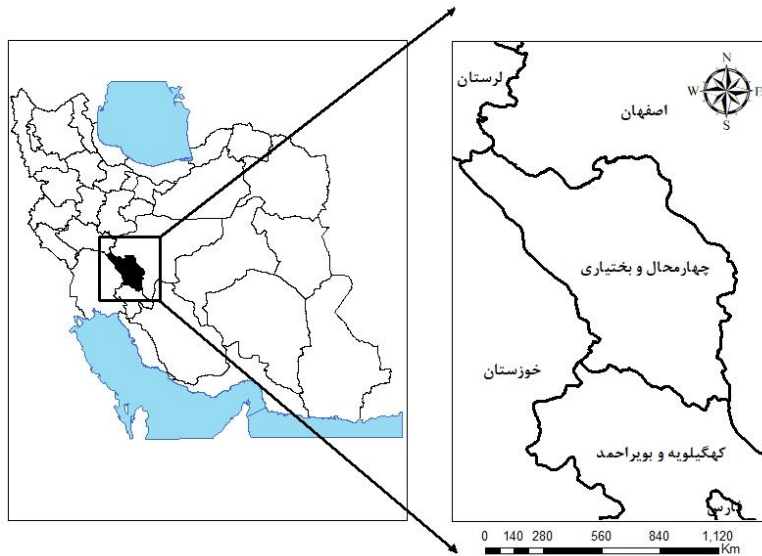
4. Perimeter-area fractal dimension (PAFRAC)

5. Shannon's diversity index (SHDI)

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در استان چهارمحال و بختیاری، با مساحت ۱۶۴۱۱ کیلومترمربع اجرا شده است. برپایه سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، این استان ۸۹۵۲۶۳ نفر جمعیت و ۲۳۴۶۱۲ خانوار داشته است. استان چهارمحال و بختیاری از منطقه‌های کوهستانی فلات مرکزی ایران است و از شمال و شرق به استان اصفهان، از غرب به استان خوزستان، از جنوب به استان کهگیلویه و بویراحمد و از شمال غربی به استان لرستان محدود و میانگین ارتفاع استان چهارمحال و بختیاری از سطح دریای ۱۱۵۸ متر است (شکل ۱).



شکل ۱- محدوده منطقه مورد مطالعه، استان چهارمحال و بختیاری.

استان چهارمحال و بختیاری یکی از مرتفع‌ترین منطقه‌های کشور است و به همین دلیل سردسیر و پربارش باشد. این استان به دلیل تنوع آب و هوایی ناحیه‌های موجود و تغییرهای بسیار زیاد ارتفاع، شرایط اقلیمی متنوع دارد. براساس شاخص‌های رطوبت و دما، منطقه چهارمحال و بختیاری به سه اقلیم کوه‌رنگ، شهرکرد و لردگان تقسیم می‌شود. میانگین بارش سالانه (برف و باران) از ۱۶۰۰ میلی‌متر در پربارش‌ترین ناحیه‌ها (ارتفاعات زردکوه) تا ۲۹۸ میلی‌متر در کم‌بارش‌ترین ناحیه (سامان) متغیر است. براساس داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک، لردگان با میانگین دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس در مرداد ماه گرم‌ترین و شهرکرد با میانگین دمای ۹/۶- درجه سلسیوس در دی‌ماه سردترین منطقه‌های این استان‌اند.

جنگل‌های استان چهارمحال و بختیاری بیشتر در پنج منطقه بازهفت، اردل، ناغان، لردگان، دوراهان و فلارد قرار گرفته‌اند. این جنگل‌ها با مساحتی حدود ۳۰۷ هزار هکتار به صورت نواری از کوه‌های بازهفت در شهرستان کوه‌رنگ به سمت کوه‌های فلارد در شهرستان لردگان کشیده شده‌اند. پوشش اصلی جنگلی این منطقه‌ها، حدود ۳۳٪ از گونه بلوط است و تاکنون ۶۳ گونه درختی و درختچه‌ای در آن شناسایی شده‌اند.

در این پژوهش از نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ پوشش زمین‌های استان چهارمحال و بختیاری در دو دوره زمانی ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲ استفاده شد که سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری آن‌ها را تهیه کرده است. این نقشه‌ها بر اساس هدف‌های پژوهش حاضر به چهار طبقه پوشش زمین‌های جنگلی، مرتع، کشاورزی و منطقه‌های مسکونی تقسیم‌بندی شده‌اند. در مرحله بعد، به منظور بررسی ساختار مکانی و تجزیه و تحلیل فضایی، شاخص‌های زیر در سطح طبقه با استفاده از نرم افزار Fragstats استخراج و بررسی شد.

۱- مساحت طبقه (CA): این شاخص، مجموع مساحت لکه‌های از این نوع را بر حسب هکتار محاسبه می‌کند و دامنه آن $CA > 0$ است.

۲- تراکم حاشیه^۱: در این شاخص، محیط هر طبقه بر سطح آن تقسیم می‌شود. واحد آن متر بر هکتار و دامنه تغییرهای آن $ED > 0$ است (معادله ۱).

$$ED = \frac{E}{A} (10000) \quad \text{[معادله ۱]}$$

در این معادله، E طول کل حاشیه کاربری زمین (m) و A مساحت کل سیمای سرزمین (m^۲) است.

۳- شاخص بزرگترین لکه (LPI): درصدی از سیمای سرزمین که با بزرگ‌ترین لکه اشغال شده است (معادله ۲).

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100) \quad \text{[معادله ۲]}$$

در این معادله، a_{ij} مساحت لکه ij ام (m^۲)، واحد این شاخص بر حسب درصد و دامنه تغییرهای آن نیز $0 < LPI < 100$ است.

۴- تراکم لکه^۲: این شاخص الگوی سیمای سرزمین را نشان می‌دهد و بیانگر تعداد لکه در واحد سطح (در هر صد هکتار) است. تراکم لکه، مقایسه سیمای سرزمین با سطح‌های مختلف را ساده‌تر می‌کند (معادله ۳).

$$PD = \frac{n_i}{A} (10000)(100) \quad \text{[معادله ۳]}$$

در این معادله، n_i تعداد لکه‌های کاربری زمین و دامنه تغییرهای آن $PD > 0$ است.

۵- تعداد لکه‌ها (NP): تعداد لکه‌ها یا طبقه‌های موجود در سیمای سرزمین است (معادله ۴). این شاخص بدون واحد و دامنه تغییرهای آن $NP > 1$ است.

$$NP = n_i \quad \text{[معادله ۴]}$$

نتایج

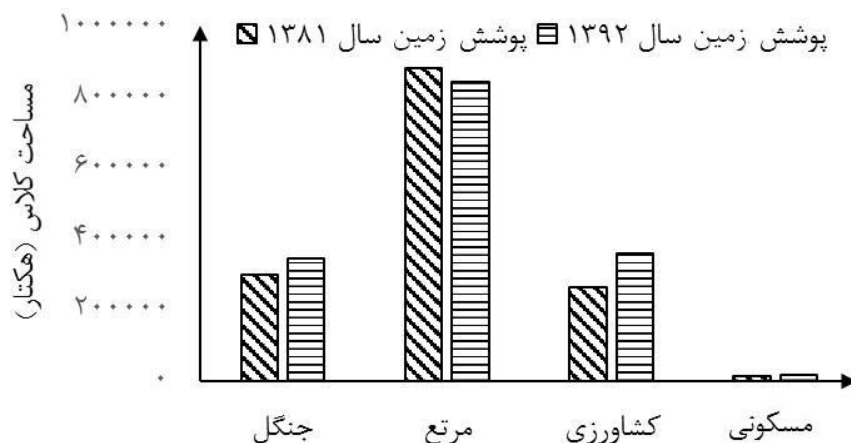
مقدار شاخص‌ها در سطح طبقه برای پوشش زمین‌ها ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲

مقدار هر یک از شاخص‌های بیان شده در بخش قبلی برای پوشش زمین‌های استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲ در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مقدار شاخص‌ها برای پوشش زمین‌ها سال ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲.

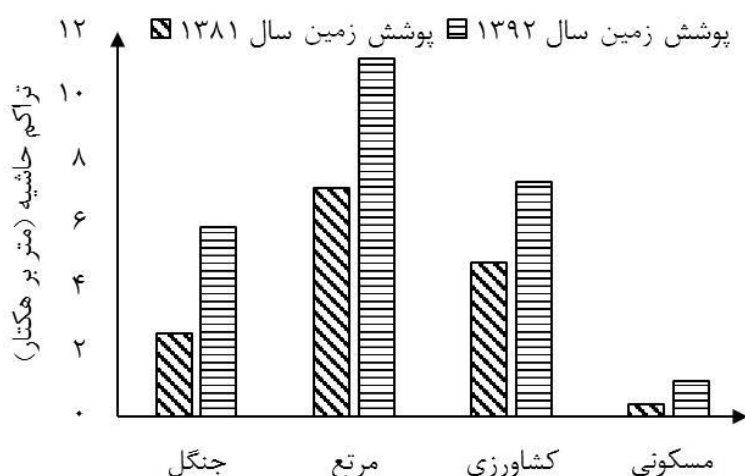
| سال | کاربری | شاخص | | | | |
|------|---------|------|--------|---------|---------|------------|
| | | NP | PD | LPI | ED | CA (هکتار) |
| ۱۳۸۱ | جنگل | ۵۳ | ۰/۰۰۳۴ | ۱۵/۱۴۶ | ۲/۶۰۷۴ | ۲۹۸۹۲۵/۵ |
| | مرتع | ۸۳ | ۰/۰۰۵۳ | ۵۲/۰۵۰۵ | ۷/۱۳۹۶ | ۸۸۱۴۷۷/۵ |
| | کشاورزی | ۳۵۹ | ۰/۰۲۲۸ | ۴/۳۳۶۳ | ۴/۷۸۵۷ | ۲۶۲۸۶۴/۲ |
| | مسکونی | ۱۱۵ | ۰/۰۰۷۳ | ۰/۰۹۵۲ | ۰/۳۷۵۷ | ۱۰۷۰۳/۷ |
| ۱۳۹۲ | جنگل | ۴۸۷ | ۰/۰۳۰۹ | ۱۳/۸۹۹۳ | ۵/۹۲۰۹ | ۳۴۴۰۱۳/۲ |
| | مرتع | ۱۷۰۰ | ۰/۱۰۷۹ | ۳۰/۲۴۹۷ | ۱۱/۱۹۰۸ | ۸۴۴۰۲۶/۵ |
| | کشاورزی | ۹۵۱ | ۰/۰۶۰۴ | ۷/۴۷۷۸ | ۷/۳۲۸۱ | ۳۵۷۲۳۲/۲ |
| | مسکونی | ۵۳۹ | ۰/۰۳۴۲ | ۰/۱۲۶۹ | ۱/۱۰۰۰ | ۱۷۴۵۱/۵ |

۱- **شاخص مساحت طبقه** - این شاخص درصدی از کل مساحت اشغال شده توسط طبقه مورد نظر را در سیمای سرزمین نشان می‌دهد. در دوره زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲، وسعت کاربری‌های جنگل، کشاورزی و مسکونی افزایش و وسعت کاربری مرتعی کاهش یافته است که نشان‌دهنده افزایش فعالیت‌های انسانی و سازه‌های بشری در این منطقه و تبدیل مرتع به کشاورزی و حفاظت جنگل و جلوگیری از تخریب آن است (شکل ۲).



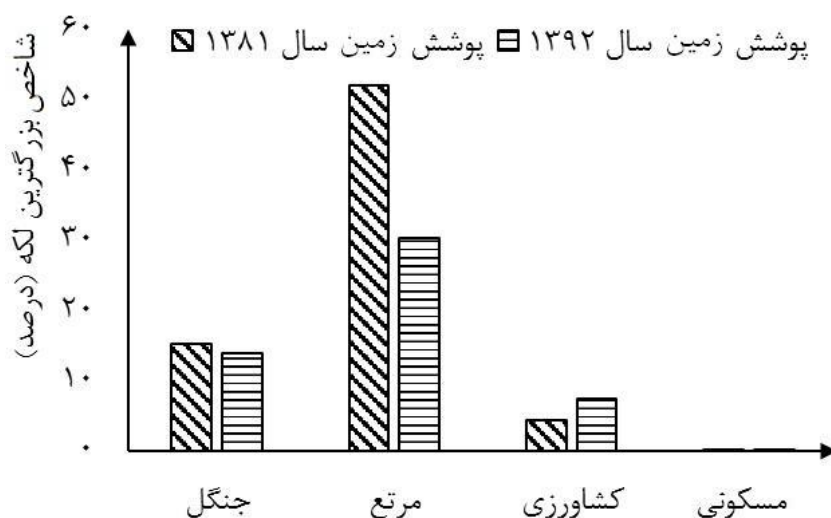
شکل ۲- مقایسه شاخص مساحت طبقه در پوشش زمین‌ها در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲.

۲- **شاخص تراکم حاشیه** - نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربری مرتع بیشترین تغییر را در بازه زمانی مورد مطالعه دارد (شکل ۳). کاربری‌های جنگل، کشاورزی و مسکونی در رتبه‌های بعدی قرار دارند که این به معنی افزایش طول لبه‌ها، پیچیده‌تر شدن شکل آن‌ها، افزایش ناحیه‌های مرزی و افزایش ازهم‌گسیختگی این کاربری‌هاست.



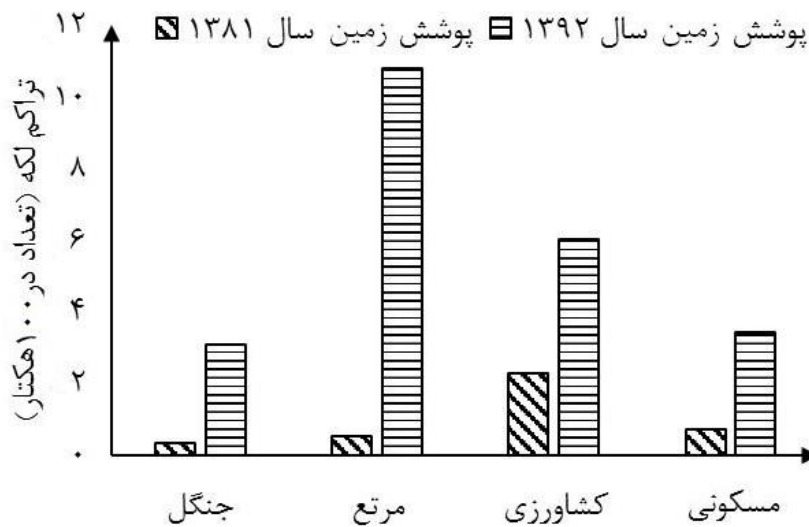
شکل ۳- مقایسه شاخص تراکم حاشیه در پوشش زمین ها در سال های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲.

۳- شاخص بزرگترین لکه - در باره این شاخص، نتیجه بررسی ها نشان می دهد که بیشترین تغییر مربوط است به کاربری مرتع که از ۵۲/۰۵٪ در سال ۱۳۸۱ به ۳۰/۲۴٪ در سال ۱۳۹۲ کاهش یافته است (شکل ۴). کمترین تغییر مربوط به کاربری مسکونی است که از ۰/۹۵۲٪ به ۰/۱۲٪ افزایش یافته است. این عددها نشان دهنده تخریب و گسستگی واحدهای اولیه به واحدهای کوچک تر و توسعه منطقه است.



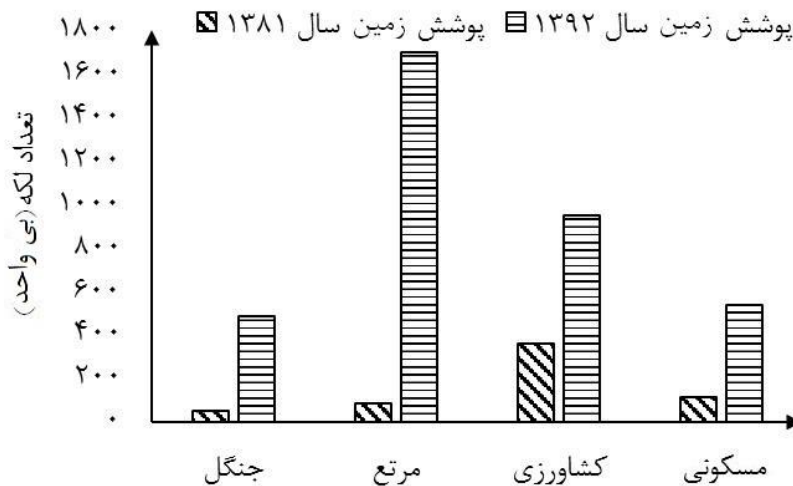
شکل ۴- مقایسه شاخص بزرگترین لکه در پوشش زمین ها در سال های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲.

۴- شاخص تراکم لکه - نتیجه بررسی ها نشان می دهد تراکم لکه ها در کلیه کاربری ها در بازه زمانی مورد مطالعه افزایش داشته است (شکل ۵). بیشترین مقدار تغییر در کاربری مرتعی و کمترین تغییر در کاربری جنگل است. در اینجا می توان گفت که کاربری جنگل پیوستگی بالاتری دارد که خود ناشی از حفاظت جنگل ها در برابر آتش سوزی است. برای کاربری مرتع، مقدار زیاد این شاخص نشان دهنده کوچک شدن و لکه شدن سرزمین و کاهش پیوستگی آن است.



شکل ۵- مقایسه شاخص تراکم لکه در پوشش زمین‌ها در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲.

۵- **شاخص تعداد لکه:** نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین تعداد لکه، (یعنی ۳۵۹ لکه)، در سال ۱۳۸۱ مربوط به کاربری کشاورزی و کمترین آن، (۵۳ لکه)، مربوط به کاربری جنگل است (شکل ۶). روند تغییرهای این شاخص در سال ۱۳۹۲ به صورت افزایشی در کاربری جنگل با ۴۸۷ لکه، کاربری مرتع با ۱۷۰۰ لکه، کاربری کشاورزی با ۹۵۱ لکه و کاربری مسکونی با ۵۳۹ لکه است. بر مبنای اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین، هرچه تعداد لکه‌های بوم نظام بیشتر باشد، آن بوم نظام در معرض آسیب‌پذیری بیشتری است.



شکل ۶- مقایسه شاخص تعداد لکه‌ها در پوشش زمین‌ها در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲.

بحث و نتیجه‌گیری

برای واکاوی و درک شاخص‌های سیمای سرزمین در سطح طبقه، توصیه می‌شود به واکاوی تنها یک شاخص اتکا نشود، بلکه برای درک بهتر و توصیف پویایی بوم نظام‌ها و ساختار سیمای سرزمین به واکاوی دسته‌هایی از شاخص‌ها

پرداخته شود. این بررسی نشان داد که افزون بر تغییر پوشش زمین‌ها در بازه زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲، ویژگی‌های مکانی هر یک از طبقه‌ها نیز تغییر کرده است. این تغییرها در این مطالعه با شاخص‌های سیمای سرزمین به صورت کمی درآمد. نتایج حاصل از مقدار شاخص مساحت طبقه نشان داد که وسعت زمین‌های جنگلی، کشاورزی و منطقه‌های مسکونی افزایش و وسعت زمین‌های مرتعی کاهش یافته است. این امر نشان‌دهنده افزایش فعالیت‌های انسانی و سازه‌های بشری در این منطقه‌ها و تبدیل زمین‌های مرتعی به کشاورزی و حفاظت زمین‌های جنگلی و جلوگیری از تخریب آن است. نتیجه به‌دست آمده از شاخص‌های تعداد لکه، تراکم لکه و بزرگترین لکه نشان داد که تعداد لکه در همه پوشش‌های زمین‌ها در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۱ افزایش یافته است، برای زمین‌های کشاورزی و منطقه‌های مسکونی، دلیل این افزایش تعداد لکه‌ها، افزایش تقاضا برای تولید مواد غذایی و اسکان بوده است. نتیجه بررسی‌ها همچنین نشان داد که تراکم لکه‌ها در کلیه پوشش‌های زمین در این بازه زمانی افزایش داشته است که بیشترین و کمترین آن به ترتیب مربوط به زمین‌های مرتعی و جنگلی و بدین معناست که زمین‌های جنگلی از پیوستگی زیادی برخوردارند که این خود به دلیل حفاظت جنگل از تخریب و آتش‌سوزی‌هاست. وضعیت ساختار سیمای سرزمین منطقه مورد مطالعه در شرایط فعلی، به دلیل تخریب و تبدیل‌های گذشته به صورت اختلالی بوده و بیانگر روند توسعه تخریب است. بنابراین، با توجه به این‌که یکی از پیامدهای تخریب و تبدیل زمین‌ها در زمان افزایش بیابان‌زایی و تخریب تنوع زیستی است، نتایج به‌دست آمده از کاربرد شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش نیز بیانگر کارایی شاخص‌های شاخص بزرگترین لکه و تعداد لکه در بررسی و تحلیل تغییرهایی است که با یافته‌های سایر پژوهشگران (۹) مطابقت دارد.

منابع

- ۱- درویشی، آ.، س. فاخران، ع. سفیانیان و م. قربانی. ۱۳۹۲. کمی‌سازی تغییرات الگوی مکانی سیمای سرزمین در زیستگاه سیاه خروس قفقازی (*Tetrao mlokosiewiczzi*) در ذخیره‌گاه زیستکره ارسباران. مجله اکولوژی کاربردی ۳۷-۲۷(۵):۲.
- ۲- کرمی، آ.، ج. فقهی. ۱۳۹۰. بررسی کمی کردن سنجه‌های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد). مجله محیط‌شناسی ۸۸-۷۹(۶۰):۳۷.
- ۳- میرزایی، م.، ع. ریاحی بختیاری، ع. سلمان ماهینی و م. غلامعلی فرد. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بین سالهای ۱۳۸۹-۱۳۶۳. مجله اکولوژی کاربردی ۵۴-۳۷(۴):۲.
4. 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 landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *J. Ecol. Indicators* 2(1-2):3-15.
5. Flamenco-Sandoval, A., M. Martínez-Ramos and O. Masera. 2007. Assessing implications of land-use and land-cover change dynamics for conservation of a highly diverse tropical rain forest. *Biol. Conserv.* 138 (1-2):131-145.
6. Kadioğulları, A.I. 2013. Assessing implications of land use and land cover changes in forest ecosystems of NE Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 185: 2095-2106.
7. Lambin, E.F. and H.J. Geist. 2006. *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 222 p.
8. Lindenmayer, D.B., C.R. Margules and D.B. Botkin 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conserv. Biol.* 14(4):941-950.
9. 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. *J. Landscape Urban Planning* 78(3):241-250.
10. Parker, D.C., S.M. Manson, M.A. Janssen., M.J. Hoffman and P. Deadman. 2003. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 93(2):314-337.
 11. Tischendorf, L. 2001. Can landscape indices predict ecological processes consistently? *Landscape Ecol.* 16(3):235-254.
 12. Uemaa, E. and M. Riho Marja. 2013. Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: A review, *Ecological Indicators* 28:100-106.
 13. Vaz, E., T. Noronha and P. Nijkamp. 2012. The use of gravity concepts for agricultural land-use dynamics: a case study on the Algarve. *Int. J. Foresight Innov. Policy* 8:262-271.

Monitoring Landscape Spatial Pattern Changes Based on Ecological Metrics

M. Teimory, J. Fegghi¹ and M. Zobeiri²

The use of land without considering landscape topography and climate of the region, can lead to disastrous consequences, such as erosion, desertification and environmental degradation. The present study aimed to investigate the landscape spatial pattern changes using ecological metrics in Chaharmahal Bakhtiari province between 1997 and 2011. After providing the land cover maps in four categories of residential, forest, rangeland, and agriculture, ecological metrics at the class level including class area, edge density, largest patch index, patch density and number of patches were analyzed. The results showed that according to the class area metric in the studied period, the rangeland area decreased compared to the other three land uses. The edge density metric for the four land uses increased, which means increase in the fragmentation of these land uses. According to the largest patch metric, the rangeland has been significantly reduced, indicating the fragmentation of this land use. The patch density metric has increased for all land uses, which is higher for rangeland. Also, the amount of the number of patches metric increased for four land uses, which is more evident for rangeland. In general, based on the findings of this study, rangeland had the highest degree of degradation and fragmentation during the studied period.

Key words: Chaharmahal Bakhtiari province, Ecological metrics, Land cover, Landscape.

1. Corresponding author, Email: jfegghi@ut.ac.ir

2. M.Sc. Student and Professors of University of Tehran. Second and third authors are Invited and Associated Scholars of I.R. Academy of Sciences, respectively.